Université Lumière Lyon II

Ecole doctorale : SEG (Sciences Economiques et de Gestion)

Laboratoire d'Économie des Transports (LET) UMR CNRS n°5593

Vers une organisation globale durable de l'approvisionnement des ménages :

Bilans économiques et environnementaux de différentes chaînes de distribution classiques et émergentes depuis l'entrepôt du fournisseur jusqu'au domicile du ménage

Par Abdessalem AYADI

Thèse de Doctorat de Sciences Economiques (avec Label Européen)

Mention Economie des Transports

Sous la direction de Charles Raux

Présentée et soutenue publiquement le 26 septembre 2014

Composition du jury :

Michael Browne, Professeur à l'Université de Westminster, Angleterre (rapporteur)

Jesús Muñuzuri Sanz, Professeur à l'Université de Séville, Espagne (rapporteur)

Odile Chanut, Professeur à l'Université d'Aix-Marseille (CRET-LOG), France (examinateur)

Jean-Louis Routhier, Ingénieur de recherche au LET à l'Université Lyon II, France (examinateur)

Panagiotis Tzieropoulos, Directeur du LITEP à l'Ecole polytechnique de Lausanne, Suisse (examinateur)

Charles Raux, Ingénieur de recherche CNRS, HDR, LET, France (directeur de thèse)

Remerciements

Avant tout, je tiens à adresser toute ma reconnaissance à mon directeur de thèse, Monsieur Charles Raux pour sa confiance et ses conseils avisés. Grâce à sa grande disponibilité, sa rigueur scientifique et son encadrement, j'ai pu travailler dans les meilleures conditions et acquérir de nouvelles connaissances en économie des transports et surtout un savoir-faire dans le domaine de la recherche scientifique.

J'adresse aussi mes remerciements à Monsieur Jean-Louis Routhier qui m'a apporté son expérience dans le domaine de logistique urbaine et transport des marchandises en ville, me donnant ainsi la connaissance nécessaire pour mener à bien mon projet.

Toute ma gratitude s'adresse aux rapporteurs de la thèse Monsieur Michael Browne de l'Université de Westminster en Angleterre et Monsieur Jesús Muñuzuri Sanz de l'Université de Séville en Espagne, ainsi qu'aux examinateurs Madame Odile Chanut de l'Université Aix-Marseille en France et Monsieur Panagiotis Tzieropoulos de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne en Suisse pour l'intérêt porté à ce travail et l'honneur qu'ils m'ont fait en acceptant de participer au jury de cette thèse.

Je tiens également à exprimer mes remerciements à mes collèges du « Laboratoire d'Economie des Transports » de Lyon, du « Planning and Transport Department Of Westminster University » de Londres et du laboratoire d'« Intermodalité des Transports et de Planification » de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, et plus particulièrement aux directeurs M. Browne et M. Tzieropoulos pour leur accueil.

Du point de vue empirique, je remercie les acteurs de la grande distribution qui ont accepté de me confier des données par nature sensibles. Ce travail de thèse n'aurait pas été possible sans leur soutien. Je voudrais également exprimer ma sincère gratitude aux personnes de l'Ademe pour les supports précieux au niveau des données, et le financement qui m'a permis de mener à bien cette recherche.

Enfin, je souhaite également remercier ma famille et mes amis, qui m'ont toujours soutenu et encouragé durant la thèse. C'est à vous que je veux dédier ce travail.

Merci à tous.

A. AYADI

Sommaire

Sommaire

Remerciements ---- **3**

Sommaire ---- **6**

Introduction générale ---- **10**

1. Introduction ---- 10

2. L'observation de départ ---- 11

3. Organisation générale de la thèse ---- 14

Chapitre 1. La problématique de la logistique urbaine ---- **17**

Section 1. Contexte et Motivation ---- **17**

1. Développement de la problématique de la logistique urbaine ---- 17

2. Pourquoi s'intéresse-t-on à la logistique urbaine : ses enjeux économiques et environnementaux ---- 20

3. La recherche en logistique urbaine ---- 22

Section 2. Problématique et méthodologie : étudier la globalité de la chaîne de distribution pour mieux résoudre la problématique de la logistique urbaine ---- **24**

1. Problématique de la thèse ---- 24

2. Méthodologie ---- 29

3. Conclusion ---- 32

Chapitre 2. La grande distribution alimentaire et ses organisations logistiques ---- **34**

Section 1. La grande distribution alimentaire ---- **34**

1. Introduction ---- 34

2. Caractéristiques de la grande distribution alimentaire ---- 35

3. Importance de la fonction logistique dans la grande distribution alimentaire ---- 44

Section 2. Les circuits de livraison en amont de la chaîne de distribution ---- **46**

1. Définition de l'amont ---- 46

2. Paramètres de différenciation en amont de la chaîne de distribution ---- 47

3. Evolution des circuits de livraison en amont de la chaîne de distribution ---- 50

4. Organisation de la distribution par région logistique ---------- 56

Section 3. Les modes d'organisation en aval de la chaîne de distribution ---------- 71

1. Définition de l'aval ---------- 71

2. Paramètres de différenciation en aval de la chaîne de distribution ---------- 74

4. La vente classique ---------- 84

5. Le Drive ---------- 89

6. Les points relais ---------- 94

7. La livraison à domicile ---------- 96

8. Plateforme de mutualisation en aval de la chaîne de distribution ---------- 102

Conclusion ---------- 105

Chapitre 3. Elaboration d'un outil de calcul du bilan global économique et environnemental ---- 107

Section 1. Unités de mesure et périmètre général de l'évaluation économique et environnementale ---------- 108

1. Unités de mesure de l'outil de calcul ---------- 108

2. Périmètre général de l'évaluation économique et environnementale ---------- 114

Section 2. Périmètre d'évaluation économique : composition du bilan économique des opérations logistiques et de transport ---------- 119

1. Coûts d'utilisation (achat et fonctionnement) des différents moyens de transport ---------- 121

2. Coût total d'exploitation (construction et fonctionnement) des bâtiments logistiques ------ 150

Section 3. Evaluation environnementale : composition du bilan environnemental des opérations logistiques et de transport ---------- 165

1. Emissions d'utilisation (fabrication et fonctionnement) des moyens de transport ---------- 166

2. Emissions d'exploitation (construction et fonctionnement) des bâtiments logistiques ------- 187

Section 4. Emissions de CO_2 des fuites frigorigènes en grande distribution alimentaire ---------- 195

1. Définition ---------- 195

2. Les réfrigérants utilisés dans la grande distribution alimentaire ---------- 196

3. Fuites des réfrigérants dans les véhicules et les bâtiments logistiques ---------- 202

4. Emissions de CO_2 liées à la production des fluides et aux fuites frigorigènes ---------- 207

5. Conclusion ---------- 213

Chapitre 4. Analyse des bilans des différents types de chaînes de distribution ---------- 215

Introduction ---------- 215

Section 1. Coûts et émissions des circuits de livraison en amont ---------- 218

1. Emissions de CO_2 et coûts de transport en amont de chaîne de distribution ---------- 218

2. Emissions de CO_2 et coûts logistiques en amont de la chaîne de distribution ---------- 224

3. Emissions de CO_2 et coûts de livraison (transport et logistique) en amont ---------- 227

Section 2. Coûts et émissions des modes de distribution en aval ---------- 231

1. Coûts et émissions de transport en aval ---------- 231

2. Coûts et émissions logistiques en aval ---------- 278

3. Total des coûts et des émissions de CO_2 (transport et logistique) en aval ---------- 299

Section 3. Bilans économique et environnemental de la chaîne globale (amont et aval) -------- 315

1. Introduction ---------- 315

2. Bilans économique et environnemental de la consommation française ---------- 316

3. Bilans économique et environnemental « par caddie d'achat » ---------- 319

4. Bilans économique et environnemental « par kg de marchandise » ---------- 322

5. Conclusion ---------- 328

Conclusion générale ---------- 331

Bibliographie ---------- 337

Annexes ---------- 356

Table des illustrations ---------- 401

Liste des tableaux ---------- 401

Liste des figures ---------- 404

Liste des graphiques ---------- 404

Table des matières ---------- 406

Résumé et mots clés ---------- 414

Abstract and keywords ---------- 416

Introduction générale

Introduction générale

1. Introduction

L'objectif général de cette thèse est de contribuer à la réflexion sur une organisation globale durable de l'approvisionnement des ménages : après plusieurs décennies d'urbanisation rapide, les villes françaises occupent désormais 22 % du territoire et abritent 47,9 millions d'habitants en 2007, soit 77,5 % de la population[1] (Insee, 2011, p1). Donc, plus des trois quarts de la population résident dans moins d'un quart du territoire. De ce fait, la ville est un bassin dense de consommation et, bien évidemment, elle voit se concentrer sur son territoire un très grand nombre de flux de marchandises. Cela engendre un trafic important de véhicules dédié au transport des marchandises en ville.

La part de ce trafic dans la mobilité motorisée globale, transit non compris, représente sur un jour ordinaire et selon les villes de 9% à 15% des déplacement de véhicules réalisés dans l'agglomération, de 13% à 20% des véhicules.km parcourus suivant la taille et la géographie de l'agglomération et de 15% à 25% des véhicules.km evp[2] parcourus en tenant compte de l'espace de voirie occupé par les différents types de véhicules (Routhier et al, 2001, p8).

Cette occupation de la voirie a des inconvénients sur les autres usagers de l'espace urbain, mais aussi sur les transporteurs eux-mêmes. Ces derniers subissent un coût

[1] *Aujourd'hui 50% de la population mondiale vit en ville. Alors, le pourcentage de la population urbaine en France, estimé à 77,5% (Insee, 2011, p1), est nettement au dessus de la moyenne mondiale.*

[2] *Km evp (kilomètre équivalent voiture particulière) : unité de mesure de l'occupation de la voirie par le trafic. Selon (Routhier et al., 2001, p55), un camion articulé représente 2,5 evp, contre 2 evp pour un camion porteur, et environ 1,5 evp pour un véhicule utilitaire léger (≤3,5T).*

de plus en plus élevé du dernier kilomètre. Selon un rapport récent du centre d'analyse stratégique, le coût de transport des marchandises en ville représente 20% du prix de transport global (CAS, 2012, p1). Sur le plan environnemental, le transport des marchandises en ville est responsable de 30 % des émissions de gaz à effet de serre en ville (Savy, 2011, p27).

2. L'observation de départ

Cette recherche est partie d'une constatation initiale : le fret urbain est devenu une véritable problématique pour l'ensemble des acteurs de l'espace urbain, y compris les entreprises de transport. Afin de résoudre cette problématique, il nous est apparu nécessaire de commencer notre étude à partir de la définition du transport de marchandises en ville. Ceci est fondamental afin de mieux comprendre le contexte général de la thèse.

Le transport des marchandises en ville est défini comme « la livraison de biens de consommation en ville et en banlieue » (OCDE[3], 2003, p20). Cette définition est intéressante du fait qu'elle clarifie le périmètre du transport de marchandises en ville, mais elle est restrictive car elle se limite à la livraison des biens de consommation seulement. Une autre définition a été proposée dans la thèse de Laetitia Dablanc qui définit le transport des marchandises en ville comme « l'organisation, par ou pour des professionnels, du déplacement des produits dans un territoire urbain » (Dablanc, 1997, p17). Cette définition insiste sur le rôle des professionnels mais cela suppose l'exclusion des déplacements d'achats réalisés par les particuliers.

[3] *OCDE : Organisation de coopération de développement économique. Plus d'informations sont disponibles sur : <http://www.oecd.org/fr/> (consulté le 17.07.2012).*

En revanche le fret urbain se caractérise, au niveau de la répartition en km.evp, par la dominance des déplacements d'achat (de 50% à 55% du total de l'ensemble de transport des biens en ville), puis les flux de livraison et d'enlèvement de marchandises entre les établissements (de 35% à 40%), et en dernier lieu les flux annexes (10% à 15%) comme les flux de déménagement et d'enlèvement des déchets (Routhier, 2002, p32). Nous déduisons donc que les particuliers génèrent le plus de véhicules*km pour s'approvisionner à l'aide de leurs voitures particulières. Par conséquent, et contrairement à la définition de Laetitia Dablanc, nous pensons qu'il ne faut pas exclure les déplacements d'achat des particuliers.

Les définitions existantes du transport de marchandises en ville insistent sur des concepts intéressants comme la livraison des biens et l'organisation des professionnels, mais elles excluent les déplacements des particuliers. Cela est insuffisant dans cette thèse qui veut prendre en compte les déplacements d'achat des particuliers, c'est pourquoi il nous est apparu nécessaire d'intégrer la notion de la « logistique urbaine ». Selon Guyon et al. (2010, p2), le transport de marchandises en ville apparaît clairement être un maillon prépondérant de la logistique urbaine.

Les travaux du Laboratoire d'Economie des Transports (LET) ont permis de poser une définition de la logistique urbaine s'appuyant sur le concept préalable de transport des marchandises en ville. Danièle Patier et Jean-Louis Routhier considèrent que « la logistique urbaine se définit comme l'art d'acheminer dans les meilleures conditions les flux de marchandises qui entrent, sortent et circulent dans la ville » (Patier et Routhier, 2009, p6). Ce n'est donc plus un simple transport de marchandises puisque y est inclus un ensemble d'opérations visant à l'optimiser. Selon Daniel Boudouin et Christian Morel, « la logistique urbaine peut et doit aider à l'amélioration du fonctionnement de la ville » (Boudouin et Morel, 2002, p54). De ce

point de vue, elle est considérée comme le défi de toute démarche collective cherchant à mieux organiser la ville, et notamment ses flux des marchandises.

Actuellement, la logistique urbaine réunit plusieurs services innovants dans l'espace urbain afin de mieux organiser le transport des marchandises. Pour Virginie Chiron-Augereau, « il ne s'agit plus d'un fonctionnement indépendant (…) mais d'une activité organisée et la plus rentable possible » (Chiron-Augereau, 2009, p39).

Cette rentabilité économique ainsi que la gestion des grands flux de marchandises n'est plus seulement de la responsabilité des transporteurs mais également de celle de l'ensemble des acteurs de la ville. Cela permet d'assurer l'approvisionnement de l'espace urbain dans de meilleures conditions. Par ailleurs, le transport des marchandises est un bon signe de la croissance d'une ville. Dans ce cadre, le fonctionnement d'une ville implique mécaniquement des échanges de marchandises et le volume de ces derniers est reconnu comme étant un bon indicateur de la dynamique des zones urbaines (Guyon et al., 2010, p1). En revanche, ce volume grandissant des échanges de marchandises est de plus en plus contesté, étant jugé responsable de la dégradation du cadre de vie dans l'espace urbain. La question de la logistique urbaine est devenue une préoccupation récurrente pour les acteurs économiques comme pour les collectivités locales, engendrant ainsi une forte percée des préférences environnementales dans les dernières années.

Pour penser cette préoccupation, nous essayons de comprendre tout d'abord comment s'est développée cette problématique de la logistique urbaine ? Répondre à cette question dans le chapitre suivant nous permet d'avoir un bon diagnostic de la situation actuelle et, par conséquent, nous aide à apporter les bonnes réponses au problème afin de le résoudre d'une façon efficace.

3. Organisation générale de la thèse

La structure retenue de la thèse est organisée en quatre chapitres, axés autour de la rentabilité économique et de la durabilité environnementale des différentes chaînes de distribution existantes et émergentes identifiées dans ce travail de recherche :

Premier chapitre :

Tout exercice visant à analyser en profondeur une filière économique nécessite d'en percevoir correctement les aspects et les enjeux. Un bref rappel historique du développement de la problématique de la logistique urbaine s'impose donc dans la première section du premier chapitre, afin de définir les enjeux économiques et environnementaux. Dans la deuxième section du premier chapitre, nous analysons la littérature existante traitant le sujet de la logistique urbaine. Cela permet dans un premier temps de mieux comprendre la problématique, et ensuite de mettre en place la méthodologie adéquate pour répondre aux objectifs de ce travail de recherche : étudier la globalité de la chaîne de distribution pour mieux résoudre la problématique de la logistique urbaine.

Deuxième chapitre :

Pour étudier la globalité de la chaîne de distribution, comme annoncé à la fin du premier chapitre, nous avons adopté la filière de la grande distribution alimentaire comme objet de recherche. Dans la première section du deuxième chapitre, nous justifions le choix d'étudier les différentes organisations logistiques de cette filière. Le manque de connaissance réelle de cette activité nous a semblé justifier le recours aux enquêtes de terrain auprès des différents acteurs en amont et en aval de la chaîne de distribution. De ce fait, nous étudions dans la deuxième section les modes

d'organisation en amont de la chaîne de distribution, puis dans la troisième section de ce deuxième chapitre, toutes les organisations logistiques classiques et électroniques en aval de la chaîne de distribution.

Troisième chapitre :

L'évaluation de l'efficacité des chaînes de distribution différenciées dans le deuxième chapitre nécessite la construction d'une base de données et le développement d'un outil de calcul dans le cadre de cette thèse. Nous présentons les unités de mesure adoptées dans ce travail de thèse dans la première section du troisième chapitre. Puis nous étudions dans la deuxième section, les composantes du bilan économique que ce soit pour les véhicules de transport ou les bâtiments logistiques. Ensuite nous étudions dans la troisième section, les émissions de fabrication et d'utilisation des véhicules de livraison des marchandises entre les entrepôts des fournisseurs et les surfaces de vente en passant par les centres de distribution, ainsi que les émissions des moyens de transport utilisés dans l'approvisionnement des ménages en cas de déplacement des clients ou de livraison à domicile. De plus, nous étudions les émissions de construction et d'exploitation des bâtiments logistiques en amont et en aval de la chaîne de distribution, y compris les fuites des fluides frigorigènes.

Quatrième chapitre :

Dans le dernier chapitre, nous présentons les aboutissements de ce travail de recherche, avec une étude détaillée des résultats des différents circuits de livraison en amont dans la première section. Puis, nous effectuons dans la deuxième section une analyse comparative des modes de distribution en aval. Au final, nous déduisons dans la troisième section le bilan économique et environnemental de la chaîne de distribution globale depuis l'entrepôt du fournisseur jusqu'au domicile du client final.

Chapitre 1.

La problématique de la logistique urbaine

Chapitre 1. La problématique de la logistique urbaine

Dans la première section de ce chapitre, nous essayons de comprendre le développement de la problématique de la logistique urbaine qui représente le contexte général de cette thèse. Pour ce faire, il est nécessaire de déterminer correctement les besoins en connaissances sur ce sujet. Ensuite, nous présentons les différents enjeux de la logistique urbaine, ainsi que les travaux de recherche existants dans ce domaine. A la lumière des constats de la première section, nous déterminons dans la deuxième section la problématique de la thèse. Puis, nous détaillons la méthodologie à suivre pour y répondre.

Section 1. Contexte et Motivation

Comme annoncé précédemment, la logistique urbaine est devenue un enjeu majeur pour les acteurs économiques comme pour les collectivités locales et les chercheurs dans ce domaine. Elle est perçue souvent comme un mal nécessaire dont il faut limiter les effets d'une manière efficace. De ce point de vue, nous avons décidé de remonter l'analyse de la problématique de la logistique urbaine à ses débuts, juste après la deuxième guerre mondiale.

1. Développement de la problématique de la logistique urbaine

Entre 1945 et 1975, les villes ont connu une forte croissance de leur parc automobile. Elle a été accompagnée d'une mobilisation de la collectivité pour la construction d'infrastructures routières. A cette époque, la problématique de la logistique urbaine ne se pose pas encore car le transport routier de marchandises

profite de l'adaptation de la ville au système automobile. Cette adaptation s'est concrétisée au travers de différentes mesures telles que l'aménagement du territoire, l'élargissement des voiries et l'accroissement des vitesses de circulation.

En revanche, les conditions de livraison des marchandises sont devenues difficiles entre 1975 et 1990. Les espaces réservés ont été souvent occupés par les véhicules particuliers. Par ailleurs, le stationnement des véhicules utilitaires en double file pour la livraison se généralise et les semi-remorques occupent de plus en plus les voiries.

Afin de contourner le problème, chaque commune essaye d'échapper aux nuisances des poids lourds en émettant des arrêtés municipaux. Ces derniers ne sont pas coordonnés avec les communes avoisinantes et ne prennent pas en compte les contraintes liées à l'organisation du transport. Par conséquent, ces arrêts rendent les conditions de transport en ville très contraignantes au lieu de réguler efficacement les conditions de circulation. Durant cette période, la fonction économique de transport des marchandises en ville souffre d'une invisibilité presque totale dans le discours des aménageurs et des spécialistes du secteur comme dans celui des élus.

Les activités favorisées par le développement de la voiture particulière deviennent plus importantes entre 1990 et 2000 et s'accompagnent d'une généralisation d'un certain nombre de phénomènes. Tout d'abord, la congestion en heure de pointe s'aggrave rapidement et provoque un malaise général de tous les usagers de la route. En outre, la période de pointe s'étale sur une plage horaire de plus en plus importante au fil de temps. Ensuite, les conditions de vie sont dégradées par le bruit, la pollution, le manque de sécurité routière et l'évolution du coût foncier de plus en plus difficile à assumer. Enfin, l'espace urbain disponible se raréfie et il n'est plus question de conquérir cet espace pour bâtir de nouvelles infrastructures.

Pour toutes ces raisons, une approche globale de la gestion des agglomérations a été mise en place dans la dernière décennie pour mieux intégrer le transport des marchandises dans les politiques urbaines. Actuellement, les différents acteurs[4] du milieu urbain ont compris que la résolution de la problématique du transport des marchandises en ville nécessite l'implication de toutes les parties concernées.

De ce fait, l'organisation du transport de marchandises en ville est le fruit d'une interaction entre ses quatre maillons, qui sont le système de transport (les conditions de circulation, l'aménagement et l'usage des emplacements de stationnement), la gestion urbaine (les réglementations et les horaires de livraison), l'activité économique (les stratégies logistiques des entreprises comme la distribution des marchandises et les modes de gestion du transport) et la vie de la cité (les conditions d'habitat et d'usage de la voirie). Il s'agit alors de gérer la ville au mieux sur un espace limité, dans un souci de maîtrise des nuisances produites par les activités de transport, tout en permettant le développement d'une activité économique en harmonie avec les multiples usages de la ville (Routhier, 2002, p9).

De ce point de vue, le transport des marchandises en ville est entré en phase d'interaction avec les différentes composantes de la ville, et s'est inscrit depuis les années 2000 dans un concept plus global qui est celui de la logistique urbaine. Cette dernière a suscité beaucoup d'intérêt dans la dernière décennie. Elle est devenue le centre de plusieurs études et travaux de recherche en France et dans d'autres pays européens. Mais d'où vient cet intérêt grandissant porté à la logistique urbaine ?

---

[4] En ville, nous distinguons les acteurs de la sphère économique de ceux de la sphère urbaine :
- Les acteurs de la sphère économique sont : les chargeurs ou détenteurs de fret et les opérateurs de transport (les prestataires de services et les sous-traitants).
- Les acteurs de sphère urbaine sont : les usagers de l'agglomération (client ou simple habitant soucieux de son cadre de vie), les institutionnels (les élus, les services techniques qui gèrent l'espace urbain et les infrastructures de transport, les services de police et de sécurité).

2. Pourquoi s'intéresse-t-on à la logistique urbaine : ses enjeux économiques et environnementaux

L'intérêt grandissant porté à la logistique urbaine tient à ses enjeux économiques et environnementaux. La logistique urbaine a été accompagnée dans les dernières années d'un ensemble de contraintes très strictes sur le plan réglementaire, notamment dans les zones hyperdenses. Ceci a engendré l'augmentation des coûts de livraison en ville. D'autres contraintes sont présentent sur le plan organisationnel, afin d'assurer une bonne gestion des flux en ville, ou encore sur le plan opérationnel vis-à-vis des effets grandissants de la congestion pour les véhicules en circulation.

En plus de l'occupation de la voirie par ces véhicules en circulation, il faut ajouter l'impact des véhicules de livraison en stationnement. Ces derniers occupent fréquemment la voirie en double file surtout en zone dense. A Bordeaux, par exemple, la durée d'occupation de la voirie par les véhicules de livraison en double file représente globalement 23 % de la durée d'occupation totale de la voirie[5]. Ce pourcentage passe à 62 % dans l'hyper-centre historique de la ville (LET, 1996, p8). En général, la durée d'occupation de la voirie d'une agglomération pour les activités d'approvisionnement urbain représente plus de 25% de la durée d'occupation totale. La conjonction des véhicules en circulation et de ceux qui sont immobilisés en double file pour faire des livraisons engendrent des dysfonctionnements importants, et parfois une paralysie complète de la voirie à certains intervalles de la journée. Cela soulève la question du partage de la voirie par les différents acteurs économiques de la ville. En effet, l'accessibilité des zones commerciales au milieu urbain et la fluidité de la circulation des véhicules de transport des marchandises jouent un rôle primordial dans le développement économique de la ville.

[5] *La durée d'occupation totale de la voirie est la somme de la durée de circulation et la durée de stationnement (LET, 1996, p8).*

En plus de ces différents enjeux économiques, les enjeux environnementaux sont multiples pour la logistique urbaine. Après le positionnement de la problématique de transport des marchandises en ville au sein de la notion de développement durable, l'espace urbain est analysé comme un terrain d'actions locales combinant les paramètres économiques et environnementaux. Ces paramètres s'inscrivent dans un cadre global[6] qui relie la durabilité à la rentabilité en respectant les engagements internationaux de diviser par deux les émissions mondiales de GES[7] (tous secteurs confondus) en 2050 par rapport à 1990. Dans ce cadre, la France s'est fixé comme objectif à long terme de réduire ses émissions de 75 % en 2050 par rapport à 1990. A moyen terme, les émissions de GES doivent diminuer à 437 MteqCO_2 en 2020 (Medde, 2010, p5), soit une réduction de 21,7 % par rapport à 2005 (558 MteqCO_2) et une réduction de 22,7 % par rapport à 1990 (565 MteqCO_2). La part des transports est estimée à 26 % des émissions totales de la France en 2007, soit 138 MteqCO_2.

Par ailleurs, le transport routier est responsable de 95 % de ces émissions, dont 54% pour les seuls véhicules particuliers (Medde, 2010, p9). Hors transit, le transport des marchandises en ville, y compris les déplacements d'achat, représente 23 % de la consommation de carburant de transport routier à Bordeaux et 24 % à Marseille (Routhier, 2002, p32-33). De ce fait, il est indispensable de réduire la consommation d'énergie fossile. Au final, nous pouvons conclure que les enjeux environnementaux de la logistique urbaine comme les enjeux économiques sont loin d'être négligeables et expliquent bien l'intérêt grandissant porté à la recherche en logistique urbaine.

---

[6] *« Penser global, agir local » (en anglais : «Think global, act local») est une approche de lutte contre le réchauffement climatique de la planète en incitant les acteurs de chaque localité (y compris l'espace urbain) à limiter leurs émissions, que ce soit pour le transport des marchandises ou des particuliers.*

[7] *Les principaux gaz responsables de l'effet de serre (GES), dont les émissions sont encadrées par le protocole de Kyoto, sont le dioxyde de carbone (CO_2), le méthane (CH_4), l'oxyde nitreux (N_2O) et les gaz fluorés (HFC, PFC et SF_6). Les émissions de ces six gaz sont pondérées par leurs potentiels de réchauffement global (PRG) et exprimées en équivalents CO_2.*

3. La recherche en logistique urbaine

En France, la recherche en logistique urbaine a commencé avec quelques études sur le thème du transport de marchandises en ville. Ces recherches se sont développées au début des années 1970 pour savoir comment rendre le transport de marchandises en zone urbaine le moins pénalisant possible pour la circulation des voitures particulières. A l'époque, les grandes agglomérations françaises ont décidé un ensemble de réglementations (comme la limitation du tonnage des véhicules autorisés à circuler dans les zones urbaines ou la définition des plages horaires pour le chargement ou le déchargement). Cela a accéléré l'éviction des sites logistiques du centre ville vers la périphérie des agglomérations (Dufour, 2000, p20).

En revanche, aucune réglementation significative n'a été prise entre les années 75 et la fin des années 80 pour résoudre différemment l'aggravation des conflits de partage de la voirie. Par conséquent, le contexte au début des années 90 était bien différent et les préoccupations ont changé[8].

Cette situation devient un vrai malaise pour les autorités urbaines qui ne disposent pas de suffisamment de données ou de références pour adopter une ligne de conduite efficace. Il n'existait, pour penser les problèmes de marchandises en ville, aucune statistique adaptée, aucune synthèse des connaissances partielles des acteurs concernés, aucune méthode d'analyse, aucun outil méthodologique et aucun

[8] *Cette situation est le résultat d'une accumulation de plusieurs mutations, aussi bien dans le champ de l'urbanisme que dans celui de la logistique. Dans ce dernier, les changements importants pour les agglomérations étaient le développement des nœuds de réseaux, l'augmentation des petits envois, la croissance rapide du transport routier, l'amplification de plusieurs contraintes comme la rapidité, la fiabilité, la flexibilité et la diversification des services logistiques. Dans le champ urbain, les évolutions ont été considérables du fait de la rapidité de développement des agglomérations, la hausse des prix fonciers dans les centres des villes, la construction de rocades autoroutières et bien évidemment la croissance de la circulation en automobile. La conjonction de ces profondes transformations dans les deux champs logistique et urbain a conduit à l'aggravation de la problématique de transport des marchandises en ville, qui ne peut plus être résolue avec les vielles procédures des années 70.*

suivi d'expériences utilisable (Dufour, 2009, p21). Ce malaise a alerté le ministère des transports qui a lancé en 1993, avec l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe), un programme national de recherche et d'expérimentations appelé «Transports de marchandises en ville». Ce programme a fortement contribué à transformer la vague de malaise en un mouvement de fond qui a permis d'accélérer le rythme de la recherche dans ce domaine.

En effet, ce programme a permis de créer une démarche plus globale. Cette démarche converge vers une approche moderne de la ville et un nouveau cadre des relations entre collectivités publiques et entreprises privées. Cela a permis de mieux gérer les flux de marchandises en milieu urbain dans la dernière décennie en France. Le transport des marchandises en ville est entré depuis le début des années 2000, dans une nouvelle logique, où l'intérêt qui lui est accordé n'a connu que peu de précédents depuis un siècle (Chiron-Augereau, 2009, p33).

Cet intérêt porté à la logistique urbaine, s'est traduit dans de nombreuses études de plusieurs centres de recherche[9] qui se sont concentrés sur ce sujet. Ces études ont permis de mieux maîtriser le thème de la logistique urbaine. Dans la section suivante, nous analysons ces travaux afin de définir le plus clairement possible la problématique de la thèse. Celle-ci est donc le fruit de l'examen des revues de littérature, mais elle est également conçue à partir du contexte actuel de la logistique urbaine. Elle prend en compte les nouvelles contraintes, dans ce domaine en pleine évolution, qui sont identifiées à partir d'entretiens avec les différents acteurs du milieu urbain, que nous avons réalisés dans le cadre de ce travail de thèse.

[9] *Parmi les centres de recherche qui ont travaillé sur la problématique de la logistique urbaine, le laboratoire d'économie des transports (LET), le centre de recherche sur le transport et la logistique (CRET-LOG), le laboratoire d'Economie et de Management (LEM), le laboratoire Ville Mobilité Transport (LVMT), le centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques (CERTU), le centre d'analyse stratégique (CAS), la fédération e-commerce et vente à distance (Fevad).*

Section 2. Problématique et méthodologie : étudier la globalité de la chaîne de distribution pour mieux résoudre la problématique de la logistique urbaine

Cette deuxième section s'intéresse à l'analyse des travaux de recherche actuels dans le domaine de la logistique urbaine. La problématique de la thèse est développée grâce à ces travaux et s'attache à atteindre les mêmes objectifs. En revanche, nous ne nous interdisons pas d'aborder autrement la thématique de la logistique urbaine à partir des insuffisances des travaux de recherche actuels. Une fois la problématique de la thèse bien définie, nous expliquons la méthodologie suivie pour y répondre.

1. Problématique de la thèse

A la suite de l'examen de différents travaux de recherche sur la logistique urbaine en Europe comme en France, nous constatons que la majorité de ces travaux, à titre d'exemple Ripert (2000) et Dufour (2000), sont focalisés soit sur le bilan économique, soit sur le bilan environnemental mais rarement sur les deux au même temps. Cette thèse s'attache à une étude simultanée des bilans économique et environnemental afin de mieux évaluer les différentes chaînes logistiques.

En outre, la plupart des ces travaux, à titre d'exemple Alligier (2007) et Durand (2008), ont étudié peu d'organisations logistiques à la fois. Ils n'ont pas essayé d'examiner, voire de comparer, toutes les chaînes logistiques (à la fois passées et actuelles). Cela vient, peut être, de la difficulté d'accès aux informations qui sont généralement confidentielles. Dans le cadre de cette thèse, nous essayons d'étudier toutes les chaînes logistiques adoptées en France et à l'étranger (en particulier, en

Angleterre et en Suisse). En effet, dans le cadre de deux séjours d'un an, au laboratoire de « Transport Studies Department Of Westminster University » à Londres en Angleterre puis au laboratoire d' « Intermodalité des transports et planification à l'école polytechnique fédérale de Lausanne » en Suisse, nous avons constaté d'autres chaînes logistiques peu connues en France. Le descriptif de l'ensemble de ces chaînes logistiques est détaillé dans le deuxième chapitre.

Par ailleurs, plusieurs travaux de recherche, à titre d'exemple Morcello (1998) et Gacogne (2003), se sont intéressés aux livraisons des magasins et, en pratique, peu de liens sont établis entre ces livraisons effectuées par les professionnels et les déplacements d'achats réalisés par les particuliers. En revanche, la réussite des politiques de transports en ville nécessite une prise en compte simultanée des transports des personnes et des marchandises. Suite à ces constats majeurs, nous essayons de nous préoccuper de l'ensemble des flux, qu'il s'agisse des flux d'approvisionnement des magasins ou des déplacements d'achats.

De plus, la majorité des travaux de recherche sur la logistique urbaine, à titre d'exemple Patier (1998) et Routhier (2002), se sont concentrés sur qui se passe à l'intérieur de la ville et parfois au seul périmètre du dernier km. De ce fait, ces travaux n'ont pas fait la liaison entre la logistique en ville et l'autre partie de la chaîne logistique qui se déroule généralement en dehors de la ville. Cette thèse essaye de résoudre la problématique de la logistique urbaine en l'intégrant dans la chaîne logistique globale. Elle englobe tous les maillons de la chaîne depuis les lieux de production jusqu'aux domiciles des ménages.

Pour conclure, la problématique de cette thèse se résume dans le fait qu'elle s'intéresse à l'étude des bilans économiques et environnementaux de toutes les

chaînes logistiques globales existantes et émergentes en France et ailleurs. En revanche, ce sujet est suffisamment complexe et nécessite l'étude d'un cas précis qui répond bien à la problématique. Après l'examen de la nature des flux dans l'espace urbain, nous avons décidé de nous focaliser sur le cas de la « grande distribution à prédominance alimentaire[10] » désignée dans la suite de ce travail de thèse par le terme plus habituel de « grande distribution alimentaire », comme c'est le cas d'ailleurs dans l'usage courant des producteurs, des distributeurs et des consommateurs. La grande distribution alimentaire peut être définie comme l'ensemble des activités réalisées par le distributeur à partir du moment où les produits sont finis jusqu'à ce qu'ils soient en possession du client final à son domicile. Elle intègre l'ensemble des moyens de transport et des ressources humaines, technologiques et logistiques employés pour son bon fonctionnement, à l'exemple des véhicules de livraison, des plateformes de distribution avec ou sans stockage, des surfaces de vente, ainsi que des points d'enlèvement. Avec la volonté d'une approche globale, le choix de la grande distribution alimentaire comme objet de recherche peut être défendu pour plusieurs raisons :

Tout d'abord, le choix de la grande distribution alimentaire tient à son importance dans le commerce de détail puisqu'elle en détient la plus haute part en chiffre d'affaire en 2011. En effet, les grandes surfaces d'alimentation générale réalisent 37,3 % en chiffre d'affaire du total du commerce de détail[11] et de l'artisanat

[10] La grande distribution à « p*rédominance alimentaire » car les produits alimentaires (non réfrigérés, frais et surgelés) représentent 89 % du volume des produits vendus dans les surfaces de vente, contre 11% seulement des produits non alimentaires. Dans la suite de ce travail de thèse, nous adoptons le terme plus habituel de « la grande distribution alimentaire ».*

[11] *« Le commerce de détail consiste à vendre des marchandises dans l'état où elles sont achetées (ou après transformations mineures) généralement à une clientèle de particuliers, quelles que soient les quantités vendues. Outre la vente, cette activité de commerce de détail peut aussi recouvrir la livraison et l'installation chez le client » (Insee, 2012). Définition disponible sur : <http://www.insee.fr/fr/methodes/default.asp?page=definitions/commerce-de-detail.htm> (consulté le 29.08.2012).*

commercial, hors automobile en 2011 (Insee, 2012a, p58). La part de la grande distribution alimentaire dans le commerce de détail est en croissance continue dans les dernières décennies. Cette croissance tient à la conjonction de deux phénomènes : d'une part, la distribution de masse qui associe une production de masse à une consommation de masse, et d'autre part, elle répond aux attentes du client final en matière de prix de vente grâce aux économies d'échelle réalisées par les groupes alimentaires.

De plus, la grande distribution alimentaire est particulièrement impliquée dans les problèmes de la logistique urbaine, qui est le contexte général de la thèse : la grande distribution alimentaire provoque et subit, en même temps, les dysfonctionnements du milieu urbain que nous avons décrits dans le chapitre précédent. L'approvisionnement de ses magasins engendre en effet de nombreux flux de marchandises dans l'espace urbain. En outre, la grande distribution alimentaire est également génératrice de déplacements d'achats pour les particuliers.

Par ailleurs, la grande distribution alimentaire regroupe plusieurs types de surfaces de vente (grande, moyenne et petite) et différentes familles de produits (non alimentaires, produits alimentaires non réfrigérés (épicerie, liquides,…), frais, surgelé)[12], ce qui se traduit par des chaînes logistiques différentes selon les types des magasins et des produits. Elle est aussi le terrain d'expérimentation de plusieurs

[12] *Concernant les produits non alimentaires, il existe essentiellement le bazar léger (papeterie, produits de nettoyage, librairie…), le bazar lourd (jardinerie, outillage, ameublement…), les produits DPH (droguerie, parfumerie, hygiène…), les électroménagers (mixeurs, aspirateurs, machines à laver…), les appareils audiovisuels (TV, lecteur DVD, home cinéma…) et le textile (vêtements, chaussures, couvertures…). En plus des produits non alimentaires, nous distinguons dans cette thèse les produits alimentaires en 3 familles qui sont les produits frais (fruits et légumes, fleurs, marée…), les produits surgelés (glace, pizza, plats cuisinés…) et les produits non réfrigérés (produits secs, boissons, bouteilles d'eau…). A noter que les produits non réfrigérés (appelés aussi produits de grande consommation) regroupent tous les produits alimentaires qui ne sont pas stockés ou transportés à température dirigée. Cette distinction de ces 4 familles est liée aux bilans économiques et environnementaux différents en raison des consommations différentes d'électricité et de carburant (voir des fluides frigorigènes) comme nous allons déduire dans ce travail de recherche.*

alternatives de vente (en surface de vente classique, en entrepôt dédié à la vente à distance ou en points relais). Cela suppose plusieurs modes de distribution avec des bilans économiques et environnementaux différents. En outre, la grande distribution alimentaire rassemble plusieurs intervenants dans son organisation logistique qui s'étend depuis l'entrepôt des produits finis du fournisseur jusqu'au domicile du client. Cela exige l'examen de tous les maillons de la chaîne de distribution qui se déroulent en dehors de la ville en plus du dernier fragment en milieu urbain.

De plus, le choix de la grande distribution alimentaire peut être expliqué par les multiples enjeux de ce secteur d'activité. Le premier enjeu est spatial. Il implique une gestion optimisée de la voirie entre l'approvisionnement des entrepôts de stockage, la livraison des surfaces de vente et les déplacements d'achat des clients. Il existe également un enjeu politique très fort. Il est alimenté par les interactions entre les acteurs de la grande distribution alimentaire qu'ils soient impliqués directement ou indirectement, volontairement ou non, dans la problématique de l'approvisionnement des ménages. A noter que ces acteurs sont des producteurs, des distributeurs, des institutionnels, des consommateurs et des sous-traitants des services de transport et de stockage. Le troisième enjeu est environnemental. Il est porté par les stratégies des enseignes de la grande distribution alimentaire au niveau des organisations logistiques qu'elles adoptent. En outre, il y a un enjeu économique important. Il est basé sur la réduction des coûts de mise à disposition des marchandises. Cet enjeu est incontournable dans un contexte de concurrence intense entre les grands distributeurs alimentaires. Les deux derniers enjeux, économique et environnemental, sont associés à un enjeu réglementaire. Concrètement, les grands distributeurs alimentaires doivent répondent aux exigences de l'article 116 de la loi française sur les nouvelles régulations économiques. Ces nouvelles orientations

se traduisent par la réalisation d'un rapport de développement durable. Ce rapport comporte une analyse de toutes les pratiques et les initiatives qui soutiennent le développement durable. Le sixième enjeu est fonctionnel. Il se résume dans le bon fonctionnement des différentes activités et la fluidité des déplacements des personnes et des divers flux de marchandise dans les milieux urbains et interurbains.

Pour toutes ces raisons, nous avons décidé de nous focaliser sur la grande distribution alimentaire. Elle nous permet de bien nous positionner dans la problématique de la logistique urbaine. Elle nous aide également à réaliser les objectifs déjà fixés pour cette étude. Précédemment, nous avons défini la problématique de la thèse en constatant sa complexité. L'exemple de la grande distribution alimentaire permet de simplifier le problème. En plus, les arguments ci-dessus sur le choix de la grande distribution alimentaire comme objet de recherche, sont en harmonie avec la problématique de la thèse et ses objectifs d'apporter des réponses quant à l'efficacité économique et environnementale de tous les modes d'organisation : parmi les différentes organisations logistiques, lesquelles sont les plus soutenables au sens environnemental et économique du terme ? La réponse à cette problématique nécessite une méthodologie adaptée.

2. Méthodologie

La méthodologie doit nous permettre de répondre à la problématique de cette thèse et d'atteindre ses objectifs d'étudier les bilans économiques et environnementaux des différentes chaînes logistiques globales. En outre, la méthodologie doit tenir compte de la rareté des informations empiriques dans la littérature scientifique et technique, ainsi que la difficulté d'accès à l'information à cause de la confidentialité des données dans le secteur de la grande distribution alimentaire. Par ailleurs, il faut:

- d’une part, mener une analyse des chaînes logistiques, en vue de construire des catégories d’analyse
- d’autre part, élaborer une méthode d’évaluation économique et environnementale adaptée.

Pour ce faire, nous effectuons une revue détaillée de la littérature. Cela aide à préciser la problématique de la thèse. Aussi, elle permet de prendre en compte les derniers résultats publiés sur les déplacements d’achat des particuliers et l’approvisionnement des magasins dans la grande distribution alimentaire.

Ce premier travail d’investigation des études françaises et européennes est suivi d’un ensemble d’enquêtes de terrain pour rechercher les informations manquantes. Ces enquêtes permettent dans un premier temps de définir les chaînes logistiques types. A noter qu’une chaîne logistique type doit avoir un bilan économique et environnemental différent des autres chaînes dans la grande distribution alimentaire.

Après la différenciation des chaînes logistiques, nous réalisons un ensemble d’entretiens avec les professionnels. Les entretiens portent généralement sur les coûts et les émissions de construction et d’exploitation des moyens transports et des bâtiments logistiques. Les données issues de ces enquêtes sont indispensables pour alimenter notre base de données et surtout exploiter l’outil de calcul que nous avons développé dans le cadre de cette thèse. Cet outil permet de calculer les bilans économiques et environnementaux de différentes chaînes de distribution.

Ensuite, une analyse des résultats des bilans économique et environnemental permet de déduire les meilleures chaînes logistiques au vu de l’efficacité de leurs bilans. Aussi, cette analyse aide à détecter les maillons coûteux ou très polluants

dans la chaîne logistique. L'évaluation des différentes chaînes logistiques permet de faire des recommandations aux acteurs de la grande distribution alimentaire et aux collectivités locales. Ceci dans le but de privilégier les chaînes logistiques rentables sur le plan économique et durables sur le plan environnemental.

Comme énoncé, nous avons décidé d'étudier la globalité de la chaîne de distribution. Cette dernière se caractérise par des moyens de transport très variés, que ce soit pour la livraison des bâtiments logistiques ou pour l'approvisionnement des ménages à partir des surfaces de vente. Ces moyens peuvent être des articulés, des porteurs, des véhicules utilitaires légers, des voitures particulières, des transports publics, des motos, des vélos ou de la marche à pied. Dans le cadre de la thèse, nous précisons à chaque fois le moyen de transport utilisé, car ils ont des coûts d'exploitation différents et aussi des émissions de fabrication et de fonctionnement très variées.

De plus, il y a plusieurs types de bâtiments logistiques. Ces derniers peuvent être des entrepôts de stockage ou des plateformes de transit en amont ; ou bien des hypermarchés, des supermarchés, des supérettes, des entrepôts dédiés à la vente à distance, des espaces logistiques urbains ou des points relais en aval. Comme les moyens de transport des marchandises, ces bâtiments logistiques ont des coûts d'exploitation différents et aussi des émissions de construction et de fonctionnement très variés. Par conséquent, nous précisons à chaque fois le type de bâtiment logistique exploité et le moyen de transport utilisé car chacun d'eux a un impact différent sur les bilans économique et environnemental de la chaîne de distribution.

Dans la problématique, nous avons indiqué que notre démarche est basée sur la revue de littérature comme point de départ, mais aussi sur les entretiens avec les acteurs de la chaîne alimentaire. Cela permet d'actualiser les connaissances sur ce

secteur d'activité en pleine mutation. Aussi, ces entretiens permettent d'avoir les données nécessaires pour répondre à notre problématique de la thèse. Les entretiens effectués sont parfois libres, semi-directifs ou directifs selon les objectifs de l'entretien. De plus, ces entretiens sont effectués directement, par téléphone ou par mail. En réalité, nous privilégions les entretiens directs, mais parfois nous nous adaptons avec les disponibilités des interviewés et leurs préférences par rapport au type de l'entretien. Dans certains cas, nous commençons par un entretien direct, mais pour certaines questions, l'interviewé ne possède pas l'information immédiatement, ce qui fait qu'il nous envoie les informations demandées plus tard par mail. Dans d'autres cas, nous adressons les questions par mail avant le jour d'entretien. Ceci permet de laisser le temps nécessaire à l'interlocuteur pour lancer des enquêtes auprès de ses collaborateurs, avant de nous communiquer les chiffres demandés le jour de l'entretien.

3. Conclusion

Ce chapitre a permis de poser le cadre général de cette recherche et de définir la problématique de la thèse. Par ailleurs, à la fin de la problématique, nous avons constaté que le sujet est suffisamment complexe et nécessite l'étude d'un exemple bien précis pour mieux répondre à la problématique. Suite aux arguments déjà présentés précédemment, nous avons décidé de nous focaliser sur l'exemple de la grande distribution alimentaire. Mais quelles sont ses caractéristiques logistiques ? Et quelles sont ses modes d'organisation ? Dans le chapitre suivant, la présentation de la grande distribution alimentaire doit d'être suffisamment complète pour donner un aperçu global sur l'environnement économique dans lequel s'inscrivent les différentes chaînes de distribution à identifier dans ce travail de recherche.

Chapitre 2.

La grande distribution alimentaire et ses organisations logistiques

Chapitre 2. La grande distribution alimentaire et ses organisations logistiques

L'étude des modes d'organisation dans la grande distribution alimentaire suppose, avant toute chose, une bonne connaissance des caractéristiques des groupes alimentaires et de l'évolution de leurs concepts logistiques. La première section de ce chapitre est ainsi essentiellement descriptive des spécificités logistiques qui distinguent ce secteur de la grande distribution alimentaire des autres secteurs d'activités du commerce de détail. Nous étudions ensuite les différentes organisations logistiques de la grande distribution alimentaire en amont et en aval de la chaîne de distribution, dont nous précisons les définitions respectives dans le cadre de ce travail de recherche. Cette démarche d'aborder séparément les deux parties de la chaîne de distribution (amont puis aval) est liée à leurs caractéristiques différentes que nous développons dans la deuxième section de ce chapitre.

Section 1. La grande distribution alimentaire

1. Introduction

Les questions de la livraison des surfaces de vente et de l'approvisionnement des ménages à partir de ces surfaces, ont une importance capitale pour les acteurs économiques comme pour les collectivités locales. La mauvaise maîtrise des circuits de livraison dans la grande distribution alimentaire se traduit par de nombreuses complications, qu'il s'agisse de pertes de temps pour les livraisons, de l'occupation de la voirie par les camions, ou encore des désordres de stationnement.

Les réglementations sont très contraignantes et, par conséquent, le coût du dernier kilomètre est de plus en plus élevé. En outre, la pollution d'air et les nuisances sonores deviennent insupportables dans l'espace urbain. L'ensemble de ces dysfonctionnements complexifie significativement la problématique de la logistique urbaine.

Face à ces dysfonctionnements, se développent des réponses à différents niveaux dans la grande distribution alimentaire. En plus de la vente classique, où le client se déplace au magasin pour réaliser lui-même ses achats et transporter ses courses à son domicile, se développent d'autres offres comme la livraison à domicile, les points relais ou encore le Drive. Ces différentes alternatives ont-elles un réel impact sur l'organisation logistique ? Répondre à ce questionnement exige de préciser les critères qui différencient une chaîne de distribution de l'autre, en déterminant bien évidemment les bilans économique et environnemental de chaque type de chaîne de distribution. Pour ce faire, nous examinons les caractéristiques de la grande distribution alimentaire. Cela permet de mieux comprendre le déroulement de la fonction logistique dans ce secteur d'activité et, par conséquent, de répondre à ce questionnement et bien évidemment à la problématique de la thèse.

2. Caractéristiques de la grande distribution alimentaire

Dans ce secteur d'activité, les magasins sont organisés sous forme d'un réseau d'enseignes, appelé aussi « réseau du commerce de détail ». Ce dernier est défini comme « un ensemble de points de vente et une tête de réseau qui entretiennent des relations durables en établissant une communauté d'intérêt » (Insee, 2012)[13].

[13] *Définition disponible sur : <http://www.insee.fr/fr/methodes/default.asp?page=definitions/reseau-commerce-detail.htm> (consulté le 29.08.2012).*

Les grands distributeurs alimentaires sont des acteurs globaux qui possèdent, en plus de leurs magasins de vente, des centrales d'achats, des plateformes logistiques, ou encore des industries agroalimentaires. Selon l'Insee (2012a, p58), la grande distribution alimentaire a réalisé à elle seule plus d'un tiers (37,3 %) du chiffre d'affaire total du commerce de détail[14] et de l'artisanat commercial, hors automobile en 2011. Dans le but d'encadrer ce développement de la grande distribution alimentaire, les législations sont devenues très strictes avec les deux lois Royer[15] en 1973 et Raffarin[16] en 1996. La loi Royer avait pour objectif de développer la concurrence entre les différents acteurs de la grande distribution alimentaire et protéger les petites surfaces face à l'amplification des grandes surfaces. La loi Raffarin a renforcé le dispositif de la loi Royer en réduisant les seuils de surfaces de vente soumises à autorisation à 300 m² pour les magasins à dominance alimentaire. De plus, les magasins de plus de 6000 m² doivent obtenir un permis de construire spécial et faire l'objet d'une enquête d'utilité publique (Cliquet et al., 2008, p9).

Ce contexte législatif a poussé les groupes alimentaires à adopter de nouvelles stratégies afin de préserver leur développement. Dans les faits, ces stratégies représentent trois terrains d'affrontement entre les différents groupes de la grande distribution alimentaire : premièrement, le développement international dans des

[14] « Le commerce de détail consiste à vendre des marchandises dans l'état où elles sont achetées (ou après transformations mineures) généralement à une clientèle de particuliers, quelles que soient les quantités vendues. Outre la vente, cette activité de commerce de détail peut aussi recouvrir la livraison et l'installation chez le client » (Insee, 2012). Définition disponible sur : <http://www.insee.fr/fr/methodes/default.asp?page=definitions/commerce-de-detail.htm> (consulté le 29.08.2012).

[15] Loi d'orientation du commerce et de l'artisanat n°1973-27-12, dite loi Royer, organisant un contrôle pour la création des grandes surfaces supérieures à 1000 m^2 ou 1500 m^2 suivant le lieu d'implantation.

[16] La loi Royer a été renforcée par la loi Raffarin du 5 juillet 1996. Cette dernière loi a été précédée par d'autres lois dites Doubin du 31 décembre 1990, Sapin du 29 janvier 1993, Galland du 1er juillet 1996 qui contrôlent de façon plus stricte l'ouverture des grandes surfaces.

pays qui ont une réglementation moins stricte que celle de la France au niveau de la limitation des surfaces des magasins ; deuxièmement, le développement de la vente à distance où les magasins sont virtuels, ce qui permet d'éviter la problématique de la limitation des surfaces dans les magasins physiques ; et troisièmement, l'augmentation de la taille critique de ces groupes de grande distribution alimentaire.

Cette augmentation de la taille critique, qui a pour objet principal de renforcer le pouvoir de négociation des grands distributeurs alimentaires par rapport aux fournisseurs, se fait au travers d'opérations de concentration ou d'achat d'autres groupes alimentaires : concrètement, une grande taille critique est synonyme d'un nombre très important des surfaces de vente. Cela permet aux groupes alimentaires de mieux contrôler la chaîne de distribution par rapport aux industriels.

En plus de cette perte progressive du contrôle de la chaîne de distribution (comme c'est le cas des grossistes[17] dans plusieurs domaines), les industriels commencent à subir une concurrence intense au niveau de la production par les grands distributeurs alimentaires. Ces derniers ont commencé en effet à produire des articles sous leurs propres marques, appelés marques de distributeurs (MDD) afin de faire face à la réglementation stricte qui organise la relation distributeur-producteur. Selon Cliquet et al. (2008, p19), des effets pervers pourraient être dénoncés en analysant les réactions stratégiques des distributeurs aux lois visant à encadrer les relations avec les producteurs.

[17] *Par sa fonction, le grossiste (commerce de gros) est l'intermédiaire entre le producteur d'une part et l'étape de vente aux consommateurs (c'est-à-dire le magasin) d'autre part. Les commerces de gros ont largement souffert du développement de la grande distribution, les grands groupes de distributeurs commerçant maintenant directement avec le secteur industriel pour la plupart des produits (Morcello, 1998, p52).*

Pour toutes ces raisons, nous estimons que la réglementation n'a pas permis de protéger les consommateurs au travers du renforcement de la concurrence entre les différents groupes de la grande distribution alimentaire, comme annoncé précédemment pendant l'étude des objectifs visés par la réglementation. Au contraire, celle-ci a favorisé la concentration et, par voie de conséquence, la dominance d'un nombre limité d'enseignes sur le marché de la grande distribution alimentaire.

Selon Cliquet et al. (2008, p19), la loi a provoqué des effets pervers au point d'obtenir le contraire de ce qui était recherché. Ceci peut être confirmé en déduisant la part totale des cinq premiers groupes alimentaires français sur l'ensemble des parts détaillées par groupe pour l'année 2009 (cf. Tableau 1).

Tableau 1 : Parts de cinq premiers groupes alimentaires du marché de la grande distribution alimentaire en France en 2009

Groupe de distribution alimentaire	**Parts de marché en 2009**
Carrefour	23,90 %
Leclerc	16,90 %
Intermarché	13,60 %
Auchan	11,10 %
Casino	10,30 %
Part de cinq premiers groupes	**75,80 %**
Système U	09,10 %
Provera (Cora)	03,30 %
Autres	11,80 %
Total	**100 %**

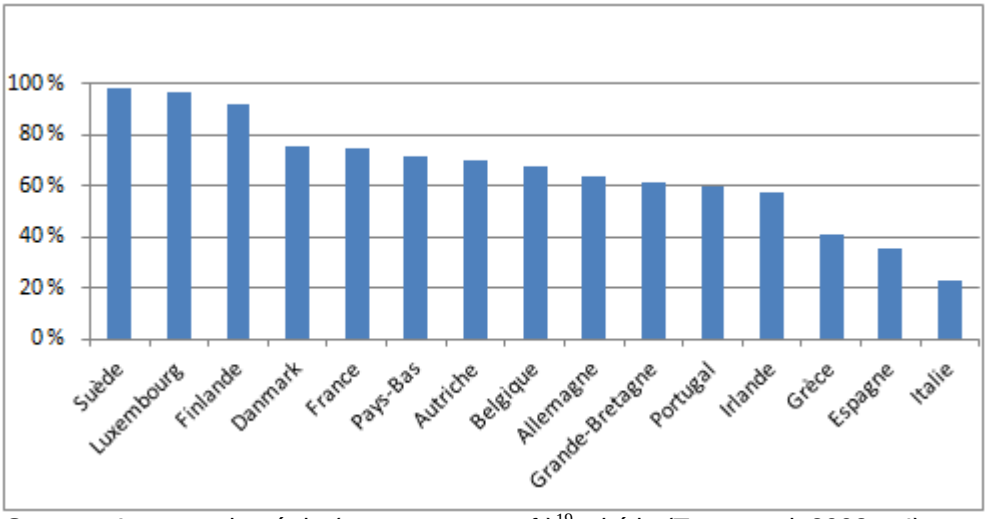
Source : Auteur, adapté de (TNS world panel, 2010)[18]

En 1986, dix enseignes se partageaient la moitié du marché de la grande distribution alimentaire. Depuis 2003, cinq enseignes seulement dominent approximativement trois quarts du marché. A titre d'exemple, en 2009, les cinq premiers groupes français (Carrefour, Leclerc, Intermarché, Auchan et Casino) détenaient 75,8 % du

[18] *Etude disponible sur : < http://www.autoritedelaconcurrence.fr/doc/fiche2_lecommerce_dec10.pdf> (consulté le 03.10.2012).*

marché de la grande distribution alimentaire, y compris l'alimentaire en ligne. Si nous ajoutons le groupe « Système U », la part totale est estimée à 84,9 % (cf. Tableau 1). De ce fait, il existe un quasi-monopole des plus grands groupes sur le marché alimentaire français. Mais est-ce une spécificité française ou le même constat est-il valable dans d'autres pays ? Pour répondre à cette question, nous comparons la part des cinq premiers groupes alimentaires en France avec d'autres pays européens (cf. Graphique 1) :

Graphique 1 : Part de cinq premiers groupes alimentaires par pays européen en 2003



Source : Auteur, adapté de (www.pme.gouv.fr)[19], cité in (Transrural, 2003, p4)

Le phénomène de dominance des cinq premiers groupes dans la grande distribution alimentaire en France est le même dans plusieurs autres pays européens (cf. Graphique 1). Après les pays scandinaves (la Suède, la Finlande et le Danemark) et le Luxembourg, la France devance les autres pays européens au niveau de la dominance de ses cinq premiers grands distributeurs alimentaires.

Par ailleurs, le secteur de la grande distribution en France connaît une grande variété de modèles organisationnels et contractuels. Deux grandes catégories

[19] *Etude disponible sur : <http://www.transrural-initiatives.org/numero-236/dossier236.pdf> (consulté le 03.10.2012).*

peuvent être distinguées. La première concerne les groupes dits « intégrés » (Carrefour, Auchan et Casino) qui distribuent sous la forme de réseaux intégrés à travers un ensemble de filiales et de succursales toutes subordonnées à la même société mère. La deuxième catégorie rassemble les autres groupes dits « coopératifs » (E. Leclerc, ITM Entreprises et Système U) qui font appel à des distributeurs indépendants regroupés au sein de structures coopératives[20]. Ces deux modes d'organisation peuvent être complétés par des accords de réseau[21] ou par des accords de regroupement[22].

En plus de leurs modèles contractuels distincts, nous constatons à partir de l'enquête d'Eurostaf-Eurosiris[23] de 1995, que les groupes alimentaires se caractérisent par différents formats organisationnels. Dans ce cadre, quatre grands formats d'organisation de la logistique sont distingués en fonction de l'approche qu'ont les distributeurs de l'espace (Morcello, 1998, p93) : logistique concentrée, répartie, polarisée, ou peu structurée. Dans la logistique « concentrée », l'approvisionnement des magasins d'une région est assuré à partir d'une seule base logistique multi-produits. Cette base logistique est implantée généralement au barycentre des surfaces de vente, comme c'est le cas chez Leclerc. La logistique « répartie » se caractérise quand à elle par plusieurs centres de distribution spécialisés par produits

---

[20] Les regroupements coopératifs sont des associations d'entrepreneurs financièrement et juridiquement indépendants les uns des autres. Les actionnaires, qui sont propriétaires des magasins, gèrent leur coopérative avec des règles communes. Cela se traduit par une mise en commun des moyens financiers et techniques afin d'assurer plus de compétitivité (baisse des charges fixes, etc.)

[21] Les accords de réseau peuvent être à titre d'exemple une franchise, un contrat d'achat exclusif, un contrat d'assistance et de fourniture, un contrat de distribution sélective ou un contrat de concession.

[22] Les accords de regroupement peuvent être à titre d'exemple un contrat d'intermédiation (commissionnaire, mandataire, courtier) ou un contrat d'affiliation.

[23] Eurosiris est un bureau d'études spécialisé en transport, logistique et aménagement du territoire (…). Ces études sont commercialisées par Eurostaf. Plus d'informations sont sur : <http://temis.documentation.equipement.gouv.fr/documents/Temis/0024/Temis-0024001/11710_2.pdf> (consulté le 10.07.2012).

(et non pas une seule base multi-produits comme dans la logistique concentrée). Ces centres de distribution sont répartis d'une façon harmonieuse sur toute la surface de la région, comme c'est le cas chez Système U et Intermarché. La logistique « polarisée », que nous observons chez Carrefour et Auchan, consiste elle à avoir plusieurs centres de distribution qui sont spécialisées par produits, comme c'est le cas dans la logistique répartie, mais ces centres de distribution sont concentrés dans une seule partie de la région. Enfin dans la catégorie de la logistique « peu structurée », les centres de distribution ne sont pas organisés géographiquement par région, puisque ils peuvent livrer des magasins situés en dehors de la région logistique dans laquelle ils sont implantés. Dans ce cadre, nous pouvons citer l'exemple de Casino qui n'a pas de centres de distribution dans toutes les régions et, par conséquent, certains centres de distribution livrent des magasins situés dans d'autres régions.

En plus de leurs multiples modèles organisationnels par région, les groupes alimentaires s'organisent différemment en fonction de la taille des surfaces de vente : certains groupes sont spécialisés dans un seul format des magasins comme Auchan (dominé par les hypermarchés, et non pas les supermarchés ou les supérettes), tandis que d'autres groupes ont plusieurs tailles de surfaces de vente comme Carrefour et Casino. Ces deux derniers groupes diffèrent leurs organisations logistiques selon la taille du magasin : Carrefour différencie la logistique des grandes surfaces par rapport aux moyennes et petites surfaces, tandis que Casino différencie la logistique des petites surfaces indépendamment de leurs formes contractuelles (Vival, Spar, Petit Casino, etc.) et attribue une logistique commune aux grandes et moyennes surfaces.

De plus, les modes d'organisation chez les grands distributeurs alimentaires varient en fonction de l'externalisation ou de l'internalisation de la logistique (cf. Tableau 2).

Tableau 2 : Différents modes de gestion des plateformes logistiques en grande distribution

Groupe	Gestion logistique	Descriptif du mode de gestion des plateformes logistiques
Auchan	Logistique internalisée	Gestion en propre des anciennes plateformes logistiques
	Logistique externalisée	Gestion externalisée des nouvelles plateformes logistiques
Carrefour	Logistique internalisée	La filiale Logidis[24] gère en propre les moyennes et les petites surfaces
	Logistique externalisée	Confier la gestion des grandes surfaces aux prestataires logistiques
Casino	Logistique internalisée	La filiale Easydis gère les différentes tailles de surfaces de vente et propose ses services à d'autres entreprises.

Contrairement à l'externalisation, où le distributeur a recours à la sous-traitance, l'internalisation correspond à une volonté de maîtrise des opérations logistiques même si les entrepôts sont parfois loués. Par ailleurs, l'intégration est un niveau très avancé de l'internalisation avec des moyens logistiques largement possédés par les groupes alimentaires (Intermarché, Leclerc et Système U).

Les choix de l'internalisation et de l'intégration dans le secteur de la grande distribution alimentaire peuvent être justifiés par les économies d'échelle qu'ils génèrent, et le fait qu'ils permettent d'éviter le recours à un intervenant extérieur. Cependant, la logistique internalisée peut se servir de la sous-traitance dans certains cas, comme la gestion de certains produits spécifiques qui demandent des équipements particuliers ou le rachat d'un autre groupe alimentaire (dans ce cadre, nous pouvons citer l'exemple d'Auchan qui a acheté le groupe Docks en 1996).

[24] En plus des moyennes et petites surfaces (Shopi, 8 à huit, etc..), Logidis gère partiellement l'approvisionnement des hypermarchés en épicerie, brasserie et surgelés. En revanche, la logistique de tous les autres produits vers les hypermarchés est assurée par des prestataires logistiques externes.

L’examen de différents modes de gestion des plateformes logistiques dans la grande distribution alimentaire (cf. Tableau 2) montre donc que des différences existent selon les groupes alimentaires et les tailles des surfaces de vente. A noter que la logistique des produits frais et surgelés est majoritairement externalisée pour tous les grands distributeurs alimentaires. Nous reviendrons sur les organisations logistiques par taille de surface de vente et par famille des produits (alimentaires non réfrigérés, frais, surgelés et produits non alimentaires) dans la deuxième section de ce chapitre.

Par ailleurs, la gestion opérationnelle est encore maîtrisée en interne dans les différents groupes, tandis que les prestations logistiques sont plus externalisées en raison de la complexité des flux physiques et d'informations : en général, les grands distributeurs confient les fonctions logistiques à des prestataires extérieurs. Ces derniers prennent en charge, avec le temps, des tâches de plus en plus nombreuses et complexes. Si leur cœur de métier reste le stockage, la gestion des stocks, la préparation des commandes et le transport, les prestataires de services logistiques (PSL) ont progressivement pris en charge d’autres fonctions comme le co-manufacturing et le conditionnement (Roques et Michrafy, 2003).

La dominance d’un nombre limité de grands distributeurs sur le marché alimentaire en France et ailleurs, ainsi que les différents modèles contractuels et organisationnels pratiqués dans ce secteur d’activité, ont forcément un impact sur le nombre et la nature des organisations logistiques dans le secteur de la grande distribution alimentaire. Cela nous incite à exposer l’importance de la fonction logistique dans la grande distribution alimentaire dans un premier temps, puis à étudier les différents types de chaînes de distribution avec plus de détails dans la deuxième partie de ce chapitre.

3. Importance de la fonction logistique dans la grande distribution alimentaire

La grande distribution alimentaire repose sur deux fonctions essentielles : l'achat des produits et leur vente en magasin. Entre les deux, la fonction logistique[25] a pour rôle d'optimiser la gestion des flux physiques et des flux d'informations, afin d'assurer la disponibilité des produits en magasin au bon moment, à la meilleure qualité et au moindre coût. Selon le Predit[26] (2007, p84), la logistique de distribution stricto sensu est un ensemble d'activités interconnectées ayant pour mission le transfert physique des produits industriels vers les clients.

La grande distribution alimentaire a axé son développement sur la mise à disposition des consommateurs des produits à des tarifs inférieurs à ceux des commerces traditionnels complètement indépendants. Ceci a été rendu possible grâce à la logistique, qui a cependant fait face à de nombreuses contraintes. Dans ce cadre, le nombre moyen de références vendues dans une surface de vente a triplé dans les deux dernières décennies, alors que la surface moyenne de vente est restée constante. A titre d'exemple, le nombre moyen d'articles dans un hypermarché a augmenté de 4300 en 1980 à 14800 en 2006, alors que la surface moyenne de vente est restée constante autour de 5700 m² (FCD[27], 2008, p67) : la fonction logistique a donc dû évoluer pour s'adapter à cette complexité grandissante de la grande distribution alimentaire. Selon Morcello (1998, p46), la spécificité du modèle français de la grande distribution est le nombre moyen de références proposées.

---

[25] Selon l'ASLOG (Association française pour la logistique), La logistique se défini comme l'art et la manière de mettre à disposition un produit donné au bon moment, au bon endroit, au moindre coût et avec la meilleure qualité. Plus d'informations sont disponibles sur : <http://www.aslog.org/fr/index.php> (consulté le 22.02.2012).

[26] Programme de recherche et d'innovation dans les transports terrestres (Predit). Plus d'informations sont disponibles sur : <http://www.predit.prd.fr/predit4/homePage.fo> (consulté le 24.02.2012).

[27] Fédération des entreprises du Commerce et de la Distribution (FCD). Plus d'informations sont disponibles sur : <http://www.fcd.asso.fr/> (consulté le 12.06.2012).

Pour un même produit (le sel par exemple), nous observons plusieurs références dans un magasin en commençant par la marque (de distributeur ou nationale,…), le volume proposé (100 g ou 1 kg,...) et le conditionnement (bouteille en plastique ou sac en papier,...). Par ailleurs, la gestion des flux d'approvisionnements de ces différentes références pour un même type de produit est très complexe, en raison de la demande variable des clients et de nombre important de sources d'approvisionnements surtout que ces références viennent de différents producteurs.

De plus, le secteur de la grande distribution alimentaire (ou à prédominance alimentaire) se caractérise par plusieurs familles des produits (non alimentaires, alimentaires non réfrigérés, frais et surgelés) qui n'ont pas forcément les mêmes organisations logistiques. En outre, ce secteur d'activité ne se limite pas à la vente des produits : il comporte également d'autres opérations avant et après cet acte de vente. Parmi ces opérations, nous citons l'acheminement de la marchandise par des plateformes logistiques, le transport des produits au magasin, et dans certains cas le service de livraison à domicile. Le distributeur doit amener le produit du producteur au consommateur, mais surtout comprendre les besoins du consommateur et lui amener le produit qu'il veut (Vandercammen et Jospin-Pernet, 2005).

En plus de son adaptation et de sa souplesse, la logistique de la grande distribution alimentaire est très compétitive. Elle se caractérise par un coût global moyen qui ne dépasse pas 5 % du prix de vente[28], contre 8 % en moyenne dans la grande distribution en général (Sétra, 2008, p5). Cette compétitivité logistique nous pousse à examiner les spécificités des modes d'organisation de la grande distribution alimentaire qui ont permis d'atteindre ce faible coût par rapport à la moyenne.

[28] *Cette moyenne de 5% est déduite à partir du rapport d'étude d'Euler-Hermes en 2007. Elle correspond à la marge d'exploitation (rapport entre le résultat d'exploitation et le chiffre d'affaires) des grands distributeurs alimentaires.*

Section 2. Les circuits de livraison en amont de la chaîne de distribution

A partir d'un premier travail de recherche dans les revues de littérature, nous avons déduit, précédemment dans le chapitre introductif de la thèse, l'utilité de se focaliser sur la globalité de la chaîne de distribution, que nous étudions en deux parties : d'abord l'amont de la chaîne de distribution, puis son aval, vu leurs caractéristiques différentes. Cela nécessite bien évidement une définition précise de ces deux termes (amont et aval), avant d'examiner leurs modes d'organisation respectifs dans la deuxième section de ce chapitre pour l'amont, et dans la troisième section pour l'aval.

1. Définition de l'amont

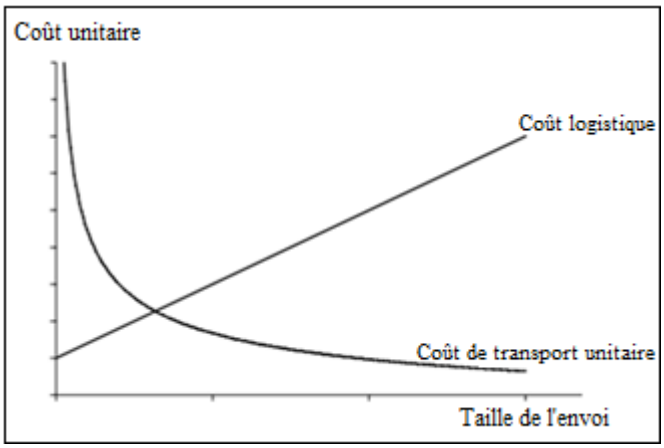
L'amont est défini comme la partie de la chaîne de distribution située entre le dernier lieu de stockage appartenant au fournisseur du grand distributeur alimentaire, et le lieu de constitution de la commande du client. Ce dernier peut être soit une surface de vente classique (de type hypermarché, supermarché ou supérette), soit une surface de vente à distance (entièrement dédié à la livraison à distance ou avec picking en magasin).

L'amont inclut le transport des marchandises entre ces deux lieux ainsi que tous les bâtiments logistiques intermédiaires, que ce soit des entrepôts de stockage ou des plateformes de transit. Cette partie de la chaîne de distribution comporte plusieurs types d'organisation logistique. Dans le paragraphe suivant, nous démontrons dans un premier temps le paramètre permettant de différencier les organisations logistiques en amont de la chaîne de distribution. Ensuite, nous étudions chacune de ces organisations.

2. Paramètres de différenciation en amont de la chaîne de distribution

En examinant la structure des organisations logistiques en amont de la chaîne de distribution, nous observons que le nombre différent de plateformes logistiques représente le critère principal qui distingue une organisation par rapport à une autre. En effet, chaque plateforme engendre des coûts logistiques additionnels et des émissions de construction et d'exploitation supplémentaires. En contrepartie, elle permet d'optimiser les émissions de CO_2 du transport et ses coûts en fonction de la taille d'envoi (cf. Graphique 2) :

Graphique 2 : Arbitrage entre coûts de transport et coûts logistiques dans un centre de distribution



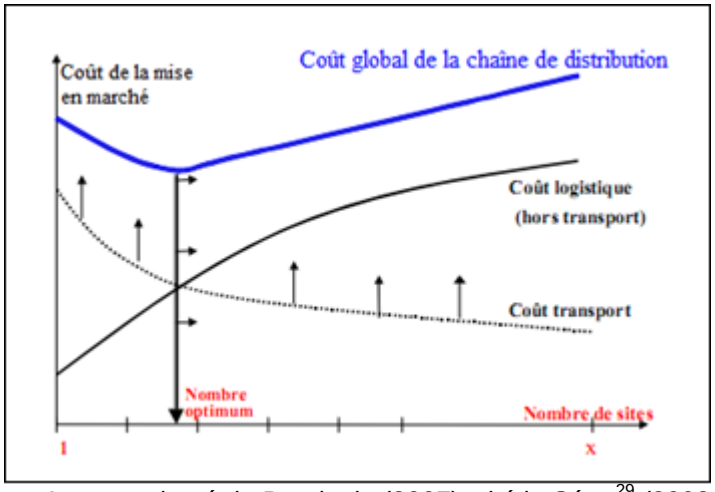
Source : Auteur, adapté de (Gacogne, 2003, p95)

Dans ce cadre, il faut préciser que cette corrélation entre les coûts logistiques et les coûts de transport en fonction de la taille d'envoi (cf. Graphique 2) adaptée de (Gacogne, 2003, p95), permet d'optimiser les coûts au niveau de chaque maillon indépendamment des autres maillons de la chaîne de distribution.

Cependant, cela n'est pas suffisant pour répondre aux intérêts du grand distributeur alimentaire. L'optimisation entre les coûts logistiques et de transport doit être effectuée sur la globalité de la chaîne de distribution, afin de déduire le nombre optimum des plateformes en fonction des coûts de transport (cf. Graphique 3).

De ce fait, le nombre différent de plateformes dans la grande distribution résulte d'un arbitrage entre les coûts de transport et les coûts logistiques. Ces deux coûts forment ensemble le coût global de la chaîne de distribution. Par conséquent, le nombre de plateformes logistiques (dit aussi nombre de ruptures de charge ou nombre de centres de distribution) représente le paramètre de différenciation des organisations logistiques en amont de la chaine de distribution, vu l'impact de sa variation sur les bilans économique et environnemental.

Graphique 3 : Coût global de la chaîne de distribution en fonction du nombre des plateformes

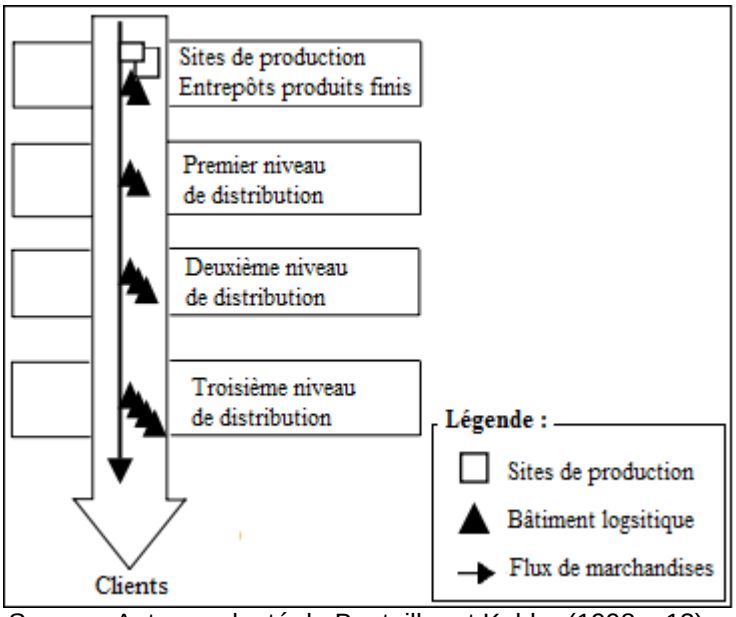


Source : Auteur, adapté de Boudouin (2007), cité in Sétra[29] (2008, p10)

Par ailleurs, la baisse du coût total de la chaîne de distribution (cf. Graphique 3) n'est pas systématique en augmentant à chaque fois le nombre de plateformes intermédiaires en amont de la chaîne. A partir d'un certain nombre de ruptures de charge, nous constatons un surcoût logistique sans augmentation significative des taux de remplissage des camions et, par conséquent, sans baisse significative des coûts de transport par tonne de marchandise. Selon nos enquêtes de terrain, l'amont de la chaîne se caractérise généralement par un nombre maximum de trois niveaux de distribution entre l'entrepôt du producteur et la surface de vente (cf. Figure 1).

[29] *Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements (Sétra). Plus d'informations sont disponibles sur : < http://www.setra.equipement.gouv.fr/> (Consulté le 10.07.2012).*

Figure 1 : Niveaux de distribution entre l'usine et le magasin dans la chaîne de distribution



Source : Auteur, adapté de Bouteiller et Kobler (1998, p13)

La structure ci-dessus (cf. Figure 1) comprend au total trois niveaux de distribution entre l'entrepôt du producteur et la surface de vente. Par ailleurs, les grands distributeurs alimentaires peuvent décider de privilégier des structures avec moins de niveaux de distribution s'ils trouvent cela plus économe. Le choix d'une structure de distribution varie en fonction de la répartition géographique des surfaces de vente, des stratégies commerciales des groupes et de la taille de leurs marchés.

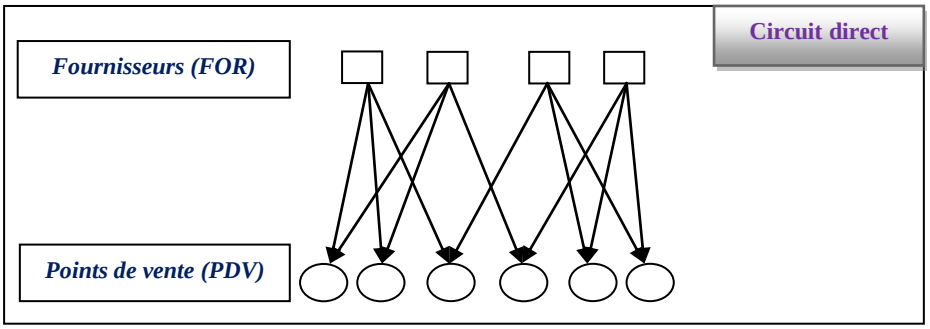
Sur l'aspect structurel, chaque niveau de distribution représente une rupture de charge additionnelle qui permet de distinguer un circuit de livraison par rapport à un autre : la livraison des marchandises entre le fournisseur et le magasin peut être soit directe, sans aucune rupture de charge (circuit direct), soit courte avec une seule rupture de charge (circuit court), soit longue avec deux ruptures de charge ou plus (circuit long). En effet, chaque rupture de charge a un impact sur les coûts économiques et les émissions de CO_2 des véhicules de transport utilisés et des bâtiments logistiques exploités. Nous nous focalisons ainsi dans la partie suivante sur l'évolution des circuits de livraison en amont de la chaîne de distribution.

3. Evolution des circuits de livraison en amont de la chaîne de distribution

a. Le circuit direct : livraison directe du fournisseur au magasin

Lors du décollage de la grande distribution alimentaire dans les années 1960 et 1970, le modèle logistique était celui des livraisons directes des usines aux magasins (Bonet et al., 2010, p4). Ce premier modèle (cf. Figure 2) s'est caractérisé par le contrôle des industriels sur l'amont de la chaîne de distribution. Par ailleurs, les groupes alimentaires ont continué leur course à la taille en multipliant le nombre de magasins et en agrandissant les surfaces de vente. Cela a consolidé leurs succès progressif dans un milieu de concurrence intense. En revanche, ce succès a été un peu freiné par le non contrôle de l'amont de la chaîne par les groupes alimentaires.

Figure 2 : Organisation logistique d'un circuit direct en amont de la chaîne de distribution



Source : Auteur

En effet, les coûts élevés des livraisons directes, bien qu'ils soient à la charge des industriels, étaient répercutés sur les coûts de vente des produits aux groupes alimentaires. De ce fait, ces derniers achetaient des produits chers à cause des coûts de livraison peu maitrisés par les fournisseurs. Cela est en contradiction avec leur politique[30] de réduction des prix de vente des articles au consommateur final.

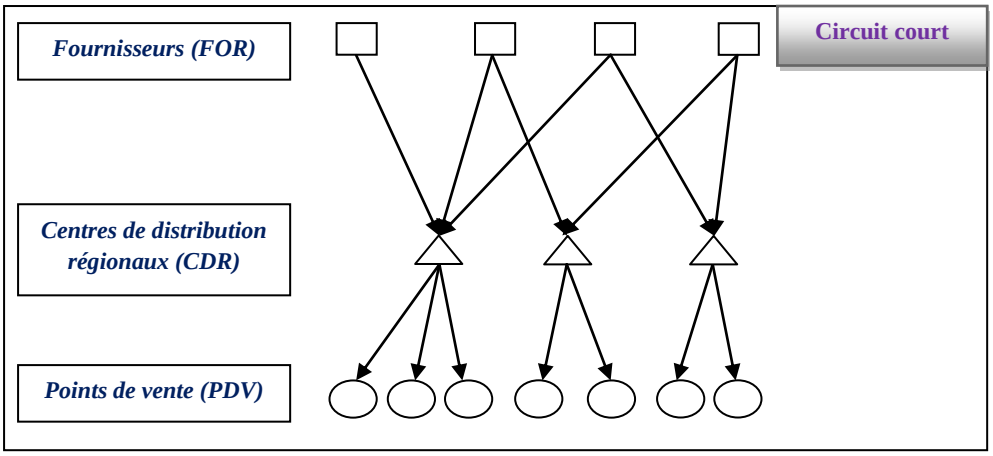
[30] *Selon Edouard Leclerc (fondateur du groupe de grande distribution alimentaire E. Leclerc) : « Distribuer, c'est acheter le moins cher possible pour revendre le moins cher possible ».*

b. Le circuit court : passage par un centre de distribution

A partir des années 1980, l'amont de la chaîne de distribution a été marqué par l'émergence des livraisons sous forme d'un circuit court. Ce modèle consiste à créer des plateformes logistiques intermédiaires, dites centres de distribution. Ces plateformes appartiennent aux grands distributeurs alimentaires et sont implantés entre les fournisseurs et les surfaces de vente.

De ce fait, les industriels ne livrent plus les magasins d'une façon directe. Ils livrent d'abord les centres de distribution et, à partir de ces derniers, les grands distributeurs alimentaires assurent l'approvisionnement de leurs magasins. Contrairement au modèle des années 1970 où il y a un contrôle quasi total des fournisseurs sur l'amont de la chaîne de distribution, ce modèle (cf. Figure 3) se caractérise par un partage du pouvoir entre fournisseurs et groupes alimentaires.

Figure 3 : Organisation logistique d'un circuit court en amont de la chaîne de distribution - Le cas de 4 premiers grands distributeurs alimentaires britanniques



Source : Auteur, adapté de (Jackson et Timpson, 2001, p13)

Ces nouvelles plateformes intermédiaires sont dirigées en direct par les grands distributeurs alimentaires, et sont parfois externalisées. Dans ce dernier cas, elles sont managées par des prestataires de services logistiques (PSL).

Le modèle ci-dessus (cf. Figure 3) avec une plateforme intermédiaire entre le producteur et le magasin a permis d'échapper à la réglementation qui vise la limitation de l'agrandissement des surfaces des magasins. Les grands distributeurs alimentaires ont ainsi intégré à cette époque la contrainte du cadre réglementaire pour déterminer leurs décisions stratégiques. Selon Cliquet et al. (2008, p15), les décisions sont parfois dictées par une volonté de contournement de la loi plus que par des choix stratégiques rationnels.

En effet, les grands distributeurs alimentaires ont essayé de s'adapter à cette réglementation, qui limite l'agrandissement des surfaces des magasins, par une transformation progressive des anciennes aires de stockage des magasins en surfaces de vente. De ce point de vue, les grands distributeurs alimentaires ont continué l'élargissement de leurs surfaces de vente, alors que les surfaces des magasins sont restées fixes.

Face à la rareté des mètres carrés consacrés au stockage dans les magasins, les grands distributeurs alimentaires ont accéléré l'implantation des centres de distribution. Ces plateformes logistiques permettent d'éviter de longues ruptures de stock dans les magasins, grâce à leur proximité géographique : généralement, il y a un centre de distribution par région logistique, c'est pourquoi celui-ci est aussi appelé un centre de distribution régional (CDR).

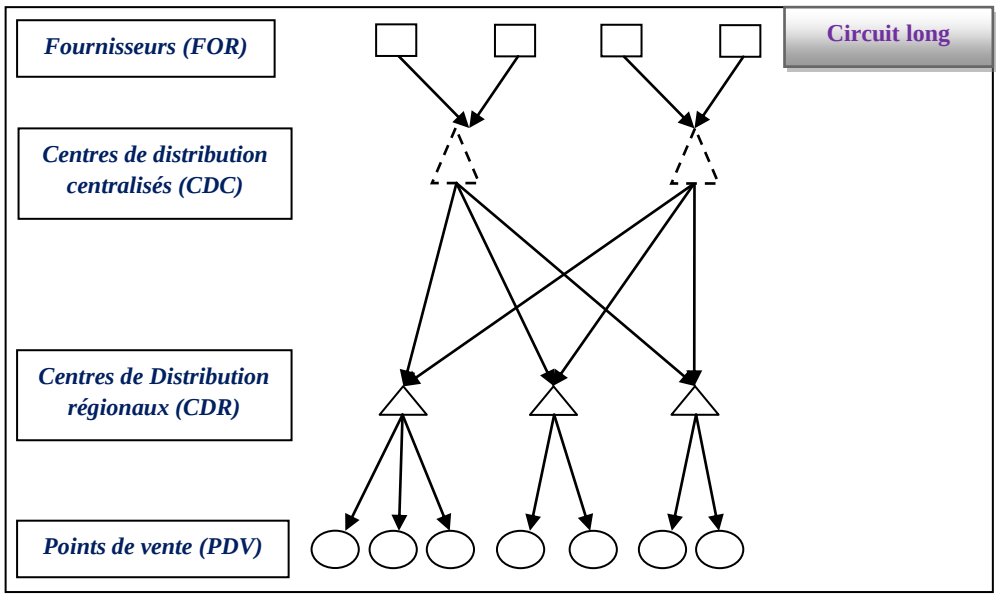
Par ailleurs en amont de ce centre de distribution régional, les grands distributeurs alimentaires ont implanté un autre type de centre de distribution, appelé centre de distribution centralisé (CDC), que nous décrivons avec plus de détails dans la partie suivante sur les circuits longs.

c. Le circuit long : multiplication des centres de distribution

La rentabilité d'une plateforme intermédiaire en amont de la chaîne dans le circuit court a encouragé les grands distributeurs alimentaires à expérimenter l'implantation d'une deuxième plateforme intermédiaire qui est le centre de distribution centralisé (CDC). Ce dernier est considéré comme une plateforme partagée par plusieurs usines agroalimentaires. Il est localisé après les entrepôts des producteurs et en amont des CDR. Le CDC est destiné à rassembler les envois des fournisseurs, en permettant même aux petits fournisseurs de voir leurs produits présentés dans les rayons de grandes surfaces éloignées de leur région d'implantation.

Dans ce modèle logistique des circuits longs (cf. Figure 4), les fournisseurs envoient leurs marchandises vers les CDC. Ces centres de distribution permettent de rassembler les envois des fournisseurs dans les mêmes véhicules avant l'expédition de la marchandise vers les CDR. A partir de ces derniers, les groupes alimentaires assurent directement l'approvisionnement de leurs surfaces de vente.

Figure 4 : Organisation logistique d'un circuit long en amont de la chaîne de distribution - Le cas de 4 premiers grands distributeurs alimentaires britanniques



Source : Auteur, adapté de (Jackson et Timpson, 2001, p14)

Ce modèle de circuit long (cf. Figure 4) permet de mieux coordonner les envois séparés des fournisseurs et, par conséquent, d'éviter la saturation des quais dans les CDR. En outre, ce modèle assure des flux d'approvisionnement réguliers et mieux contrôlés par les grands distributeurs alimentaires. Ces derniers continuent à prendre plus de pouvoir au niveau du contrôle de l'amont de la chaîne de distribution. Par contre, les industriels ont commencé à perdre leur pouvoir de négociation[31] face au savoir-faire des grands distributeurs alimentaires suite à l'évolution des circuits de livraison en amont de la chaîne de distribution.

Par ailleurs, cette évolution des circuits de livraison est bien décrite dans les deux figures précédentes (cf. Figures 3 et 4) adaptées de Jackson et Timpson (2001) sur l'organisation logistique de quatre premiers groupes alimentaires en Grande Bretagne. D'une façon générale, ces figures correspondent à l'évolution des circuits de livraison dans plusieurs pays européens, y compris la France. De ce fait, les données fournies par ces figures sont très importantes dans la compréhension de l'histoire de l'évolution des circuits de livraison en amont de la chaîne et de leur classification selon le nombre de plateformes intermédiaires (direct, court ou long).

En revanche, ces données doivent être actualisées en raison de la multiplication des schémas logistiques en amont de la chaîne de distribution dans la dernière décennie. De plus, les données issues des figures adaptées de Jackson et Timpson (2001) ne sont pas suffisantes pour répondre à notre objectif de calcul des bilans économique et environnemental en amont de la chaîne de distribution pour différentes raisons.

[31] *Selon (Morcello, 1998, p33), les négociations portent sur les tarifs (les abaisser) et/ou les délais de paiement (les allonger). L'abus des délais de paiement fournit aux distributeurs une source de financement conséquente, tout en pénalisant les fournisseurs qui voient une immobilisation d'une partie de leur actif financier.*

Tout d'abord, la fonction des centres de distribution n'est pas précise, que ce soit pour les circuits courts ou longs : en effet, un centre de distribution peut avoir une activité de transit des marchandises ou un rôle de stockage à longue durée. Ces deux fonctions de transit et de stockage n'ont pas les mêmes coûts logistiques en amont de la chaîne de distribution.

Ensuite, les figures de Jackson et Timpson (2001) ne permettent pas de déterminer les PTAC des véhicules utilisés pour la livraison des centres de distribution ou pour l'approvisionnement des magasins. Cela est néanmoins indispensable pour calculer les deux bilans économique et environnemental de transport en amont de la chaîne. En outre, ces figures ne démontrent pas l'impact de la taille de surface de vente sur l'organisation du circuit de livraison. Ce dernier peut être en trace directe (un véhicule à destination d'un seul magasin) ou en tournée (un véhicule qui livre plusieurs magasins en succession) : en effet, le nombre de surfaces de vente par tournée de livraison est essentiel pour calculer les émissions de CO_2 et les coûts de distribution.

De plus, ces figures ne précisent pas la variation des circuits de livraison en fonction des familles de produits (alimentaires non réfrigérés, frais, surgelés ou non alimentaires) : en amont de la chaîne de distribution, les circuits de livraison ne sont pas les mêmes pour toutes les familles de produits. Enfin, ces figures ne décrivent pas en détails le niveau de livraison en amont, qui peut être un niveau local, régional, national ou même supranational pour les groupes alimentaires internationaux.

Pour toutes ces raisons, nous complétons ce travail de recherche sur l'amont de la chaîne de distribution par une collecte des données manquantes, afin de décrire toutes les organisations logistiques existantes et émergentes dans le secteur de la grande distribution alimentaire.

4. Organisation de la distribution par région logistique

a. Logistique des groupes alimentaires par rapport aux multinationales

Dans un contexte de globalisation fondé sur la libéralisation des échanges et l'abandon des barrières douanières aux frontières nationales, plusieurs entreprises ont adapté leurs organisations logistiques à ce nouveau cadre transnational. Les grands distributeurs alimentaires français sont présents dans plusieurs autres pays européens et, par conséquent, ils sont considérés comme des multinationales[32]. Cependant, le secteur de la grande distribution alimentaire n'a pas les mêmes caractéristiques logistiques que d'autres secteurs d'activités.

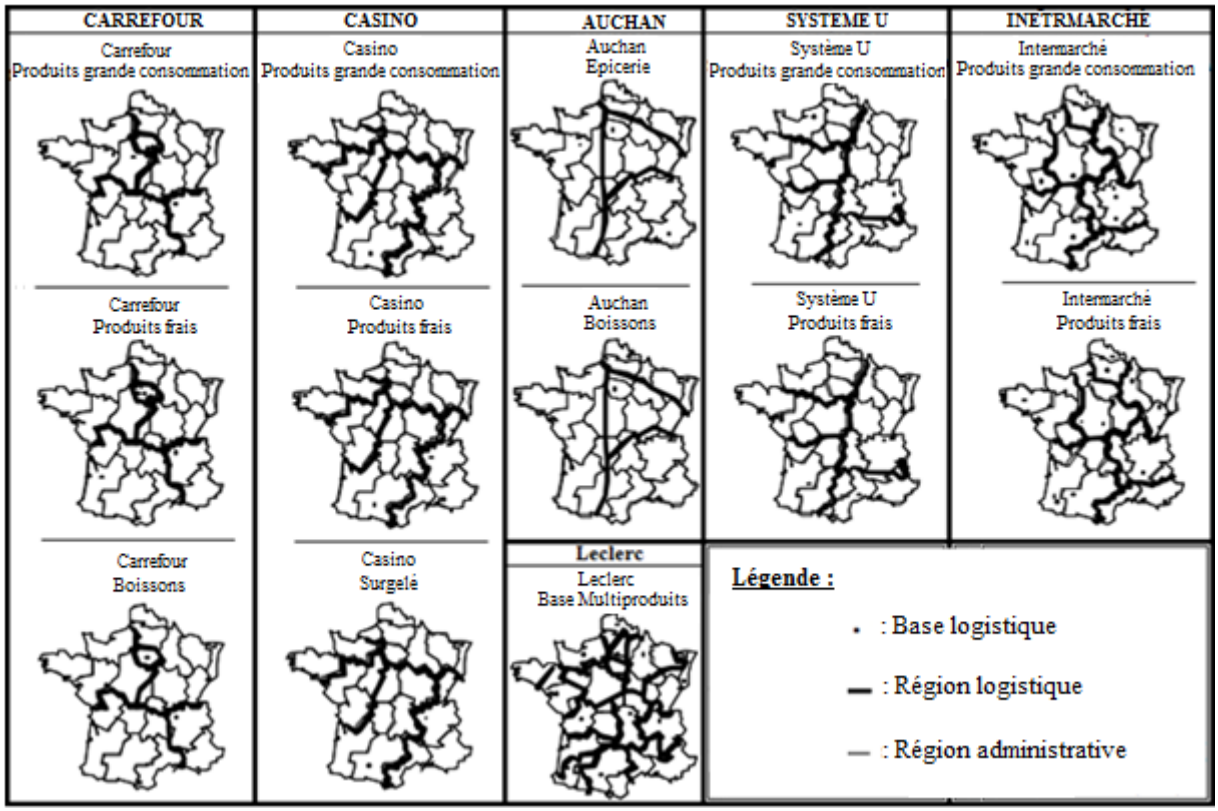
Pour les multinationales, qui ne sont pas dans le secteur de la grande distribution alimentaire, le centre de distribution centralisé (CDC) par pays européen commence à disparaître pour laisser la place au centre de distribution supranational (CDS) par zone de livraison. Cette zone de livraison ne s'arrête pas forcément à la frontière du pays : en général, les multinationales sont livrées par leurs fournisseurs au CDS. Puis, ce CDS assure les approvisionnements des centres de distribution régionaux (CDR). Ensuite, les CDR organisent les livraisons vers les points de vente.

Cependant, il faut garder à l'esprit que ces tendances d'organisation à un niveau supranational sont encore émergentes. Selon Gacogne (2003, p34), il reste de nombreux obstacles à une distribution large des produits au niveau européen, liés à des goûts qui peuvent être fondamentalement différents d'un pays à l'autre, à des critères purement techniques, ou encore réglementaires, etc.

[32] L'internationalisation de la grande distribution alimentaire française remonte aux années 1970 et s'est accéléré dans les années 1990. La réglementation devenue stricte dans cette période a fortement contribué à cette internationalisation en raison de la limitation des nouvelles ouvertures des grandes surfaces en France. L'Europe du Sud et de l'Est, l'Afrique du nord, l'Asie et l'Amérique latine constituent des aires de progression des groupes alimentaires français.

Concernant le secteur de la grande distribution alimentaire, les chaînes de distribution sont organisées par pays (et non pas sur l'ensemble du continent européen)[33], même si certains groupes français sont présents dans d'autres pays en Europe ou dans le monde. Cette organisation par pays se traduit par l'application d'une stratégie supra-régionale qui consiste à diviser le territoire national en plusieurs régions logistiques[34]. Dans ce contexte, les grands distributeurs alimentaires en France, comme c'est le cas d'ailleurs dans d'autres pays européens, ont découpé la carte du pays en plusieurs régions logistiques (cf. Figure 5).

Figure 5 : Organisation des régions logistiques par groupe alimentaire en fonction des familles des produits



Source : Auteur, adapté de Morcello (1998), Eurostaf-Eurosiris (1995), Auchan (2009), Carrefour (2010) et Casino (2011)

[33] A noter, qu'il y a parfois des CDR qui livrent des magasins dans deux pays différents. A titre d'exemple un CDR d'un groupe alimentaire français présent en Espagne livre certains produits à des magasins français et espagnols. En revanche, cela n'est pas fréquent et ne peut pas être considéré comme un CDS. Selon le directeur logistique de ce groupe, il ne peut pas être considéré comme un CDS car il ne s'agit pas d'une organisation sur l'ensemble des pays où il y a les magasins du groupe.

[34] Une région logistique dépasse souvent les frontières d'une région administrative. Généralement, la localisation de CDR dans la région logistique se calcule par rapport au barycentre des surfaces de ventes afin de minimiser les parcours, et par conséquent, optimiser les coûts de transport.

L'étude des caractéristiques des régions logistiques montre que le nombre de ces régions dépend de la famille des produits (que nous étudions leurs coûts et leurs émissions de CO_2 dans le troisième chapitre) et varie d'un groupe alimentaire à un autre (cf. Figure 5).

En effet, chaque groupe défini la taille et le nombre de ses régions logistiques, ainsi que le nombre des centres de distribution (dites aussi bases logistiques) par région en fonction d'un arbitrage entre les coûts de transport et les coûts des plateformes logistiques. Cela nous incite à étudier les caractéristiques des organisations logistiques (cf. Tableau 3) de 5 premiers groupes alimentaires français[35].

Tableau 3 : Organisations logistiques des cinq premiers groupes alimentaires en France

Groupe de distribution alimentaire	Parts de marché français en 2009	Nombre de régions logistiques en France	Nombre de bases logistiques (CD) en France
Carrefour	23,90 %	5	36
Leclerc	16,90 %	16	17
Intermarché	13,60 %	7	38
Auchan	11,10 %	5	9
Casino	10,30 %	4	13
Moyenne de 5 premiers groupes alimentaires	**75,80 %**	**7.4**	**22.6**

Source : Auteur, adapté de TNS world panel (2009) et Morcello (1998, p103)

L'examen des caractéristiques des 5 premiers groupes alimentaires (cf. Tableau 3) montre que le nombre de régions logistiques varie considérablement selon les groupes (avec une moyenne de 7.4 régions). Par ailleurs, chaque région logistique comporte en moyenne 3 centres de distribution[36]. En réalité, un nombre important de régions logistiques pour un groupe alimentaire sur le territoire français (c'est-à-dire un nombre élevé de centres de distribution puisqu'il y a au moins un centre de distribution par région logistique) se traduit nécessairement par une superficie plus

[35] Nous avons déterminé les 5 premiers groupes alimentaires et leurs parts respectives du marché de la grande distribution alimentaire en France en 2009 dans la première section (cf. Tableau 1).

[36] En divisant le nombre moyen de bases logistiques par le nombre moyen de régions logistiques (22.6 / 7.4), nous trouvons une moyenne de 3.05 centres de distribution par région logistique.

petite de la région. De ce point de vue, nous pouvons penser qu'un nombre important de régions logistiques engendre automatiquement un coût plus faible de l'approvisionnement des magasins à partir des bases logistiques.

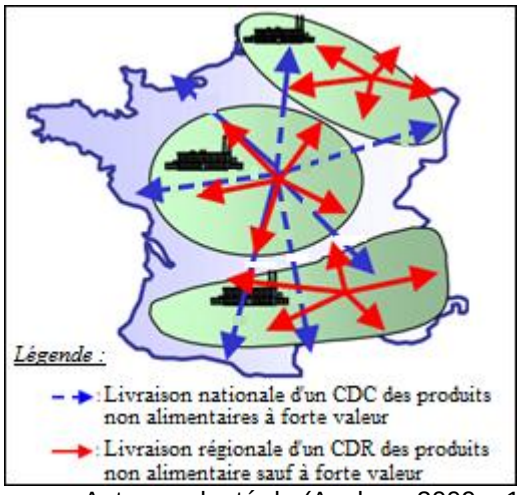
Cela correspond au questionnement de Morcello (1998, p110) sur la corrélation entre le nombre de régions logistiques et le temps moyen de livraison entre le centre de distribution et le magasin : « *le nombre de régions logistiques peut-il expliquer le niveau du temps moyen de service ? A priori on peut penser que oui : plus il y a de régions d'une part (…) et plus la superficie de la région est petite d'autre part. Le temps de service est donc moins élevé. Mais la réponse n'est pas aussi simple (…) le nombre de bases, à l'échelle nationale ou régionale, ne permet pas d'expliquer les résultats sur le temps moyens de service, car c'est la répartition des magasins qui importe ».*

Volontairement, nous n'étudions pas l'impact du nombre des régions logistiques (ou l'impact du nombre de centres de distribution par région logistique) puisqu'il a été confirmé par le travail de Morcello (1998) et par le retour d'expérience des professionnels que cela n'a pas de réel impact sur les coûts en amont de la chaîne de distribution. Cependant, nous nous focalisons sur l'impact du nombre de centres de distribution entre l'entrepôt de producteur et la surface de vente (qui peut être nul pour le circuit direct, égal à un pour le circuit court, deux ou plus pour le circuit long).

Dans chaque région logistique, il y a un CDR (par famille des produits ou multi-produits) qui assure la réception des marchandises, puis la livraison vers tous les magasins de la région. De ce fait, les grands distributeurs alimentaires pratiquent en grande majorité des circuits courts avec un seul centre de distribution intermédiaire (qui est le CDR) entre les fournisseurs et les magasins. Cependant, certains produits

sont livrés en circuit court à partir d'un CDC (et non pas à partir d'un CDR), comme c'est le cas des produits non alimentaires à forte valeur chez Auchan (cf. Figure 6) :

Figure 6 : Organisation logistique des produits non alimentaires chez Auchan



Source : Auteur, adapté de (Auchan, 2009, p14)[37]

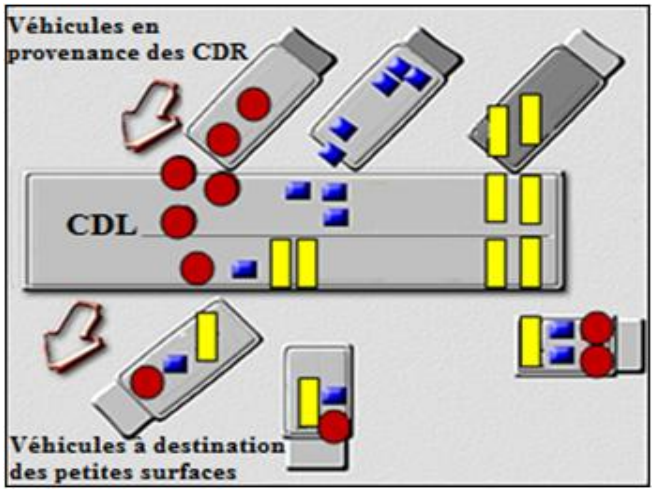
Dans cet exemple d'Auchan (cf. Figure 6), la majorité des produits non alimentaires sont livrés aux magasins de la région par des circuits courts à partir de CDR. Les produits non alimentaires à forte valeur font cependant exception : ils sont livrés à tous les magasins du groupe en métropole à partir de l'entrepôt d'île de France. Ce dernier a le rôle d'un CDR pour la plupart des produits non alimentaires, sauf pour les produits non alimentaires à forte valeur où il est considéré comme un CDC.

Contrairement au circuit court où la marchandise peut être livrée à partir d'un centre de distribution autre que le CDR, ce dernier est incontournable dans un circuit long quelle que soit la taille de la surface de vente : en plus du CDR, la marchandise passe soit par un CDC (avant le CDR) afin de massifier les envois des fournisseurs, soit par un centre de distribution local (CDL situé après le CDR), et parfois la marchandise passe par les deux (CDC et CDL) en plus de CDR bien évidemment.

[37] *Plus d'informations sont disponibles sur : <http://www.livrer-auchan.net/img/image_transferer/dossier_de_presentation_al_mars_09.pdf> (consulté le 07.12.2011).*

Dans ce contexte, il faut préciser que le centre de distribution local (CDL) n'était pas évoqué dans la figure adaptée de Jackson et Timpson (2001, p14) sur les circuits longs (cf. Figure 4), car il s'agit d'une nouvelle organisation logistique qui a fortement progressée dans la dernière décennie. Ce CDL est une plateforme de consolidation implantée après le CDR, afin de consolider les envois vers les petites surfaces.

Figure 7 : Organisation d'un centre de distribution local avec transit



Source : Auteur

Généralement, il existe un CDR par famille des produits (et parfois plusieurs familles de produits dans le même site de distribution)[38] dans chaque région logistique pour satisfaire les commandes d'une ou plusieurs tailles de surfaces de vente[39]. Dans tous les cas, les commandes des petites surfaces vers un CDR sont très

[38] *Selon un directeur logistique chez Auchan dans une interview le 16.05.2013, les CDR d'Auchan dans la région Sud-est sont spécialisés par famille des produits : Seulement des produits non alimentaires au CDR de Meyzieu et des produits alimentaires non réfrigérés à Nîmes et des produits frais à Le Pontet et des produits surgelés à Toussieu. A noter que ces produits surgelés sont gérées par Stef, et d'une façon générale, sont gérés par des sous traitants et non pas en propre pour la majorité des groupes alimentaires. Cette spécialisation par famille des produits est très fréquente, mais ne représente pas une règle générale. Dans ce contexte, un directeur logistique chez Casino confirme dans une interview le 02.05.2013, que la moitié des CDR gèrent toutes les familles des produits et 25% des CDR sont spécialisés dans les produits à température non dirigée et l'autre quart des CDR sont spécialisés dans les produits réfrigérés.*

[39] *Pour certains groupes, il y a un CDR pour les moyennes et petites surfaces et un autre dédié seulement aux grandes surfaces (Carrefour) ; tandis que d'autres groupes préfèrent un CDR pour les grandes et moyennes surfaces et un autre dédié aux petites surfaces (Casino). Parfois, les CDR sont mixtes puisqu'ils livrent les trois types de magasins (grande, moyenne et petite surfaces). Dans ce contexte, le directeur d'un groupe alimentaire français confirme qu'il gère 8 CDR, dont 3 pour les grandes et moyennes surfaces et un seul pour les petites surfaces et les 4 autres CDR sont mixtes.*

faibles par rapport aux grandes et moyennes surfaces. En effet, ces petites commandes ne permettent pas souvent de remplir les véhicules de transport en cas de livraison directe entre le CDR et la petite surface. Par conséquent, chaque CDR envoie généralement les commandes regroupées, qui sont déjà alloties[40] par magasin, vers un CDL avant expédition aux petites surfaces.

Dans cette partie, nous avons décrit les différents types de centres de distribution (CDC, CDR et CDL) et l'ensemble des circuits de livraison (direct, court et long) à partir des revues de littérature de Bouteiller et Kobler (1998), Morcello (1998), Jackson et Timpson (2001) et Gacogne (2003). Au même temps, cette recherche bibliographique a été actualisée et complétée par des enquêtes du terrain dans le cadre de la thèse, afin de déterminer toutes les organisations logistiques existantes et émergentes. Cependant, cela ne veut pas dire que l'ensemble des organisations logistiques, déjà identifiées en amont de la chaîne, sont toutes pratiquées par les différentes tailles de surfaces de vente (grande, moyenne et petite) et l'ensemble des familles de produits (alimentaires non réfrigérés, frais, surgelés et non alimentaires).

En outre, l'étude du bilan économique et environnemental d'une organisation logistique ne se limite pas à la seule connaissance du type de circuit de livraison (direct, court ou long) entre le fournisseur et le magasin, mais aussi à l'étude d'autres paramètres comme les catégories des véhicules de transport utilisés dans ce circuit et l'organisation de la livraison (en trace directe en cas de livraison d'un seul point de vente ou en tournée en cas de livraison de plusieurs points de ventes avec un seul véhicule). Ces données font l'objet de la partie suivante sous forme de synthèse.

---

[40] L'allotissement permet au responsable de CDR de livrer en un seul lieu (CDL) des produits regroupés en lots distincts, destinés à des petites surfaces différentes. Dans le CDR, les commandes de chaque petite surface sont préparées, puis palettisées individuellement. Ensuite, toutes les palettes sont expédiées vers un CDL où elles sont déchargées des véhicules pour être chargé de nouveau en fonction de leur destination finale.

b. Synthèse des organisations logistiques

L'étude des caractéristiques des flux de livraison en amont de la chaîne de distribution est un élément essentiel à appréhender dans ce travail de recherche. Ces flux sont cependant très complexes en raison de la variété des stratégies d'approvisionnement des groupes alimentaires en fonction des familles des produits et des tailles de surfaces de vente. En effet, la grande distribution alimentaire comporte quatre grandes familles de produits (alimentaires non réfrigérés, frais, surgelés et produits non alimentaires) et trois tailles de surface de vente (grande, moyenne et petite)[41] qui n'ont pas forcément les mêmes organisations logistiques.

De ce fait, ce premier travail de recherche sur l'amont de la chaîne de distribution (que nous avons commencé dans la partie précédente) doit être complété par un descriptif des organisations logistiques par famille des produits et taille du magasin. De plus, il faut préciser à chaque fois le type de circuit de livraison (direct, court ou long), la catégorie du véhicule (articulé ou porteur) et l'organisation de la livraison (en trace directe ou en tournée).

Pour obtenir ces données, qui sont indispensables au calcul des émissions de CO_2 et des coûts de l'amont de la chaîne de distribution, nous avons enquêté plusieurs groupes de grande distribution alimentaire. Les données obtenues sont résumées dans la figure suivante (cf. Figure 8) qui détaille les différentes organisations logistiques en amont de la chaîne de distribution dans le secteur de la grande distribution alimentaire.

[41] *Les grandes surfaces englobent tous les magasins qui ont une surface de vente ≥ à 2500 m², tandis que les moyennes surfaces sont comprises entre 400 et 2500 m² et les petites surfaces sont inférieures à 400 m². Cette distinction est liée à la taille de la surface de vente, quelque soit l'alternative de vente (classique ou à distance).*

Figure 8 : Schéma récapitulatif des organisations logistiques en amont de la chaîne de distribution

Producteurs (PRO)

PNR : Produits non réfrigérés
PFR : Produits frais
PSU : Produits surgelés
PNA : Produits non alimentaires

Centre de Distribution Centralisé (CDC)

Pour PNR et PNA seulement

Centre de Distribution Régional (CDR)

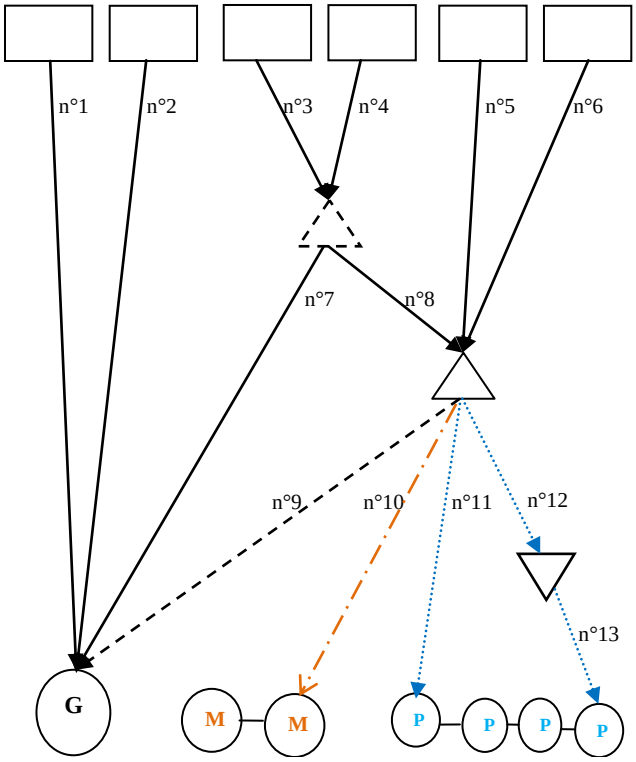
Pour transit (10% de cas) ou stockage (PNR : 28j ; PFR : 0/1j ; PSU : 21j ; PNA : 42j)

Centre de Distribution Local (CDL)

Pour transit seulement

Surfaces de Vente (SDV)

(G : Grande surface ; M : Moyenne ; P : Petite)



Légende :

CDC (Centre de distribution centralisé) ; : CDR (Centre de distribution régional) ; : CDL (Centre de distribution local)

- Grande surface (G) ≥ 2500m^2 (de type hypermarché de vente classique ou de vente à distance avec picking en magasin).
- Moyenne surface (M) entre 400 et 2500m^2 (entrepôt dédié à la vente à distance ou supermarché de vente classique ou à distance).
- Petite surface (P) < 400m^2 (de type point relais ou une supérette de vente classique ou de vente à distance avec picking en magasin).

: Transport par Articulé 40t Longue distance (AL, dit aussi 40tL) utilisé dans la livraison directe des grandes surfaces à partir de CDC, ou dans l'approvisionnement de CDR à partir des entrepôts des fournisseurs ou à partir des CDC.

: Transport par Articulé 40t Régional (AR, dit aussi 40tR) utilisé dans la région pour la livraison des grandes surfaces à partir de CDR. A noter qu'il s'agit du même type de véhicule pour les AL et AR. Cependant, ils sont différents au niveau du coût d'exploitation : Selon les données de CNR, leurs trinômes de prix de revient sont différents, comme détaillé dans le 3ème chapitre.

: Porteur 19t Régional (PR, dit aussi 19tR) généralement utilisé dans la région pour la livraison des petites surfaces à partir des centres de distribution régionaux (CDR).

: AR/PR (Articulé Régional (40tR) ou Porteur Régional (19tR). Dans l'approvisionnement des moyennes surfaces à partir de CDR, les transporteurs utilisent soit un articulé 40t régional (30%), soit un porteur régional (70%).

Les 6 organisations logistiques en amont de la chaîne de distribution (A décrire avec plus de détails dans la partie suivante. Plus d'informations et d'éclaircissements dans l'annexe 1) :

- Circuit direct = (n°1 ou n°2) : **PRO** (PNR ou PFR ou PNA) + **SDV** (G)
- Circuit court 1 = (n°5 ou n°6) + (n°9 ou n°10 ou n°11) : **PRO** (PNR ou PFR ou PSU ou PNA) + **CDR** + **SDV** (G ou M ou P)
- Circuit court 2 = (n°3 ou n°4) + (n°7) : **PRO** (PNR ou PNA) + **CDC** + **SDV** (G)
- Circuit long 1 = (n°3 ou n°4) + (n°8) + (n°9 ou n°10 ou n°11) : **PRO** (PNR ou PNA) + **CDC** + **CDR** + **SDV** (G ou M ou P)
- Circuit long 2 = (n°5 ou n°6) + (n°12) + (n°13) : **PRO** (PNR ou PFR ou PSU ou PNA) + **CDR** + **CDL** + **SDV** (P)
- Circuit long 3 = (n°3 ou n°4) + (n°8) + (n°12) + (n°13) : **PRO** (PNR ou PNA) + **CDC** + **CDR** + **CDL** + **SDV** (P)

Source : Auteur, enquêtes de terrain

Selon le schéma récapitulatif précédent de l'amont de la chaîne de distribution (cf. Figure 8), nous distinguons 6 organisations logistiques différentes : 1 seul type d'organisation sous forme de circuit direct, 2 organisations sous forme de circuit court et 3 organisations sous forme de circuit long :

- Le circuit direct (C_D) concerne surtout les grandes surfaces pour certaines familles des produits : selon le Prédit (2007, p90), le principe des livraisons directes n'est conservé que pour quelques produits locaux ou pour des références à forte rotation justifiant un approvisionnement par unités de charge complètes (lait, produits en promotion, etc). A titre d'exemple, nous observons ce circuit direct dans la livraison de quelques produits non réfrigérés qui sont très volumineux (comme les bouteilles d'eau et les boissons chez Auchan)[42] et certains produits non alimentaires régionaux (comme le savon de Marseille pour les grandes surfaces au sud chez Casino)[43]. Dans ce cadre, il faut préciser que les grands distributeurs alimentaires utilisent majoritairement le passage par un centre de distribution (que ce soit un circuit court ou long) avec une moyenne de 60 % pour Casino, plus de 80 % pour Intermarché et 95 % pour Carrefour et Système U[44]. Selon le Prédit (2007, p85), 80 % des marchandises transitent par des entrepôts ou des plateformes, même si ce chiffre est variable selon les enseignes et les régions[45].

[42] *Selon un responsable d'un entrepôt chez Auchan dans une interview à Nîmes, le 09.12.2011.*

[43] *Selon un directeur logistique chez Casino dans une interview à Saint-Etienne, le 14.08.2012.*

[44] *Ces pourcentages représentent des moyennes sur l'ensemble des flux par groupe alimentaire et peuvent varier d'une famille des produits à une autre : Pour Carrefour, le circuit direct concerne surtout les liquides, tandis que le passage par un centre de distribution est dominant pour les produits non réfrigérés (60%), épicerie (95%), produits frais (95%) et surgelés (100%). Pour Système U, le circuit direct concerne surtout le textile saisonnier et la viande, tandis que le passage par un centre de distribution est majoritaire pour les produits non alimentaires et les surgelés. Source : Auteur à partir des enquêtes de terrain, (Mattiuzzo, 2013) et (Morcello, 1998, p345) et (Act-Jonction, 2003, p25-26).*

[45] *Le passage des produits par une plateforme est privilégié (entre 75 et 90% des flux) chez Auchan, Leclerc, Intermarché et Systèmes U en région Provence-Alpes-Côte d'Azur (Act-Jonction, 2003, p29).*

- Le circuit court 1 (C_{C1}) est le circuit de livraison dominant actuellement dans l'approvisionnement de toutes les tailles de surfaces de vente (grandes, moyennes et petites). Généralement, nous observons ce circuit court dans le transport de différentes familles de produits. Le CDR peut parfois avoir un rôle de transit, et non pas forcément une fonction de stockage. En 2012, les produits livrés en mode de transit sont estimés à 15% chez Casino[46] et 20% chez Auchan[47] par rapport à l'ensemble des articles. Cela permet aux grands distributeurs alimentaires d'éviter les coûts de stockage très élevés. Nous reviendrons sur les coûts de transit et les coûts de stockage, ainsi que les durées de stockage par famille de produits dans le troisième chapitre.

- Le circuit court 2 (C_{C2}) n'est pas très utilisé en amont de la chaîne de distribution par rapport au circuit court 1(C_{C1}). Nous observons ce deuxième type de circuit court dans l'approvisionnement des grandes surfaces avec des produits stockées en CDC. Ce circuit concerne souvent les produits alimentaires non réfrigérés et les produits non alimentaires, à condition que la commande du magasin permette d'avoir un taux de remplissage important de la semi-remorque lors de son chargement au CDC.

- Le circuit long 1 (C_{L1}) n'est pas très utilisé en amont de la chaîne de distribution par rapport au circuit court 1. En revanche, il reste plus fréquent que le circuit court 2 et le circuit direct. Ce type de circuit long concerne souvent les produits alimentaires non réfrigérés et les produits non alimentaires dans l'approvisionnement de toutes les surfaces de ventes (grandes, moyennes et petites) dans la grande distribution alimentaire.

---

[46] *Données issues d'un entretien (téléphonique) avec le directeur logistique du groupe Casino en région Rhône alpes le 02.05.2013.*

[47] *Données issues d'une interview (direct) avec le directeur d'un centre de distribution régional d'Auchan au sud le 09.12.2011.*

- Le circuit long 2 (C_{L2}) est plus fréquent que le premier type de circuit long en amont de la chaîne de distribution. En revanche, il reste moins pratiqué que le circuit court 1 (C_{L1}). Ce deuxième circuit long est pratiqué dans le transport de toutes les familles de produits (non réfrigérés, frais, surgelés ou non alimentaires) à destination des petites surfaces seulement. Par ailleurs, le nombre des petites surfaces qui pratiquent ce type de circuit long est très important, surtout dans le groupe Casino avec 50% de l'ensemble des petites surfaces du groupe.

- Le circuit long 3 (C_{L3}) comporte le plus de ruptures de charge (CDC + CDR + CDL) en comparaison des cinq autres organisations logistiques, mais il reste le circuit de livraison le moins utilisé en amont de la chaîne. Nous observons ce type de circuit dans l'approvisionnement d'un nombre limité de petites surfaces. En revanche, il n'est pas du tout pratiqué dans la livraison des grandes et moyennes surfaces.

Sur le terrain, la majorité des grandes et moyennes surfaces sont livrés en circuit court (précisément C_{C1} où il y a un passage par une seule plateforme intermédiaire qui est le CDR)[48], tandis que la moitié des petites surfaces sont livrées en circuit long (précisément C_{L2} où il y a un passage par deux plateformes qui sont le CDR puis le CDL)[49]. Cette réalité de terrain est le scénario de base dans ce travail de recherche. En plus du calcul des bilans économiques et environnementaux de ce scénario de base dans le dernier chapitre, nous ne nous interdisons pas de calculer les autres

[48] *Le circuit direct n'est pas très fréquent (par rapport au passage par une plateforme) dans la dernière décennie même si la livraison directe des grandes surfaces n'est pas négligeable car elle peut être justifiée en cas de taux de remplissage élevé des camions à partir des entrepôts des fournisseurs.*

[49] *Dans une interview le 03.05.2013 à Lyon, le directeur logistique d'un groupe alimentaire français confirme que 60 % des petites surfaces sont livrées en circuit long (dont 45% sont livrés en circuit long n°2 (C_{L2} où il y a un passage par deux plateformes qui sont le CDR puis le CDL) et seulement 5% des petites surfaces sont livrés avec le circuit long n°3 (C_{L3} où il y a un passage par trois plateformes qui sont le CDC, le CDR et le CDL)). Cependant, les petites surfaces qui sont livrés en circuit court n°1 comme les grandes et les moyennes surfaces (précisément C_{C1} où il y a un passage par une seule plateforme qui est le CDR) est loin d'être négligeable avec 40% du nombre total de petites surfaces.*

bilans économiques et environnementaux de différentes tailles de surface de vente (grande, moyenne et petite) en variant à chaque fois le type de circuit de livraison (direct, court ou long) en amont de la chaîne de distribution.

Par ailleurs, le calcul des coûts et des émissions de CO_2 (que ce soit en circuit direct, court ou long) nécessite l'étude des catégories des véhicules utilisées dans l'approvisionnement de chaque type de centre de distribution (CDC, CDR ou CDL) et dans la livraison des différentes tailles de surface de vente (grande, moyenne ou petite), ainsi que le mode d'organisation de la livraison (trace directe ou en tournée).

Pour les centres de distribution, nous observons que le CDC et le CDR sont livrés par des articulés, tandis que le CDL est livré par des porteurs (cf. Figure 8). Pour les surfaces de vente, les grandes surfaces sont généralement livrées en trace directe par des articulés, tandis que les petites surfaces sont livrées en tournée par des porteurs. Les moyennes surfaces sont livrées parfois par des articulés comme les grandes surfaces, mais principalement par des porteurs comme les petites surfaces. De plus, les moyennes surfaces sont souvent livrées en tournée comme les petites surfaces (et non pas en trace directe comme les grandes surfaces). Cette ressemblance entre les moyennes et les petites surfaces concerne seulement l'organisation de la livraison (les deux sont livrées en tournée), et non pas le nombre de surfaces de vente par tournée de livraison : en moyenne, nous observons deux magasins par tournée pour les moyennes surfaces et quatre magasins par tournée pour les petites surfaces. Par ailleurs, la distance moyenne est estimée à 1.5 km entre deux petites surfaces et 4 km entre deux moyennes surfaces. Ces distances entre les surfaces de vente correspondent à des moyennes observées dans l'agglomération lyonnaise indépendamment des groupes alimentaires. Cependant, pour deux surfaces de vente du même groupe alimentaire, la distance

s'élève à 10 km entre deux moyennes surfaces et environ 5 km entre deux petites surfaces selon les données d'un grand distributeur alimentaire[50].

De ce point de vue, la distance moyenne entre deux surfaces de vente et le nombre des magasins par tournée de livraison dépendent de la taille des surfaces de vente. En outre, il est essentiel de préciser que cette distance moyenne entre deux points de vente peut être plus ou moins importante selon la densité des magasins par région logistique et la zone de livraison (zone rurale ou urbaine).

Par ailleurs, nous distinguons dans ce travail de thèse deux types d'articulés selon leurs coûts d'exploitation : « 40t longues distances »[51] et « 40t régional »[52] (cf. Figure 8). En premier lieu, les coûts des articulés « 40t longues distances » sont appliqués sur les distances parcourues entre les entrepôts des fournisseurs et les CDC ou les CDR des groupes alimentaires. En outre, nous appliquons ces coûts d'exploitation des articulés « 40t longues distances » sur la distance parcourue en cas de livraison des grandes surfaces à partir des CDC dans les circuits courts, ou en cas de livraison directe des grandes surfaces à partir des entrepôts des fournisseurs dans les circuits directs. En deuxième lieu, les coûts d'exploitation des articulés « 40t régional » sont appliqués dans notre outil sur le nombre de kilomètres correspondant au trajet parcouru entre le CDR et les grandes surfaces.

---

[50] Données issues d'un entretien, le 03.05.2013, avec le directeur d'un groupe de grande distribution alimentaire sur la répartition géographique de leurs surfaces de vente en agglomération lyonnaise.

[51] Selon le CNR, l'indice « Longue distance 40 tonnes » a pour vocation d'observer l'évolution des coûts du transport routier de marchandises diverses à longue distance effectué au moyen des articulés 40 tonnes lors de prestations de transport pour compte d'autrui ou de location avec conducteur. Par longue distance, on entend ici les transports nationaux ou internationaux dont les contraintes d'exploitation rendent impossible ou aléatoire le retour journalier du conducteur à son domicile. Plus d'informations sont disponibles sur : <http ://www.cnr.fr/Indices-Statistiques/Longue-distance-40T#haut> (consulté le 05.04.2012).

[52] Selon le CNR, par régional on entend ici les transports effectués au sein d'une région et des régions limitrophes et dont les conditions d'exploitation permettent le retour journalier du conducteur à son domicile. Lien Plus d'informations sont disponibles sur : <http://www.cnr.fr/Indices-Statistiques/Regional-40T#haut> (consulté le 05.04.2012).

En réalité, la catégorie de véhicule est la même dans tous les cas précédents (car il s'agit toujours d'un articulé de 40t, que ce soit pour « 40t longues distances » ou pour « 40t régional »). En revanche, cette distinction est inspirée des travaux du CNR qui différencient les coûts d'exploitation des 40t en fonction du milieu de transport : si le transport des marchandises se déroule à l'intérieur d'une région, il s'agit donc de « 40t régional » ; et si le transport est effectué à l'échelle nationale, il s'agit donc de « 40t longue distance». Ces deux types de transport en articulé 40t n'ont pas le même trinôme du prix de revient en fonction du milieu de transport (régional ou national). De ce fait, nous avons trouvé que cette différenciation dans les travaux du CNR s'applique parfaitement à notre étude de l'amont de la chaîne de distribution, puisque nous distinguons à notre tour les maillons logistiques qui se déroulent à l'intérieur de région logistique par rapport aux autres maillons à dimension nationale.

Les moyennes surfaces sont livrées en partie (25 %) par des articulés de 40t à partir de CDR. Dans ce cas, il s'agit bien évidemment des coûts d'exploitation de « 40t régional » (car le CDR est forcément implanté dans une région logistique pour approvisionner les magasins de cette région). Par ailleurs, la majorité des moyennes surfaces (75 %) sont livrés avec des porteurs de 19t, comme c'est le cas de toutes les petites surfaces.

Nous étudions les différents coûts d'exploitation des véhicules (40t longue distance, 40t régional et porteur 19t) en amont de la chaîne de distribution dans le troisième chapitre. De plus, nous détaillons les coûts des véhicules utilisés dans l'approvisionnement des ménages (véhicule utilitaire léger, voiture particulière, transport en commun et deux roues). Ces catégories de véhicules et les différentes caractéristiques des organisations logistiques en aval de la chaîne de distribution sont déterminées dans la section suivante.

Section 3. Les modes d'organisation en aval de la chaîne de distribution

Cette section est consacrée plus spécifiquement aux organisations logistiques en aval de la chaîne de distribution. Dans ce cadre, il faut noter que le marché de la grande distribution se caractérise souvent par des flux tirés[53] et non pas par des flux poussés (en général, le marché est piloté par la demande de la clientèle en aval et non plus par l'offre, ce qui oblige les producteurs et les distributeurs à s'y adapter).

1. Définition de l'aval

L'aval est défini comme la partie de la chaîne de distribution située entre le lieu de constitution de la commande du client et le domicile de ce dernier. La préparation de commande peut être faite par le client lui-même en cas de vente classique (dans une surface de vente de type hypermarché, supermarché ou supérette) ou préparée par le personnel du magasin en cas de vente à distance[54] (que ce soit dans une surface de vente avec le service picking en magasin ou dans un entrepôt dédié exclusivement à la vente à distance[55]). L'aval inclut le transport des marchandises entre le lieu de constitution de la commande du client et le domicile de ce dernier, ainsi que tous les bâtiments logistiques intermédiaires, que ce soit des plateformes de mutualisation ou des points relais.

---

[53] En général, la demande de la clientèle en aval tire la production et les flux des marchandises canalisés par les grands distributeurs en amont de la chaîne, d'où la notion des flux tirés.

[54] La vente à distance se caractérise par le fait que l'éloignement des acteurs – le vendeur et l'acheteur- implique l'existence de médias d'offres du vendeur vers l'acheteur ainsi que des médias de commandes de l'acheteur vers le vendeur. Si le papier reste un support incontournable de la promotion et la diffusion de son offre, elle utilise aujourd'hui tous les moyens de communication et de diffusion : téléphone, Internet, réseaux hertziens et câblés (Prédit, 2007, p68). Selon l'Insee (2006, p112), la vente par correspondance (ou vente à distance) s'effectue sur catalogue (…) par tout type de média (correspondance, télévision, minitel, internet…).

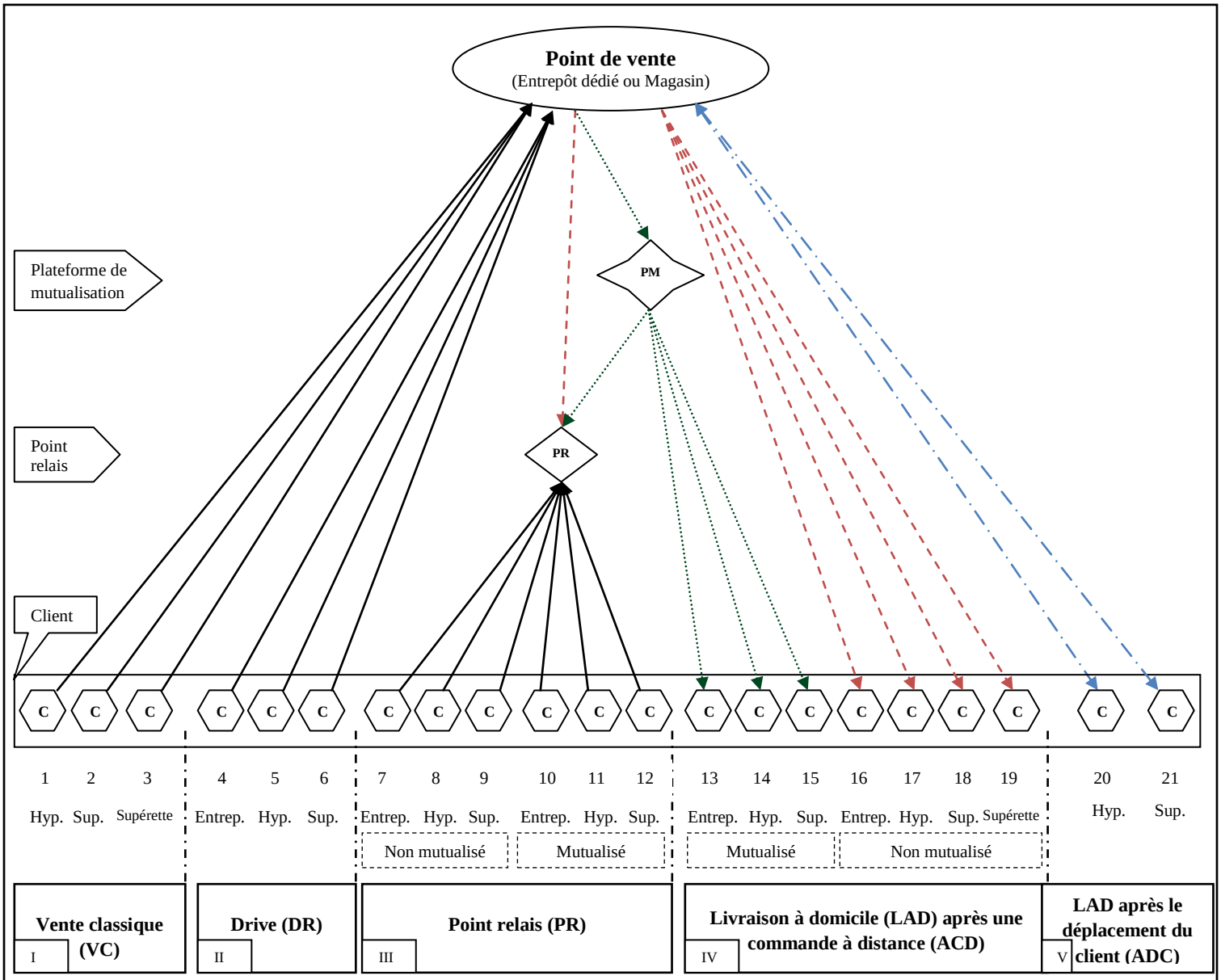
[55] Un entrepôt dédié exclusivement à la vente à distance peut être un entrepôt Drive ou de livraison à domicile ou en point relais. Le picking en magasin dans la vente à distance peut être effectué dans un hypermarché, un supermarché ou une supérette.

Comme c'était le cas dans la deuxième section sur la différenciation des circuits de livraison en amont de la chaîne de distribution, nous étudions les différentes organisations logistiques en aval de la chaîne. Cela permet de répondre à notre objectif initial d'étudier la globalité de la chaîne de distribution, et de bien identifier nos besoins d'informations pour la construction d'une base de données dans le cadre de cette thèse. Cette base de données permet de servir notre outil de calcul et, par conséquent, de déterminer les bilans économiques et environnementaux de tous les modes d'organisation à différencier dans la grande distribution alimentaire.

Dans ce cadre, l'étude de l'aval de la chaîne de distribution a fait l'objet d'une investigation profonde sur le terrain auprès des acteurs de la grande distribution alimentaire afin de construire des catégories d'analyse. Suite à plusieurs enquêtes, nous avons distingué 21 organisations logistiques (cf. Figure 9) qui se caractérisent par des bilans économiques et environnementaux différents. Elles peuvent être classées en 5 grandes familles logistiques appelées aussi modes de distribution, qui sont la vente classique, le Drive, le point relais, la livraison à domicile après une commande à distance et la livraison à domicile suite au déplacement du client.

Dans cette troisième section, nous mettons l'accent sur les caractéristiques des différentes organisations logistiques en aval de la chaîne. Pour ce faire, nous précisons d'abord les paramètres de différenciation permettant de distinguer les cinq modes de distribution (la vente classique, le Drive, le point relais, la livraison à domicile après commande à distance et la livraison à domicile suite au déplacement du client au magasin). Ensuite, nous déterminons les paramètres de différenciation qui distinguent les différents types de chaînes de distribution dans chacun des cinq modes. Afin de valider les paramètres de différenciation, nous démontrons, bien évidemment, leurs impacts sur les deux bilans économique et environnemental.

Figure 9 : Schéma récapitulatif des organisations logistiques en aval de la chaîne de distribution (21 types de chaînes de distribution regroupées en 5 modes de distribution)



- **Légende :**

: Trajet effectué par le client final

: Trajet effectué par le grand distributeur alimentaire (ou par son prestataire logistique)

: Trajet mutualisé effectué par le grand distributeur alimentaire (ou par son prestataire logistique)

: Trajet double effectué par le client puis par le grand distributeur alimentaire (ou par son prestataire logistique)

Les 21 types de chaînes de distribution en aval (regroupées en fonction de 5 modes de distribution) dans la grande distribution alimentaire

Source : Auteur (enquêtes de terrain)

2. Paramètres de différenciation en aval de la chaîne de distribution

Dans ce travail de recherche, nous avons distingué le responsable de préparation des commandes, l'organisateur du transport, la surface du magasin et le mode de préparation de commande comme des paramètres de différenciation des organisations logistiques en aval de la chaîne de distribution. Par ailleurs, la sélection de ces 4 paramètres est liée à leurs impacts sur les deux bilans économique et environnemental, que nous démontrons dans la suite de cette partie.

a. Différenciation de cinq modes de distribution

Tout d'abord, nous démontrons l'impact de variation de deux premiers paramètres, qui sont la préparation de commande et l'organisation du transport, sur les coûts économiques et les émissions de CO_2 en aval de la chaîne de distribution. Ceci permet de justifier leur sélection comme deux paramètres de différenciation des modes de distribution en aval de la chaîne.

De plus, cela permet de répondre au questionnement de Rouquet et Goudarzi (2009, p4) sur la logistique aval de la firme de distribution : servir le client ou se servir du client ? Faut-il pour les firmes de distribution servir les clients sur le plan logistique, c'est-à-dire les décharger des diverses activités nécessaires à l'acheminement des produits jusqu'à leur domicile ? Ou bien faut-il plutôt se servir des clients pour réaliser la logistique, c'est-à-dire s'attacher à les faire participer à la manutention et au transport des produits ? Dans la partie suivante, nous constatons que les variables client et distributeur (cf. Tableau 4) de deux paramètres préparateur de commande et organisateur du transport, sont attribués différemment à chaque mode de distribution par rapport aux quatre autres modes dans le secteur de la grande distribution alimentaire.

Tableau 4 : Différenciation de cinq modes de distribution en aval de la chaîne de distribution

Les cinq modes de distribution en aval de la chaîne de distribution	1er paramètre de différenciation : **Préparateur de commande**		2ème paramètre de différenciation : **Organisateur de transport**	
	Variable 1 : **Client**	Variable 2 : **Distributeur**	Variable 1 : **Client**	Variable 2 : **Distributeur**
Vente classique	x		x	
Drive		x	x	
Point relais		x	x	x
Livraison à domicile après commande à distance		x		x
Livraison à domicile après déplacement au magasin	x		x	x

Source : Auteur (enquêtes de terrain)

L'étude des données précédentes (cf. Tableau 4) montre qu'un mode de distribution peut avoir une variable de l'un des deux paramètres en commun avec un ou plusieurs autres modes en aval de la chaîne de distribution. Cependant, il n'y a aucune similitude de toutes les variables en même temps entre deux modes de distribution. Cela prouve qu'il s'agit bien de cinq modes différents dans leurs organisations logistiques. De ce fait, nous nous focalisons dans cette partie sur ces deux paramètres (de préparateur de commande et d'organisateur du transport) pour démontrer leurs impacts respectifs sur les deux bilans économique et environnemental en aval de la chaîne de distribution.

i. Préparateur de commande

La préparation de commande est considérée comme gratuite pour le grand distributeur alimentaire si elle est effectuée par le client lui-même, comme c'est le cas dans la vente classique et dans la livraison à domicile suite au déplacement du client au magasin. Cependant la préparation de commande a un coût pour le groupe alimentaire si elle est réalisée par le personnel du magasin, comme c'est le cas dans les modes Drive, point relais et livraison à domicile après une commande à distance.

Le coût différent de la préparation de commande à la charge du grand distributeur alimentaire selon les deux cas confirme qu'il s'agit bien d'un paramètre de différenciation. Dans ce contexte, il faut préciser que le coût de préparation de commande est une composante principale dans le calcul des coûts logistiques. Par ailleurs, ces derniers coûts logistiques représentent à leur tour une partie du bilan économique global des chaînes de distribution, d'où l'importance de prendre en compte ce paramètre dans la différenciation des chaînes de distribution. Ce même constat est valide pour le deuxième paramètre d'organisateur du transport des achats en aval de la chaîne de distribution.

ii. Organisateur du transport

Le transport des achats n'a pas le même coût et les mêmes émissions de CO_2 s'il est effectué par le client ou s'il est sous la responsabilité du grand distributeur alimentaire. Dans le cas où le client se charge du transport de ses courses, nous observons l'utilisation de moyens de transport tels que la voiture particulière, les transports publics (les bus, les tramways ou les métros), les deux-roues (les vélos ou les cyclomoteurs) ou la marche à pied. Par contre, si le grand distributeur alimentaire (ou son prestataire logistique) se charge du transport des marchandises, nous observons plutôt l'utilisation de véhicules utilitaires légers (VUL). Ces VUL ont des coûts d'exploitation, des émissions de construction et de fonctionnement totalement différents de ceux des moyens utilisés en cas du transport des achats par le client.

De plus, si le client final se charge lui-même du transport de ses courses, nous observons généralement un déplacement par acte d'achat, tandis que dans le cas du transport effectué par le grand distributeur alimentaire, nous observons plutôt le regroupement des commandes de plusieurs clients dans le même VUL de livraison.

De ce fait, les résultats des deux bilans économique et environnemental dépendent de l'organisateur du transport en raison de la différence au niveau des moyens utilisés dans le transport des marchandises entre la surface de vente et le domicile du client, ainsi que du nombre des commandes par véhicule.

En général, l'organisation du transport est sous la responsabilité du consommateur en cas de vente classique ou Drive. En revanche, elle est sous la responsabilité du grand distributeur alimentaire en cas de livraison à domicile suite à une commande à distance (cf. Tableau 4). En outre, elle est partagée dans le mode point relais puisque le transport est effectué d'abord par le grand distributeur alimentaire entre la surface de vente et le point relais, puis par le client final entre le point relais et son domicile. En cas de livraison à domicile suite au déplacement du consommateur, le passage du client au magasin est effectué en premier, puis vient le déplacement du grand distributeur alimentaire au domicile du client final pour lui livrer ses achats. En conclusion, nous pouvons définir les 5 modes de distribution en fonction des deux paramètres de préparateur de commande et d'organisateur du transport comme suit :

Le mode de vente classique regroupe l'ensemble des organisations logistiques pour lesquelles le client final effectue le déplacement vers le magasin afin de faire ses courses, puis les transporte lui-même vers son domicile.

Le mode Drive rassemble toutes les chaînes de distribution qui se caractérisent par le déplacement du client final au point de vente pour récupérer les achats qu'il a commandés à distance. De ce cas, le personnel du magasin assure la préparation de la commande et le client se charge du transport entre le point de vente à distance et son domicile.

Le mode point relais regroupe les organisations logistiques qui ont une rupture de charge additionnelle. Celle-ci représente une plateforme de distribution intermédiaire entre le point de vente et le domicile du client. Dans ce mode de distribution, la préparation de commande est assurée par le grand distributeur alimentaire. Ce dernier se préoccupe aussi du transport de cette commande au point relais où le client final vient chercher ses achats pour les ramener à son domicile.

Le mode de livraison à domicile après une commande à distance rassemble toutes les chaînes de distribution qui se déclenchent, comme l'indique son nom, après une commande à distance effectuée par le client. Ce dernier ne participe pas aux tâches logistiques et au transport des marchandises, puisque la préparation des commandes et la livraison au domicile du client sont entièrement accomplis par le grand distributeur alimentaire.

Le mode de livraison à domicile suite à un déplacement au magasin regroupe les organisations logistiques qui nécessitent dans un premier temps le déplacement du client final au point de vente pour faire lui-même ses courses. Après le passage du client en caisse, le grand distributeur alimentaire (ou son prestataire logistique) se charge du transport des achats au domicile du client.

En conclusion, nous retenons de cette analyse que les cinq modes de distribution ont des bilans économiques et environnementaux différents en aval de la chaîne de distribution, que nous détaillons dans le chapitre suivant. Dans ce contexte, il faut préciser que chacun de ces cinq modes de distribution regroupe plusieurs types de chaines de distribution (cf. Figure 9). La différenciation de ces chaînes par mode de distribution est l'objet de la partie suivante.

b. Différenciation des chaînes par mode de distribution

Les deux paramètres de différenciation des chaînes de distribution sont la taille de la surface du magasin (qui peut être grande, moyenne ou petite) et le mode de préparation de commande (qui peut être sous forme du picking dans les rayons du magasin ou complètement dédié). Nous étudions l'impact de ces deux paramètres sur les bilans économique et environnemental, ainsi que leurs rôles respectifs dans la différenciation des chaînes dans chaque mode de distribution.

i. Taille de la surface de vente

Dans un premier temps, nous démontrons l'impact de la taille de surface de vente sur les différentes composantes du bilan économique et environnemental. Ensuite, nous décrivons les chaînes différenciées par ce paramètre dans chaque mode de distribution.

Comme démontré dans la section précédente, la taille de surface de vente détermine le moyen de transport utilisé (articulé ou porteur) dans l'approvisionnement du magasin et le nombre des magasins par tournée de livraison[56]. Cela a un impact sur le calcul des coûts et des émissions de transport, qui sont respectivement deux composantes du bilan économique et environnemental. De plus, les coûts de main d'œuvre et de consommation d'électricité par mètre carré, ainsi que les fluides frigorigènes utilisés et leurs fuites annuelles sont bien différents dans une grande surface par rapport à une moyenne ou petite surface. Ceci influence le coût des bâtiments logistiques et leurs émissions de CO_2, qui sont également deux composantes du bilan économique et environnemental.

[56] *Dans une tournée de livraison, le distributeur peut livrer 4 petites surfaces, ou 2 moyennes surfaces ou une seule grande surface (dans ce dernier cas, il s'agit d'une livraison en trace directe).*

En outre, la surface du magasin détermine sa localisation géographique : en centre ville, les espaces disponibles sont rares c'est pourquoi nous y observons surtout des petites surfaces, tandis que les grandes et moyennes surfaces se retrouvent obligées de s'implanter en périphérie. Généralement les magasins de taille moyenne sont implantés en périphérie proche et ceux de grande taille sont en périphérie lointaine.

En plus de son influence sur la localisation géographique, la surface de magasin détermine le coût de construction ou de location du magasin (il s'agit ici du coût foncier par mètre carré) et la distance moyenne entre le magasin et le domicile du client. Pour le coût foncier, les petites surfaces sont généralement localisés en centre ville ce qui engendre un coût foncier par mètre carré plus élevé que celui d'une grande surface généralement située en périphérie. Par rapport à l'approvisionnement des magasins, le coût de livraison par km est plus cher en centre ville qu'en périphérie. Aussi, la distance moyenne entre une petite surface et le domicile du client est bien inférieure à la distance parcourue par un client pour s'approvisionner en grande ou moyenne surface à partir de son domicile. De plus, la taille de la surface de vente détermine le poids moyen d'un achat. Généralement, nous observons de petits achats dans une supérette. Cela induit qu'il faut plusieurs déplacements du client en supérette pour avoir l'équivalent en poids d'un seul caddie acheté dans une grande surface. Ce nombre de déplacements a un impact sur les bilans économique et environnemental en aval de la chaîne de distribution.

Pour toutes ces raisons, nous distinguons les magasins en fonction de leur taille en raison des différences de coûts et d'émissions de CO_2 au niveau de la construction et de l'exploitation, que ce soit pour le transport ou pour les bâtiments logistiques. De ce fait, la taille de la surface de vente est considérée dans ce travail de recherche comme un paramètre de différenciation des chaînes de distribution.

ii. Mode de préparation des commandes

La préparation des commandes est associée à deux systèmes de gestion des ressources humaines et matérielles, qui sont le picking dans les rayons du magasin et la préparation des commandes dans un entrepôt entièrement dédié à la vente à distance. En effet, le choix entre les deux systèmes dépend à la fois des contextes organisationnel et concurrentiel et de considérations stratégiques et économiques des groupes alimentaires. Selon Colla et Lapoule (2011, p16), les grandes surfaces françaises à prépondérance alimentaire du commerce succursaliste (Carrefour, Auchan, Casino, Cora) se sont diversifiées dans les ventes en ligne en choisissant le modèle de l'entrepôt dédié pour stocker et préparer les commandes. A l'inverse, les commerçants indépendants associés Intermarché et Système U, entrés plus récemment sur le marché, ont opté pour le picking magasin. Dans cette partie, nous étudions les caractéristiques de ces deux modèles de préparation des commandes, ainsi que leurs impacts sur les deux bilans économique et environnemental.

Préparation de commande en entrepôt dédié

Dans ce premier modèle, la préparation de commande se déroule dans un entrepôt entièrement dédié à la vente à distance. Elle consiste à rassembler un certain nombre d'articles préalablement stockés sous forme de plusieurs colis selon la famille des produits, en conformité bien évidemment avec la commande du client.

Ce mode de préparation de commande dans un entrepôt dédié se décompose en plusieurs étapes. Tout commence par la réception de la commande, effectuée depuis une plateforme de communication à distance. Cette commande est transmise à l'entrepôt le plus proche du domicile du client. Après avoir été contrôlée, la commande est retranscrite en liste de préparation. Cette liste indique à l'opérateur

les articles qu'il doit prélever sur le stock et les codes des zones de retraits concernées. Ensuite, le préparateur de commande effectue au fur et à mesure les retraits grâce aux codes-barres présents sur les articles. Par ailleurs, un préparateur de commandes est formé pour pouvoir proposer un ou deux produits de substitution si le produit commandé est en rupture de stock. Suite à chaque retrait, il doit mettre le stock à jour avant de placer l'ensemble des produits prélevés sur la zone spécialement conçue pour les accueillir. Le colis ainsi préparé est alors lui-même identifié au moyen d'étiquettes permettant, par la suite, de le retrouver facilement et d'en connaître rapidement le contenu exact.

A la fin de la préparation de commande, le grand distributeur alimentaire (ou son prestataire logistique) assure la livraison des colis à domicile ou à un point relais selon les préférences du client quand il a effectué sa commande, ou tout simplement le chargement des colis dans le véhicule du client quand il s'agit du mode Drive.

Picking en magasin

Le picking en magasin, dit aussi « store picking », consiste à préparer la commande directement dans une surface de vente classique. Ce modèle de cueillette en magasin constitue la forme la plus basique : les « pickeurs » remplissent le panier commandé à distance en prenant les produits un à un dans les rayons du magasin.

Par ailleurs, ce mode permet au consommateur de bénéficier lors de ses achats en ligne, des mêmes tarifs que ceux affichés dans les rayons du magasin concerné. Concernant le grand distributeur alimentaire, la cueillette en magasin permet une mise en place rapide de la vente à distance à partir du magasin. En cas de succès, le cyber-marchand accompagne progressivement le développement du marché et minimise les dégâts en cas d'échec. En outre, le service picking peut être mis en

place grâce à un petit investissement. En revanche, l'entrepôt dédié nécessite un investissement initial très important. De ce fait, le mode de préparation de commande a un impact sur les coûts de pénétration du marché. Ces coûts représentent, bien évidemment, une partie du bilan économique.

Dans le mode picking en magasin, la vente à distance bénéficie des moyens logistiques et de transport déjà existant dans la vente classique. En effet, les deux alternatives de vente (classique et à distance) partagent l'aire de stockage, les rayons de la surface de vente et les véhicules utilisés dans l'approvisionnement du magasin. Cependant, en mode dédié, les moyens de transport et les surfaces de vente et de stockage sont exclusivement consacrés à l'activité de la vente à distance. Cette activité observe donc son bilan économique et environnemental changer en fonction du mode de préparation des commandes (picking ou dédié).

De ce point de vue, le mode de préparation des commandes est un paramètre de différenciation des chaînes dans chacun de cinq modes de distribution (la vente classique, le Drive, le point relais, la livraison à domicile après une commande à distance et la livraison à domicile suite au déplacement du client au magasin).

Dans la suite de cette section, nous différencions toutes les chaînes constituant chaque mode de distribution en fonction des deux paramètres précédents (la taille de la surface de vente et le mode de préparation des commandes). Nous étudions dans un premier temps les différentes chaînes de distribution existantes dans la vente classique, puis les chaînes de distribution dans le mode Drive et dans le mode point relais, et enfin les types de chaînes de distribution dans la livraison à domicile (que ce soit après le déplacement du client en magasin ou suite à une commande à distance).

4. La vente classique

La vente classique regroupe toutes les organisations logistiques qui se caractérisent par la responsabilité intégrale du client dans la préparation des commandes avant son passage en caisse et dans le transport des achats vers son domicile à partir du point de vente. Ce dernier est défini comme un établissement de vente au détail qui a une réelle activité de vente et qui possède donc une surface de vente (Insee, 2012)[57]. Cette surface de vente peut être considérée en fonction de sa taille comme grande, moyenne ou petite (cf. Tableau 5).

Tableau 5 : Différenciation des chaînes de distribution dans la vente classique en grande distribution

Différentes organisations logistiques dans le mode de vente classique		3ème paramètre de différenciation : **Surface de magasin**			4ème paramètre de différenciation : **Mode de préparation**	
		Variable1 : **Grande**	Variable2 : **Moyenne**	Variable3 : **Petite**	Variable 1 : **Picking**	Variable 2 : **Dédié**
Mode de Vente classique	Hypermarché	x			x	
	Supermarché		x		x	
	Supérette			x	x	

Source : Auteur (enquêtes de terrain)

Dans cette première partie sur les différentes chaînes de distribution dans la vente classique, nous étudions les caractéristiques de ces trois types de surfaces de vente à commencer par les grandes et moyennes surfaces (hypermarchés puis supermarchés) et ensuite les petites surfaces de type supérette. Comme expliqué dans la première section de ce chapitre, nous ne nous intéressons pas dans ce travail de recherche aux points de vente indépendants (hors réseau), mais plutôt aux points de vente sous forme de réseau d'enseignes (réseau du commerce de détail).

[57] *Selon cette définition, on exclut les établissements auxiliaires comme les entrepôts ou les bureaux d'entreprises commerciales, sans chiffre d'affaires propre. Définition disponible sur : <http://www.insee.fr/fr/methodes/default.asp?page=definitions/point-de-vente.htm> (consulté le 26/01/2012).*

a. Hypermarché

Selon la définition de l'Insee, un hypermarché[58] est un établissement de vente au détail en libre-service réalisant plus du tiers de ses ventes en alimentation et dont la surface de vente est supérieure ou égale à 2500 m² (Insee, 2012).

Le nombre des hypermarchés est en croissance continue depuis leur apparition en 1963, à l'exception d'une légère baisse en 1997 : en réalité, cette baisse est liée à la fermeture de quelques unités et surtout à la réglementation devenue stricte avec la loi Raffarin[59] visant avant tout, selon Cliquet et al. (2008, p3), à restreindre l'implantation des grandes surfaces. A partir de 1998, le parc d'hypermarchés a retrouvé son évolution malgré le gel administratif des autorisations entre 1998 et 2000. Par ailleurs, cette évolution est liée à une augmentation des surfaces de vente dans les magasins déjà existants et non pas à de nouvelles ouvertures : entre les années 1998 et 2000, le nombre total d'hypermarchés a évolué (de 1105 en 1998, à 1118 en 1999, puis à 1143 hypermarchés en 2000) alors qu'il n'y a aucune ouverture de nouveaux hypermarchés dans cette période. En effet, la non ouverture de nouveaux hypermarchés a été compensée par une transformation d'une partie des supermarchés en hypermarchés.

Comme expliqué au début de ce deuxième chapitre, cette transformation des supermarchés en hypermarchés est due à l'exploitation des surfaces de stockage comme des espaces de vente. Cela augmente la taille de la surface de vente et, par conséquent, le magasin n'est plus considéré comme un supermarché, mais plutôt comme un hypermarché si la surface de vente dépasse 2500 m².

[58] Définition (consultée le 03.03.2011) disponible sur : <http://www.insee.fr/fr/methodes/default.asp?page=definitions/hypermarche.htm>

[59] La loi Raffarin votée en 1996 a eu un impact immédiat dans la première année de son application puisque le parc d'hypermarchés a baissé de 1117 en 1996 à 1095 en 1997 (Cliquet et al., 2008, p12). Lien : <http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/49/76/71/PDF/article.pdf> (consulté le 25.05.2011).

Dans ce travail de thèse, ce passage de la surface de vente de la catégorie d'un supermarché à la catégorie d'un hypermarché est lié à la définition ci-dessus de l'Insee qui considère l'hypermarché comme un établissement dont la surface de vente est supérieure ou égale à 2500 m². Dans ce contexte, il faut noter que le parc d'hypermarchés[60] en réseau d'enseignes a continué son évolution dans les dernières années, passant de 1386 en 2004 à 1649 en 2009, soit une évolution d'environ 19 % pendant cette période (Insee, 2012, p2).

b. Supermarché

Un supermarché[61] est défini comme un établissement de vente au détail en libre-service réalisant plus des deux tiers de son chiffre d'affaires en alimentation et dont la surface de vente est comprise entre 400 et 2500 m² (Insee, 2012).

Depuis leur apparition en 1957, le parc des supermarchés est en pleine évolution à l'exception d'une légère baisse en 1978 en raison de l'apparition de la loi Royer destinée à organiser le secteur qui est en pleine croissance. Ensuite, le parc de supermarchés a poursuivi son évolution permettant de passer de 3822 supermarchés en 1981 à 7846 supermarchés en 1996 (Cliquet et al., 2008, p12). Cette année de 1996 a été marquée par l'apparition de loi Raffarin qui a provoqué un ralentissement du nombre de nouvelles ouvertures et surtout de nombreuses transformations de supermarchés en hypermarchés (comme expliqué dans la partie précédente sur les hypermarchés).

---

[60] Le parc total d'hypermarchés (en réseau d'enseignes ou hors réseau) est estimé 1700 hypermarchés (Insee, 2012, p2). En réseau d'enseignes, le nombre d'hypermarchés est estimé à 1649 c'est-à-dire 97% du parc total (Insee, 2012, p4), contre seulement 51 hypermarchés hors réseau (ce qui correspond à 3% du parc total d'hypermarchés).

[61] Définition (consultée le 03.03.2011) disponible sur : <http://www.insee.fr/fr/methodes/default.asp?page=definitions/supermarche.htm>

Cependant, ce ralentissement et ces transformations n'ont pas empêché le parc de supermarchés de continuer son évolution : à titre d'exemple, le nombre de supermarchés[62] en réseau d'enseignes a augmenté de 7639 en 2004 à 8556 en 2009, soit une évolution d'environ 12% pendant cette période (Insee, 2012, p2).

c. Supérette

Une supérette est un établissement à prédominance alimentaire avec sur une surface de vente de 120 à 400 m² (Insee, 2012). Cette définition ne permet pas de déterminer le statut de ces supérettes qui peuvent être gérées par un indépendant, un salarié embauché par un groupe de grande distribution alimentaire, un franchisé ou un adhérent à un groupement suite à un contrat spécifique. Selon Cliquet et al. (2008, p19), l'Insee a bien du mal à les dissocier.

Dans ce travail de recherche, nous nous intéressons seulement aux supérettes qui dépendent d'un réseau d'enseignes dans leur approvisionnement en marchandises indépendamment de leurs formes juridiques et organisationnelles. A titre d'exemple, nous avons effectué des entretiens dans le cadre de la thèse avec les magasins de « Petit Casino » et « Vival » qui sont deux petites surfaces ayant des formes juridiques, contractuelles et organisationnelles différentes. En revanche, ces deux petites surfaces (« Petit Casino » et «Vival ») appartiennent à un réseau d'enseignes (le groupe Casino) et font, par conséquent, partie de notre objet de recherche.

D'après l'enquête de l'Insee sur le poids de réseaux, un peu plus d'un tiers (37 %) des supérettes sont « hors réseau », tandis que la majorité (63 %) des supérettes appartiennent à un réseau d'enseignes (Insee, 2012, p2). Par ailleurs, le nombre de

[62] *Le parc total de supermarchés est estimé 9200 supermarchés (Insee, 2012, p2). En réseau d'enseignes, le nombre de supermarchés est estimé à 8556 c'est-à-dire 93% du parc total (Insee, 2012, p2), contre 644 supermarchés hors réseau (ce qui correspond à 7% du parc de supermarchés).*

supérettes[63] en réseau d'enseignes estimé à 3024 en 2004 n'a pas augmenté entre 2004 et 2009, contrairement aux parcs des hypermarchés et des supermarchés en pleine évolution (avec respectivement 19 % et 12 % entre 2004 et 2009).

Dans le quatrième chapitre, nous évaluons les bilans des ces trois organisations de la vente classique (hypermarché, supermarché et supérette) : nous vérifions l'hypothèse de plus grande efficacité économique et environnementale des grandes et moyennes surfaces, en amont de la chaîne de distribution, par rapport aux petites surfaces. Et si cette hypothèse est valide, nous examinons si elle est encore valable sur la globalité de la chaîne de distribution en cas d'ajout du maillon final entre la surface de vente et le domicile du client.

Par ailleurs, cette remise en cause des bilans des trois chaînes traditionnelles (hypermarché, supermarché et supérette) est nécessaire face à l'amplification de la vente à distance dans la grande distribution alimentaire. En effet, l'évolution des autres modes de distribution (comme le Drive, le point relais et la livraison à domicile) est également une réponse au ralentissement de l'évolution du nombre des points de vente classique[64]. La vente à distance présente en effet l'avantage de ne pas être concerné par les contraintes réglementaires sur les surfaces des magasins. De ce point de vue, nous étudions l'efficacité économique et environnementale de ces modes de distribution. Pour ce faire, nous différencions dans la partie suivante toutes les chaînes dans chaque mode de distribution, à commencer par le Drive, puis le point relais et enfin la livraison à domicile.

[63] *Le parc total de supérettes (en réseau d'enseignes ou hors réseau) est estimé 4800 supérettes (Insee, 2012, p2). En réseau, le nombre de supérettes est estimé à 3024 c'est-à-dire 63% du parc (Insee, 2012, p4), contre 1776 supérettes hors réseau (l'équivalent de 37% du parc de supérettes).*

[64] *Malgré le ralentissement de l'évolution du nombre de point de vente classique, la surface moyenne par magasin a augmentée de 12% entre 2004 et 2009 (Insee, 2012, p1)*.

5. Le Drive

Pour s'adapter aux attentes des consommateurs, défendre leur zone de chalandise, développer leur chiffre d'affaires par client, échapper à de nombreuses réglementations comme celle de demander l'autorisation d'ouvrir ou d'agrandir un magasin physique, tous les grands distributeurs alimentaires français développent la vente à distance grâce au Drive. De ce fait, le Drive qui est en pleine expansion, constitue le nouveau moteur de la grande distribution alimentaire.

Selon le directeur d'exploitation d'Auchan Drive Pascal Damien, « le Drive c'est un métier à part entière » (Les echos.fr, 2006). Effectivement, selon nos deux premiers paramètres de différenciation (préparation de commande et organisation du transport), le Drive est considéré comme un mode de distribution différent des autres grands formats de distribution pratiqués en aval de la chaîne de distribution.

Selon ces deux premiers paramètres, le principe du Drive est simple. Tout d'abord, le client commande ses produits à distance. Ensuite, il se déplace vers un magasin ou un entrepôt de vente à distance. A son arrivée, les colis commandés précédemment et qui ont été déjà préparées par le personnel de la surface de vente, sont déposés directement dans le coffre de sa voiture[65].

Pour le client final, le Drive est une alternative de vente pratique et source de gain de temps importante (par rapport à la vente classique) au niveau de la préparation du caddie d'achat. Pour le grand distributeur alimentaire, ce mode de distribution assure

[65] *Le Drive (comme elle l'indique sa définition en anglais) est un mode de distribution associé généralement à la voiture comme moyen de transport. En revanche, le client peut chercher sa commande en deux roues, en transports publics ou même à pied pour les clients qui habitent à côté, ce qui est le cas dans un magasin Drive en banlieue lyonnaise. Par ailleurs, tous les clients (quelque soit le mode de déplacement) doivent faire leurs commandes à distance selon le directeur du magasin dans une interview à Vénissieux le 14.08.2012.*

l'essentiel de la croissance de la vente alimentaire à distance : le mode Drive représente 89 % des ventes en ligne, contre une moyenne de 11 % seulement pour la livraison à domicile.

Dans ce marché de vente à forte concurrence, Auchan a été le pionnier en France. Mais tous ses concurrents s'y sont mis. Actuellement, Leclerc est en pointe sur ce mode de distribution avec 184 unités, suivi de Casino avec 113 unités. Puis, viennent le groupe Auchan avec 97 unités (dont 53 unités pour Auchan Drive et 44 unités pour Chronodrive) et le groupe Carrefour avec 94 unités et Intermarché avec 64 unités.

Tableau 6 : Différenciation des chaînes de distribution en mode Drive dans la grande distribution

Différentes organisations logistiques dans le mode Drive			3ème paramètre de différenciation : **Surface de magasin**			4ème paramètre de différenciation : **Mode de préparation**	
			Variable1 : **Grande**	Variable2 : **Moyenne**	Variable3 : **Petite**	Variable 1 : **Picking**	Variable 2 : **Dédié**
Mode Drive	Full Drive	Entrepôt déporté		x			x
		Entrepôt accolé		x			x
	Drive light	Picking en Hypermarché	x			x	
		Picking en Supermarché		x		x	

Source : Auteur (enquêtes de terrain)

Sur le plan organisationnel (cf. Tableau 6), le Drive comporte différents modes qui sont l'entrepôt déporté[66] (dit aussi entrepôt solo), l'entrepôt accolé[67] (dit aussi entrepôt attaché) et le picking en magasin [68] (que ce soit en hypermarché ou en

[66] *Les groupes de grande distribution alimentaire (avec les sites web de leurs cybermarchés Drive) qui pratiquent cette organisation logistique d'entrepôt déporté sont : Carrefour (www.cmondrive.com), Casino (www.mescoursescasino.fr), Leclerc (www.expressdrive.fr) et Auchan (www.chronodrive.fr) (consultés le 20.02.2012).*

[67] *Les groupes de grande distribution alimentaire (avec les sites web de leurs cybermarchés Drive) qui pratiquent cette organisation logistique d'entrepôt accolé sont : Auchan (www.auchandrive.fr) et Leclerc (www.expressdrive.fr) (consultés le 20.02.2012).*

[68] *Les groupes de grande distribution alimentaire (avec les sites web de leurs cybermarchés Drive) qui pratiquent cette organisation logistique de picking en magasin sont : Carrefour (www.cmondrive.com), Casino (www.mescoursescasino.fr), Intermarché (www.expressmarche.com), Système U (www.coursesu.com) et Cora (www.coradrive) (consultés le 20.02.2012).*

supermarché). Ces différents modes d'organisation sont classés selon les professionnels en deux grandes familles qui sont le « full Drive » et le « Drive light ».

a. Full Drive

Les deux types d'entrepôts de « full Drive » (déporté ou accolé) sont totalement indépendants des magasins de vente classique. Par ailleurs, l'entrepôt déporté est géographiquement loin de toute autre surface de vente, tandis que l'entrepôt accolé est situé à côté d'une surface de vente classique (hypermarché ou supermarché). Dans ce dernier type de Drive, l'entrepôt accolé et le magasin voisin appartiennent généralement au même groupe, mais sont gérés indépendamment l'un de l'autre même en cas de rupture de stock dans l'un des deux.

De ce fait, le principe est identique pour les deux « full Drive » : ils s'approvisionnent comme des supermarchés, et les prix de vente pratiqués ressemblent à ceux d'un supermarché. De plus, par rapport aux deux paramètres de différenciation des chaînes de distribution (taille de surface de vente et mode de préparation des commandes), leurs caractéristiques sont identiques : la surface de vente est moyenne pour les deux premiers types de Drive, et ils fonctionnent également tous les deux avec des entrepôts entièrement dédiés à la vente à distance (cf. Tableau 6).

De ce point de vue, l'entrepôt accolé et l'entrepôt déporté proposent les mêmes services et se caractérisent par la même organisation logistique en amont et en aval de la chaîne de distribution : ils sont alors considérés dans ce travail de thèse comme un seul type de chaîne de distribution, appelé « entrepôt Drive » ou « full Drive ».

b. Drive Light

Comme énoncé, le « Drive light » est une organisation logistique différente du « full Drive ». Ce dernier nécessite un investissement initial très important. De plus, toutes les charges d'exploitation et les émissions de CO_2 du magasin, ainsi que celles du transport en amont de la chaîne de distribution pour assurer son approvisionnement, sont assumées par l'entrepôt Drive seulement. En revanche dans le « Drive light », nous constatons un partage des infrastructures avec la vente classique, ce qui induit une répartition des coûts et des émissions de CO_2.

En France, la majorité des groupes alimentaires ont consacré une partie de la surface de leurs magasins (de 250m^2 à 400m^2, pris sur la réserve[69]) pour proposer à leur clientèle le service de « Drive light » avec un petit investissement initial : selon Colla et Lapoule (2011, p13), implanter un Drive solo avec entrepôt dédié nécessite un investissement minimal de 4 millions d'euros alors qu'il faut compter entre 130 000 et 300 000 euro pour implanter un Drive standard adossé et exploité en mode picking en magasin.

Le quatrième paramètre de différenciation des chaînes de distribution (le mode de préparation de commande) est différent dans les deux derniers types de Drive par rapport aux deux premiers (cf. Tableau 6) : le « Drive light » partage son stock avec le magasin auquel il est attaché, contrairement à l'entrepôt accolé qui est complètement dédié puisqu'il est indépendant au niveau de l'organisation logistique du magasin voisin. Dans le « Drive light », les employés remplissent le panier commandé à distance par le client en prenant les produits un par un dans les rayons

[69] *Estimations de Daniel Mithouard, responsable de file Cora Drive et directeur du Cora de Moulins-Lès-Metz en juin 2011. Selon (Mithouard, 2011, p2), l'investissement pour créer un drive varie de 150'000 à 300'000€ selon les cas (…). Cora Drive fonctionne sur le principe du picking en magasin sans réserves ni logistique dédiée.*

du magasin. En revanche, la taille du magasin permet de distinguer le drive avec picking en hypermarché de celui en supermarché. Cette distinction tient aux émissions de CO_2 et aux coûts différents de ces deux surfaces de vente, comme nous l'avons expliqué précédemment pour justifier la sélection de la taille de la surface de vente comme un paramètre de différenciation des chaînes de distribution en aval.

Dans ce contexte, nous signalons que le Drive avec picking en supérette n'a pas été mentionné (cf. Tableau 6), car il n'est pas encore proposé, à notre connaissance, par les grands distributeurs alimentaires comme une alternative de vente pour les consommateurs. Dans certains cas, « l'épicier du coin » peut préparer les achats d'un client qu'il a commandés à distance par téléphone. Cela n'est pas fréquent, et il s'agit surtout d'un service à un client fidèle du magasin qui est parfois pressé, et non pas d'un service ouvert à toute la clientèle selon un gérant d'une épicerie Vival[70]. En revanche, cette préparation de la commande n'a pas un coût qui a été facturé au client, ou un coût qui a été subit par l'épicier en engageant des nouveaux employés spécialisés dans la préparation des commandes à distance.

Pour conclure, le mode Drive comporte trois types de chaînes de distribution : premièrement, le picking en hypermarché et deuxièmement le picking en supermarché, tout deux étant considérés comme du « Drive light » dans ce travail de thèse, et troisièmement le « full Drive ». Ce dernier comporte deux types d'entrepôt qui peuvent être accolé ou déporté. En revanche, quelque soit le type d'entrepôt adopté dans le « full Drive », ce dernier représente un seul type de chaîne de distribution comme démontré précédemment.

[70] *Données issues d'une interview avec le gérant d'une épicerie Vival (groupe Casino) en agglomération lyonnaise le 06.07.2011.*

6. Les points relais

Les points relais sont exploités comme de petites plateformes de distribution de produits déjà commandés à distance. Les commandes ne sont pas préparées dans ces points relais (qui sont juste des points de livraison) mais sur un autre site, qui peut être une surface de vente avec picking en magasin ou un entrepôt central dédié à la vente à distance. Ces commandes sont conservés dans les points relais jusqu'à que le client final soit en mesure de récupérer sa commande.

Les points relais sont des plateformes intermédiaires qui provoquent obligatoirement deux types de déplacements successifs : en premier lieu, le transport par le grand distributeur alimentaire, ou son prestataire logistique, de la plateforme de préparation des commandes au point relais pour y livrer les commandes clients au moyen des véhicules utilitaires légers, et en deuxième lieu, le déplacement du client final au point relais pour récupérer sa commande et la ramener à son domicile par ses propres moyens (voiture particulière, transport en commun, deux roues ou marche à pied). Ce double déplacement (du distributeur puis du consommateur) est une caractéristique particulière du mode point relais par rapport aux autres modes de distribution qui pratiquent la vente à distance[71].

Ce partage de la tâche du transport en aval de la chaîne de distribution est rendu possible grâce au passage des commandes achetées à distance par un point relais. Ce dernier représente une rupture de charge supplémentaire entre la surface de vente et le domicile du client final par rapport aux 4 autres modes de distribution, à savoir la vente classique, le mode Drive, la livraison à domicile suite au passage du client en magasin et la livraison à domicile après commande à distance.

[71] *Comme précisé antérieurement, il y a trois modes de distribution qui pratiquent la vente à distance : le drive, le point relais et la livraison à domicile après une commande à distance.*

Par ailleurs, le passage par un point relais a un impact sur les deux bilans économique et environnemental, puisqu'il engendre des coûts logistiques et des émissions de construction et d'exploitation supplémentaires par rapport aux quatre autres grands formats. En revanche, il permet d'optimiser les coûts et les émissions de CO_2 du transport : la massification des envois vers une seule destination permet d'augmenter le taux de remplissage de véhicule utilitaire léger (VUL) par rapport à la livraison à domicile. De plus, il permet de réduire significativement le nombre des points livrés en VUL (de plusieurs clients livrés à domicile à une seule destination, qui est le point relais) et, par conséquent, de minimiser le nombre de kilomètres parcourus par tournée de livraison.

Tableau 7 : Différenciation des chaînes de distribution avec point relais dans la grande distribution

Différentes organisations logistiques dans le mode point relais		3ème paramètre de différenciation : **Surface de magasin**			4ème paramètre de différenciation : **Mode de préparation**	
		Variable1 : **Grande**	Variable2 : **Moyenne**	Variable3 : **Petite**	Variable 1 : **Picking**	Variable 2 : **Dédié**
Mode Point relais	Entrepôt central	X				X
	Hypermarché	X			X	
	Supermarché		X		X	

Source : Auteur (enquêtes de terrain)

Les trois types de magasins (l'hypermarché, le supermarché et la supérette différenciés par la taille de leurs surfaces de vente) pratiquent le mode picking en plus de la vente classique, tandis que l'entrepôt central possède une organisation logistique dédiée exclusivement à la préparation des commandes vendues à distance (cf. Tableau 7). A la fin de la préparation de commande, le grand distributeur alimentaire, ou son prestataire logistique, assure la livraison des colis au point relais le plus proche du domicile du client. Le fait de pouvoir s'appuyer sur un réseau de points relais déjà existant représente un avantage considérable dans le

développement de ce service. En effet, les groupes de la grande distribution alimentaire, bénéficiant généralement d'une large présence sur le territoire national, peuvent ainsi étendre plus rapidement leur zone de couverture, tout en réduisant les coûts et les émissions de transport grâce à la proximité des points relais pour les consommateurs.

Cette formule représente un bon compromis entre les clients et les groupes de la grande distribution alimentaire. Ces derniers peuvent assurer un service de livraison à proximité en livrant le point relais le plus proche du domicile du consommateur sans prendre le risque de retour avec la marchandise en cas de non disponibilité du client. De plus, les frais de transport sont eux-mêmes réduits au maximum grâce au passage par un point relais. Le point relais représente également un mode de vente à distance très attractif pour le client final qui peut récupérer ses achats à côté de son domicile quand il est disponible. Cela représente un gain de temps considérable et une marge de liberté supplémentaire par rapport à la contrainte du respect des créneaux de livraison dans le mode de livraison à domicile, que nous étudions dans la partie suivante.

7. La livraison à domicile

La livraison à domicile trouve sa justification dès lors que le volume des courses à transporter est important, c'est pourquoi les distributeurs ont généralement instauré un montant minimum d'achat pour pouvoir bénéficier du service. La massification des achats permet d'amortir les coûts de livraison pour les grands distributeurs alimentaires, dont certains ont connu la faillite comme les deux enseignes américaines Streamline et Webvan. En général, la livraison à domicile comporte deux grands modes d'organisation logistique en aval de la chaîne de distribution :

dans le premier format la livraison à domicile est déclenchée suite à une commande à distance, tandis que dans le deuxième elle est précédée par le passage du client en magasin. Nous distinguons ces deux grands formats de la livraison à domicile par rapport aux deux premiers critères de différenciation qui sont la préparation de commande et l'organisation du transport (cf. Tableau 4).

a. Livraison à domicile après une commande à distance

Si la vente à distance par minitel, par téléphone ou par courrier existait depuis plusieurs décennies, l'apparition d'internet a augmenté considérablement la part des ventes à distance dans l'approvisionnement des ménages. En outre, l'usage des nouvelles technologies s'est encore intensifié dans la dernière décennie. Par ailleurs, le grand essor du e-commerce et l'arrivée du m-commerce[72] ont incité les groupes de grande distribution alimentaire à saisir cette opportunité pour réactiver et mieux développer leurs services de livraison à domicile.

De plus, le fait de pouvoir maîtriser parfaitement son budget d'achat s'avère être, également, un avantage intéressant pour le consommateur pendant son acte d'achat sur Internet : le client peut, tout au long du remplissage de son panier pendant une commande à distance, surveiller le montant de ses achats sur l'écran de son ordinateur ou de son téléphone portable, et ainsi adapter ses dépenses au plus près de son pouvoir d'achat.

[72] *Le mobile commerce (m-commerce) regroupe l'ensemble des applications commerciales liées aux terminaux mobiles (Smartphones, PDA et parfois tablettes) et effectuées le plus souvent en situation de mobilité. Le commerce électronique (e-commerce) est défini comme l'ensemble des transactions commerciales à destination des particuliers (anglais B to C : business to customer) utilisant exclusivement internet comme mode de commande. Par contre, le paiement et la livraison peuvent s'effectuer par des méthodes traditionnelles. Ceci correspond à une définition internationale retenue par l'OCDE (Organisation de coopération et de développement économiques) (Prédit, 2007, p71). Plus d'informations sur la vente à distance sont disponibles sur le site de la Fevad (Fédération e-commerce et vente à distance) : <http://www.fevad.com/> (consulté le 27/05/2013).*

De plus, les utilisateurs de ce concept de livraison à domicile après un achat à distance sont attirés par le gain de temps, qui est également l'une des principales raisons de son succès : les cybernautes sont séduits par la réduction de la durée d'approvisionnement alimentaire en évitant le déplacement au magasin, la collecte des produits dans les rayons et l'attente en caisse. Actuellement, seuls 12 % des ménages ont recours à ce service au moins une fois par mois. Le potentiel de développement demeure donc important, même si les cybermarchés hésitent encore entre les quatre modèles présentés ci-dessous (cf. Tableau 8).

Tableau 8 : Différenciation des chaînes de distribution dans la livraison à domicile en grande distribution

Différentes organisations logistiques dans le mode de livraison à domicile		3ème paramètre de différenciation : **Surface de magasin**			4ème paramètre de différenciation : **Mode de préparation**	
		Variable1 : **Grande**	Variable2 : **Moyenne**	Variable3 : **Petite**	Variable 1 : **Picking**	Variable 2 : **Dédié**
Mode de Livraison à domicile	Entrepôt central	x				x
	Hypermarché	x			x	
	Supermarché		x		x	
	Supérette			x	x	

Source : Auteur (enquêtes de terrain)

Par rapport aux paramètres de différenciation, l'entrepôt central (qui est exclusivement dédié à la vente à distance) se caractérise par des coûts et des émissions de CO_2 de construction et d'exploitation différentes de celles du magasin traditionnel. Dans ce dernier, nous distinguons les trois types de surfaces de ventes (hypermarché, supermarché et supérette) qui pratiquent essentiellement la vente classique en plus de la vente à distance. Ces trois surfaces de vente n'ont pas bien évidemment le même bilan économique et environnemental comme nous l'avons expliqué précédemment. Concernant l'entrepôt central, nous avons constaté que le processus de livraison à domicile est très informatisé, afin d'augmenter la satisfaction des clients en évitant au maximum les erreurs. Cela permet de maximiser

l'optimisation des coûts de préparation des commandes et de mieux organiser les tournées de livraison. Les coûts initiaux de mise en place de ce modèle sont très élevés. Néanmoins, il représente une solution très efficace en cas d'atteinte de la masse critique. A titre d'exemple, le grand distributeur alimentaire britannique Ocado a fait le choix d'entrepôt central pour la livraison à domicile des produits achetés à distance. Cet entrepôt se caractérise par une capacité à gérer l'équivalent de 25 supermarchés pour le même volume de commandes en ligne. De plus, il est capable de cueillir 300 articles par heure ce qui représente trois fois le taux atteint par les cueilleurs en magasin chez son concurrent Tesco.

Nous constatons également la possibilité de faire de la livraison à domicile à partir d'un hypermarché, d'un supermarché ou d'une supérette (cf. Tableau 8). Selon Cliquet et al. (2008, p18), « l'enjeu pour les distributeurs (…) quelle que soit la taille de leur magasin, est désormais de maîtriser l'impact des nouvelles technologies sur la relation consommateur-magasin. Internet ne remplacera pas le magasin, mais il risque de le faire évoluer de manière considérable ». En effet, nous constatons cette évolution dans les surfaces de vente traditionnelles (les hypermarchés, les supermarchés et les supérettes) qui existaient déjà avant l'apparition d'internet. Cependant, ces surfaces de vente ont adaptés leurs fonctions pour proposer le service de vente à distance après l'essor d'internet, permettant ainsi d'augmenter leurs chiffres d'affaire.

Cette technique d'adaptation des magasins traditionnels à la vente à distance se caractérise par des coûts de pénétration faibles. Par exemple, Tesco qui est le leader de la grande distribution en Grande-Bretagne, a dépensé 43 millions d'euros seulement pour adapter l'ensemble de ses magasins suite à sa décision de lancer la livraison à domicile à partir du magasin. La commande doit être préparée dans le

magasin le plus proche du domicile du cybernaute. Cette proximité a permis à Tesco de proposer son service de livraison à domicile même dans des zones peu denses.

Par ailleurs, la livraison à domicile à partir d'un entrepôt central nécessite forcément une commande à distance. En revanche, la livraison à domicile à partir du magasin peut être réalisée après une commande à distance (comme dans un entrepôt central) que nous avons étudié précédemment ou suite au déplacement du client au magasin. Cette dernière alternative représente un mode de distribution à part entière, en raison de ses coûts et de ses émissions de CO_2 différents de celles des autres modes de distribution. L'étude de ce mode est l'objet de la partie suivante.

b. Livraison à domicile suite au déplacement du client

L'accès physique au point de vente est encore la forme principale de contact entre le consommateur et le distributeur (Cliquet, 2008, p18). Par ailleurs, la livraison après une commande à distance ne se substitue pas toujours à la livraison à partir du magasin qui permet le recrutement de nouveaux clients. Ces derniers aiment le fait de pouvoir toucher les produits, faire du shopping et avoir des conseils des vendeurs. Après le paiement en caisse, les clients demandent d'être livrés chez eux. Ce mode d'organisation logistique est proposé dans les hypermarchés et les supermarchés (considérés dans ce travail de thèse comme deux types de chaînes de distribution). Par ailleurs, la livraison à domicile peut intéresser les clients qui veulent faire d'autres déplacements d'achats, les personnes âgées ou à mobilité réduite, les clients sans voiture et qui ne peuvent pas transporter les achats à pied ou en transports publics, ou tout simplement les clients qui veulent bénéficier de l'offre de livraison à domicile gratuite liée à leurs grands montants d'achats. Cette livraison à domicile, même si elle est parfois gratuite pour le client à partir d'un

certain montant d'achat, a bien évidemment un coût pour le grand distributeur alimentaire. Généralement, le coût de livraison après une commande à distance est inférieur à celui d'une commande livrée après le déplacement du client au magasin. Cette différence entre les coûts de deux alternatives de livraison à domicile est liée au nombre inférieur de clients par tournée en cas de déplacement au magasin par rapport à une commande à distance. Dans cette dernière alternative, les cybermarchands fixent des créneaux de livraison à leurs cybernautes, ce qui permet de rassembler plusieurs commandes dans la même tournée. En revanche, le prestataire logistique n'exige pas de créneaux de livraison en cas de déplacement du client au magasin. Généralement, ce prestataire logistique, déjà présent en magasin, livre le client immédiatement ou peu de temps après son passage en caisse.

En outre, la livraison à domicile suite au déplacement du client permet au grand distributeur alimentaire de faire des économies sur le bilan logistique en évitant d'embaucher des préparateurs de commandes. Cependant, elle engendre des coûts et des émissions supplémentaires au niveau du transport puisqu'elle provoque un double déplacement (du client dans un premier temps puis du livreur), au lieu du seul déplacement du livreur en cas de commande à distance.

D'une façon générale, la livraison à domicile coûte très cher aux groupes alimentaires que ce soit à partir d'un magasin ou d'un entrepôt central. De ce point de vue, nous testons dans la partie suivante pour les chaînes de distribution déclenchées par une commande à distance le scénario d'une plateforme de mutualisation (PM). Cette dernière représente une plateforme additionnelle qui engendre des émissions de CO_2 et des coûts supplémentaires. Néanmoins, cette plateforme de mutualisation permet d'optimiser les coûts et les émissions de transport dans le dernier fragment de la chaîne de distribution.

8. Plateforme de mutualisation en aval de la chaîne de distribution

L'aval de la chaîne de distribution subit une pression grandissante afin d'accélérer les initiatives de mutualisation reliant la rentabilité à la durabilité. Cette pression incite les acteurs de la grande distribution alimentaires à repenser la structuration de la logistique du dernier kilomètre. Ce dernier représente une source de pollution très importante et engendre un coût de livraison très élevé, notamment dans la livraison à domicile ou dans un point relais.

Actuellement, le nombre de livraisons à domicile ou dans un point relais changent en permanence en fonction des aléas de la vente à distance. Les cybermarchés tentent de s'adapter à ces aléas en essayant de fixer des créneaux de livraison. Cependant, cette mesure reste insuffisante en raison du nombre limité des commandes par zone de livraison. Dans la région lyonnaise (mais aussi à Lausanne et à Londres), nous avons observé à plusieurs reprises des véhicules utilitaires légers qui arrivent parfois en même temps pour livrer des clients qui habitent dans le même quartier, voire dans le même immeuble. Ces clients ont acheté leurs courses dans des enseignes différentes. Par conséquent, ils ont été livrés par des véhicules différents pour des raisons de marketing et de non coordination entre cybermarchés. En effet, les prestataires logistiques (qui sont des sous-traitants spécialisés dans la livraison à domicile ou au point relais) sont obligés par les groupes alimentaires, selon des contrats bien définis, d'organiser des tournées indépendantes par cybermarché, quel que soit le taux de remplissage des véhicules et les distances à parcourir.

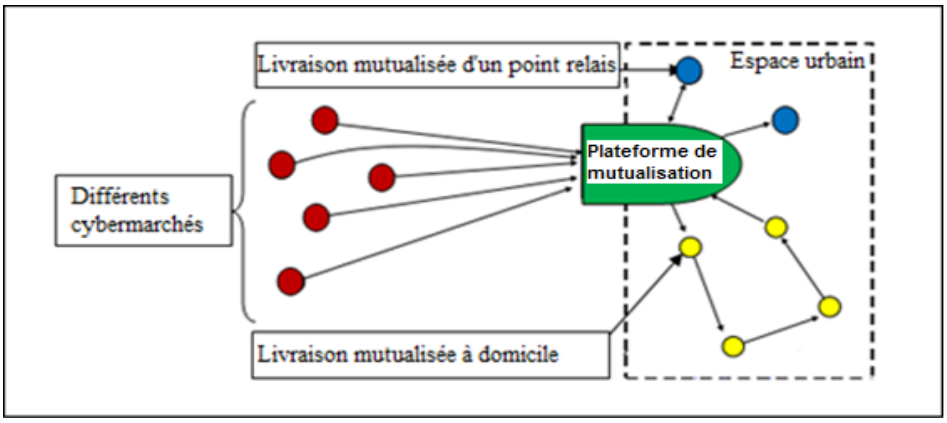
En revanche, l'organisation logistique au dernier kilomètre ne pourra plus être conçue dans le futur au niveau micro-économique de chaque groupe alimentaire indépendamment des autres groupes. Aujourd'hui, la logistique du dernier kilomètre

intéresse les différents acteurs du milieu urbain, y compris les pouvoirs publics. Ces derniers sont capables, par le pouvoir réglementaire comme c'est le cas à Monaco, de faire émerger de nouvelles règles de mutualisation entre les groupes alimentaires. En effet, les législateurs possèdent les outils réglementaires pour exercer une pression indirecte, comme des taxes carbones élevées, ou directe, à travers l'obligation de livrer dans des plateformes logistiques urbaines mutualisées qualifiées de durables.

Face aux enjeux récents, les groupes alimentaires doivent réagir rapidement et accélérer les initiatives de mutualisation, en intégrant les contraintes existantes et envisageables par les autres acteurs (gouvernement, collectivité locale et aussi vision des consommateurs désirant de limiter la pollution et la congestion) dans leurs stratégies logistiques et commerciales. Afin d'éviter une définition des règles de jeu par les autres acteurs, les grands distributeurs alimentaires, qui ont toujours été jusqu'à présent à l'initiative des évolutions des structures logistiques, peuvent anticiper une organisation logistique mutualisée, en particulier pour les commandes à distance (pour lesquelles il existe des créneaux de livraison qui permettent aux prestataires logistiques d'avoir le temps de s'organiser avant la livraison des clients).

De ce point de vue, l'orientation logistique dans les prochaines années doit intégrer une plateforme de mutualisation des envois, considérée comme un espace logistique urbain (ELU). Ce dernier est défini comme un équipement destiné à optimiser la livraison des marchandises en ville, sur les plans fonctionnel et environnemental, par la mise en œuvre de points de ruptures de charges (Boudouin, 2006, p10). Fonctionnellement, les ELU sont l'introduction d'un maillon supplémentaire dans les chaînes logistiques, créant une rupture de charge qui permet d'adapter le transport des marchandises au contexte urbain (Ademe, 2004, p6).

Figure 10 : Livraison mutualisée des marchandises vers un point relais ou à domicile



Source : Auteur

Dans ce modèle logistique (cf. Figure 10), la marchandise passe par une plateforme mutualisée avec la bienveillance des pouvoirs publics comme c'est le cas à Nuremberg, où le but est de limiter les méfaits des transports non coordonnés dans les centres villes (CO_2, saturation de l'espace public, etc.). Cette plateforme permet aux prestataires logistiques de regrouper les envois de tous les cybermarchés : il s'agit d'une plateforme de transit pour les marchandises déjà alloties. Ensuite, les prestataires logistiques livrent les points relais et les clients à leur domicile par zone de livraison. Cela permet de maximiser le taux de remplissage des véhicules utilitaires légers et de réduire les distances parcourues pendant les tournées de livraison : au lieu d'avoir un véhicule au service d'un seul cybermarché pour livrer des clients en tournée sur différentes localités géographiques, un véhicule peut être au service d'une seule localité géographique pour livrer les clients de différents cybermarchés dans cette même localité.

En théorie, les objectifs de réduction du nombre de kilomètres parcourus et l'optimisation du remplissage des véhicules de livraison devraient accélérer l'émergence de la mutualisation horizontale en aval de la chaîne de distribution. Cette mutualisation peut être un outil logistique performant pour réduire les coûts des

livraisons à domicile et aux points relais, entrainant l'essor de ces deux alternatives de vente à distance dans le futur. Cet espace logistique urbain engendre, bien évidemment, des coûts et des émissions de CO_2 supplémentaires pour assurer sa gestion. En contrepartie, il permet d'optimiser les coûts et les émissions de transport. L'analyse de l'impact de cet espace logistique urbain sur le bilan économique et environnemental de la livraison à domicile ou dans un point relais est détaillée dans le quatrième chapitre. En plus de l'étude des bilans de ces chaînes de distribution (avec ou sans espace logistique urbain) pour les livraisons à domicile ou un point relais, nous étudions en détails les bilans de toutes les autres chaînes déjà différenciées précédemment dans la grande distribution alimentaire.

Conclusion

Dans ce deuxième chapitre, nous avons décrit toutes les organisations logistiques en amont et en aval de la chaîne de distribution à partir des revues de littérature et des enquêtes de terrain. Ces recherches ont permis de déterminer les différents types de centres de distribution et de surfaces de vente afin de calculer les coûts et les émissions de ces bâtiments logistiques, mais également de déterminer les catégories des véhicules et leurs organisations pendant les livraisons afin de calculer les coûts et les émissions de l'activité de transport.

Cependant, les connaissances apportées dans ce deuxième chapitre sur les organisations logistiques doivent être complétés par une base de données et des algorithmes de calculs adaptés à chaque maillon de la chaîne de distribution globale. Pour ce faire, nous détaillons dans le chapitre suivant l'ensemble des données et des formules que nous intégrons dans notre outil de calcul, que ce soit pour le bilan économique ou le bilan environnemental de la chaîne de distribution globale.

Chapitre 3.

Elaboration d’un outil de calcul du bilan global économique et environnemental

Chapitre 3. Elaboration d'un outil de calcul du bilan global économique et environnemental

Le développement d'un outil permettant d'automatiser les calculs des bilans économiques et environnementaux de toutes les chaînes de distribution (déjà différenciées dans le deuxième chapitre) est l'un des principaux objectifs de la thèse. Dans cette optique, il faut procurer une base de données sur les émissions de CO_2 et les coûts de chaque maillon de la chaîne de distribution globale depuis l'entrepôt du fournisseur jusqu'au domicile du client final. A ce niveau, le recours aux enquêtes de terrain auprès de différents acteurs de la grande distribution était indispensable pour obtenir des nouvelles informations ou pour actualiser les anciennes sources bibliographiques avant d'intégrer l'ensemble des données dans notre outil de calcul.

Dans ce chapitre, nous déterminons tout d'abord l'unité de mesure adoptée pendant la conception de l'outil, ainsi que les moyennes de conversion des autres unités de mesure dans la première section. Nous précisons également le périmètre général de l'évaluation économique et environnementale dans ce travail de thèse. Puis, nous présentons dans la deuxième section les différents algorithmes nécessaires pour déterminer le bilan économique des activités logistiques et de transport. Ensuite, nous détaillons les méthodes de calcul du bilan environnemental en deux parties : dans la troisième section, nous évaluons les émissions de construction et d'exploitation des véhicules de transport et des bâtiments logistiques, puis nous étudions les émissions des équipements frigorifiques liées à l'usage d'électricité dans les bâtiments et la consommation de carburant pendant la livraison, et enfin dans la quatrième section, nous évaluons les émissions des fuites des fluides frigorigènes.

Section 1. Unités de mesure et périmètre général de l'évaluation économique et environnementale

1. Unités de mesure de l'outil de calcul

a. Le poids (en tonne ou en kilogramme de marchandise)

Dans ce travail de thèse, nous avons utilisé le poids de la marchandise comme unité de mesure dans les deux bilans économique et environnemental. Le choix de cette unité permet de répondre à notre objectif de comparer l'efficacité économique et environnementale de différentes chaînes de distribution en fonction de la charge totale de marchandise. Cette charge totale est bien évidemment exprimée en tonnes, c'est pourquoi il était indispensable dans les entretiens de demander à nos interlocuteurs de communiquer leurs chiffres par tonne ou par kg. Cela concerne l'ensemble des données collectées sur les coûts et les émissions de différents maillons de la chaîne de distribution. De plus, le choix de cette unité de mesure tient aux données à notre disposition grâce à la revue de littérature au moment du développement de l'outil de calcul. Ces données sur les coûts et les émissions sont souvent exprimées par tonne[73] de marchandise pour l'amont de la chaîne. Tandis que dans l'aval, le poids du caddie acheté par le client est mesuré en kg (qui est une unité facilement convertible en tonne)[74]. En outre, nous avons obtenu d'autres données (indispensables pour le développement de notre outil) qui sont exprimées avec des unités de mesure autre que le poids. Dans ce contexte, nous pouvons citer le nombre de palettes, la surface (m^2), le volume (m^3) et le nombre d'articles, ainsi que d'autres unités de mesures que nous détaillons dans la suite de cette partie.

[73] *Les données trouvées dans les revues de littérature ou communiquées par les professionnels sont souvent exprimées par « tonne de marchandise » pour l'ensemble des moyens logistiques et de transport en amont de la chaîne, et « par kg de marchandise » en aval de la chaîne de distribution.*

[74] *La conversion des kg en tonnes est nécessaire pour pouvoir additionner les résultats (coûts et émissions) de l'amont avec celles de l'aval, afin d'obtenir le bilan total de la globalité de la chaîne.*

b. Le nombre de palettes

En cas d'absence de données sur les coûts ou sur les émissions de certains maillons de la chaînes de distribution par kg ou par tonne de marchandise, nous avons déterminé des moyennes de conversion qui permettent d'avoir l'équivalent des données communiquées avec d'autres unités de mesures. Parmi ces unités, nous citons le nombre de palettes qui est une unité de mesure fréquemment employée pour communiquer des données sur la capacité de remplissage des véhicules et de stockage dans les entrepôts en amont de la chaîne de distribution. Pour convertir le nombre de palettes en poids (que ce soit en kg ou en tonne), nous avons multiplié ces données par le poids moyen d'une palette chargée. Ce poids par palette dépend du packaging[75] et surtout de type de produit. Nous présentons ainsi dans cette partie des moyennes par famille de produits en grande distribution alimentaire (produits non alimentaires, alimentaires non réfrigérés, frais et surgelés).

Selon les données de plusieurs centres de distribution contactés dans le cadre de cette thèse, le poids net d'une palette est estimé en moyenne à 500 kg pour les produits non alimentaires, contre 440 kg pour les produits alimentaires non réfrigérés, 330 kg pour les produits frais et 400 kg pour les produits surgelés[76]. A noter qu'il suffit d'ajouter le poids à vide de la palette (en moyenne 25 kg/palette)

[75] En plus du rôle protecteur, le packaging doit faciliter le transport du produit, son stockage et son exposition en magasin. Du coup, les industriels adaptent l'emballage des produits et le poids d'une unité de produit, ainsi que le nombre de produits par paquet ou par carton) aux dimensions des palettes (souvent palette Europe 80x120cm = 0.96m^2) pour maximiser la quantité chargée par palette.

[76] Pour un articulé de 40t de PTAC, la charge maximale est 25t avec une capacité de 33 palettes, ce qui donne un poids maximum de 750kg/palette. Cependant, sur le terrain, le volume des remorques des camions ne permet pas d'atteindre la charge maximale, c'est pourquoi nous évoquons plutôt le terme de la charge moyenne ou charge réelle (C_R). A la suite de plusieurs observations de différentes catégories de véhicules et de bâtiments logistiques (entrepôt de stockage ou plateformes de transit), le poids moyen d'une palette à destination d'une grande surface est égal à 500 kg pour les produits non alimentaires, 440 kg pour les produits alimentaires non réfrigérés, 330 kg pour les produits frais et 400 kg pour les surgelés. En revanche, les poids moyens des palettes à destination des moyennes ou petites surfaces (dans un porteur 19t) sont légèrement moins élevés à celles expédiées aux grandes surfaces (dans un articulé 40t) : en moyenne, 400 kg pour les produits non alimentaires, 340 kg pour les produits alimentaires non réfrigérés, 230 kg pour les produits frais et 300 kg pour les surgelés.

aux moyennes précédentes pour déduire le poids en charge des palettes par famille de produits. Ces données sur les poids des palettes sont parfois indispensables pour déterminer les émissions de CO_2 et les coûts en amont de la chaîne de distribution. A titre d'exemple, les coûts journaliers de stockage ne sont pas obtenus dans nos entretiens avec les directeurs des entrepôts en « €/tonne de marchandise », mais plutôt en « €/palette ». Dans ce cas, l'outil de calcul permet de diviser la charge totale de marchandise (à entrer par l'utilisateur de l'outil, sachant que cette charge totale est exprimée en tonne et non pas en nombre de palettes) par le poids moyen d'une palette afin de déduire le nombre de palettes. Ensuite, ce nombre de palettes déduit est multiplié par le coût unitaire de stockage par palette (que nous étudions dans la section suivante) afin de calculer le coût de stockage de la charge totale.

c. La surface (en m^2) et le volume (en m^3)

De même pour les données obtenues en surface (en m^2) et en volume (en m^3) qui sont deux unités de mesures généralement utilisées dans les domaines logistiques et de transport : pour passer de données en m^2 ou en m^3 à des données en poids, nous avons utilisés des moyennes de conversion qui sont différentes pour les véhicules de transport des marchandises par rapport aux bâtiments logistiques.

Concernant les véhicules de transport, les livreurs organisent le remplissage de leurs véhicules en fonction des points de livraison en appliquant la théorie de « last in, first out » : les palettes à destination des premiers points de livraison sont chargées en dernier. Cette organisation induit bien évidemment l'absence d'allées entre les palettes en raison de la petite surface de la remorque. Nous pouvons ainsi déduire qu'une palette transportée nécessite une surface de 0.96 m^2 en moyenne[77] (c'est-à-

[77] *Une palette de dimensions 80x120cm nécessite 0.96m^2 de surface pour être stockée ou transportée (0.8 * 1.2 = 0.96m^2/palette).*

dire 1.04 palettes/m^2) et que s'il y a deux ou plusieurs palettes les unes sur les autres, il faut diviser le nombre de palettes en hauteur par la surface de 0.96 m^2.

Concernant les entrepôts de stockage, les logisticiens sont obligés de laisser des allées entre les racks pour permettre aux manutentionnaires d'accéder à la marchandise (ce qui n'était pas le cas précédemment dans les véhicules). En outre, les palettes sont souvent stockées sur plusieurs niveaux dans des racks de stockage ou directement les unes sur les autres, ce qui ne nécessite pas forcément des m^2 supplémentaires au sol de l'entrepôt.

En cas d'usage de palettiers fixes, comme c'est souvent le cas dans les entrepôts de produits alimentaires non réfrigérés et de produits non alimentaires, une palette stockée nécessite en moyenne une surface de 0.9 m^2 (l'équivalent de 1.1 palette/m^2). Cette moyenne est déterminée à partir des données communiquées par le directeur d'un entrepôt de grande distribution alimentaire à Saint-Etienne. Cet entrepôt de 10000 m^2 permet de stocker 9000 palettes, ce qui peut être considéré comme bien exploité pour un entrepôt non frigorifique. Cependant, dans un entrepôt frigorifique, la capacité de stockage des palettes par m^2 est plus importante (que celle d'un entrepôt non frigorifique), en raison du coût élevé de la production du froid qui pousse les logisticiens à maximiser l'exploitation de leurs surfaces de stockage.

Afin de déterminer la capacité de stockage moyenne par m^2 pour les produits à température dirigée, nous avons effectué une visite en octobre 2012 à l'entrepôt de Stef à Cavaillon. Ce dernier se caractérise par une surface de 6000 m^2 et une capacité de 7500 palettes. En divisant le nombre de palettes par la surface totale, nous déduisons une moyenne de 1.25 palette/m^2 (soit une surface moyenne de

0.8 m^2 par palette). Dans cet entrepôt, le volume de stockage est estimé à 60000 m^3 pour une surface de 6000 m^2, ce qui permet d'établir une moyenne entre la surface et le volume dans les bâtiments logistiques.

Pour simplifier ce raisonnement de la conversion des m^2 en tonne de marchandise, nous présentons un exemple concret sur le prix du loyer d'un entrepôt de stockage. Ce loyer n'est pas évident à obtenir en €/tonne de marchandise, mais nous pouvons facilement le déduire en €/m^2 (cela est calculé en divisant le loyer mensuel par le nombre de jours par mois afin d'obtenir le coût journalier de loyer, puis ce coût est divisé par la surface de l'entrepôt pour obtenir le coût journalier de location en €/m^2).

Ensuite, l'outil de calcul permet de diviser la charge totale de marchandise exprimée en tonne (entrée par l'utilisateur de l'outil) par la capacité de stockage (en tonne/m^2)[78], permettant ainsi de déduire le nombre nécessaire de m^2 pour le stockage de la charge totale. Ce nombre est multiplié par le coût journalier de location en (€/m^2) et par le nombre de jours de stockage, afin de calculer le coût de location qui correspond à la charge totale pendant l'entreposage.

d. Le nombre d'articles

En outre, nous avons exploité des données évaluées en nombre d'articles en aval. Cette unité de mesure est très utilisée dans les magasins de la grande distribution alimentaire pour le calcul de la quantité d'un produit dans un rayon de vente. Pour convertir les données obtenues en nombre d'articles à des données en poids, nous multiplions tout simplement le nombre d'articles par le poids unitaire du produit.

[78] *Cette capacité de stockage par m^2 est obtenue en multipliant le nombre de palettes/m^2, suivant les données présentées ci-dessus, par le poids moyen d'une palette (déjà exposé au début de cette section en fonction de la famille des produits).*

e. Autres unités de mesures

En plus des unités de mesures présentées précédemment, il existe d'autres unités comme le prix d'achat des produits auprès des fournisseurs en amont ou le prix moyen d'un caddie en surface de vente en aval de la chaîne de distribution. Cependant, nous n'avons pas utilisé ces unités de mesure pour les raisons suivantes : l'achat des produits est facturé par les industriels au grand distributeur avec le même prix indépendamment de l'itinéraire de distribution entre l'usine et le domicile du client. De plus, les émissions de production d'un article ne dépendent pas de l'organisation logistique en amont ou en aval de la chaîne de distribution. De ce fait, les coûts et les émissions de production ne permettent pas de distinguer une chaîne de distribution par rapport à une autre. Nous appliquons donc la règle de «toutes choses égales par ailleurs» pour les coûts et les émissions de production des marchandises à la sortie de l'usine agroalimentaire. En outre, le prix de vente moyen d'un caddie en surface de vente ne peut pas être considéré comme une unité de mesure dans ce travail de recherche, car nous cherchons le coût réel du caddie et non ce que facture le grand distributeur alimentaire à ses clients.

Après la conversion des données obtenues avec différentes unités de mesures en poids, ce dernier est multiplié par le coût unitaire (en euro) ou par les émissions (en CO_2) pour le traitement d'un kg ou d'une tonne de marchandise par activité logistique ou opération de transport dans chaque maillon de la chaîne de distribution globale. Ensuite, nous additionnons les coûts pour déduire le bilan économique, et les émissions pour obtenir le bilan environnemental. Dans ce contexte, nous présentons dans la partie suivante le périmètre général de l'évaluation économique et environnementale, avant d'étudier en détails les coûts et les émissions de CO_2 de tous maillons de la chaîne de distribution globale dans les sections suivantes.

2. Périmètre général de l'évaluation économique et environnementale

La présentation du périmètre général de l'évaluation économique et environnementale de ce travail de thèse est essentielle afin de préciser la nature des coûts et des émissions à prendre en compte pour déduire les bilans de la chaîne de distribution globale. D'une façon générale, les grands distributeurs alimentaires ne sont pas concernés par l'organisation logistique avant la production de marchandise. En effet, leur métier est d'assurer l'acheminement des produits de la sortie de l'usine agroalimentaire aux surfaces de vente en passant par les centres de distribution : Comme annoncé précédemment, les coûts et les émissions de production sont les mêmes quels que soient les circuits de livraison adoptés par les grands distributeurs alimentaires pour livrer leurs magasins en amont, c'est pourquoi ils ne sont pas pris en compte pour le calcul des coûts et des émissions de la chaîne de distribution.

De même, nous n'intégrons pas dans notre outil les coûts et les émissions des déchets, que ce soit des emballages (papiers, cartons, plastiques..), des produits non alimentaires en fin de vie, ou tout simplement des aliments jetés par les ménages (consommés en partie ou entièrement jetés car ils ont dépassé les dates limites de consommation) : en effet, les coûts et les émissions de recyclage des déchets et de gaspillage alimentaire[79] ne permettent pas de différencier une chaîne de distribution par rapport à une autre, puisqu'ils concernent toutes les chaînes indépendamment

[79] *Le gaspillage alimentaire est le fait de jeter à la poubelle des denrées alimentaires, entamées ou non, qui auraient pu être consommées. Il faut différencier ces denrées des déchets alimentaires non évitables de type coquilles d'œuf, épluchures de bananes, os de viande ou arrêtes de poisson. Le gaspillage alimentaire représente en France 20kg de déchets par an et par personne dont 7kg de déchets alimentaires non consommés encore emballés selon l'étude MODECOM (campagne nationale de caractérisation des ordures ménagères) lancée en 2007 par l'ADEME (Ademe, 2013, p1). Par ailleurs, la chaîne de fabrication et de distribution des produits a forcément un coût et un impact sur l'environnement, car elle consomme des matières premières et engendre des émissions de CO_2. Jeter de la nourriture revient donc à «gaspiller» son coût économique et son impact environnemental. De plus, les aliments jetés doivent être traités (mis en décharge ou souvent incinérés), ce qui engendre des coûts et des émissions supplémentaires: Par exemple en Gironde, le coût de gestion du gaspillage alimentaire (collecte et traitement des déchets) s'élève à 6 millions d'euros en 2007. Ainsi, une tonne de gaspillage alimentaire évitable est responsable de 4.5 tonnes CO_2 (Oconnor, 2012, p6).*

de leurs modes d'organisation en aval. De ce fait, notre périmètre d'évaluation commence depuis l'entrepôt du fournisseur en amont de la chaîne (cf. Figure 8) et se termine à l'arrivée des marchandises au domicile du ménage en aval [80] (cf. Figure 9).

Comme expliqué dans le deuxième chapitre, nous avons décomposé la chaîne de distribution en deux parties (amont et aval) en raison de leurs caractéristiques différentes : les bâtiments logistiques sont généralement des entrepôts de stockage ou des plateformes de transit en amont de la chaîne ; alors qu'en aval, les bâtiments sont des surfaces de vente, des points relais ou des espaces logistiques urbains. De plus, les moyens de transport en amont sont des articulés ou des porteurs ; alors qu'en aval, les moyens de transport sont généralement des véhicules utilitaires légers, des voitures particulières, des transports publics, des motos ou des vélos.

Concernant les moyens de transport, le choix de se focaliser sur le mode routier est lié à l'importance de sa part (87.55 % en 2012)[81] dans le transport des marchandises en France par rapport aux autres modes qui sont faibles dans ce secteur d'activité (comme le transport ferroviaire et fluvial)[82] ou inexistant (comme le transport aérien). En outre, nous avons annoncé dans le premier chapitre notre objectif d'étudier la globalité de la chaîne de distribution (amont et aval). Dans ce contexte, il faut préciser qu'en aval, nous n'observons que des moyens de transport routier, que ce

[80] Le non prise en compte des coûts et des émissions de production à l'usine agroalimentaire (ou chez l'agriculteur lui-même) en amont et des coûts et des émissions des déchets et de gaspillage alimentaire en aval est lié à l'absence d'un impact réel de ces derniers coûts et émissions sur notre objectif dans ce travail de thèse de différencier les chaînes de distribution par rapport à leurs bilans économiques et environnementaux.

[81] En France, le transport des marchandises est dominé par la route avec 283.4 milliards de t-km (87.55%), contre 32.6 milliards de t-km pour le transport ferroviaire (10.07%) et seulement 7.7 milliards de t-km pour le transport fluvial (2.37%) en 2012 (SOeS, 2013, p31). A noter que les produits agricoles et agroalimentaire sont fréquemment transportés (86.1%) en mode routier (SOeS, 2013, p30). En 2002, la part du transport routier des marchandises en France est estimée à 95% en tonnes chargées, 84% en tonnes-kilomètres et 95% en valeur de prestation (Bernadet, 2003, p1).

[82] En France, la part du fret non routier est de plus en plus faible avec 12,4 % des tonnes-km intérieures en 2012, contre 23,5 % en 1990 (SOeS, 2013, p7 et p30). En 2011, la route représente 75% des transports terrestres de l'UE27 en tonnes-km, le fer 18 % et le fluvial 6 % (SOeS, 2013, p40).

soit pour les grands distributeurs ou leurs prestataires de transport (qui utilisent les VUL pour livrer leurs clients à domicile ou en point relais) ou pour les ménages (qui utilisent les voitures particulières, le transport public ou les deux roues pour se rendre en surface de vente[83]). Ainsi, il nous parait plus pertinent de se focaliser sur le transport routier dans ce travail de thèse, en amont et en aval, afin de déduire au final les bilans économique et environnemental de la chaîne de distribution globale.

Dans ce contexte, toute activité de transport génère une série de coûts. Il est donc essentiel de préciser les grandes catégories de coûts de transport routier, puis la catégorie des coûts prise en compte dans le cadre de ce travail de thèse. D'une façon générale, il existe trois grandes catégories de coûts de transport routier : les coûts internes (dits aussi coûts privés, supportés par les usagers eux-mêmes qui sont les grands distributeurs alimentaires et les clients), les coûts externes[84] (ceux occasionnés aux autres usagers ou à la société dans son ensemble) et les coûts publics (ceux qui sont pris en charge par l'Etat et les collectivités locales et régionales, comme les dépenses publiques liées aux voiries et subventions des TC). Nous nous intéressons dans ce chapitre aux coûts privés supportés par les acteurs de la chaîne de distribution globale (les grands distributeurs alimentaires et/ou les consommateurs). Ces coûts privés englobent l'amortissement des coûts d'achat de

[83] *La marche à pied, pratiquée en aval de la chaîne de distribution pour se rendre à certaines surfaces de vente, est considérée comme un mode de déplacement et non pas comme un moyen de transport.*

[84] *Les coûts externes de transport dans la chaîne de distribution ne sont pas couverts par ceux qui les occasionnent (les grands distributeurs alimentaires et les clients), mais par l'ensemble de la société. Les externalités monétarisées dans le rapport Boiteux II et le manuel européen concernent la pollution de l'air, l'effet de serre, le bruit, l'insécurité, la congestion et le coût marginal d'usage. Les externalités environnementales en voie de monétarisation ou non monétarisées concernent la perte de biodiversité, la pollution des eaux et des sols, la consommation d'espaces et les effets de coupure en milieux urbain et interurbain), ainsi que les effets externes liés à l'aménagement du territoire (perte ou gain d'attractivité, etc.). Une «externalité», qu'elle soit positive ou négative, peut être définie par une modification du bien-être causée par une activité économique, mais non reflétée dans les mécanismes du marché et le système de prix. Ces externalités peuvent être positives (comme donner accès à des activités commerciales ou des loisirs) ou négatives (comme les émissions de polluants). De même, chaque mode de transport a un impact sur la santé humaine (négatif comme le bruit et les pollutions locales à cause des voitures ou positif comme l'entretien du corps grâce à la marche à pied et le vélo).*

véhicules et leurs coûts d'utilisation (carburant, entretien et réparation, assurance etc), ainsi que la valeur du temps des usagers pendant leurs déplacements d'achat.

En plus des coûts de transport, le bilan économique de la chaîne de distribution globale nécessite la prise en compte des coûts logistiques. Ces derniers se composent de deux types des coûts : en premier lieu, les coûts de construction ou de location des bâtiments logistiques[85] (entrepôts de stockage ou plateformes de transit en amont de la chaîne, et surfaces de vente classique ou à distance en aval) ; et en second lieu, les coûts de fonctionnement comme l'électricité, l'amortissement des investissements et les charges diverses (frais administratifs, filmage et bordereaux de livraison), ainsi que le coût de main d'œuvre dans les opérations de distribution et de vente. Ces derniers coûts de fonctionnement comportent deux composantes : d'un côté les coûts des centres de distribution en amont (réception, stockage ou transit, préparation des commandes selon les demandes des magasins et expédition) ; et de l'autre côté, les coûts des surfaces de vente en aval (réception de marchandise, mise en rayon des produits et facturation des achats en caisse dans la vente classique ou préparation des commandes dans la vente à distance).

Comme c'était le cas pour le bilan économique, nous intégrons dans le bilan environnemental les émissions logistiques et de transport. Concernant les émissions logistiques, notre outil de calcul prend en considération les émissions de construction (y compris les émissions de production des matériaux utilisés) et d'exploitation des

[85] *Selon la définition de Sétra (Sétra, 2009, p4) : " Derrière le terme bâtiment logistique sont englobés « les entrepôts » et « les plateformes » (…). On appellera « entrepôt » un bâtiment logistique dans lequel les marchandises sont stockés plus de 24h. Ces entrepôts sont munis d'étagères (racks) pour le rangement des palettes ou des colis. On appellera « plateforme » les bâtiments logistiques dans lesquels les marchandises sont stockées sur une durée de temps très limitée (moins de 24h), et n'effectuant qu'un passage à quai, dans le cadre d'une opération de dégroupage/groupage. Ces plateformes ne sont pas équipées d'étagères, les marchandises restant sur le quai dans l'attente de leur prise en charge. Certains bâtiments logistiques sont pour partie des entrepôts, et pour une partie des plateformes. Ce cas est fréquent dans la grande distribution : les produits alimentaires secs sont entreposés, alors que les produits frais sont traités dans la partie plateforme du bâtiment logistique ".*

bâtiments logistiques (comme les émissions du matériel de manutention, les fuites frigorigènes et les émissions d'électricité utilisée dans l'éclairage, le traitement d'air, le froid commercial, ainsi que d'autres activités annexes). A noter que dans le calcul des émissions d'électricité, nous intégrons les émissions de construction des centrales de production, d'exploitation et de déconstruction des installations, ainsi que les pertes en ligne pendant la distribution d'électricité entre la centrale électrique et les bâtiments logistiques. Pour les fuites frigorigènes, nous tenons compte du type de fluide, du taux d'émissions, de l'efficacité de récupération, de la charge moyenne du fluide par installation et bien évidemment de la durée de vie de l'installation.

Dans le bilan environnemental des véhicules de transport, nous intégrons dans notre outil les émissions de fabrication (émissions des matériaux utilisés dans la fabrication des véhicules et émissions hors matériaux comme l'électricité, le fret et les déchets) et bien évidemment les émissions de fonctionnement des véhicules. Pour ces dernières émissions de fonctionnement, nous ne nous contentons pas du calcul des émissions liées à la consommation du carburant car nous intégrons la totalité des émissions, y compris les émissions d'entretien-réparation et des fuites frigorigènes[86].

Dans les sections suivantes, nous présentons les composants pris en compte dans le calcul des bilans économique et environnemental dans ce travail de thèse. Ensuite, nous étudions les coûts et les émissions de CO_2 de ces composants pour les différents maillons (en amont et en aval) de la chaîne de distribution globale.

[86] *A noter que les émissions de consommation d'énergie peuvent être évaluées du «réservoir à la roue» ou du «puits à la roue». C'est cette deuxième option qui est retenue pour les véhicules thermiques ; alors que pour les véhicules à traction électrique, nous tenons compte des émissions de la phase amont. Dans ce cadre, il faut préciser que notre outil permet à son utilisateur de sélectionner l'option de voiture thermique ou de voiture électrique. En cas de non précision, l'outil considère par défaut qu'il s'agit d'une voiture thermique. En outre, dans le calcul des émissions de fonctionnement, nous prenons en compte les émissions à froid quand le moteur ne fonctionne pas d'une façon optimale, les émissions à chaud en fonction de la vitesse de circulation (qui dépend du milieu routier: urbain, routier ou autoroute) et du taux de remplissage de véhicule. Ce taux de remplissage dépend de la famille des produits (non alimentaires, non réfrigérés, frais, surgelés) à détailler dans ce chapitre.*

Section 2. Périmètre d'évaluation économique : composition du bilan économique des opérations logistiques et de transport

D'une façon générale, le bilan économique d'une chaîne de distribution est composé de deux principaux coûts, qui sont le coût total des transports C_t (de l'entrepôt du fournisseur au magasin, puis du magasin au domicile du ménage) et le coût total des opérations logistiques C_l (des centres de distribution avec transit ou stockage, et des surfaces de vente classique ou à distance).

Depuis l'émergence de la grande distribution alimentaire, le bon arbitrage entre ces deux coûts (des opérations logistiques et des moyens de transport) continue à être le souci principal des groupes alimentaires. Cette préoccupation en permanente tend à réduire au maximum le coût de la chaîne de distribution entre les entrepôts des fournisseurs et les surfaces de vente. Entre ces deux lieux, certaines chaînes sont jugées jusqu'à maintenant très économes par les grands distributeurs alimentaires, car elles sont moins coûteuses que d'autres chaînes de distribution. Dans ce travail de recherche, nous allons vérifier les bilans de ces chaînes jugées économes, dans le cas où nous dépassons la porte de la surface de vente pour pousser le calcul des coûts économiques jusqu'à la porte du domicile du ménage.

Dans ce contexte, il faut préciser que nous avons intégré des coûts (et non pas des prix) dans la base de données de notre outil de calcul, afin de pouvoir comparer les bilans économiques des différentes chaînes de distribution (cf. Figure 9). A titre d'exemple, en aval de la chaîne de distribution, nous évaluons le coût de la livraison à domicile et non pas le prix que le distributeur facture au client final. En effet, ce service de livraison peut être gratuit pour le client final à partir d'un certain montant d'achat, mais il a forcément un coût pour le grand distributeur.

En amont, nous observons plusieurs systèmes de tarification des transports par les fournisseurs, mais nous adoptons le trinôme de prix de revient estimé par le CNR (comme détaillé dans la partie suivante). Dans les faits, les coûts de transport dans la deuxième partie de l'amont de la chaîne de distribution entre les centres de distribution et les surfaces de ventes sont toujours à la charge du grand distributeur alimentaire. En revanche, les coûts de transport dans la première partie de l'amont entre les entrepôts des fournisseurs et les centres de distribution sont nettement plus problématiques : qui supporte le coût de transport (le fournisseur ou le distributeur) ? D'une façon générale, il existe deux types de tarification qui peut être fixe ou variable.

Tout d'abord, le coût franco-uniforme (C_u) est un tarif unique de transport facturé par le fournisseur quelque soit la distance à parcourir entre l'usine et le lieu de livraison chez le grand distributeur alimentaire. Il s'agit d'un coût fixe qui ne permet pas de répondre à notre objectif de comparer des circuits de livraison en amont car il néglige le rôle fondamental d'un centre de distribution d'optimiser les coûts de transport. Par conséquent, nous n'appliquons pas ce coût franco-uniforme dans notre outil.

Ensuite, le coût de transport variable peut être soit un coût discriminant (C_d), qui inclut un coût de transport variant en fonction de la distance à parcourir dans le coût d'achat des produits facturé par le fournisseur, soit un coût d'usine uniforme (P_u), qui comprend seulement le coût d'achat des produits, puisque le grand distributeur alimentaire s'occupe du transport de la marchandise de l'usine agroalimentaire vers ses locaux. Dans les deux cas, le transport (qu'il soit à la charge du fournisseur ou du distributeur) se caractérise par un coût variable en fonction de la distance parcourue. Cela correspond à notre objectif de comparaison des circuits de livraison (directs, courts ou longs) en amont de la chaîne de distribution. Pour calculer ce coût de transport variable, nous adoptons le trinôme du prix de revient donné par le CNR.

Comme annoncé précédemment, le coût d'achat des produits facturé par le producteur est le même (toutes choses égales par ailleurs), quel que soit le circuit de livraison (direct, court ou long) appliqué par le distributeur pour livrer ses magasins.

1. Coûts d'utilisation (achat et fonctionnement) des différents moyens de transport

Pour commencer, nous précisons que l'évaluation des coûts de transport se fait en deux parties : amont et aval de la chaîne de distribution. Cela tient aux méthodologies de calcul différentes appliquées dans notre outil. Cette différence dans les méthodes de calcul nous est imposée par la spécificité de chacune de deux parties de la chaîne de distribution au niveau de la composition des coûts pendant la construction de la base de données. A la suite du calcul des coûts des transports en amont puis en aval de la chaîne de distribution, nous additionnons les coûts de deux parties de la chaîne pour obtenir le total du bilan économique des transports.

En amont de la chaîne de distribution, nous évaluons les coûts des différents types de circuits de livraison que nous avons étudiés dans la deuxième section du chapitre précédent. Le type de circuit de livraison a bien évidemment un impact sur le taux de remplissage des véhicules de transport des marchandises. Cette évidence est expliquée par la massification des envois au niveau de chaque rupture de charge. Par conséquent, nous devons mesurer l'impact de chaque rupture de charge sur le coût de transport en amont de la chaîne de distribution. En aval de la chaîne, les algorithmes de calcul des coûts de transport sont plus complexes puisqu'ils doivent intégrer les spécificités des vingt-et-une organisations logistiques que nous avons différenciées dans la troisième section du deuxième chapitre (cf. Figure 9).

a. Coûts des moyens de transport utilisés dans la livraison des surfaces de vente à partir des entrepôts des fournisseurs

Pour les coûts de transport en amont de la chaîne de distribution, nous nous sommes inspirés de la méthode de calcul développée par le Comité National Routier (CNR)[87]. Cet observatoire économique français du marché de transport routier des marchandises a développé un simulateur de calcul du trinôme de prix de revient[88]. Ce trinôme est composé d'un premier terme kilométrique, qui représente la somme des coûts directs de carburant, de pneumatiques, d'entretien et de réparation. Pour ce terme kilométrique, nous distinguons deux types de coûts qui sont multipliés selon les cas par le nombre de kilomètres parcourus : le coût kilométrique avec péage (C_{kp}) et le coût kilométrique hors péage (C_{kh}). Le second terme est horaire (C_c) qui correspond au coût horaire d'emploi du personnel de conduite affecté à un véhicule. Il contient la rémunération, les charges patronales et les frais de déplacement. Enfin, un terme journalier (C_j) regroupe les coûts fixes des véhicules, de financement et d'assurance, ainsi que les coûts de structure qui contiennent l'ensemble des charges indirectes.

Par ailleurs, le CNR a fourni toutes les données nécessaires pour déduire les trinômes des prix de revient du porteur[89] et de l'articulé. Ce dernier a deux trinômes

[87] *Le CNR diffuse des informations économiques utiles aux transporteurs français et développe des outils de calcul des prix de revient. Par ailleurs, le CNR a réalisé des études sur l'Espagne. Ces études ont été exploitées dans cette thèse pour adapter les données de l'observatoire régional catalan au contexte français. Plus d'informations sur le lien : <http://www.cnr.fr/> (consulté le 05.06.2012).*

[88] *Le CNR a publié un simulateur du calcul de TPR avec un descriptif de l'ensemble des coûts qui composent le trinôme du prix de revient. Ce simulateur est disponible sur (consulté le 05.06.2012): <http://www.google.ch/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&ved=0CDMQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.cnr.fr%2Fcontent%2Fdownload%2F11504%2F65869%2Fversion%2F1%2Ffile%2FSimulateur%2520FF3C.xls&ei=HQ2gUd-vLuSg7Aaz4YDgCg&usg=AFQjCNHs9iZol0duL3gcGcQ8hL31KtjTWg&bvm=bv.47008514,d.ZGU>*

[89] *Plus d'informations sur la composition du TPR de porteur et historique : <http://www.cnr.fr/Indices-Statistiques/Regional-Porteurs/Referentiel-prix-de-revient> et <http://www.cnr.fr/Indices-Statistiques/Regional-Porteurs#haut> (consultés le 08.06.2012).*

de prix de revient à appliquer selon les cas : les coûts de l'articulé utilisé à l'échelle nationale ou internationale (40t grande distance)[90] et les coûts de l'articulé utilisé en région (40t régional)[91]. Cette distinction du CNR est liée aux coûts d'utilisation qui sont différents (cf. Tableau 9).

Tableau 9 : Prix de revient des véhicules en amont de la chaîne de distribution en avril 2012

Trinôme du prix de revient (TPR) par catégorie de véhicule de transport des marchandises	PTAC de véhicule	19t (Porteur régional)	40t (Articulé régional)	40t (Articulé longue distance)
	Charge utile max	11 tonnes	25 tonnes	25 tonnes
Terme kilométrique (coût moyen par kilomètre parcouru)	C_{kp} (avec péage)	0.423 €/km	0.547 €/km	0.555 €/km
	C_{kh} (hors péage)	0.382 €/km	0.502 €/km	0.481 €/km
Terme horaire (coût moyen par heure de service)	Cc	21.02 €/h	19.08 €/h	22.18 €/h
Terme journalier (coûts véhicules ((Cv) et de structure (Cs))	Cj	161.69 €/j	153.6 €/j	155.23 €/j

Source : Auteur, adapté de (CNR, 2012)

Comme expliqué dans le deuxième chapitre lors de l'étude des organisations logistiques en amont de la chaîne de distribution (cf. Figure 8), le trinôme du prix de revient de « 40t longue distance » est appliqué dans notre outil de calcul à la première partie de l'amont de la chaîne de distribution. Cette première partie concerne la distance parcourue entre les entrepôts des fournisseurs et les centres de distribution centralisés CDC ou les centres de distribution régionaux CDR. De plus, ce trinôme du prix de revient de « 40t longue distance » est appliqué à l'approvisionnement des grandes surfaces en cas de livraison directe à partir des entrepôts des fournisseurs ou en cas de circuit court à partir d'un centre de distribution centralisé CDC.

[90] *Plus d'informations sur la composition du trinôme du prix de revient de 40t national et son historique <http://www.cnr.fr/Indices-Statistiques/Longue-distance-40T/Referentiel-prix-de-revient> et <http://www.cnr.fr/Indices-Statistiques/Longue-distance-40T#haut> (consultés le 08.06.2012).*

[91] *Plus d'informations sur la composition du trinôme du prix de revient de 40t régional et son historique <http://www.cnr.fr/Indices-Statistiques/Regional-40T/Referentiel-prix-de-revient> et <http://www.cnr.fr/Indices-Statistiques/Regional-40T#haut> (consultés le 08.06.2012).*

Les deux trinômes du prix de revient régionaux (de l'articulé régional ou du porteur régional) sont appliqués quand à eux à la deuxième partie de l'amont de la chaîne de distribution qui est entre le centre de distribution régional (CDR) et les surfaces de vente. En général, le porteur régional est utilisé dans l'approvisionnement des petites surfaces[92] et de la majorité (70 %) des moyennes surfaces, tandis que le reste (30 %) des moyennes surfaces[93] et la totalité des grandes surfaces[94] sont livrés avec des articulés régionaux. En plus de ce trinôme du prix de revient, il faut ajouter un quatrième paramètre qui est le coût horaire d'utilisation du groupe frigorifique (C_G). Ce dernier paramètre concerne seulement le transport des produits alimentaires à température dirigée (produits frais et surgelés)[95]. Le transport de ces produits engendre des coûts supplémentaires en raison du carburant consommé pour le fonctionnement des équipements frigorifiques.

Pour connaître la consommation horaire (en litres de carburant) d'un équipement frigorifique, nous avons questionné une entreprise spécialisée dans la construction des remorques frigorifiques[96] (cf. Tableau 10). Ensuite, nous avons multiplié cette consommation supplémentaire en fonction de la catégorie de véhicule (articulé, porteur ou VUL) par le prix unitaire d'un litre de carburant. En décembre 2012, le prix d'un litre de carburant hors TVA est estimé à 1.10 € pour un approvisionnement en

[92] Les petites surfaces sont les supérettes de vente classique, les supérettes de vente à distance et les points relais. Ces magasins ont généralement une surface de vente inférieure à 400 m^2.

[93] Les moyennes surfaces sont les supermarchés de vente classique, les supermarchés de vente à distance et les entrepôts Drive. Ces magasins ont une surface de vente entre 400 et 2500 m^2.

[94] Les grandes surfaces sont les hypermarchés de vente classique, les hypermarchés de vente à distance et les entrepôts de livraison à domicile après une commande à distance. Ces magasins ont généralement une surface de vente supérieure ou égale à 2500 m^2.

[95] Pour les produits alimentaires non réfrigérés et les produits non alimentaires, nous avons considéré comme nulles leurs consommations supplémentaires de carburant.

[96] Données issues d'un entretien téléphonique avec un responsable dans l'entreprise Chéreau le 05.04.2012. Cette entreprise est spécialisée dans la fabrication des remorques frigorifiques pour le constructeur des véhicules Volvo. Plus d'informations sont disponibles sur : <http://www.chereau.com/> (consulté le 02.04.2012).

cuve et à 1.13 € pour un approvisionnement à la pompe. A noter, que la plupart des professionnels (environ 70 %) approvisionnent leurs véhicules en carburant à partir des cuves qu'ils possèdent, tandis que 30 % des véhicules se dirigent à la pompe. Certes, ces deux pourcentages varient selon les transporteurs et les catégories de véhicules mais ils correspondent à la moyenne nationale. De ce fait, le coût d'un litre de carburant professionnel est estimé à 1.11 €/litre[97] dans notre base de données. Cependant dans l'outil de calcul, nous avons appliqué ce dernier prix (de 1.11 €/litre) sur les VUL seulement (qui sont utilisés en aval de la chaîne de distribution) et non pas sur les catégories de véhicules utilisés en amont de la chaîne (articulé 40t et porteur 19t qui ont un PTAC>7.5t). Pour ces deux dernières catégories de véhicules, le prix du gazole professionnel doit être minoré du remboursement partiel de la TICPE[98] dont bénéficient les véhicules au dessus de 7.5t seulement. De ce fait, le prix d'un litre de gazole professionnel est estimé à 1.08 €[99] en 2012. Les différentes données communiquées par l'entreprise spécialisée dans la construction des remorques frigorifiques sont récapitulées dans le tableau suivant.

---

*[97] Le coût d'un litre de carburant professionnel est calculé comme suit dans notre outil de calcul : ((1.1015*0.7)+(1.1309*0.3))=**1.11032 €/litre** en décembre 2012 pour les véhicules de PTAC<7.5T. Ce dernier prix concerne seulement les professionnels qui se font rembourser la TVA. Pour les particuliers, nous devons ajouter la TVA (19.6%) au prix à la pompe: 1.1309*1.196=**1.3526€/litre** en décembre 2012. Plus d'informations sur les prix de carburant sur : <http://www.cnr.fr/Indices-Statistiques/Espace-Gazole#haut> (consulté le 14.02.2013).Par ailleurs, le prix d'un litre d'essence (T.T.C) à la pompe pour les particuliers, est estimé à **1.4994** €/litre pour Super sans-plomb 95 (SP95) et **1.5536** €/litre pour Super SP98 en décembre 2012. Ces dernières estimations sont déduites à partir du site de DGEC (« Direction générale de l'énergie et du climat » du ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie.) en entrant la période de 01/01/2012 au 31/12/2012. Plus d'informations sont disponibles sur : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/energie/petrole/se_cons_fr.htm> (consulté le 14.02.2013).*

[98] La taxe intérieure de consommation sur les produits énergétiques (TICPE) est un droit d'accise perçu par l'Etat sur les produits énergétiques et notamment pétroliers qui sont utilisés comme carburants. Mais de nombreuses activités économiques bénéficient d'exonérations partielles ou totales. C'est le cas des entreprises de transport routier de marchandises qui sur une base forfaitaire, bénéficient du remboursement partiel de la TICPE, au prorata de leur consommation réelle de gazole. Le remboursement concerne tout véhicule de plus de 7,5 tonnes immatriculé dans l'Union européenne et est accordé aux entreprises établies dans un État membre pour tout achat de gazole en France (Réseau Action Climat France RACF, 2012, p2).

*[99] Le remboursement partiel forfaitaire de la TICPE est égal à 2,97 €/hectolitre dans le 2ème semestre de 2012. Alors, 1.11032-0.0297=**1.08062 €/litre** en décembre 2012 pour les véhicules de PTAC>7.5T. Plus d'informations relatives au remboursement partiel de la TICPE sont disponibles sur : <http://www.cnr.fr/Publications-CNR/Remboursement-partiel-forfaitaire-de-la-TICPE-en-20122> (consulté le 14.02.2013).*

Tableau 10 : Coût du carburant supplémentaire pour le fonctionnement de l'équipement frigorifique de véhicule dans le transport des produits à température dirigée (frais et surgelés)

Catégories de véhicules de transport frigorifique	Vitesse moyenne par véhicule (a)	Produits frais			Produits surgelés		
		Coût de la consommation supplémentaire du carburant par heure (b)	Coût du carburant supplémentaire par heure (c=b*coût d'un litre de carburant)	Coût du carburant supplémentaire par km (d=c/a)	Coût de la consommation supplémentaire du carburant par heure (b)	Coût du carburant supplémentaire par heure (c=b*coût de carburant)	Coût du carburant supplémentaire par km (d=c/a)
Articulé 40t Longue distance	66.9km/h	3 litres/h	3.24 €/h	0.05 €/km	4.5 litres/h	4.86 €/h	0.07 €/km
Articulé 40t Régional	62.5km/h	3 litres/h	3.24 €/h	0.05 €/km	4.5 litres/h	4.86 €/h	0.08 €/km
Porteur 19t Régional	65.1km/h	2.5 litres/h	2.70 €/h	0.04 €/km	3.75 litres/h	4.05 €/h	0.06 €/km
VUL de livraison en point relais3.5t	30 km/h	1.5 litres/h	1.67 €/h	0.06 €/km	2.25 litres/h	2.50 €/h	0.08 €/km
VUL de livraison à domicile 3.5t	20 km/h	1.5 litres/h	1.67 €/h	0.08 €/km	2.25 litres/h	2.50 €/h	0.12 €/km

Source : Auteur (enquêtes de terrain)[100]

La distinction de la marchandise transportée à température dirigée en deux familles de produits (frais et surgelés) est justifiée par leurs consommations différentes en carburant nécessaire pour le fonctionnement des équipements frigorifiques. En effet, ces deux familles ont un impact différent sur le bilan économique (et bien évidemment sur le bilan environnemental étudié dans la section suivante). Ainsi, les produits frais et les produits surgelés (qui sont tous les deux des produits alimentaires à température dirigée) représentent deux familles différentes dans ce travail recherche, en plus des produits alimentaires non réfrigérés et des produits non alimentaires. Par ailleurs, les quatre paramètres [C_k (C_{kp} et C_{kh}), C_c, C_j et C_G] changent d'une catégorie de véhicule à une autre (articulés 40tL, 40tR ou porteur 19tR), sachant que les catégories de véhicules varient selon les circuits de livraison. De ce fait, le coût du transport en amont de la chaîne de distribution (C_{tm}) dépend du

[100] *-Données de la consommation supplémentaires du carburant sont issues d'un entretien avec un responsable de l'entreprise Chéreau le 05.04.2012. Cette entreprise est spécialisée dans la fabrication des remorques frigorifiques pour le constructeur des véhicules Volvo. Plus d'informations sur le site : < http://www.chereau.com/ > (consulté le 02.04.2012).*

-Données de la vitesse de circulation de VUL de livraison en point relais et à domicile en aval sont issues d'un entretien avec un prestataire de transport en région lyonnaise le 06.04.2012.

-Données de la vitesse de circulation des véhicules en amont (de l'articulé 40t longue distance, de l'articulé 40t régional et de porteur 19t régional) sont issues de CNR (consultés le 08.06.2012) : <http://www.cnr.fr/Indices-Statistiques/Longue-distance-40T/Referentiel-prix-de-revient> <http://www.cnr.fr/Indices-Statistiques/Regional-40T/Referentiel-prix-de-revient> <http://www.cnr.fr/Indices-Statistiques/Regional-Porteurs/Referentiel-prix-de-revient>.

- Comme calculé précédemment, le coût d'un litre de carburant est évalué dans ce tableau à 1.11€/litre pour les VUL et 1.08€/litre pour les articulés et porteurs >7.5T.

type de circuit de livraison. Par ailleurs, nous pouvons observer en amont de la chaîne (cf. Figure 8) une ou deux catégories de véhicule au maximum pour un même circuit de livraison. Cependant, nous n'observons jamais les trois catégories de véhicules (40tL, 40tR et 19tR) pour un seul circuit de livraison. A titre d'exemple :

- il existe une seule catégorie de véhicule pour les deux types de circuits de livraison direct C_D et court C_{C2}. Dans le circuit direct C_D, le 40tL assure la livraison directe d'une grande surface à partir de l'entrepôt du fournisseur. Dans le circuit court C_{C2}, le 40tL assure le transport des marchandises entre l'entrepôt du fournisseur et le centre de distribution centralisé CDC, puis, la même catégorie de véhicule 40tL avec un taux de remplissage plus élevé, assure la livraison du CDC vers la grande surface.

- il existe deux catégories des véhicules pour les circuits de livraison court C_{C1} et long C_{L3}. Dans le circuit court C_{C1}, nous observons le 40tL entre l'entrepôt du fournisseur et le centre de distribution régional CDR, puis le 40tR entre le CDR et une grande surface ou le 19tR entre le CDR et une petite surface. Dans le circuit long C_{L3}, nous observons le 40tL entre l'entrepôt du fournisseur et le CDR, puis le 19tR entre le CDR et le CDL, et enfin la même catégorie de véhicule 19tR entre le CDL et la petite surface.

A noter que le coût du transport par véhicule en amont de la chaîne de distribution est calculé dans l'outil en appliquant cette formule adoptée des travaux du CNR :

$$C_{tm} = C_{kp}\, N_p + C_{kh}\, N_n + C_j\, N_j + N_h\, (C_c + C_g)$$

C_{tm} : Coût de transport en amont de la chaîne de distribution

C_{kp}: Coût par km des charges directes (carburant, pneumatique et entretien-réparation) avec péage

N_p : Nombre de kilomètres parcourus payants (autoroute avec péage)

C_{kh} : Coût par km des charges directes (carburant, pneumatique et d'entretien-réparation) hors péage

N_n : Nombre de kilomètres non payants (urbain, route et autoroute sans péage)

C_i : Coût journalier d'utilisation de véhicule. Il regroupe les coûts fixes des véhicules, de structure, de financement et d'assurance

N_j : Nombre de jours d'affectation du véhicule par opération du transport

N_h: Nombre d'heures de services de conduite, de repos (pose de 0.75 heures chaque 4.5 heures de conduite continue), de chargement et de déchargement

C_C : Coût d'une heure de service du personnel de conduite. Il contient la rémunération, les charges patronales et les frais de déplacements

C_G : Coût horaire d'usage de groupe frigorifique. Il regroupe le coût de carburant supplémentaire pour produire du froid et l'installation frigorigène.

Selon les paramètres de cette formule, le coût de transport en amont de la chaîne (C_{tm}) dépend de la distance à parcourir (qui est une variable entrée par l'utilisateur de l'outil, que nous avons précisé dans le scénario de base dans le chapitre suivant) et des catégories des véhicules utilisés dans chaque circuit de livraison. De plus, il faut rappeler que dans les travaux du CNR ou dans notre analyse descriptive des circuits de livraison en amont, la catégorie de véhicule peut être soit un articulé de 40t (longue distance ou régional), soit un porteur de 19t comme démontré précédemment. Ces deux catégories de véhicules (articulé et porteur) sont souvent utilisées dans la livraison des marchandises en amont de la chaîne de distribution.

En revanche, nous ne nous interdisons pas de calculer le bilan économique en cas d'usage d'autres catégories de véhicules comme les articulés de 26t et les porteurs de 6t et 14t en amont de la chaîne. Pour ce faire, nous avons exploité les données de l'observatoire régional des transports catalan[101]. A notre connaissance, il n'existe aucun bureau d'étude ou organisme de recherche français (y compris le CNR) qui a effectué le calcul de trinôme du prix de revient pour d'autres catégories d'articulés (autre que le 40t) ou pour d'autres catégories de porteurs (autre que le 19t).

[101] *En catalan « Observatori de costos del transport de mercaderies per carretera a Catalunya ». Cet observatoire réalise des révisions semestrielles des coûts de transports selon les PTAC des véhicules:<http://www20.gencat.cat/portal/site/territori/menuitem.2a0ef7c1d39370645f13ae92b0c0e1a0/?vgnextoid=52175b3692448210VgnVCM1000008d0c1e0aRCRD&vgnextchannel=52175b3692448210VgnVCM1000008d0c1e0aRCRD> (consulté le 09.02.2012).*

Géographiquement, la Catalogne est une région frontalière avec la France et, par conséquent, les coûts de transport des marchandises dans cette région espagnole sont très proches de la moyenne française (et surtout des coûts de transport au sud). Dans ce contexte, il faut préciser que l'ORT catalan communique les coûts sous forme d'un binôme (coût horaire et coût kilométrique)[102], et non pas d'un trinôme comme c'est le cas des études du CNR sur les articulés 40t et les porteurs 19t. Nous sommes donc obligés de convertir[103] ces binômes en trinômes pour s'accorder avec la méthode CNR (cf. Tableau 11), en adaptant les données espagnoles au parc automobile français. Pour ce faire, nous avons exploité l'étude du CNR sur les coûts de transport en Espagne[104] en comparaison des coûts de transport en France. Enfin, ce premier travail de composition des coûts de transport en amont (entre l'entrepôt du fournisseur et le magasin) doit être complété dans la partie suivante par une étude des coûts de transport en aval (entre le magasin et le domicile du client).

Tableau 11 : Trinôme du prix de revient des véhicules de transport en décembre 2011

Trinôme du prix de revient par catégorie de véhicule en amont de la chaîne de distribution	PTAC de véhicule de transport	6t (Porteur régional)	14t (Porteur régional)	26t (Articulé régional)
	CU de véhicule	3t	8t	16t
Terme kilométrique (coût par km parcouru)	C_p (avec péage)	0.28 €/km	0.359 €/km	0.44 €/km
	C_{hp} (hors péage)	0.20 €/km	0.279 €/km	0.36 €/km
Terme horaire (coût par heure de service)	Cc	18.84 €/h	18.94 €/h	20.705 €/h
Terme journalier (coûts véhicules ((Cv) et de structure (Cs))	Cj	49.14 €/j	97.524 €/j	144.84 €/j

Source : Auteur, adapté de (Observatoire régional des transports (ORT) Catalan, 2011)

[102] Plus d'informations sont disponibles sur : <http://www20.gencat.cat/docs/ptop/Home/Departament/Normativa%20i%20documentacio/Documentacio/General/Estadistiques/01_Territori_mob/Observatori%20del%20costos%20del%20transport%20de%20mercaderies%20per%20carretera/pdf/Butlleti_62_febrer2012.pdf> (consulté le 15.02.2012).

[103] Afin de maîtriser la conversion du binôme en trinôme, ce travail a été précédé par des entretiens avec le CNR, l'observatoire régional des transports (ORT) en Rhône alpes et en Provence Alpes Côte d'Azur qui développent des outils d'information à caractère économique sur le transport de marchandises. D'autres entretiens ont été effectués avec l'organisation des transporteurs routiers européens (OTRE), la fédération des entreprises de transport et logistique de France (TLF), la fédération nationale des transports routiers (FNTR) et le syndicat national des transports légers.

[104] Plus de détails sur les études de CNR sur le transport routier espagnol (consultés le 09.02.2012): <http://www.cnr.fr/Publications-CNR/Le-TRM-en-Espagne-abstract> et <http://www.cnr.fr/Publications-CNR/Le-TRM-en-Espagne-etude> et <http://www.cnr.fr/Publications-CNR/L-erosion-continue-du-pavillon-francais-en-Europe>.

b. Coûts des moyens de transport utilisés dans l'approvisionnement des ménages à partir des surfaces de vente

Dans la 3ème section du 2ème chapitre, nous avons déterminé à chaque fois l'organisateur de la tâche du transport en fonction du type de chaîne de distribution : généralement, le responsable de l'acheminement des courses est le client final en cas de déplacement de ce dernier en surface de vente classique. Cependant, la responsabilité du transport des achats est à la charge du grand distributeur alimentaire (ou son prestataire logistique) en cas de livraison à domicile après une commande à distance. En cas de livraison en point relais, les deux acteurs de la chaîne (client et grand distributeur alimentaire) partagent la tâche du transport. Le dernier cas concerne la livraison à domicile suite au passage du client en magasin pour laquelle le grand distributeur fait le trajet jusqu'au domicile du client après que celui-ci ait fait ce même déplacement jusqu'à la surface de vente (cf. Figure 9).

Ce premier travail de précision du responsable de l'organisation du transport est indispensable pour la détermination des moyens des transports utilisés en aval : si le transport est sous la responsabilité du grand distributeur, nous assistons généralement à l'usage de véhicules utilitaires légers (VUL) pour la livraison du client à son domicile ou en point relais ; et si le transport est sous la responsabilité du client, nous observons quatre types de moyens de transport, qui sont la voiture particulière (VP), le transport en commun (TC), les deux roues (2R) et la marche à pied (MAP). Ces quatre moyens de transports sont tous mobilisés par les clients pour assurer leurs déplacements vers les surfaces de vente. En revanche, la part de chaque moyen change d'une chaîne de distribution à une autre. A titre d'exemple, l'usage de la voiture particulière n'a pas la même importance dans le mode Drive que dans la vente classique. Même dans ce dernier mode de vente classique, la part

d'usage de la voiture change en fonction de la taille de surface de vente (l'usage de la voiture est plus fréquent pour se déplacer en grande surface qu'en petite surface).

De ce fait, nous appliquons la formule ci-dessous qui prend en considération toutes ces caractéristiques pour le calcul des coûts de transport en aval. Cette formule comporte quatre paramètres, qui sont la distance magasin-domicile, le coût d'un kilomètre parcouru par moyen de transport (VUL, VP, TC, 2R et MAP), la part de chaque moyen de transport (c'est-à-dire son pourcentage par rapport aux autres moyens de transport) et le nombre de déplacements avec ce moyen de transport.

$$C_{tv} = D \times N \times \sum_{i\epsilon\{u,p,c,r,m\}} C_i P_i$$

C_{tv} : Coût de transport en aval de la chaîne de distribution.

D : Distance entre le magasin et domicile du client. Cette distance est estimée à 12 km pour l'entrepôt de vente à distance, 10.54 km pour l'hypermarché, 3.06 km pour le supermarché et 0.6 km pour la supérette.

N : Nombre de déplacements, calculé en divisant la charge totale par le poids moyen d'un achat: 30kg en hyper ; 15kg en super ; 5kg en supérette ; 35kg en Drive ; 41kg en livraison à domicile et 49kg en point relais.

C : Coût kilométrique d'usage de chaque moyen de transport.

P : Pourcentage d'usage par moyen de transport par rapport à l'ensemble des moyens de transport.

u : Véhicule utilitaire léger ; v : Véhicule particulier ; c : transport public ; r : deux roues ; m : marche à pied.

Dans la suite de cette section, nous étudions les différents paramètres de cette formule afin de pouvoir déduire plus tard le coût de transport en aval de la chaîne de distribution. Pour ce faire, nous étudions dans un premier temps les distances magasins-domiciles qui dépendent de la taille de la surface de vente. Ensuite, nous évaluons les coûts de chaque moyen de transport utilisé dans l'approvisionnement des ménages. Puis, nous précisons la part de chaque moyen de transport en fonction du magasin de destination. Enfin, nous déterminons le nombre de déplacements, calculé en divisant la charge totale par le poids moyen d'un achat. A noter que le poids moyen d'un achat, le pourcentage de chaque moyen de transport et la distance magasin-domicile varient en fonction du type de chaîne de distribution.

i. Distance moyenne entre la surface de vente et le domicile du client

Dans la vente classique, les distances moyennes entre le magasin et le domicile du client final varient en fonction de la taille de la surface de vente et de sa localisation géographique (cf. Tableau 12).

Tableau 12 : Distance moyenne entre le domicile du client et quatre types de surfaces de vente (de localisation géographique et de tailles différentes)

Localisation / Taille	Centre	Périphérie	Effet localisation
Supermarché	2.53 km	3.06 km	x 1.2
Hypermarché	8.71 km	10.54 km	x 1.2
Effet taille	x 3.4	x 3.4	

Source : Auteur, adapté de (Beauvais, 2005, p89)

Le passage d'un supermarché à un hypermarché en centre ville, engendre une augmentation de la distance parcourue par le client de 2,53 km à 8,71 km. En périphérie, la distance augmente de 3.06 km pour un déplacement en supermarché à 10,54 km pour un déplacement en hypermarché. Nous pouvons déduire à partir de ces chiffres que la distance moyenne parcourue en aller-retour pour le même type de surface de vente augmente de 20% en périphérie par rapport au centre ville. Pour la même zone géographique, la distance moyenne entre le domicile du client et un hypermarché est 3,4 fois plus grande que la distance effectuée pour se rendre en supermarché (cf. Tableau 12). Selon le rapport de l'Ademe sur les commerces de centre-ville et de proximité, la distance moyenne entre le domicile du client et une supérette en aller-retour est estimée à 0,8 km (Héran, 2004, p18). Par ailleurs, les gérants des supérettes (comme Vival et Petit Casino)[105] confirment que leurs clients sont de la même zone géographique (et non pas des localités lointaines) avec une distance moyenne qui ne dépasse pas 0.6 km.

[105] *Données issues des interviews avec les gérants des épiceries Vival et Petit Casino en agglomération lyonnaise entre le 06.07.2011 et le 08.07.2011.*

Le point relais est généralement situé en centre ville avec les mêmes caractéristiques géographiques qu'une supérette (puisqu'il s'agit d'une petite surface). Par conséquent, nous attribuons la même distance de 0.6 km entre le domicile du client et un point relais. Ce dernier représente une destination unique pour l'ensemble des colis transportés par un VUL.

Contrairement au point relais, il existe plusieurs destinations dans la livraison à domicile qui correspondent aux différentes adresses des clients livrés à domicile : selon les travaux de Durand et Gonzalez-Feliu (2012, p5), la distance moyenne d'une tournée est égale à 17 km pour un total de 15 points livrés en centre ville. En périphérie proche, la distance moyenne parcourue par un VUL est égale à 35 km avec 21 points livrés. En périphérie lointaine, la distance moyenne est beaucoup plus importante avec 80 km pour seulement 20 points livrés.

Concernant le mode Drive, le directeur de l'entrepôt de Casino Drive en région lyonnaise confirme que son entrepôt a les mêmes caractéristiques d'approvisionnement qu'un supermarché classique en amont (l'entrepôt Drive est considéré comme une moyenne surface de 1000 m^2, ce qui très proche de la surface d'un supermarché estimée à environ 1084 m^2). Cependant la distance moyenne entre le domicile du client final et un entrepôt entièrement dédié à la vente à distance généralement située en périphérie (12 km) est très proche de celle d'un hypermarché (10.54 km). Ces deux types de surfaces de vente (entrepôt Drive et hypermarché) se caractérisent par ailleurs par un usage très fréquent de la voiture particulière.

ii. Coûts des différents véhicules de transport en aval

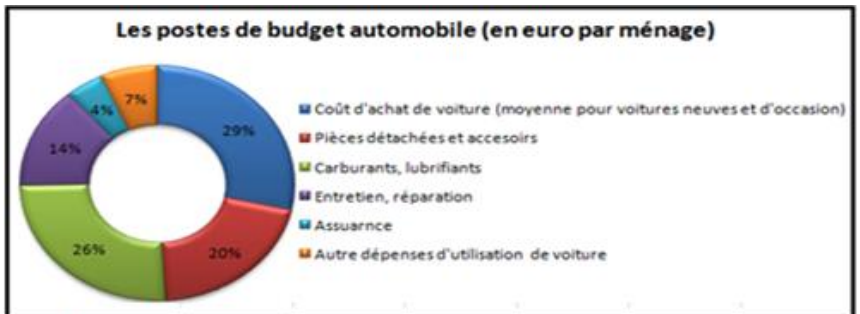
Comme énoncé précédemment, les ménages peuvent faire leurs courses en mobilisant un ou plusieurs moyens de transport entre la surface de vente et leur

domicile. Ces moyens n'ont pas forcément les mêmes coûts kilométriques. De ce fait, nous nous focalisons sur les coûts de ces moyens de transport, à commencer par le déplacement en voiture, puis la livraison en véhicule utilitaire léger, ensuite le coût d'usage des transports en commun et enfin le coût kilométrique des deux roues.

Voiture particulière

Selon une étude de l'Insee sur les postes du budget transport, un ménage français dépense 4477 €/an en automobile (Insee, 2005, p2). Sur la base d'un ratio moyen de 1,23 voiture par ménage (Cordier, 2009, p17)[106], le coût annuel d'une voiture particulière est estimé à 3639 €. Une voiture, immatriculée en France, parcourt 13000 km/an (SEEIDD, 2009, p3), ce qui donne un coût moyen d'environ 0.28€/km.

Graphique 4 : Les postes de budget automobile (en euro par ménage)



Coût d'achat de voiture (moyenne pour voitures neuves et d'occasion)	Pièces détachées et accessoirs	Carburants, lubrifiants	Entretien, réparation	Assurance	Autres dépenses d'utilisation de voiture	Coût total d'utilisation de voiture
1281	917	1146	629	204	300	4477
28.61%	20.48%	25.60%	14.05%	4.56%	6.70%	100%

Source : Auteur, adapté de (l'Insee, 2005, p2)

L'examen des postes de budget automobile (cf. Graphique 4) montre que le coût d'achat représente 28.61% du coût global de la voiture, alors que les autres postes de dépense représentent 71.39% pour un budget total de 3196 €/an. Si nous appliquons les mêmes moyennes utilisées dans le coût total (qui sont un ratio de

[106] *Plus d'informations sont disponibles sur le site internet : <http://www.adetec-deplacements.com> (consulté le 10.07.2012).*

1,23 voiture par ménage et un kilométrage annuel de 13000 km par véhicule), le coût annuel d'une voiture revient à 2598 € ce qui donne un coût marginal de 0.19 €/km. Ce coût marginal comporte les coûts de carburant et lubrifiants, les frais d'entretien et de réparation, les coûts d'assurance et d'autres dépenses comme le péage, les redevances de stationnement ou l'amortissement du coût du permis de conduire.

En effet, le calcul du coût total puis du coût marginal permet de tester la sensibilité des résultats de notre outil de calcul à ces deux coûts d'usage (total et marginal) de la voiture particulière. Par ailleurs, nous appliquons dans le scénario de base du dernier chapitre le coût total (de 0.28 €/km) comme un coût kilométrique de déplacement en voiture. Ce coût total est appliqué par défaut dans notre outil de calcul si l'utilisateur de cet outil ne sélectionne pas l'option du coût marginal. En plus de ces deux derniers coûts (total et marginal), l'utilisateur de l'outil de calcul a le choix de sélectionner l'option du covoiturage, car de nombreux sites web de grands distributeurs alimentaires proposent l'alternative du covoiturage à leurs clients. Le but d'intégrer ce troisième coût de covoiturage dans notre outil est de mesurer l'impact du concept de mutualisation s'il est appliqué sur la globalité de la chaîne de distribution entre les différents acteurs : d'abord entre les fournisseurs grâce aux plateformes partagées, puis, entre les distributeurs grâce aux espaces logistiques urbains, et enfin, entre les consommateurs grâce au covoiturage qui permet de rassembler plusieurs clients avec leurs achats dans une même voiture.

Dans ce contexte, les livraisons en point relais ou à domicile peuvent être considérées comme deux formes de mutualisation, puisqu'elles permettent de regrouper les commandes de plusieurs clients dans un seul véhicule utilitaire léger (VUL). Les coûts de ces deux alternatives de livraison (en point relais ou à domicile) sont détaillés dans le paragraphe suivant.

Véhicule utilitaire léger (VUL)

Dans notre outil de calcul, le coût d'usage d'un véhicule en amont (que ce soit un articulé ou un porteur) est calculé en fonction de son trinôme du prix de revient. En aval de la chaîne de distribution, le coût d'usage d'un VUL est calculé à partir d'un monôme qui est le coût kilométrique de la livraison en point relais ou à domicile. Nous avons ainsi déduit dans un premier temps le trinôme du prix de revient pour un VUL à partir des données de l'ORT catalan après adaptation au parc d'automobile français (C_{kp} : 0.227€ ; C_c : 17.96€ ; C_j : 43.74€), mais les résultats obtenus en cas d'application de ce trinôme sur une tournée de livraison à domicile ou vers un point relais ne correspondent pas aux coûts réels observés dans les tournées de livraison.

Cela est lié aux spécificités de la livraison en aval de la chaîne de distribution (avec un VUL vers le domicile du client ou le point relais) par rapport à la livraison en amont de la chaîne (avec un articulé ou un porteur vers un centre de distribution ou une surface de vente). De ce fait, nous avons alimenté la base de données de notre outil de calcul avec le coût kilométrique de livraison en point relais ou à domicile déduit à partir des enquêtes de livraison (et non pas à partir du trinôme du prix de revient ou à partir des frais de livraison facturés par les enseignes à leurs clients)[107]. A noter que le coût de livraison en VUL varie en fonction du mode de distribution : généralement, le coût de livraison d'un point relais (qui représente une seule destination finale de plusieurs commandes) est inférieur au coût de livraison à domicile (où plusieurs commandes sont livrées en tournée à des destinations différentes, qui correspondent aux adresses des clients).

[107] *En effet, nous avons écarté les données qui concernent les frais de livraison facturés par le grand distributeur alimentaire à ses clients. Nous avons alimenté notre outil avec les coûts de livraison issus des enquêtes du terrain, que ce soit pour la livraison à domicile ou en point relais. Comme annoncé précédemment, le grand distributeur alimentaire peut proposer une livraison gratuite à ses clients à partir d'un certain montant d'achat ou lors d'une première livraison, alors que cette livraison a forcément un coût pour l'enseigne.*

Pour déduire le coût kilométrique d'usage d'un VUL, nous avons exploité les données de quatre tournées de livraison à un point relais puis à domicile (Durand et al., 2012, p16 et p17). Pour un point relais, la longueur de chacune des deux premières tournées est de 55 km, avec un coût de 210 € par tournée. La troisième tournée se caractérise par une longueur de 60 km et un coût de 300 €. La quatrième tournée se caractérise par une longueur de 10 km seulement et un coût de 100 €. Concernant la livraison à domicile, la longueur de chacune de deux premières tournées est de 60 km, avec un coût de 300 € par tournée. Les deux dernières tournées se caractérisent par une longueur de 55 km et un coût de 240 € par tournée. A partir ces données, nous pouvons déduire que les quatre tournées de livraison à un point relais se caractérisent par une distance globale de 180 km et un coût total de 820 €, ce qui se traduit par un coût kilométrique de livraison en point relais d'environ 4,55 €/km. Concernant les quatre tournées de livraison à domicile, elles se caractérisent par une distance globale de 230 km et un coût total de 1080 €, ce qui donne un coût moyen de 4,69 €/km pour un VUL de livraison à domicile.

Transport en commun

Le coût supporté par le passager dans le transport public urbain varie selon le type d'abonnement (tarif normal ou social pour les personnes à faibles revenus) et de sa durée qui peut être mensuelle, annuelle, ou tout simplement en tickets (ticket unique ou carnet). Selon une enquête[108] de mobilité réalisée dans l'agglomération lyonnaise, le coût mensuel du transport public est estimé à 46 €/passager avec une distance moyenne d'environ 13 km par jour (Techlid, 2010, p11). A partir de ces données, le coût supporté par passager est évalué à 0.11 €/passager.km. Ce dernier coût par

[108] *Cette enquête effectuée entre 10 mai et 10 juin 2010 par l'intermédiaire de la société INTERVIEW. Cette dernière a élaboré le questionnaire qui a été validé par TECHLID. Plus d'informations sur cette enquête (consultée le 14.08.2012) sont disponibles sur le lien : <http://www.techlid-lyon.com/Deplace/rapport%20enqu%C3%AAte%20mobilit%C3%A9%202010%20310111.pdf>.*

passager représente 28%[109] du coût total de fonctionnement du transport collectif urbain (Bureau, 2011, p9). En effet, le coût de transport supporté par le passager représente une partie de la recette de l'exploitant, auquel il faut ajouter les contributions publiques (de l'état, région, département), des versements transport[110] et d'autres recettes (publicité, contravention, etc..). En France, le coût d'exploitation est estimé à 1.6 €/voyage et 5.3 €/km tous réseaux confondus (GART, 2013, p18).

Deux roues

La catégorie des deux roues se compose des vélos et de deux roues motorisées qui n'ont pas les mêmes coûts d'utilisation. Concernant le vélo, le coût d'amortissement par km est égal à son coût d'acquisition divisé par sa durée de vie en km. De plus, il faut ajouter les coûts d'entretien-réparation, détaillés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 13 : Les coûts de différents postes d'entretien d'un vélo

Principaux postes d'entretien d'un vélo	**Coût d'entretien par km parcouru**
Graissage et huilage	0.001 €/km
Réparation des crevaisons	0.003 €/km
Changement des patins et câbles des freins	0.003 €/km
Achat des nouveaux pneumatiques	0.003 €/km
Changements de la chaîne et du pédalier	0.010 €/km
Autres réparation	0.004 €/km
Total du coût d'entretien d'un vélo par km	**0.02 €/km**

Source : Auteur, adapté de (Papon, 2002, p13)[111]

En 2013, le prix moyen d'un vélo est estimé à 375 €[112], avec une durée de vie d'environ 7.44 ans et une distance moyenne parcourue de 2000 km/an (5.47 km/jour)

[109] *Selon le graphique de B. Bureau à partir des données du Cour des comptes en 2010 (page 212), le taux de couverture des usagers du coût de fonctionnement de transport public urbain à Lyon (28%) est égale à la moyenne nationale hors Paris (Ce taux est estimé à 30% à Paris (Omnil, 2011, p52).*

[110] *Le versement transport est une taxe versée par les entreprises et les organismes publics ou privés de plus de 9 salariés. Ce prélèvement, destiné à financer les transports en commun, est collecté par les organismes en charge du recouvrement des cotisations sociales (URSSAF) puis reversé au STIF.*

[111] *Selon (Papon, 2002, p13), les coûts de graissage et huilage 2€/2000km; réparation des crevaisons 6€/2000km ; changement patins 10€/5000km ; câbles freins 10€/10000km ; nouveaux pneumatiques 30€/10000km; changement de chaîne et pédalier 100€/10000km et autres réparations 40 €/10000km.*

pour un cycliste régulier (Papon, 2002, p13). A partir de ces données, le coût moyen d'amortissement d'achat du vélo est estimé à 0.03€/km[113]. Dans notre outil de calcul, nous considèrons le coût d'entretien estimé à 0.02 €/km (cf. Tableau 13) comme un coût marginal d'utilisation du vélo. En additionnant ce dernier coût d'entretien au coût d'amortissement (0.03 €/km), le coût total d'usage d'un vélo est d'environ 0.05 €/km.

Concernant les deux roues motorisées, si nous nous contentons du coût de carburant pour estimer le coût d'utilisation, nous pouvons tout simplement multiplier le coût d'un litre d'essence à la pompe (estimé précédemment à 1.55 € en décembre 2012) par le nombre de litres consommés par km. Selon une étude sur les deux roues, financée par l'Ademe et effectuée par Corollet et barbus (2005, p4), les cyclomoteurs et les motocycles consomment entre 0.3l et 0.4l de carburant sur une distance de 10 km et pour une vitesse moyenne comprise entre 23 et 25 km/h. La consommation moyenne de carburant est ainsi de 0.035 l/km. En multipliant la consommation moyenne par le prix d'un litre de carburant, le coût moyen d'utilisation est estimé à 0.05€/km en cas de prise en compte des seules dépenses de carburant.

En revanche, nous estimons dans ce travail de recherche qu'il ne faut pas se contenter de la seule consommation de carburant, et qu'il est nécessaire d'ajouter les autres postes de dépense comme les coûts d'assurance, d'entretien et de réparation. Pour ce faire, nous avons exploité des données obtenues grâce aux différentes informations communiquées par des motards, des magasins de vente de deux roues, des agences d'assurance et des garages d'entretien et réparation (cf. Tableau 14).

---

[112] Le prix de 375 € correspond à la moyenne de différents types de vélos selon un responsable de vente des vélos interviewé le 13.02.2013 dans son magasin à Lyon. Concernant la durée de vie des vélos, nous n'avons pas pris en compte l'hypothèse d'un vol des véhicules dans ce travail de thèse. Certes le nombre de vols est élevé pour les vélos, mais nous supposons que cela ne change pas la durée de vie du vélo qui continu à être utilisé par le voleur ou par la personne qui acheté le vélo volé.

*[113] La durée de vie d'un vélo en km est estimée à 7.44*2000= 14880km. Alors, le coût d'amortissement d'achat du vélo pour un cycliste régulier est estimé à : 400 / 14880 = 0.03 €/km.*

Tableau 14 : Coût moyen d'utilisation de deux roues motorisées

Composition du coût d'utilisation de deux roues motorisées	Nombre d'unités	Coût unitaire	Coût par poste de dépense
Coût moyen d'achat de moto	1	4300 €	4300 €
Consommation de carburant	1750 litres	1.55 €	2713 €
Carte grise	1	88 €	88€
Opérations de révision (main d'œuvre)	4	128 €	512€
Changement de filtres à air	2	22 €	44 €
Changement de filtres à huile	4	8 €	32 €
Opérations de vidange	4	52 €	108 €
Changement de bougies	4	37.25 €	149 €
Changement des freins avant	2	80.50 €	161 €
Changement des freins arrière	2	27.50 €	55 €
Changement de kit chaîne	1	152 €	152 €
Changement du pneu avant	1	112 €	112 €
Changement des pneus arrière	2	135.50 €	271 €
Coût total d'utilisation de la moto pendant toute sa durée de vie estimée à 50000km (y compris coûts d'achat et d'assurance 1971€)			10668/50000 =0.21 €/km
Coût marginal d'utilisation de la moto (sans coût d'achat) pendant sa durée de vie estimée à 50000km (avec coût d'assurance 1971€)			6368/50000 =0.13€/km

Source : Auteur

En moyenne, la consommation de carburant est estimée à 1 750 litres sur une distance totale de 50 000 km. Cette distance correspond au nombre moyen de kilomètres parcourus pendant toute la durée de vie de la moto. En divisant 1750 litres par 50 000 km, nous déduisons une consommation de 0.035 l/km, ce qui est conforme à la moyenne obtenue précédemment à partir de l'étude de Coroller et Barbus (2005, p4). Par ailleurs, le coût du carburant et des autres postes de dépense (cf. Tableau 14) permettent d'estimer le coût marginal à 0.13 €/km. En ajoutant le coût moyen d'achat des deux roues motorisées, le coût total s'élève à 0.21 €/km. Dans ce contexte, il faut préciser que ce coût total (de 0.21 €/km) représente une moyenne des coûts des cyclomoteurs (dont la cylindrée ne dépasse pas 50 cm^3) et des motocyclettes (dont la cylindrée est supérieure à 50 cm^3)[114]. Nous avons utilisé cette moyenne dans notre outil en raison du manque d'informations, même si ce coût

[114] *Définitions des cyclomoteurs et des motocyclettes selon l'étude de (CERTU, 2011, p26). Dans ce contexte, les scooters, en fonction de leur motorisation, sont des cyclomoteurs ou des motocyclettes.*

kilométrique varie considérablement d'une marque de moto à une autre[115] et dépend de la cylindrée et de la distance parcourue par l'engin pendant toute sa durée de vie.

Marche à pied

La marche à pied n'est pas perçue comme un moyen de transport (et nous n'étudions donc pas son coût de fonctionnement), mais plutôt comme un mode de déplacement dont le coût est considéré comme nul[116]. Ce mode de déplacement est fréquemment utilisé en aval de la chaîne de distribution, surtout pour les achats dans les commerces de proximité. La part de la marche à pied, par rapport aux autres modes de transport, peut différencier une chaîne de distribution par rapport à une autre au niveau du bilan économique de transport en aval de la chaîne de distribution (ainsi qu'au niveau du bilan environnemental sur lequel nous revenons dans la 3ème section). Nous précisons donc la part de la marche à pied (et des différents moyens de transports) par type de chaîne de distribution dans la partie suivante. A la fin de cette partie, le récapitulatif des différents coûts d'utilisation par moyen de déplacement en aval de la chaîne est présenté dans le tableau ci-dessous.

Tableau 15 : Coûts d'utilisation des moyens de transport par les ménages

Moyens de transport utilisés par les clients	**Coût marginal d'utilisation par km** (sans coût d'achat du véhicule)	**Coût total d'utilisation par km** (avec coût d'achat du véhicule)
Voiture particulière	0.19 €/km	0.28 €/km
Vélo	0.02 €/km	0.05 €/km
Moto	0.13 €/km	0.21 €/km
Transport public	0.11 €/passager.km	0.11 €/passager.km[117]

[115] A titre d'exemple pour les motos de cylindrée de 125cm^3, les coûts kilométriques d'utilisation (dit aussi prix de revient kilométrique PRK) sont très variés : 0.331€ pour Yamaha X-Max ; 0.316€ pour Piaggio X-Evo ; 0.311€ pour Daelim SS ; 0.308€ pour Suzuki Burgman ; 0.301€ pour Peugeot Satelis ; 0.295€ pour Kymco ; 0.292€ pour Sym GT et environ 0.280€ pour Honda S-Wing (Meyer, 2011, p1-7).

[116] Le coût de certains éléments, comme l'usure plus vite des chaussures pendant la marche à pied par rapport à l'usage des véhicules, est négligeable par km en cas de déplacement vers une surface de vente c'est pourquoi nous considérons dans ce travail que le coût de la marche à pied est nul.

[117] Dans ce tableau, nous avons détaillé les coûts à la charge du client par mode de transport. A noter qu'on ne peut pas parler d'un coût marginal pour le transport public puisque le véhicule n'appartient pas au passager. De plus, le coût supporté par le client (0.11€/passager.km) représente une partie du coût total de fonctionnement du transport collectif urbain estimé à 5.3 €/km tous réseaux confondus.

iii. Part de chaque mode de déplacement

L'étude des modes de déplacement en aval (voiture particulière, transport public, vélo, deux roues motorisées et marche à pied) évoqués dans la partie précédente montre qu'ils se caractérisent par des coûts kilométriques différents (cf. Tableau 15). De ce fait, le coût total du transport en aval de la chaîne de distribution dépend des moyens de transport utilisés par type de surface de vente. Cependant, les statistiques disponibles sur les motifs de déplacement sont assez rares, surtout à ce niveau de détail concernant les modes de déplacement par type de surface de vente. Dans ce contexte, il faut remonter à 1994 pour exploiter les données de l'enquête nationale de transport[118] réalisée par l'Insee et l'Inrets. Cette enquête recueille les pratiques de déplacement des ménages français et, par conséquent, elle fournit de précieuses informations sur les lieux fréquentés et les moyens de transport utilisés. En ce qui concerne la grande distribution alimentaire, les moyens de transport sont répartis différemment en fonction du type de surface de vente (cf. Tableau 16).

Tableau 16 : Répartition des moyens de transport des ménages par type de surface de vente

Mode de déplacement	Entrepôt dédié à la vente à distance[119]	Hypermarché	Supermarché	Supérette
Voiture particulière	97%	95.30%	80.80%	37.10%
Transport en commun	0.5%	3.00%	2.60%	2.00%
Marche à pied	2%	1.30%	15.30%	57.80%
Vélo (57% du parc de deux roues)	0.3%	0.23%	0.74%	1.77%
Moto (43% du parc de deux roues)	0.2%	0.17%	0.56%	1.33%
Total	100%	100%	100%	100%

Source : Auteur, adapté de (Insee-Inrets, 1994), cité in (Alligier, 2007, p52)

Selon cette répartition des modes de déplacement, la voiture particulière semble être le mode dominant pour les grandes et moyennes surfaces, dans la mesure où elle

[118] *Pour plus d'informations sur cette enquête (menée à cinq reprises depuis les années soixante), il faut consulter les courriers des statistiques n°69 publié en 1994 par l'Insee, dont l'article est intitulé «L'enquête Transports et communications 1993-94».*

[119] *Selon les estimations du directeur d'un magasin Drive en agglomération lyonnaise le 04.09.2012, la voiture est le mode le plus utilisé (97%) par les clients en mode Drive. L'usage des autres moyens est faible : 0.5% pour le transport public, 0.2% pour la moto, 0.3% pour le vélo et 2% pour la marche.*

est utilisée dans 80.8% des déplacements d'achat à destination des supermarchés. Cette part s'élève à 95.3% pour les hypermarchés et 97% pour les entrepôts Drive. Cependant, la part de la voiture ne dépasse pas les 37.1% pour les déplacements d'achat aux petites surfaces. Dans ce cadre, nous constatons que la part du déplacement en voiture particulière est logiquement plus élevée quand la distance domicile-magasin est plus importante (12 km pour un entrepôt entièrement dédié à la vente à domicile, contre 10.54 km pour un hypermarché, 3.06 km pour un supermarché et seulement 0.6 km pour une supérette).

De plus, nous constatons assez logiquement que la marche à pied semble être le mode dominant dans les déplacements aux supérettes. Celles-ci sont considérées, avec les points relais, comme des commerces de proximité par excellence[120]. En revanche, il apparaît de toute évidence que si la distance à parcourir par le client final s'allonge, la tendance du client à marcher à pied diminue et, par conséquent, sa tendance à utiliser un moyen de transport augmente (voiture ou transport public).

Concernant les transports publics, les clients utilisent très peu ces moyens dans leurs déplacements d'achat quelle que soit la taille de la surface de vente : les petites surfaces se caractérisent par leur proximité aux clients, ce qui fait qu'elles sont souvent joignables à pied ; tandis que les grandes surfaces (généralement situés en périphérie) ne sont pas fréquemment desservies par les transports publics. De plus, la durée du trajet en transport collectif est souvent importante. Ce temps perdu dans le transport ne plaît pas la majorité des clients, d'autant que le temps moyen consacré par les ménages à leurs approvisionnements est en baisse continue au

[120] *Pour les supérettes, la part de la marche à pied (57.8%) dépasse l'ensemble des autres moyens confondus. Par rapport aux hypermarchés (avec seulement 1.3% pour la marche à pied à cause de la longueur du trajet), la part de la marche à pied est plus élevée dans les supermarchés avec 15.3%, en raison de l'implantation de certains supermarchés dans des zones urbaines relativement denses.*

cours de la dernière décennie. Par conséquent, le temps passé dans le trajet domicile-magasin représente un paramètre déterminant dans le choix du moyen de transport. Pour prendre ce facteur du temps en compte, nous reviendrons par la suite à sa valeur monétaire dans l'approvisionnement des ménages, que ce soit pendant le déplacement des ménages aux magasins ou pendant la préparation des achats.

Concernant les deux roues, leur usage dans l'approvisionnement des ménages est faible pour les différentes surfaces de vente[121]. A noter que dans cette catégorie des deux roues, nous trouvons des vélos et différents types de motos qui n'ont pas les mêmes coûts et les mêmes émissions de construction et d'utilisation. Nous devons donc préciser la part des vélos qui représente 57 % de l'ensemble des deux roues en 2011 (Gracianette et Grillet, 2011, p1). Par ailleurs, le parc des cycles (qui représente 43% des deux roues) est classé en 3 grandes catégories (cf. Tableau 17).

Tableau 17 : Part des catégories de cycles dans le parc total de deux roues en 2011

Parts de différentes catégories de cycle	Cyclomoteur	Motocycles		Total des cycles
		≤ 125 cm^3	> 125 cm^3	
Parc de deux roues motorisées en circulation en 2011 (en milliers)	988	1077.2	1734.7	3799.9
Pourcentage de chaque catégorie par rapport au total de deux roues motorisées	26 %	28.35 %	45.65 %	100 %
Pourcentage de chaque catégorie par rapport au total de deux roues en 2011	11 %	12 %	20 %	43 %

Source : Auteur, adapté de (Soes[122], 2013, p1)

La taille de la cylindrée est le paramètre principal qui distingue l'ensemble des motos en trois catégories (cf. Tableau 17) : cela est justifié par le rapport entre la taille de la cylindrée et le poids de la moto. En plus du volet économique, ce poids a un impact sur les émissions de CO_2 à la construction, dépendant de la quantité des matériaux utilisés, et des émissions de CO_2 pendant l'exploitation étudiées dans la 3ème section.

[121] A noter que la part de deux roues est plus faible dans les déplacements d'achat en agrandissant la taille du magasin (3.1% en supérette, 1.3% en supermarché et 0.4% en hypermarché). Ce constat peut être défendu par l'usage fréquent du vélo pour les petits achats en supérette du quartier ; alors que les grands achats en hypermarché (30kg/caddie) ne sont pas faciles à transporter en deux roues.

[122] Service de l'observation et des statistiques (SOeS). Plus d'informations sont disponibles sur : <http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/> (consulté le 15.11.2012).

iv. Nombre de déplacements

Dans cette partie, il est important de rappeler que l'outil de calcul comporte deux variables d'entrée à manipuler par l'utilisateur, qui sont la charge totale de marchandise et la distance à parcourir : pour la première variable, la charge totale de marchandise est divisée par le poids moyen d'un caddie d'achat afin de déterminer le nombre de déplacements du client ou le nombre de livraisons à domicile ou en point relais. Dans ce contexte, il faut préciser que le poids moyen d'un caddie d'achat dépend de la taille de surface de vente classique : le poids d'un caddie est estimé à 30 kg en hypermarché, contre 15 kg en supermarché et seulement 5 kg en supérette (Keïta et Rizet, 2005, p26)[123].

Tableau 18 : Effet de la taille de surface de vente sur le nombre de déplacements d'achat

Surface de vente	Supermarché	Supérette
Hypermarché	2	6
Supermarché	-	3

Source : Auteur

De ce fait, un déplacement d'achat en hypermarché est l'équivalent de 2 déplacements en supermarché et de 6 déplacements en supérette dans la vente classique. Dans la vente à distance, le poids moyen d'un colis est 14.5 kg avec une moyenne de 3,4 colis par client dans la livraison en point relais et seulement 2,8 colis

[123] *Ces moyennes du poids du caddie observées par B. Keïta et C. Rizet en 2005 dans les hypermarchés, les supermarchés et les supérettes n'ont pas changés en 2012 malgré la baisse du pouvoir d'achat : Selon les enquêtes effectuées dans le cadre de cette thèse dans l'agglomération lyonnaise en mai 2012 avec le personnel de différentes tailles de surfaces de vente, nous avons observé les mêmes moyennes (30 kg en hypermarché, 15 kg en supermarché et 5 kg en supérette). De ce point de vue, nous pouvons déduire que la baisse du pouvoir d'achat pendant la crise économique entre 2008 et 2010 a influencé le marque des produits achetés et non pas la quantité : Les clients achètent les produits de « premier prix » au lieu des produits « de haute gamme ». Cela explique d'ailleurs l'évolution de la part des marques de distributeur (MDD) généralement moins chers par rapport aux marques nationales (MN). Notre constat peut être confirmé par les résultats de l'étude de (Sétra, 2008, p4) : En 2007, les ventes de marques de distributeurs ont progressé de 6% contre 1,5% pour les marques nationales. Par ailleurs, les MDD représentent 27% de parts de marché en France, contre 50 % en Angleterre ou en Suisse.*

dans la livraison à domicile (Durand et al., 2012, p16 et p17). Par conséquent, le poids moyen d'une commande en cas de livraison en point relais est estimé à 49 kg, contre 41kg en cas de livraison à domicile et seulement 35 kg[124] dans le mode Drive.

Ces chiffres ont été vérifiés grâce à des enquêtes et des observations dans plusieurs surfaces de vente, même si la majorité des dirigeants confirment qu'ils maîtrisent plus le prix moyen d'un achat que le poids moyen d'un caddie. Par ailleurs, l'information du prix moyen d'un achat peut confirmer indirectement nos estimations, mais elle ne représente pas une donnée essentielle dans ce travail de recherche : le prix moyen d'un achat ne permet pas de déduire le nombre de déplacements des clients vers les surfaces de vente ou le nombre de VUL de livraison à domicile ou en point relais. Pour le nombre de véhicules de livraison, nous divisons la charge moyenne de VUL par le poids d'une commande à distance. Dans ce cadre, il faut préciser que le taux de remplissage des VUL reste faible malgré son évolution ces dernières années grâce aux efforts des prestataires logistiques dans l'optimisation des coûts de livraison : dans les faits, le volume important de certains produits qui prennent beaucoup de place dans les VUL sans avoir forcément un poids très lourd, les parois divisant la remorque en plusieurs parties à différentes températures dirigées et les bacs utilisés dans la protection des colis, ainsi que la faible fréquence des achats à distance ne permettent pas d'accroître le taux de remplissage des VUL.

---

[124] Le poids de 35 kg est la moyenne de l'ensemble de commandes achetées à distance dans un entrepôt Drive en agglomération lyonnaise le 11.09.2012. En effet, le poids moyen d'une commande livrée en VUL (41kg en livraison à domicile et 49kg en livraison en point relais) est plus élevé que celui d'une commande Drive (35kg) ou de vente classique (30kg en hypermarché, 15kg en supermarché et 5kg en supérette). Cela est lié principalement au montant d'achat minimum imposé par l'enseigne pour bénéficier du service de livraison en VUL (en cas du faible montant d'achat, certaines enseignes facturent un coût supplémentaire pour livrer en VUL). Ce montant d'achat plus élevé en cas de livraison en VUL se traduit assez logiquement par un poids plus important que celui d'une commande en mode Drive ou d'un caddie en vente classique. A noter que dans ces deux derniers modes Drive et de vente classique, le client s'occupe lui-même de transport de ses achats, alors il n'a pas l'obligation d'un montant d'achat minimum pour bénéficier du service de livraison en VUL. De ce fait, les montants d'achat (et par conséquent, les poids) des caddies sont plus faibles en mode Drive ou vente classique.

De plus, la seule exigence à satisfaire par un client pour bénéficier du service de livraison à domicile est un montant d'achat minimum (indépendamment du poids de la commande), c'est pourquoi les véhicules de livraison partent souvent avec des taux de remplissages très faibles par rapport à leur charge utile. En outre, dans la livraison à domicile suite au passage du client en magasin, le distributeur ne doit pas tarder à livrer le client chez lui après son passage en caisse du magasin, même s'il n'y a pas suffisamment de commandes dans la zone géographique de destination : face à ces contraintes liées à la satisfaction des engagements de l'enseigne envers ses clients, le prestataire de transport se trouve obligé de livrer un nombre très limité de commandes dans une tournée. Par rapport à ce dernier cas (de livraison à domicile suite au passage du client), le taux de remplissage est plus important dans les VUL pendant une tournée de livraison à domicile après une commande à distance grâce à la fixation de créneaux de livraison. Ce taux de remplissage est encore plus important en cas de livraison d'un point relais en raison du regroupement des différentes commandes des clients dans cette unique destination. De plus, le point relais se caractérise par des plages horaires très importantes où le client peut venir chercher sa marchandise quand il est disponible (et non pas un créneau de livraison fixe où le client doit être présent à son domicile au moment de la livraison).

Par ailleurs, la livraison à domicile après une commande à distance permet un gain du temps considérable aux clients, que ce soit au niveau du transport des achats (puisque le client ne se déplace pas au magasin, ce qui lui permet de profiter de ce temps pour d'autres activités) ou dans la préparation des courses (la préparation des achats n'est pas effectuée par le client au magasin, mais plutôt par les préparateurs des commandes au cybermarché). De ce fait, il faut intégrer le paramètre de la valeur du temps dans le calcul des coûts de transport ou des coûts logistiques.

iv. Valeur du temps

En provenance de l'économie, le principe de la valeur du temps est ancien (Becker, 1965). La valeur du temps repose sur l'idée que les clients disposent de ressources limitées en argent et en temps qu'ils doivent utiliser au mieux. Les économistes des transports, à la suite de C. Abraham et M.E. Beesley, ont rapidement emboîtés le pas de leurs collègues généralistes en considérant le temps de transport comme une composante du coût global du déplacement (Crozet, 2005, p31). Dans ce travail de recherche, la valeur du temps dans les déplacements des ménages permet d'expliquer le choix du mode de transport comme paramètre d'arbitrage entre coût d'exploitation et coût temporel. De ce point de vue, l'évaluation du bilan économique dans notre outil de calcul s'est alors affinée pour mieux saisir la relation que le client entretient avec le temps : le coût total en aval de la chaîne de distribution dépend du temps que consacre le consommateur dans le transport des achats d'un côté, et dans la préparation de ses commandes (en magasin ou à distance) d'un autre côté.

Concernant le transport, nous adoptons l'hypothèse de Boiteux et Baumstark (2001, p35) qui considèrent que le temps passé dans les transports est autant de temps perdu qui aurait permis de vaquer à d'autres occupations. Ce temps du transport est naturellement proportionnel à la vitesse (instantanée, maximale, moyenne, de porte à porte ou à vol d'oiseau)[125]. Dans ce travail de thèse, nous utilisons la notion de la vitesse de porte à porte (de la porte du magasin à la porte du domicile de ménage),

[125] *Selon (Papon, 2002, p2), la notion de vitesse recouvre plusieurs significations :*
- La vitesse instantanée obtenue à un instant du déplacement (lue par exemple sur un compteur)
- La vitesse maximale au cours d'un déplacement (maximum de la vitesse instantanée)
- La vitesse moyenne du véhicule y compris les arrêts de circulation (attentes aux feux par exemple)
- La vitesse moyenne à vol d'oiseau entre les extrémités du déplacement rapportée au temps de trajet total, en tenant compte d'un coefficient de détour lorsque l'on ne connaît pas le chemin suivi.
- La vitesse moyenne de porte à porte, c'est-à-dire la distance entre l'origine et la destination rapportée au temps de trajet (y compris le temps de stationnement du véhicule, de marche entre le lieu de stationnement et le magasin ; et d'attente et de correspondance pour un transport public)

et nous alimentons notre base de données avec les distances réellement parcourues par le consommateur, et non pas avec les distances à vol d'oiseau[126]. En réalité, la vitesse maximale d'une voiture ou la vitesse commerciale d'un métro sont des indicateurs séduisants, mais qui reflètent très mal la vitesse de porte à porte (Héran et al, 2009, p16). Par ailleurs, la vitesse de porte à porte est assez mal connue. Dans les enquêtes ménages déplacements, elle est grossièrement reconstituée à partir des distances à vol d'oiseau entre centroïdes des zones origine et destination du déplacement, corrigées par un coefficient qui varie selon les véhicules[127] et divisées par la durée des déplacements.

Dans notre outil de calcul, nous prenons en considération la variation de la valeur du temps en fonction de la vitesse de circulation, puisque la répartition des modes de déplacement (qui n'ont ni les mêmes vitesses, ni les mêmes coûts d'utilisation) change d'une surface de vente à une autre (cf. Tableau 16). Cependant, nous ne prenons pas en compte la variation de la valeur du temps en fonction des revenus des ménages : les chaînes de distribution différenciées dans ce travail de recherche (cf. Figure 9) sont toutes pratiquées par différentes catégories sociales des clients indépendamment de leurs revenus. En outre, nous écartons l'hypothèse de Frédéric Héran, qui considère que les usagers non motorisés sont un peu moins riches que la moyenne des français (Héran et al., 2009, p18), puisqu'il y a plusieurs ménages fortunés qui se rendent en commerce de proximité à pied ou en vélo. De ce fait, nous n'accordons pas un indice de revenu plus faible aux déplacements non motorisés.

---

[126] Selon (Certu, 2009, p11), ces deux types de distance (distance à vol d'oiseau et distance réellement parcourue) permettent de réaliser des analyses différentes et complémentaires. Par exemple, l'étude de la compétitivité en temps de déplacement des différents modes se fera à partir des distances à vol d'oiseau : combien de temps faut-il pour se rendre d'un point A à un point B à pied, à vélo, en voiture, en transport en commun ? Par contre, les analyses portant sur les coûts, les consommations énergétiques ou les émissions se réfèreront aux distances réellement parcourues.

[127] Ce coefficient est estimé à 1.40 pour la voiture particulière, 1.50 pour un transport public et 1.35 pour deux roues (Certu, 2009, p14).

En conclusion, cette première partie a permis de détailler les coûts des véhicules de transport et leurs caractéristiques en amont et en aval de la chaîne de distribution, ainsi que les paramètres à prendre en compte dans notre outil pour déduire le coût total du transport. Cependant, il faut prendre en compte les coûts logistiques (en plus des coûts de transport) pour déduire le bilan économique global de la chaîne de distribution. Ces coûts logistiques et leurs caractéristiques dans le secteur de la grande distribution alimentaire font l'objet de la deuxième partie de cette section.

2. Coût total d'exploitation (construction et fonctionnement) des bâtiments logistiques

Pour commencer, il faut rappeler que dans notre périmètre d'évaluation annoncé dans la première section, nous avons précisé que les coûts logistiques sont composés de deux types de coûts étudiés avec plus de détails dans cette partie.

Tout d'abord, les coûts de construction ou de location des bâtiments logistiques. Ces derniers bâtiments sont généralement des entrepôts de stockage ou des plateformes de transit en amont, et des surfaces de vente classique ou à distance en aval.

Ensuite, les coûts de fonctionnement de ces bâtiments logistiques comme la consommation d'électricité, l'amortissement des investissements et charge diverses, ainsi que le coût de main d'œuvre dans les opérations de distribution et de vente. Dans ce contexte, il est essentiel de préciser que ces derniers coûts de fonctionnement se composent de deux grandes catégories dans ce travail de thèse. En premier lieu, les coûts de fonctionnement des centres de distribution en amont comprenant tout d'abord les activités de réception des marchandises, puis les coûts de stockage ou de transit, ensuite les coûts de préparation des envois en fonction des commandes des magasins et enfin les coûts des activités d'expédition. En second lieu, les coûts de fonctionnement des surfaces de vente en aval se

composent principalement des coûts de réception des marchandises, d'exposition des produits dans les rayons du magasin et de facturation des achats en caisse dans la vente classique ou de préparation des commandes dans la vente à distance. Afin de simplifier notre étude des coûts logistiques (composés des coûts de construction ou de location et des coûts de fonctionnement), nous étudions d'abord les coûts des centres de distribution en amont, puis les coûts des surfaces de vente en aval.

a. Coûts des centres de distribution en amont

En amont de la chaîne de distribution, nous distinguons deux grands formats de bâtiments qui ont des coûts logistiques différents : les entrepôts de stockage et les plateformes de transit. A noter que les coûts de ces deux bâtiments varient selon les familles des produits (non alimentaire, alimentaire non réfrigéré, frais ou surgelé).

i. Coûts des plateformes de transit

En général, les bâtiments logistiques peuvent être construits ou loués selon la disponibilité des terrains et des locaux et/ou la stratégie interne du grand distributeur. En cas de construction, les coûts des entrepôts logistiques par m^2 a fortement augmenté, passant de 270 €/m² en 1998 à 370 €/m² en 2008 (Fedala et al., 2012, p9). Ce coût moyen de construction par m^2 a continué d'évoluer en 2012, sachant qu'il varie considérablement selon les familles de produits : les coûts de construction sont estimés à 400 €/m^2 pour les produits non alimentaires, 450 €/m^2 pour les produits non réfrigérés, 550 €/m^2 pour les produits frais et 600 €/m^2 pour les produits surgelés[128]. En divisant ces derniers coûts par la durée de vie du bâtiment (estimée souvent à 30 ans), nous pouvons déduire le coût de construction journalier par m^2.

[128] *Données issues d'un entretien le 20.03.2012 avec un responsable de l'entreprise GSE spécialisée dans la conception et la* construction *de biens immobiliers d'entreprise, d'entrepôts et magasins). Plus d'informations : <http://www.gse.fr/html/index.php?module=Infos_PN_Menu&idm=50&newlang=fra>. Selon les estimations de (Sétra, 2010, p1) et (développement-construction, 2011, p2), le coût moyen de construction par m^2 est de 350 €/m² à 400 €/m² HT en 2008 avec une durée de vie de 30 ans.*

En cas de location, les loyers dans la région parisienne varient de 47 à 52 €/m² HT, alors que les prix pratiqués dans les autres régions françaises varient de 42 €/m² à 45 €/m² HT en 2008 (Sétra, 2010, p1). En plus du coût de construction ou de location, il est nécessaire d'ajouter les autres coûts de fonctionnement comme l'électricité, main d'œuvre, amortissement des investissements et charges diverses.

Dans ce contexte, il faut préciser que pour les surfaces de vente en aval de la chaîne de distribution (à étudier dans la partie suivante), nous détaillons les différentes composantes des coûts de fonctionnement (électricité, main d'œuvre, amortissement des investissements et charges diverses) ; tandis que pour les centres de distribution en amont de la chaîne de distribution (entrepôts de stockage et plateformes de transit) nous privilégions l'usage d'un coût total de stockage ou de transit par palette dans notre outil de calcul. Cela est justifié par le type des données à notre possession pour chaque partie de la chaîne de distribution (amont et aval) au moment du la construction de notre base de données : pour les coûts de fonctionnement en amont de la chaîne de distribution, les responsables des bâtiments logistiques (interviewés dans le cadre de cette thèse) maîtrisent mieux les coûts par palette que ce soit en cas de stockage dans les entrepôts ou de transit dans les plateformes[129].

Concernant les plateformes de transit dans la grande distribution alimentaire, le coût de passage à quai d'une palette des produits alimentaires non réfrigérés est de l'ordre de 3€/palette, contre 4 €/palette pour les produits frais, 4.5 €/palette pour les produits surgelés et seulement 2.5 €/palette pour les produits non alimentaires.

[129] Dans cette partie, nous détaillons les coûts de passage à quai ou de stockage par palette qui varient d'une famille des produits à une autre. Ces coûts ont été déduits dans un premier temps grâce à plusieurs publications comme (Jouenne, 2010, p16) et (Profillin, 2012, p2) à titre d'exemple, puis ajustés dans notre outil de calcul grâce à des entretiens avec des dirigeants des entrepôts de stockage et des plateformes de transit (des produits non alimentaires, produits non réfrigérés et des produits réfrigérés (frais et surgelés)) appartenant aux groupes de grande distribution alimentaire.

ii. Coûts des entrepôts de stockage

Les coûts d'exploitation d'un entrepôt se composent des coûts fixes (comme les coûts d'entrée et de sortie de la palette)[130] et des coûts variables (comme le coût du stockage qui varie en fonction de la durée de stockage). Cette durée de stockage en amont de la chaîne de distribution varie d'une famille de produits à une autre. En moyenne, la durée de stockage est estimée à 42 jours pour les produits non alimentaires, 28 jours pour les produits alimentaires non réfrigérés et 21 jours pour les produits surgelés ; alors que pour les produits frais, nous assistons plutôt à du transit (une journée de stockage au maximum).

Ces durées de stockage représentent des moyennes par famille de produits, même si la durée peut varier d'un article à un autre au sein d'une même famille de produits. En réalité, ces durées de stockage changent non seulement entre les produits, mais aussi entre les groupes de grande distribution alimentaire, et même entre les différentes tailles de surfaces de vente au sein du même groupe. A titre d'exemple, la durée de stockage des produits frais chez Casino est estimée à un jour pour les petites surfaces, que ce soit pour les fruits et légumes ou d'autres types de produits frais (crémerie, viande, etc.) ; tandis que pour les grandes surfaces, la durée de stockage est estimée à une demi-journée pour les fruits et légumes, et elle est nulle pour les autres types de produits frais qui font du transit seulement[131]. Dans d'autres groupes alimentaires, comme c'est le cas chez Auchan, il n'y pas de stockage pour tous les produits frais quelque soit le type des articles. Cela peut être expliqué par la taille des magasins chez Auchan, qui sont généralement des grandes surfaces.

---

[130] Ces deux coûts d'entrée et de sortie par palette sont fixes quelque soit la durée de stockage qui peut être un jour ou plusieurs semaines.

[131] Données issues d'un entretien avec le directeur d'un centre de distribution du groupe Auchan le 17/04/2013 et le directeur logistique du groupe Casino le 02/05/2013.

Après l'étude des durées de stockage observées sur le terrain, nous détaillons dans la suite de cette partie, les coûts journaliers de stockage par famille des produits : généralement, les produits alimentaires stockés à température dirigée nécessitent une consommation supplémentaire d'électricité par rapport aux produits alimentaires non réfrigérés ou non alimentaires. Ce supplément d'électricité est lié principalement au fonctionnement des groupes frigorifiques dans les chambres froides destinées au stockage des produits frais et surgelés. En revanche, le coût du poste froid est considéré comme nul pour les produits alimentaires non réfrigérés et les produits non alimentaires, ce qui n'est pas forcément le cas pour le post chauffage.

En général, le coût du post chauffage est faible pendant le stockage des produits non alimentaires en comparaison de celui des produits alimentaires non réfrigérés, dit aussi produits de grande consommation (comme l'épicerie et les boissons). Ces derniers produits nécessitent une consommation supplémentaire d'électricité dédiée au chauffage des aires de stockage en hiver, afin d'éviter le gel des marchandises.

En raison de ces différences au niveau des conditions d'entreposage, les coûts de stockage varient considérablement d'une famille de produits à une autre : les coûts journaliers de stockage non frigorifique sont évalués de 0.07 à 0.15 €/palette (en moyenne 0.10 €/palette pour les produits non alimentaires et 0.12 €/palette pour les produits alimentaires non réfrigérés). Concernant les produits alimentaires à température dirigée, les coûts de stockage varient de 0,30 à 0,50 €/palette (en moyenne 0,32 €/palette pour les produits frais et 0,42 €/palette pour les surgelés). De ce fait, le coût moyen de stockage est estimé à 4.2 €/palette pour les produits non alimentaires (pour une durée moyenne de stockage de 42j), contre 3.36 €/palette pour les produits alimentaires non réfrigérés (pour une durée de 28j) et 8.82 €/palette pour les produits surgelés (pour une durée moyenne de stockage estimée à 21jours).

Dans ce contexte, il faut indiquer que ces derniers coûts concernent seulement le coût de stockage au sens précis du terme pour une palette déjà placée dans un rack. Ce coût de stockage par palette intègre les coûts d'électricité, du loyer et d'amortissement des racks de stockage. Cependant, le calcul du coût logistique global d'un entrepôt nécessite la prise en compte (en plus de ce coût de stockage), des coûts d'entrée et sortie des palettes, des coûts de préparation des commandes, ainsi que d'autres coûts annexes (comme le filmage de palette avant son expédition et la préparation du bordereau de livraison) que nous détaillons au fur et à mesure.

Comme annoncé, les coûts d'entrée et de sortie d'une palette sont fixes quel que soit la durée de stockage : en moyenne, le coût d'entrée est évalué à 2.5 €/palette pour le non alimentaire, contre 3 €/palette pour les produits non réfrigérés, 4 €/palette pour le frais et 4.5 €/palette pour le surgelé. A noter que ces coûts d'entrée par familles des produits sont approximativement égaux aux coûts de sortie. De ce fait, le coût total d'entrée d'une palette à la réception et de sa sortie à l'expédition est estimé en moyenne à 5 €/palette pour les produits non alimentaires, contre 6 €/palette pour les produits alimentaires non réfrigérés, 8 €/palette pour le frais et 9 €/palette pour le surgelé[132]. Ces coûts d'entrée et de sortie par palette incluent la totalité des charges de construction du bâtiment, des manutentionnaires et de matériel de manutention.

En plus de ces deux opérations d'entrée et de sortie des palettes, un centre de distribution est un lieu de préparation des commandes par magasin. En général, les articles de chaque palette sont homogènes à la réception des marchandises[133],

[132] *Le coût total d'entrée de la palette comprend les coûts de déchargement et de manutention de la palette du quai de réception vers la zone de stockage, tandis que le coût total de sortie de la palette comprend les coûts de manutention de la palette de la zone de stockage vers le quai d'expédition.*

[133] *Généralement, chaque fournisseur envoie au centre de distribution la totalité des marchandises, sans détailler la part de chaque magasin. Ensuite, les préparateurs des commandes dans le centre de distribution préparent les palettes en fonction des commandes de chaque magasin.*

puisque les fournisseurs envoient souvent une seule référence par palette[134]. Cependant à l'expédition, une palette est généralement composée de plusieurs colis hétérogènes préparés en fonction des commandes des magasins[135]. Dans ce contexte, il faut préciser que l'unité de mesure dans les centres de distribution est le colis[136] : le coût moyen de préparation d'une commande à expédier vers un magasin est estimé à 0.11 €/colis pour les produits alimentaires non réfrigérés, 0.15 €/colis pour le frais, 0.18 €/colis pour le surgelé et 0.09 €/colis pour le non alimentaire.

Dans un premier temps, nous avons intégré ces coûts de préparation par colis dans notre base de données construite dans le cadre de ce travail de thèse. Ensuite, nous avons essayé d'estimer ces coûts de préparation par palette afin de les utiliser comme paramètres d'entrée dans notre outil de calcul. Pour ce faire, nous avons multiplié ces coûts par le nombre moyen de colis par palette : en moyenne, une palette comporte 70 colis, sachant que le poids moyen d'un colis est estimé à 6 kg pour les produits non réfrigérés, 4.5 kg pour les produits frais et 5.5 kg pour les produits surgelés[137]. De ce fait, le coût de préparation d'une palette dans un centre

[134] *Les palettes déjà alloties par les fournisseurs (préparées par lots en fonction des commandes des magasins) avant de passer par une plateforme cross-docking est une pratique fréquente dans d'autres secteurs d'activité, mais reste négligeable dans le secteur de la grande distribution alimentaire.*

[135] *Dans certains cas, les préparateurs des commandes dans un entrepôt de stockage expédient une ou plusieurs palettes entièrement composées d'une seule référence (c'est-à-dire un seul type d'article) vers les surfaces de ventes. Ceci est fréquent pour les palettes expédiées vers les grandes surfaces.*

[136] *Dans nos entretiens avec les responsables des entrepôts de stockage, l'unité de mesure utilisée fréquemment pendant l'expédition (pour estimer les coûts de préparation des commandes à livrer aux magasins) est le colis, tandis que la palette est l'unité de mesure couramment utilisée à la réception (pour le calcul des coûts de déchargement, de manutention et de stockage).*

[137] *Le poids total des colis par palette selon ces chiffres: 70 * 6 = 420 kg pour les produits non réfrigérés ; 70 * 4.5 = 315kg pour le frais ; 70 * 5.5 = 385kg pour le surgelé. Ces moyennes sont très proches des données précédentes (440 kg/palette pour les non réfrigérés, 330 kg/palette pour le frais et 400 kg/palette pour le surgelé). La petite différence correspond aux poids des cartons d'emballage, de films, etc. A noter qu'il faut ajouter le poids à vide de la palette (25 kg) pour déduire le poids total à charge par famille des produits. Source : Les poids des palettes par famille des produits proviennent des interviews avec les groupes Carrefour (le 15.07.2012 à Vénissieux) et Casino (le 02.05.2013 à Saint Etienne) ; tandis que le poids moyen par colis selon les familles des produits sont communiqués par les centres de distribution d'Auchan au Sud pour les produits de grande consommation (le 03.09.2013 à Nîmes) et le frais (le 30.08.2013 à Avignon) et le surgelé (le 29.08.2013 à Toussieu).*

de distribution (avec une moyenne de 70 colis/palette) est estimé à 6.30 €/palette pour les produits non alimentaires, contre 7.70 €/palette pour les produits alimentaires non réfrigérés, 10.50 €/palette pour les produits frais et 12.60 €/palette pour les produits surgelés.

En plus du coût de préparation des palettes selon les commandes des magasins, nous avons alimenté notre outil de calcul avec d'autres coûts logistiques comme le coût de filmage estimé à 3 €/palette. En outre, les coûts administratifs sont estimés à 5 €/livraison : 2.5 €/livraison pour la préparation d'un bordereau de livraison et 2.5€/livraison pour les autres charges administratives (bureau, ordinateurs, imprimantes et autres charges du bureautique). Avec une moyenne de 25 palettes par livraison, le coût total des activités annexes (filmage, préparation de bordereau de livraison et des autres charges administratives) est évalué à environ 3.20€/palette.

Ces coûts logistiques sont évalués par palette, alors que la charge totale de la marchandise C_R (qui est une variable d'entrée dans notre outil de calcul) est exprimée en tonnes. Afin d'avoir la même unité de mesure, il est nécessaire de déterminer le nombre de palettes qui correspond à cette charge totale. Pour ce faire, l'outil permet de diviser la charge totale de la marchandise (en tonne) par le poids moyen d'une palette. Ce dernier est estimé (comme annoncé précédemment dans la première section de ce chapitre) à 500 kg/palette pour les produits non alimentaires, 440 kg/palette pour les produits non réfrigérés, 330 kg/palette pour les produits frais et 400 kg/palette pour les produits surgelés. De ce fait, une tonne de marchandises est l'équivalent de 2 palettes pour les produits non alimentaires, 3 palettes pour les produits frais, 2.5 palettes pour les produits surgelés et 2.25 palettes pour les produits alimentaires non réfrigérés. En conclusion, les différentes données sur les coûts logistiques d'un entrepôt de stockage sont résumées dans le tableau suivant.

Tableau 19: Coût logistique global par famille des produits dans un entrepôt de stockage

Familles des produits dans la grande distribution alimentaire	Coût de Manutention (entrée-sortie) (a)	Coût journalier de stockage (b)	Durée moyenne de stockage (c)	Coût total de stockage /palette d= (b*c)	Coût de préparation des commandes (e)	Coût de préparation par palette[138] 70colis/palette (f = e*70+3.2)	Poids moyen d'une palette (h)	Nombre de palettes par tonne de marchandises (i=1000/h)	Coût logistique global par palette (g=a+d+f)	Coût logistique global par tonne (h=g*i)
Produits non alimentaires	5.00€ /palette	0.10€ /palette	42 jours	4.20€ /palette	0.09€ /colis	9.50€ /palette	500kg /palette	2 palettes	**18.70€ /palette**	**37.50€ /tonne**
Produits non réfrigérés	6.00€ /palette	0.12€ /palette	28 jours	3.36€ /palette	0.11€ /colis	10.90€ /palette	440kg /palette	2.25 palettes	**20.26€ /palette**	**45.50€ /tonne**
Produits frais	8.00€ /palette	0.32€ /palette	Transit (0.5 jour)	Environ 0€/palette	0.15€ /colis	13.70€ /palette	330kg /palette	3 palettes	**21.70€ /palette**	**65.00€ /tonne**
Produits surgelés	9.00€ /palette	0.42€ /palette	21 jours	8.82€ /palette	0.18€ /colis	15.80€ /palette	400kg /palette	2.5 palettes	**33.62€ /palette**	**84.00€ /tonne**

Source : Auteur (enquêtes de terrain)

Le coût logistique global par palette ou par tonne de marchandise (cf. Tableau 19) est très élevé pour les produits surgelés (84€/tonne) par rapport aux produits frais (65€/tonne), aux produits alimentaires non réfrigérés (45.50€/tonne) et aux produits non alimentaires (37.50€/tonne). Par ailleurs, l'étude de la composition de ces coûts logistiques démontre que les coûts de préparation des commandes par palette (réalisée en fonction des commandes des magasins) est le poste le plus coûteux dans les centres de distribution des groupes alimentaires. Le deuxième poste correspond aux coûts de manutention pendant l'entrée et la sortie des palettes, y compris le coût de main d'œuvre et d'amortissement du matériel de manutention. Ce poste intègre les coûts de déchargement de la palette du véhicule à quai pendant la réception, puis la manutention de la palette entre le quai et le rack de stockage, et enfin le chargement de la palette au véhicule pendant l'activité d'expédition. En troisième lieu, le coût de stockage par palette reste inférieur aux deux autres coûts (de préparation des commandes et de manutention). Par ailleurs, ce dernier coût de stockage est quasiment nul pour les produits frais généralement en mode de transit.

[138] *Le coût de 3.20€/palette correspond aux coûts des activités annexes dans un centre de distribution comme le filmage, la préparation du bordereau de livraison et d'autres charges administratives.*

b. Coûts des surfaces de vente en aval

i. Coût de construction ou de location

En général, les grands distributeurs alimentaires sont confrontés à la rareté des terrains disponibles dans des zones stratégiques pour l'implantation de leurs surfaces de vente et, par voie de conséquence, ils sont obligés de louer, même si certains groupes préfèrent être propriétaires (achat ou construction) de leurs magasins. De ce point de vue, nous avons appliqué les prix de location par m^2 sur l'ensemble des surfaces de vente dans notre outil pour le calcul du bilan économique de l'aval de la chaîne de distribution. Ce prix prend en compte les charges d'exploitation, le surcoût réglementaire, les fiscalités locales et régionales, et bien évidemment le loyer net qui varie en fonction de la zone d'implantation du magasin. Cette zone d'implantation peut être située en centre ville avec un loyer mensuel d'environ 69 €/m^2, en périphérie avec 60 €/m^2 ou en périurbain avec 49 €/m^2 selon les données de l'année 2010[139] (Fel, 2011, p7).

En plus du loyer brut, les coûts d'exploitation d'un bâtiment logistique comporte quatre autres principaux coûts : les frais de mains d'œuvre, la consommation d'électricité, les coûts d'amortissement des investissements et d'autres coûts d'exploitation. Pour le calcul de ces quatre coûts, nous nous sommes basés sur les informations confiées par les groupes alimentaires, les indications communiquées par les transporteurs, les éclaircissements transmis par les prestataires logistiques, les données publiées dans les revues de littérature et les chiffres diffusés par l'Insee.

[139] Dans notre outil, nous considérons ces coûts de location comme des moyennes sur l'ensemble de territoire français, et non pas en Ile de France seulement. Ces coûts varient en fonction du milieu d'implantation (urbain, périphérie ou périurbain). En outre, les coûts de location par m^2 varie considérablement d'une région à une autre selon le directeur logistique d'un groupe alimentaire dans un entretien le 11/05/2012.

ii. Coût de main d'œuvre

Pour le calcul du coût de la main d'œuvre, nous nous reposons dans l'alimentation de notre outil sur les données de l'Insee : en France, le nombre de personnes employées dans le parc d'hypermarchés est d'environ 317 milliers, contre 176 milliers dans les supermarchés et seulement 19 milliers dans les supérettes (Insee, 2012b, p3). Par ailleurs, le nombre total d'hypermarchés est estimé à 1700 points de vente pour une surface totale de 10.58 millions de m^2 en 2009. Pour la même année, le parc de supermarchés est d'environ 9200 magasins dont la surface totale est estimée à 9.97 millions de m^2, alors que le nombre total des supérettes est d'environ 4800 magasins pour une surface totale de 1.03 millions de m^2 (Insee, 2012b, p2).

Tableau 20 : Nombre moyen d'employés selon les tailles de surfaces de vente en 2009

Catégories des surfaces de vente	Nombre de points de vente en France (a)	Surface totale du parc (b)	Nombre total d'employés (c)	Surface par magasin (d=b/a)	Nombre d'employés par magasin (e=c/a)
Hypermarché	1700 hypermarchés	10580milliers de m^2	317milliers d'employés	6224 m^2	186 employés
Supermarché	9200 supermarchés	9970 milliers de m^2	176milliers d'employés	1084 m^2	19 employés
Supérette	4800 supérettes	1030 milliers de m^2	19 milliers d'employés	215 m^2	3 employés

Source : Auteur, chiffres de (Insee, 2012b, p2 et p3)

Dans la grande distribution alimentaire, un hypermarché emploie approximativement 186 personnes et compte une surface moyenne de 6224 m^2, contre une moyenne de 19 employés et une surface d'environ 1084 m^2 pour un supermarché et seulement 3 employés et une surface moyenne de 215 m^2 pour une supérette (cf. Tableau 20). Dans ce cadre, il faut préciser que le salaire brut moyen d'un employé dans le secteur de la grande distribution alimentaire est évalué à 1482 €/mois en 2009[140].

[140] *Afin d'obtenir le coût total d'un employé, nous multiplions le salaire brut par le ratio 1.64 afin d'intégrer l'ensemble des charges salariales. Alors, le coût mensuel d'un employé pour une enseigne est estimé à* ***2430€*** *en 2009. La rémunération brute correspond à l'intégralité des traitements, salaires, appointements et commissions de base perçus par le salarié, avant toute déduction des cotisations obligatoires à la charge du salarié. Elle intègre notamment les contributions patronales à des régimes complémentaires ou supplémentaires de retraite ou de prévoyance, les sommes versées au titre d'intéressement (placées ou non sur un plan épargne) et les sommes versées au titre de participation.*

Cela permet de déduire le coût total d'un employé (2430 €/mois) en ajoutant l'ensemble des charges salariales. Enfin, nous multiplions ce coût total par le nombre d'employés, afin d'obtenir le coût global de la main d'œuvre par type de surface de vente dans la grande distribution alimentaire[141].

iii. Coût de consommation d'électricité

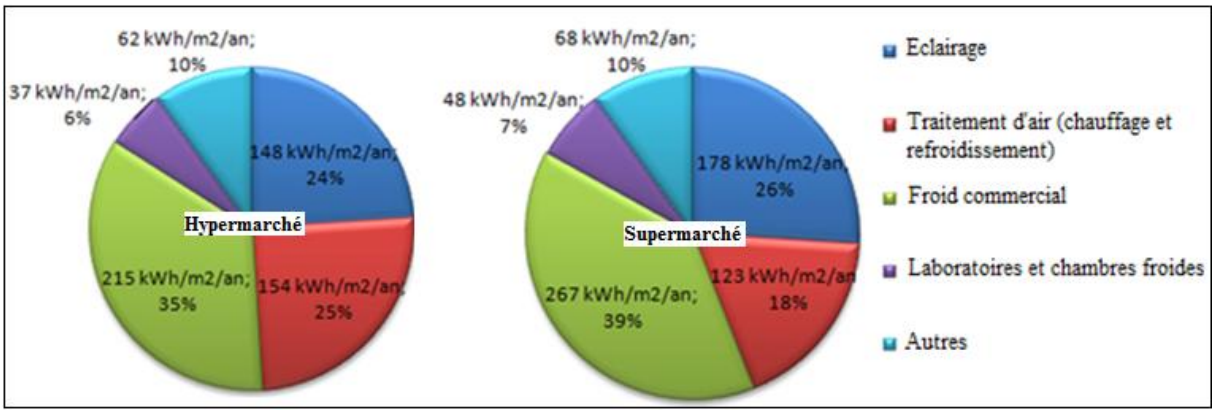
Après l'étude des coûts de construction (et de location) et de main d'œuvre, nous détaillons ici la composition du coût d'électricité. Ce dernier se compose de 5 postes, à savoir l'éclairage, le traitement d'air (chauffage et refroidissement), le froid commercial, les laboratoires et les chambres froides et diverses consommations. Lors d'une étude sur un hypermarché de 18000 m^2, la consommation d'éclairage s'est révélée être de 2.655 millions kWh/an pour l'éclairage, de 2.766 millions kWh/an pour le traitement d'air, de 3.872 millions kWh/an pour le froid commercial, de 0.664 million kWh/an pour les laboratoires et les chambres froides, et de 1.106 million kWh/an pour les autres postes de consommation (Tupin, 2010, p9)[142]. A partir de ces données détaillées par poste, la consommation totale d'électricité dans cet hypermarché de 18000 m^2 est estimée à 11.063 millions kWh/an. En divisant ce nombre de kWh par la surface totale, la consommation annuelle est de 615 kWh/m^2, ce qui correspond à une consommation journalière de 1.68 kWh/m^2.

---

[141] Dans la grande distribution alimentaire, le coût de main d'œuvre (par employé/m^2) augmente en fonction de la taille de surface de vente. De même, le chiffre d'affaire par employé/m^2 augmente en fonction de la taille de surface de vente : un employé en grande surface manipule plus de marchandise (grâce l'importance du volume de vente) par rapport à un employé en petite surface. Dans ce cadre, le CA produit grâce à un employé par m^2 est largement supérieur au coût du travail de cet employé par m^2 : La différence entre le CA (d'un employé/m^2) et le coût de main d'œuvre par m^2 augmente en fonction de la taille de surface de vente, ce qui explique les économies d'échelles dans les grandes surfaces par rapport aux moyennes et petites surfaces. L'ensemble des coûts détaillés dans cette partie sont utilisées pour alimenter notre outil de calcul. Ce dernier permet de déduire le coût de main d'œuvre qui correspond à la charge totale de marchandise (C_T), à entrer par l'utilisateur.

[142] Cette étude a été conduite et coordonnée par Jean-Pierre Tupin avec le soutien de l'Ademe (www2.ademe.fr) et de Perifem (http://www.perifem.com/). Cette étude est disponible sur le lien: <http://www2.ademe.fr/servlet/getBin?name=C10A8A6D6738146E56404491F8189737129612274759 1.pdf> (consulté le 20.11.2012).

Graphique 5 : Postes de consommation d'électricité en kWh/m²/an (en hypermarché et en supermarché)



Source : Auteur, adapté de (Tupin, 2010, p9 et p10)

Dans un hypermarché, le froid commercial représente le premier poste de consommation d'électricité avec 35 % en 2008. En moyenne, le froid commercial nécessite 215 kWh/m²/an pour la conservation des produits frais et surgelés. En second lieu, le poste de traitement d'air (chauffage et refroidissement) est responsable d'un quart des coûts d'électricité dans un hypermarché. Malgré cette consommation importante du poste de traitement d'air, la majorité des hypermarchés continuent encore ce gaspillage d'électricité car la climatisation du magasin représente un confort indispensable pour les employés et surtout pour la clientèle. Dans un supermarché, le froid commercial représente également le premier poste de consommation d'électricité avec 39 % en 2008, alors que le traitement d'air est responsable d'environ 18 % de la consommation totale d'électricité (cf. Graphique 5).

Ces chiffres sur la part du froid commercial dans les surfaces de vente de la grande distribution alimentaire sont confirmés par le rapport de l'Ademe qui estime que « Les consommations électriques de l'ensemble du poste froid alimentaire (…) représentent 30 à 40 % de la consommation électrique d'un hypermarché, 35 à 50 % pour un supermarché et 70 % pour une supérette » (Ademe, 2003, p1).

Par rapport à un supermarché ou une supérette, la consommation totale d'électricité est plus importante dans un hypermarché en raison de sa grande surface. Cependant, la consommation d'électricité d'un hypermarché par m^2 est faible par rapport à celle d'un supermarché ou à celle d'une supérette grâce aux économies d'échelles faites dans ce domaine. Ce constat est déduit à partir d'une étude réalisée dans un supermarché de 2500 m^2 (cf. Graphique 7) : selon les postes, la consommation d'éclairage est estimée approximativement à 446 mille kWh/an, contre 308 mille kWh/an pour le traitement d'air, 665 mille kWh/an pour le froid commercial, 120 mille kWh/an pour les laboratoires et les chambres froides, tandis que les autres postes consomment 171 mille kWh/an (Tupin, 2010, p10). De ce fait, la consommation totale d'électricité dans ce supermarché est estimée approximativement à 1710 milles kWh/an. En divisant par la surface totale, la consommation annuelle par m^2 est estimée à 684 kWh. Par conséquent, la consommation journalière est d'environ 1.87 kWh/m^2, ce qui est supérieur à la moyenne trouvée précédemment pour un hypermarché (1.68 kWh/m^2), mais elle reste inférieure à celle constatée dans une supérette (2.09 kWh/m^2)[143].

En multipliant à chaque fois la consommation par 0,13 €[144] qui est le prix moyen d'un kWh en juin 2012 (Soes, 2012, p1), nous pouvons déduire que le coût moyen de la consommation journalière d'électricité augmente en fonction de la taille de la surface de vente : en effet, ce coût est évalué à seulement 0.21 €/m^2/j dans un hypermarché, contre 0.24 €/m^2/j dans un supermarché et environ 0.27 €/m^2/j dans une supérette.

---

[143] *Cette consommation journalière d'électricité par m^2 dans une supérette est déduite comme suit : En moyenne, le total de consommation d'électricité dans une supérette est égal à 306 mille kWh/an. En divisant par la surface (estimée à environ 400 m^2), la consommation annuelle par m^2 est égale à 765 kWh, ce qui donne une consommation journalière de 2.09 kWh/m^2.*

[144] C'est *le prix moyen en euro TTC pour 100 kWh en juin 2012 (précisément 12,99€). Source : Ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie Service de l'observation et des statistiques (SOeS). Plus d'informations sont disponibles sur : <http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/> (consulté le 31.07.2012).*

iv. Coût d'amortissement des investissements et autres coûts d'exploitation

Les coûts d'amortissement des investissements et les autres coûts d'exploitation sont estimés respectivement à 1855 M€ et 195 M€ pour l'ensemble des hypermarchés (1700 hypermarchés), contre 714 M€ et 89 M€ pour le parc des supermarchés (9200 supermarchés) et seulement 4.7 M€ et 0.7 M€ pour les 4800 supérettes opérationnelles en 2007 (Insee, 2009, p1 et p2). A partir de ces données, nous déduisons que l'ensemble des coûts d'amortissement des investissements et des autres coûts d'exploitation sont évalués à 1.2 M€/an pour un hypermarché, contre 0.08 M€/an pour un supermarché et environ 1125 €/an pour une supérette[145].

Après l'intégration de ces différentes données dans notre outil de calcul (y compris la taille moyenne par surface de vente estimée à 6224 m^2 pour un hypermarché, 1084 m^2 pour supermarché et 215 m^2 pour une supérette), les algorithmes de calculs intégrés dans notre outil permettent d'additionner ces derniers coûts (coûts d'amortissement des investissements et d'autres coûts d'exploitation) avec les frais de mains d'œuvre, les factures d'électricité et le loyer des locaux afin de déduire le coût de la charge totale de marchandise (C_T) à entrer par l'utilisateur de l'outil.

En plus de ces coûts des surfaces de vente en aval, l'outil de calcul intègre la totalité des coûts des centres de distribution en amont (entrepôts de stockage et plateformes de transit) et les coûts de transport (en amont et en aval), afin de déduire le bilan économique global des chaines de distributions différenciées dans le 2ème chapitre.

---

[145] Pour la totalité du parc d'hypermarchés en France (égal à 1700 hypermarchés), les coûts d'amortissement des investissements et les autres coûts d'exploitation sont estimés respectivement à 1.9% et 0.2% du chiffre d'affaires évalué à 97652,4 M€ en 2007 (Insee, 2009a, p1 et p2). Pour le parc de supermarchés (égal à 9200 supermarchés), les coûts d'amortissement des investissements et les autres coûts d'exploitation sont estimés respectivement à 1.6% et 0.2% du chiffre d'affaires de supermarchés évalué à 44627.2 M€ en 2007 (Insee, 2009b, p1 et p2). Pour le parc de supérettes (égal à 4800 supérette), les coûts d'amortissement des investissements et les autres coûts d'exploitation sont estimés respectivement à 1.8% et 0.3% du chiffre d'affaires de supérettes évalué à 262.4 M€ en 2007 (Insee, 2009c, p1 et p2).

Section 3. Evaluation environnementale : composition du bilan environnemental des opérations logistiques et de transport

Dans la section précédente nous avons détaillé les paramètres d'entrée de notre outil pour le calcul du bilan économique. Toutefois, les deux bilans économique et environnemental de la chaîne de distribution globale sont indissociables dans ce travail de recherche comme annoncé dans le premier chapitre de la thèse : nous ne pouvons pas étudier la rentabilité économique d'une chaîne de distribution sans évoquer son efficacité environnementale.

Dans ce cadre environnemental, plusieurs travaux de recherche confirment que les émissions des principaux polluants atmosphériques (NOx, CO, SO_2 et particules) sont en phase de diminution grâce aux progrès technologiques, tandis que les émissions de dioxyde de carbone demeurent importantes : les émissions mondiales de CO_2 augmenterait, sans mesures de réduction, de 44 % entre 2009 et 2020 (Artus, 2009, p5). De ce fait, nous essayons de nous focaliser sur les émissions de CO_2 de la chaîne de distribution globale (E_G) qui se composent de 2 grandes parties : en première partie, les émissions du transport (E_T) pendant la fabrication (E_{TF}) et l'utilisation (E_{TU}) des véhicules en amont (articulés et porteurs) et en aval de la chaîne de distribution (VUL, voiture particulière, TC, vélo, moto et marche à pied). En seconde partie, les émissions des bâtiments logistiques (E_L) à la construction (E_{LC}) et pendant l'exploitation (E_{LE}) [146] en amont de la chaîne (entrepôts de stockage et plateformes de transit) et en aval (des surface de vente classique et à distance).

[146] *$E_G = E_T + E_L = (E_{TF} + E_{TU}) + (E_{LC} + E_{LE})$. A noter que ces dernières émissions d'exploitation des bâtiments logistiques (E_{LE}) inclut toutes les émissions de CO_2 des opérations de transit et de stockage dans les centres de distribution en amont ; et toutes les émissions de CO_2 pendant les opérations de vente classique ou à distance en aval, y compris les émissions de conservation des produits dans les aires de stockage ou après la mise en rayon dans les magasins.*

1. Emissions d'utilisation (fabrication et fonctionnement) des moyens de transport

Pour le calcul du bilan environnemental de transport, nous additionnons les émissions de fabrication et de fonctionnement des véhicules de transport dans la globalité de la chaîne de distribution : d'un côté, les émissions des camions en amont (articulés et porteurs) expédiés des entrepôts des fournisseurs vers les surfaces de vente en passant par les centres de distribution, et de l'autre côté, les émissions des moyens de transport sollicités dans l'approvisionnement des ménages en aval (VUL, voiture, transport public, deux roues) des surfaces de vente vers le domicile du client.

a. Emissions des véhicules de transport en amont (articulés et porteurs)

Dans le bilan environnemental des véhicules de transport, nous ne nous contentons pas du calcul des émissions de fonctionnement liées à la consommation du carburant seulement, nous intégrons en effet la totalité des émissions des véhicules, y compris les émissions d'entretien-réparation, des fuites frigorigènes et bien évidemment du carburant. A noter que pour cette consommation de carburant, nous intégrons dans notre base de données toutes les émissions de CO_2 depuis l'extraction jusqu'à la combustion (et non pas de la pompe à la roue seulement). Cependant, avant de présenter ces émissions de combustion et de fonctionnement des véhicules, nous étudions les émissions de fabrication de ces véhicules en amont.

i. Emissions de fabrication des véhicules en amont

D'une façon générale, le calcul des émissions de fabrication des véhicules de transport se composent des « émissions des matériaux » et des émissions de différents postes (autre que les matériaux) pendant la fabrication, dites « émissions hors matériaux ».

Emissions des matériaux

En général, un véhicule est composé en grande partie d'acier, de plastique, d'aluminium, de verre plat, de caoutchouc et de liquides, ainsi que d'autres matériaux en faibles quantités. Cependant, ces différents matériaux utilisés dans la construction des véhicules n'ont pas les mêmes émissions de production. De ce fait, la détermination des émissions de ces différents matériaux et de leurs poids par véhicule est fondamentale pour le calcul du total des émissions des matériaux utilisés dans la fabrication d'un véhicule. Pour ce faire, nous détaillons les matériaux utilisés dans la fabrication d'un véhicule de 1.19 tonne à vide[147] (cf. Tableau 21).

Tableau 21 : Emissions des matériaux utilisés dans la fabrication d'un véhicule particulier

Matériaux utilisés par véhicule	Acier	Plastique	Aluminium	Verre plat	Caoutchouc	Liquides	Autres	Total du poids et des émissions par véhicule
Emissions d'un kg de matériaux (en kg CO2/kg)	2.15	2.39	9.84	1.52	2.39	1.84	3.67	
Poids des matériaux utilisés (en kg/véh)	595	119	83	48	59	83	202	1189 kg/véh
Emissions des matériaux utilisés (en kg CO2/véh)	1279	284	816	72	141	152	741	3485 kg CO2/véh

Source : Auteur, chiffres de (Ademe, 2010, p9) après conversion des émissions du kg Carbone (kg C) en kg CO_2

En moyenne, l'acier[148] représente 50 % du poids total du véhicule, contre 10 % pour le plastique, 7 % pour l'aluminium, 4 % pour le verre plat, 5 % pour le caoutchouc, 7 % pour les liquides et 17 % pour les autres matériaux, y compris l'électronique dont la fabrication est très intensive en gaz à effet de serre. Par ailleurs, le total des émissions liées à la production des matériaux utilisés dans la fabrication d'un véhicule de 1189 Kg de poids à vide est estimé approximativement à 3485 kg CO_2.

[147] *Le poids à vide des véhicules neufs vendus en 2001 est estimé à 1.19 tonnes (Ademe, 2010, p8). A noter que le poids moyen des véhicules neufs a augmenté entre 1990 et 2000, mais il s'est à peu près stabilisé dans les dernières années, c'est pourquoi nous retenons cette moyenne de 1.19 tonne (précisément 1.189 tonne) pour le poids à vide d'une voiture particulière.*

[148] *L'acier utilisé dans le secteur automobile est à 60 % de l'acier recyclé, ce qui amène à une valeur de 2.15 kg CO_2 par kg d'acier.*

Emissions "hors matériaux"

En plus des émissions des matériaux utilisés (qui sont estimés à 3485 kg CO_2 par véhicule), il faut prendre en compte les émissions des autres postes pendant la fabrication du véhicule. Contrairement aux bâtiments logistiques[149], dont nous étudions les émissions de construction dans la partie suivante, les véhicules circulant sur les routes françaises ne sont pas forcément tous fabriqués en France. Une partie du parc automobile français est fabriquée à l'étranger, que ce soit en Europe ou ailleurs. De ce point de vue, nous ne pouvons pas attribuer à l'ensemble des véhicules utilisés dans la grande distribution alimentaire, un facteur d'émission français pour l'électricité (cette électricité est majoritairement à base nucléaire en France, ce qui se traduit par un faible contenu de GES). En revanche, un facteur d'émission européen est plutôt convenable pour l'électricité consommée pendant la fabrication des véhicules. Pour ce qui ne concerne pas l'électricité, les émissions françaises sont relativement similaires aux autres pays européens puisqu'ils utilisent des technologies mondialisées et, par conséquent, l'efficacité énergétique des différents constructeurs européens est généralement très voisine.

De ce fait, pour le calcul des émissions de fabrication des véhicules, nous retenons les données françaises pour ce qui ne concerne pas l'électricité. Cependant, nous appliquons dans notre outil de calcul un facteur d'émission européen pour l'électricité. Selon les estimations de l'Ademe, l'ensemble de ces émissions "hors matériaux" sont de l'ordre de 2569 kg CO_2 par voiture particulière (Ademe, 2010, p8).

[149] *Pour les bâtiments logistiques, nous nous somme basés sur les émissions de production d'électricité en France : L'électricité produite en France est à base nucléaire, et par conséquent, elle est à faible contenu de gaz à effet de serre par rapport à d'autres pays en Europe et au monde. Ces bâtiments logistiques de la grande distribution alimentaire française (CDC, CDR, ELU, hypermarché, supermarché, supérette, Drive, surface de livraison à domicile ou en point relais) sont construits et exploités sur le sol français, c'est pourquoi nous attribuons à eux les émissions d'électricité produite en France.*

En additionnant les émissions de production des matériaux (3485 kg CO_2/véh) aux émissions pendant la construction (2569 kg CO_2/véh), il ressort que la fabrication d'une voiture particulière, pesant en moyenne 1,19 tonne, engendre des émissions totales de 6.05 tonnes de CO_2. En plus, il faut ajouter 10 % qui correspondent aux autres postes (comme le fret et les déchets) produisant des émissions supplémentaires pendant la fabrication du véhicule (Ademe, 2010, p9). Par conséquent, le bilan d'une voiture s'élève à 6.65 tonnes CO_2, soit 5.58 fois son poids.

Dans notre outil de calcul, le facteur déduit précédemment[150] de 5,58 tonne CO_2 par tonne du poids de véhicule est considéré comme une référence de calcul des émissions de fabrication (émissions d'usage des matériaux et émissions "hors matériaux") : pour chaque véhicule utilisé en amont de la chaîne, ce ratio de 5.58 est multiplié par le poids à vide du véhicule pour déduire les émissions de fabrication.

Concernant « l'amortissement » par km des émissions de fabrication de chaque véhicule utilisé en amont de la chaîne de distribution, nous divisons à chaque fois par la durée de vie du véhicule en kilomètres. A noter que les durées de vie des véhicules en kilomètres sont issues du comité national routier (CNR) pour les PTAC de 6tonnes à 40 tonnes et les estimations de l'Ademe pour les catégories inférieures à 6 tonnes. Concernant ces estimations de l'Ademe et les chiffres retenus pour les catégories intermédiaires (entre 6t et 40t) lorsque les statistiques de CNR ne sont pas disponibles, la déduction de la durée de vie (y) à partir du PTAC de véhicule se fait suivant cette formule (Ademe, 2010, p34) : $d = - 242.02\ a^2 + 24135\ a + 171683$ (sachant que $R^2 = 0.9959$, avec d = Durée de vie en km et a = PTAC du véhicule).

[150] *Le ratio de 5,58 tonne CO_2 par tonne du poids à vide de véhicule s'applique aux véhicules construits en France, en Europe et aux véhicules fabriqués au Japon et en Corée (qui s'approchent des moyennes européennes). En revanche, ce ratio est un peu faible pour les véhicules américains, et doit être adapté au marché d'automobile américain pour pouvoir calculer les émissions de fabrication.*

Pour conclure, nous appliquons l'ensemble des données et formules présentées précédemment sur les catégories de véhicules généralement utilisés en amont de la chaîne de distribution (articulés 40t et porteurs 19t), afin de déduire les émissions de fabrication par tonne.km (cf. Tableau 22) :

Tableau 22 : Emissions de fabrication des véhicules en amont (articulés et porteur) en gCO_2/tonne.km

Catégorie de véh en amont de la chaîne de distribution	Poids total autorisé à charge (a)	Charge utile en tonnes (b)[151]	Poids à vide en tonnes (c = a - b)	Durée de vie de véh en km (d)[152]	Emissions de fabrication en tonneCO_2/véh (e = a * 5.58)	Emissions de fabrication en gCO_2/véh.km (f = e*10^6 / d)	Emissions de fabrication en gCO_2/t.km (g = f / b)
Porteur	19 tonnes	11 tonnes	8 tonnes	542 879 km	44 tCO_2/véh	82gCO_2/véh.km	**7 gCO_2/t.km**
Articulé	40 tonnes	25 tonnes	15 tonnes	749 851 km	83 tCO_2/véh	111gCO_2/véh.km	**4 gCO_2/t.km**

Source : Auteur[153]

D'après ces données (cf. Tableau 22), les émissions de fabrication par véh.km d'un articulé (111 gCO_2/véh.km) sont beaucoup plus importantes que celles d'un porteur (82 gCO_2/véh.km). Cependant, la capacité de chargement élevée de l'articulé en comparaison de celle d'un porteur rend les émissions de fabrication par tonne.km d'un articulé (4 gCO_2/t.km) plus faibles que celles d'un porteur (7 gCO_2/t.km)[154]. A noter que les émissions de fabrication des véhicules en CO_2/tonne.km sont multipliées à chaque fois par la charge totale de marchandises (C_T) et le nombre total de kilomètres (Nb km) parcourus en amont de la chaîne, qui sont deux variables (C_T et Nb km) à déterminer dans chaque scénario par l'utilisateur de notre outil de calcul.

[151] *La colonne de la charge utile (**b**) est déterminée à partir du PTAC de véhicule grâce à la formule : **b = 0.6509 * a – 1.4735** (sachant que R^2 = 0.968 ; avec a = PTAC du véhicule). Pour trouver la corrélation entre PTAC et CU, nous avons relevé le poids total à charge autorisé (PTAC) et le poids à vide (PV) de plusieurs véhicules en agglomération lyonnaise en mars 2012 (à l'approvisionnement des centres de distribution ou la livraison des surfaces de vente) afin d'obtenir la CU (CU = PTAC – PV).*

[152] *La durée de vie en km (**d**) par catégorie de véhicule est déterminée à partir de la formule suivante : **$d = -242.02\ a^2 + 24135\ a + 171683$** (sachant que R^2 = 0.9959 ; avec a = PTAC du véhicule). Les résultats déduits de cette formule sont très proches des moyennes de l'Ademe (Ademe, 2007, p85).*

[153] *Pour les émissions de fabrication obtenues en «g eq C» à partir des sources bibliographiques, elles sont converties en « g CO_2 » pour la simple raison de cohérence des unités de mesure dans l'outil. Cette conversion de carbone en CO_2 nécessite de multiplier par le ratio **44/12** (environ **3.67**).*

[154] *Dans ce contexte, il faut préciser qu'on utilise (dans notre outil) les charge réelle C_R des véhicules de transport des marchandises en amont (et non pas leurs charges utiles CU). Ces charges réelles sont déduites à partir des enquêtes du terrain, à détailler dans la suite de cette section (cf. tableau24).*

ii. Emissions de fonctionnement des véhicules en amont

Pour le calcul des émissions de fonctionnement des véhicules de transport en amont, nous nous somme inspirés de la méthode Bilan Carbone qui a été élaborée pour l'Ademe par Jean-Marc Jancovici, du bureau d'études Manicore (Ademe, 2005, p66). Cette méthode a permis de déduire la formule suivante pour le calcul des émissions de fonctionnement par véhicule.km (E_v) en amont de la chaîne de distribution :

$$Ev = Evv + [(Evpc - Evv) \div CU] * (1 - Tdv) * Tm$$

CU : Charge utile de véhicule

E_{vv} : Emissions par km à vide

E_{vpc} : Emissions par km en pleine charge

T_{dv} : Taux de distance à vide par rapport à la distance totale

T_m : Tonnage moyen transporté sur le trajet en charge (appelé charge réelle par véhicule (C_R) dans notre outil)

Selon cette formule, l'évaluation des émissions de fonctionnement des véhicules de transport en amont de la chaîne de distribution (E_v) dépend de la connaissance des émissions de CO_2 à vide et en pleine charge pour chaque catégorie de véhicule. Ces émissions de CO_2 sont obtenues à partir de la dernière version de Copert IV[155]. En effet, l'emploi de Copert nous a permis d'intégrer dans notre outil les émissions à froid produites juste après le démarrage du véhicule lorsque le moteur ne fonctionne pas encore de manière optimale. De plus, il nous a permis de prendre en compte les émissions à chaud qui dépendent directement de la vitesse du véhicule quand le moteur et le catalyseur ont atteint leur température de fonctionnement. Aussi, les normes anti-pollution, les avancées technologiques et la date de mise en circulation (pour une prise en compte de l'âge et des normes Euro) ont été bien intégrées dans

[155] *COPERT (COmputer Program to calculate Emission from Road Transport) est une méthodologie de calcul des émissions issue d'une suite de travaux menés depuis 1990 par différents organismes de recherche européens. La méthodologie de COPERT IV est diffusée en 2007 par le Laboratory of Applied Thermodynamics (LAT) de l'université de Thessalonique en Grèce. Cette méthodologie est disponible sur : <http://lat.eng.auth.gr/> (consulté le 07.03.2012).*

le calcul des émissions à vide et en pleine charge. En outre, cette dernière version de Copert nous a permis d'intégrer dans notre outil les surémissions liées à la pente et à la charge pour les poids-lourds, ainsi que les émissions hors échappement engendrées par l'usure des pneumatiques, des pièces mécaniques et des freins.

De plus, nous avons privilégié Copert IV car il peut être appliqué dans toute l'Europe contrairement à d'autres outils comme Impact-Ademe qui est spécifique à la France. En réalité, les algorithmes de notre outil sont alimentés avec des données françaises, mais nous avons conçu notre modèle pour que ces données françaises soient facilement remplacées par des moyennes européennes. Soulignons qu'une nouvelle méthodologie européenne Artemis[156] qui prolonge Copert IV est maintenant arrivée à terme. Cependant, elle n'était pas à notre disposition au moment du développement de l'outil. Elle permet de prendre en compte les conditions de circulation selon une approche par situation du trafic, plutôt que par vitesse moyenne selon le milieu routier (autoroute, route ou urbain) comme dans Copert IV. De plus, cette nouvelle méthodologie prend en compte le niveau du trafic (fluide, chargé ou saturé) et la fonction de la route (transit, distribution ou accès résidentiel).

Dans Copert IV, les émissions ont été calculées à chaque fois en fonction du type du véhicule (VUL, porteur ou articulé), de son mode de carburation (essence ou diesel), de sa cylindrée ou de son PTAC, et bien évidemment en fonction de la vitesse de circulation[157] affectée par milieu routier (autoroute, route et urbain). Concernant les données issues de Copert IV (cf. Tableau 23), les émissions de CO_2 sont présentées à chaque fois à vide et en pleine charge pour toutes les catégories de véhicule et selon les différents milieux routiers (autoroute, route et urbain).

[156] *ARTEMIS : Assessment and Reliability of Transport Emission Models and Inventory Systems.*

[157] *Pour déterminer les facteurs d'émission à différentes vitesses, des mesures ont été effectuées pour différents cycles représentatifs de conditions réelles de circulation par vitesse moyenne donnée.*

Tableau 23 : Emissions d'utilisation des véhicules par PTAC et milieu routier (urbain, route, autoroute)

Emissions CO_2 (en g/km)	Catégories de véhicules (PTAC)	Véhicule sous forme d'un seul corps								Articulé (tracteur + remorque)			
		]0,3.5]	]0,3.5]	]3.5,7.5]	[7.5,12]	[12,14]	[14,20]	[20,26]	[26,28]	[20,28]	[28,34]	[34,40]	40<PTAC
		Essence	Diesel	Diesel	Diesel	Diesel	Diesel	Diesel	Diesel	Diesel	Diesel	Diesel	Diesel
Emissions à vide	Urbain	306	216	269	398	415	507	604	653	604	621	681	718
	Route	211	200	316	398	407	457	515	543	504	512	546	574
	Autoroute	218	226	348	416	426	468	520	541	503	509	540	567
Emissions en pleine charge	Urbain	306	216	326	509	564	673	920	989	938	1030	1210	1410
	Route	211	200	353	482	490	568	689	731	705	747	851	979
	Autoroute	366	450	382	488	490	531	661	696	625	658	726	840

Source : Auteur, chiffres produits à partir du Copert IV en mars 2012

Une première observation des émissions de CO_2 des véhicules en fonction de leurs PTAC (cf. Tableau 23), montre la non-prise en compte du taux de charge pour les VUL (même facteur d'émissions à vide ou en pleine charge). Cela est expliqué par l'usage de Copert qui considère que l'impact du taux de charge est négligeable pour les VUL (à noter que l'impact du taux de charge est important pour les autres catégories de véhicules). De plus, le VUL représente la seule catégorie dont les émissions d'utilisation dépendent du type de carburant utilisé (essence ou diesel). Dans ce cadre, il faut préciser que notre outil de calcul considère, par défaut, que le VUL est diesel, si l'utilisateur de l'outil ne sélectionne pas le type de carburant.

Par ailleurs, toutes les catégories de véhicules issues de Copert IV ont été intégrées dans notre outil sauf les deux intervalles]20,26] et]26,28] pour les porteurs. En effet, si le PTAC de véhicule est égal ou supérieur à 20t, l'outil considère qu'il s'agit d'un articulé et non pas d'un porteur. Par conséquent, il applique les émissions de la catégorie]20,28]. De plus, nous n'avons pas pris en compte l'usage des articulés dont le PTAC est supérieur à 40t, car ils ne sont pas encore utilisés dans la grande distribution française. A noter que ces véhicules sont utilisés dans d'autres pays européens, et parcourent les autoroutes françaises. Récemment, les articulés

]40,44] ont été autorisés pour les compagnies françaises, mais leur usage est encore très faible, voire nul dans certains secteurs d'activités. Il est donc important de préciser les catégories de véhicules prises en compte dans notre outil, surtout que la charge réelle (C_R) d'un véhicule dépend de sa catégorie et de la famille des produits transportés, selon les données de nos enquêtes du terrain (Cf. Tableau 24).

Tableau 24 : Charge réelle (C_R) par catégorie de véhicule en amont de la chaîne de distribution

Catégories des véhicules en amont de la chaîne de distribution	Produits non alimentaires	Produits non réfrigérés	Produits frais	Produits surgelés
Poids d'une palette expédiée vers une grande surface (en articulé 40t) (a)	500 kg	440 kg	330 kg	400 kg
Poids d'une palette vers une moyenne ou petite surface (en porteur 19t) (b)	400 kg	340 kg	230 kg	300 kg
Articulé (40t de PTAC et 25t de CU) (c = a * 33 palettes)	**16.5 tonnes**	**14.5 tonnes**	**10.8 tonnes**	**13.2 tonnes**
Porteur (19t de PTAC et 19t de CU) (b = b * 20 palettes)	**8 tonnes**	**6.8 tonnes**	**4.6 tonnes**	**6 tonnes**

Source : Auteur (enquêtes du terrain)[158]

En amont de la chaîne de distribution, les charges utiles (CU) des porteurs et des articulés (estimées respectivement à 11t et 25t) correspondent bien évidement aux charges maximales de ces catégories des véhicules de transport des marchandises. Cependant ces moyennes ne prennent pas en compte les taux de remplissage des véhicules et les caractéristiques de certains produits qui peuvent être volumineux mais très légers par rapport à d'autres familles des produits (surtout dans le secteur de la grande distribution alimentaire caractérisé par une grande variété des produits). De ce fait, il nous est apparu plus pertinent d'utiliser la charge réelle (C_R) par catégorie de véhicule de transport (et non pas la CU) dans notre outil de calcul.

[158] *Le nombre de palettes dans un porteur (de 19t de PTAC et 11T de CU) est estimé à 20 palettes, contre 33 palettes dans un articulé (de 40t de PTAC et 25t de CU). A noter que les poids des palettes par familles des produits et par surface de vente sont détaillés dans la 1ère section de ce 3ème chapitre : pour les articulés, le poids d'une palette est estimé en moyenne à 500 kg pour les produits non alimentaires, contre 440 kg pour les produits alimentaires non réfrigérés, 330 kg pour les produits frais et 400 kg pour les produits surgelés ; tandis que pour les porteurs, le poids d'une palette est estimé en moyenne à 400 kg pour les produits non alimentaires, contre 340 kg pour les produits alimentaires non réfrigérés, 230 kg pour les produits frais et enfin 300 kg pour les produits surgelés.*

Par ailleurs, les chiffres exposés précédemment (cf. Tableau 24) sont déduits du nombre moyen de palettes par véhicule de livraison[159] et des poids moyens des palettes expédiées à partir des centres de distribution des marchandises vers les surfaces de vente. En outre, les charges réelles par famille de produits (non alimentaire, alimentaire non réfrigéré, frais ou surgelé) et par catégorie de véhicule (articulé ou porteur) sont confirmées par des entretiens avec les différents acteurs de la chaîne de distribution[160].

A noter que la charge réelle (C_R) d'un véhicule peut être composée soit d'une seule famille de produits par véhicule (ce qui est très fréquent dans les centres de distribution spécialisés par famille des produits), soit de plusieurs familles de produits par véhicule. Ce dernier mode d'approvisionnement des magasins (avec plusieurs familles de produits par véhicule) est rencontré surtout dans les centres de distribution multi-produits, ou en cas de petites commandes du magasin ce qui oblige le livreur à organiser une tournée de collecte entre plusieurs centres de distribution afin d'augmenter le taux de remplissage du véhicule avant de livrer le magasin.

Pour le calcul de la charge réelle en cas de plusieurs familles de produits dans un seul véhicule de livraison, nous multiplions tout simplement le poids moyen d'une palette (cf. Tableau 24) par le nombre de palettes de même famille des produits afin d'obtenir le poids total chargé par famille des produits, et enfin nous additionnons les poids de différentes familles des produits.

---

[159] *A titre d'exemple, les charges réelles des véhicules de transport des produits frais (que ce soit pour les articulés ou les porteurs) sont plus faibles (cf. tableau 24) que les charges réelles des véhicules de transport des autres familles des produits (non alimentaire, alimentaire réfrigéré ou produits surgelés).*

[160] *A noter que ces charges moyennes (par véhicule et par famille des produits) sont confirmés par des entretiens dans le cadre de cette thèse avec des responsables des centres de distribution (des produits non alimentaires, alimentaires non réfrigérés, frais et surgelés) appartenant à des groupes alimentaires (comme Auchan le 29.08.2013 à Nîmes et Casino le 05.09.2013 à Saint-Etienne) et différents transporteurs (comme Calberson le 11.09.2013 à Paris et Stef le 24.09.2013 à Lyon).*

Dans ce contexte, il faut préciser que l'utilisateur de notre outil a le choix de sélectionner le type de marchandise ou détailler le pourcentage de chaque type de produit par rapport à la charge totale transportée s'il s'agit de différentes familles des produits. En revanche, si l'utilisateur de l'outil ne précise pas le type de marchandise, le pourcentage des familles des produits par rapport à la charge totale (C_T) est déterminé par l'outil, par défaut, comme suit : 21 % de produits non alimentaires, 52 % de produits alimentaires non réfrigérés, 21 % de produits alimentaires frais et 6 % de produits alimentaires surgelés. Cette décomposition par défaut est issue de plusieurs enquêtes réalisées dans les surfaces de vente pour chaque famille des produits par rapport au poids moyen d'un caddie acheté par les ménages français.

A noter que la précision du type de produit est essentielle dans le calcul des émissions de transport, car les produits alimentaires frais et surgelés nécessitent des véhicules de transport à température dirigée. Pour ces derniers produits, les émissions de transport liées à la consommation supplémentaire de carburant et aux fuites frigorigènes (détaillées dans la 3ème section de ce chapitre) sont plus élevées que celles des produits alimentaires non réfrigérés et des produits non alimentaires.

En conclusion, les données produites par Copert IV, les caractéristiques de différentes familles des produits et les charges réelles des véhicules sont indispensables au calcul des émissions d'utilisation des véhicules de transport des marchandises (porteurs et articulés) en amont de la chaîne de distribution. Ce premier travail en amont doit être complété, dans la partie suivante de ce chapitre, par le calcul des émissions de CO_2 des moyens de transport en aval de la chaîne de distribution (VUL, voiture particulière, transport en commun, vélo et deux roues motorisées) en tenant compte bien évidement de leurs caractéristiques différentes.

b. Emissions des véhicules de transport en aval (VUL, voiture, transport public et deux roues)

Dans le but de répondre aux objectifs de réduction des émissions CO_2 au niveau national et international, les grands distributeurs alimentaires doivent mieux contrôler leurs émissions de transport. De plus, les consommateurs ont leur part de responsabilité dans le bilan environnemental de la chaîne de distribution globale. En réalité, les mesures organisationnelles, réglementaires et technologiques prises dans la grande distribution alimentaire ne peuvent être efficaces que si elles sont accompagnées par une baisse des émissions de CO_2 au niveau de l'approvisionnement des ménages entre les surfaces de vente et leurs domiciles. Actuellement, les clients se trouvent dans un contexte favorable au changement des « mauvaises habitudes » grâce à la multiplicité des alternatives de distribution finale auprès des ménages. De ce fait, les consommateurs ont le choix de promouvoir les modes de distribution durables et éviter les moyens de transport très polluants, que ce soit au niveau des émissions de fabrication ou d'exploitation des véhicules.

i. Emissions de fabrication des véhicules en aval

A l'exception de la marche à pied qui est considérée comme un mode de déplacement (et non pas comme un moyen de transport), il faut des véhicules qui assurent le transport des achats depuis les surfaces de vente jusqu'aux domiciles des clients. Ces véhicules nécessitent bien évidement d'être fabriqués avant qu'ils soient à la disposition des clients pour transporter leurs courses[161], sachant que leurs émissions de fabrication changent d'un moyen de transport à un autre. Pour cette

[161] *Dans cette partie, nous intégrons les émissions de fabrication des véhicules utilisés en aval de la chaîne de distribution, comme c'était le cas avant pour les véhicules utilisés en amont de la chaîne. Comme annoncé précédemment, les émissions de fabrication changent d'un moyen de transport à un autre au niveau des émissions liées à la production des matériaux utilisés, et pendant la construction et l'assemblage des pièces de véhicule.*

partie, nous avons alimenté notre outil avec les chiffres produits par l'Ademe dans la version 6.1 du guide des facteurs d'émissions. Le raisonnement suivi pour parvenir à un facteur d'émission correspondant à la fabrication de chaque moyen de transport (émissions de production des matériaux utilisés et émissions pendant la fabrication et l'assemblage de véhicule) est détaillé comme suit en fonction de type de véhicule.

Voiture particulière

En multipliant le coefficient de 5.58 (déduit dans la 1ère partie de cette section) par le poids moyen à vide d'une voiture avoisinant 1189 kg (cf. Tableau 20), nous pouvons déduire que la construction d'une voiture particulière engendre approximativement 6635 $KgCO_2$. Ensuite, nous divisons ces émissions de construction par le nombre total de kilomètres parcourus pendant la durée de vie d'une voiture (200.000 km)[162] (Ademe, 2010, p9), ce qui donne une moyenne d'émissions d'environ 33 gCO_2/km.

Voiture utilitaire léger

Un véhicule utilitaire léger se caractérise par un PTAC d'environ 3.5t avec une charge utile d'une tonne et un poids à vide de 2.5t. En multipliant ce poids à vide par le ratio des émissions de fabrication (5.58), les émissions de fabrication d'un VUL sont estimées à environ 13950 $kgCO_2$/véh. Ensuite, nous divisons ces émissions par le nombre total de kilomètres parcourus en moyenne par un véhicule utilitaire léger pendant toute sa durée de vie. Ce kilométrage moyen est estimé à 255 000 km[163]. Les émissions de fabrication d'un VUL peuvent donc être estimées à 55 gCO_2/km.

---

[162] Et [148] La moyenne de 200.000 km de durée de vie d'une voiture particulière peut être vérifiée autrement en appliquant la formule énoncée précédemment : $y = -242.02\ x^2 + 24135\ x + 171683$ (avec y : Nombre total de km par véhicule ; x : PTAC du véhicule qui est 1.189t). Donc, $y = (-242.02 * (1.189)^2)+(24135*1.189)+171683$. Alors la durée de vie d'une voiture est d'environ 200 milliers de km. En appliquant la même formule sur le VUL, le nombre de km par véhicule (y) est calculé comme suit (avec x: PTAC du VUL de 3.5t). Donc, $y = (-242.02*(3.5)^2)+(24135*3.5) + 171683$= 255 milliers de km.

Transports en commun

Dans cette partie, nous nous intéressons à l'amortissement des émissions de fabrication d'un autobus urbain. Pour ce faire, le poids à vide du bus est converti en émissions de construction, comme c'était le cas précédemment pour les voitures : en moyenne, le poids à vide d'un bus est estimé à 11 tonnes. En appliquant le facteur d'émission de 5.58 tonnes CO_2 par tonne de poids à vide, les émissions de fabrication d'un bus de transport en commun sont estimées à 61.38 tonnes CO_2/bus. Par ailleurs dans le calcul des coûts d'un autobus à la section précédente, nous nous sommes basés sur les données de transport public en province. De ce fait, nous utilisons dans la suite de cette partie les données communiquées par l'Ademe pour un autobus urbain en province (sachant que l'utilisateur de l'outil peut sélectionner l'option d'un bus de transport public en Île-de-France). En moyenne, le nombre de passagers dans un autobus urbain en province est estimé à 10 personnes, avec une durée de vie moyenne de 1 million km (Ademe, 2010, p23 et p24). A partir de ces données, les émissions de fabrication d'un bus de transport en commun sont estimées à 6 gCO_2 par passager.km[164].

Deux roues

Dans le calcul des émissions de construction des deux roues, il existe deux grandes familles qui sont les deux roues motorisés (cycles) et celles qui ne sont pas motorisés (vélos). Concernant la première famille des cycles, nous distinguons trois catégories en raison de leurs émissions différentes (cf. Tableau 25). Dans ce cadre, il est faut noter que les émissions par véhicule.km et les émissions par passager.km

[164] *Les émissions de fabrication d'un bus de transport en commun sont estimées à une moyenne de : (61.38 / 10^6) / 10 = 6.13 gCO_2 par passager.km*

sont à peu près les mêmes en raison du taux de remplissage des cycles proche de 1 : en moyenne, 1,02 en milieu urbain et 1,07 en interurbain (Ademe, 2010, p29).

Tableau 25 : Emissions de fabrication des deux roues motorisées en g CO2 par véh.km

Catégorie de cycle	Cyclomoteur	Motocycles		Moyenne d'émissions pour 2 roues motorisées
		< 125 cm^3	≥ 125 cm^3	
Pourcentage par rapport au total de 2 roues motorisées	26 %	28.35 %	45.65 %	100 %
Emissions de fabrication de 2 roues motorisées	18 gCO_2/km	33 gCO_2/km	37 gCO_2/km	31 gCO_2/km[165]

Source : Auteur, adapté de (Ademe, 2010, p29) et parts des cycles à partir de (cf. Tableau 17)

Concernant la deuxième famille de deux roues, le vélo comme tout autre moyen de transport induit des émissions de CO_2 pendant sa fabrication. Ces émissions de fabrication sont liées au poids du vélo, aux matériaux utilisés et à sa durée de vie en km : selon l'étude de Blondel et al. (2011, p9), un vélo pèse en moyenne 19.9 kg et est composé d'aluminium (14,6 kg), d'acier (3,7 kg) et de caoutchouc (1,6 kg). A noter que la durée de vie d'un vélo est estimée à 7.44 ans avec une moyenne de 2000km/an pour un cycliste régulier (Papon, 2002, p14), ce qui donne un nombre total de 14880 km. Par ailleurs, la fabrication d'un vélo engendre en moyenne 155 $kgCO_2$ (cf. Tableau 26). En divisant ces émissions de CO_2 par la durée de vie du vélo en km (14880 km), les émissions de CO_2 de fabrication sont estimées à 10 gCO_2/km.

Tableau 26 : Emissions de CO_2 des matériaux utilisés dans la fabrication d'un vélo en 2011

Matériaux utilisés par vélo	Acier	Aluminium	Caoutchouc	Total du poids et des émissions de CO_2 par vélo
Emissions d'un kg de matériaux utilisées	2.146 $kgCO_2$/kg	9.835 $kgCO_2$/kg	2.385 $kgCO_2$/kg	
Poids des matériaux utilisés par vélo	3.7 kg/vélo	14.6 kg/vélo	1.6 kg/vélo	19.9 kg/vélo
Emissions de CO_2 des matériaux utilisés	7.94 $kgCO_2$/vélo	143.60 $kgCO_2$/vélo	3.82 $kgCO_2$/vélo	155 $kgCO_2$/vélo

Source : Auteur, adapté de (TNO, 2010)[166] cité in (Blondel et al., 2011, p9)

[165] *Les émissions de l'ensemble des catégories de deux roues motorisées par kilomètre parcouru sont estimées à : (18 * 0.26) + (33 * 0.2835) + (37 * 0.4565) =* ***31 gCO_2/km****.*

[166] *Nederlandse Organisatie voor Toegepast-Natuurwetenschappelijk Onderzoek (TNO) ou Organisation néerlandaise pour la recherche scientifique appliquée. Plus d'informations sont disponibles sur : http://www.tno.nl/ (consulté le 20.02.2012).*

ii. Emissions de fonctionnement des véhicules en aval

Dans la partie précédente, nous avons détaillé les émissions de fabrication de différents véhicules de transport utilisés dans l'approvisionnement des ménages. Cependant, ce premier travail doit être complété par le calcul des émissions de fonctionnement de ces véhicules, afin de déduire le total de leurs émissions d'utilisation (de fabrication et de fonctionnement), à commencer par la voiture particulière, ensuite le VUL, puis le transport public et en dernier lieu les deux roues.

Voiture particulière

La consommation de carburant est estimée à 0.065 l/km (6.5 l/100km) pour une voiture particulière diesel, contre 0.077 l/km (7.7 l/100km) pour une voiture essence (Soes, 2012, p66)[167]. Dans ce contexte, il faut préciser que ces deux estimations correspondent à la totalité du parc des voitures particulières en circulation en 2011 (et non pas à la consommation moyenne des voitures neuves vendues en 2011)[168]. Par ailleurs, les émissions de combustion des hydrocarbures sont estimées à 2.67 $kgCO_2$/litre de gazole et 2.42 $kgCO_2$/litre d'essence[169]. Ces émissions de combustion n'intègrent pas les émissions « en amont de la combustion » associées à l'extraction,

*[167] Selon les données de Service de l'observation et des statistiques (SOeS) du ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie, la consommation moyenne d'un véhicule diesel est estimée à **6.5l/100km**, contre **7.7l/100km** pour un véhicule essence en 2011 (SOeS, 2012, p66). Grâce au renouvellement du parc automobile, cette consommation est en baisse continue, car elle était 6.8l/100km pour voiture diesel et 8.1l/100km pour voiture essence en 2001 (Ademe, 2010, p13).*

[168] Concernant les voitures neuves, la consommation est 4.8 l/100km en 2011 (contre 4.7l/100km en 2012) pour voiture diesel et 5.6 l/100km en 2011 (contre 5.5l/100km en 2012) pour voiture essence (Ademe, 2013, p11). La France a déjà atteint, depuis 2010, l'objectif européen signé le 17/12/2008 visant à réduire les émissions à 130 gCO_2/km en 2015 (Ademe, 2013, p9). En 2012, la moyenne des émissions des véhicules neufs vendus en union européenne est 132gCO_2/km, contre 124 gCO_2/km en France : 123 gCO_2/km pour voiture diesel et 127 gCO_2/km pour voiture essence (Ademe, 2013, p10).

*[169] Le gasoil est assimilé à un hexadécane (n=16) et l'essence à un octane (n=8), sachant que la masse de CO_2 rejetée est : n * masse molaire du CO_2. Dans le cas du gasoil (n=16), la masse de CO_2 rejetée est de 16*44=704 g, tandis que la masse d'une mole d'hexadécane est de 226 g. Donc un gramme de gasoil brûlé rejette 704/226=3.16 gCO_2, alors que la masse volumique du gasoil est 0.85kg/l. Alors, les émissions de combustion sont estimées à 0.85*3.16=**2.67 $kgCO_2$/litre de gasoil**, contre **2.42 $kgCO_2$/litre d'essence**. Ces moyennes sont utilisées par l'Ademe (Ademe, 2007, p18) après conversion des données de «kg équ C» en «kg CO_2» (en multipliant par le ratio 44/12 = **3.67**).*

au transport et au raffinage. Dans notre outil, nous intégrons ces dernières émissions « en amont de la combustion » pour avoir des émissions d'utilisation proches du réel.

En moyenne, les émissions liées au raffinage sont estimées à 114 kg CO_2/tonne selon la direction générale de l'énergie et des matières premières (DGEMP, 2001). En outre, les émissions liées aux consommations d'énergie « du puits à la raffinerie » (d'extraction et de transport) sont évaluées à 225 kgCO_2/tonne (IFP[170], 2001). Nous pouvons donc déduire que le total des émissions de CO_2 en amont « du puits au réservoir » est estimé à 339 kgCO_2/tonne. Par ailleurs, les seules émissions de combustion sont évaluées à 3152 kgCO_2/tonne, ce qui donne un pourcentage de 10.75%[171] des émissions en amont par rapport aux seules émissions de combustion.

A partir de ces données, nous pouvons estimer le total d'émissions de carburant « du puits à la roue » à 2.95 kgCO_2/litre de gazole et 2.84 kgCO_2/litre d'essence[172]. Le total d'émissions d'utilisation liées à la consommation du carburant est ainsi estimé à 191 gCO_2/km pour une voiture diesel et 218 gCO_2/km pour une voiture essence[173]. En plus du carburant, les émissions d'utilisation comprennent les émissions d'entretien et de réparation : « *Des travaux réalisés sur les engins agricoles par l'Institut du Végétal semblent indiquer que, rapporté à l'heure d'utilisation (et donc au kilométrage, plus ou moins) la contribution de la fabrication initiale et celle de l'entretien sont du même ordre de grandeur* » *(Ademe, 2010, p9)*. De ce fait, les

[170] Ces chiffres sont issues de l'IFP (Institut Français du Pétrole), actuellement IFPEN (IFP Energies nouvelles) dans son rapport sur les facteurs d'émission liés aux consommations d'énergie «du puits à la raffinerie». Plus d'informations sur : <www.ifpenergiesnouvelles.fr> (consulté le 12.09.2012).

*[171] Le pourcentage des émissions du carburant en amont (du puits au réservoir) par rapport aux seules émissions de combustion sont évalués à : (92.4 / 859) * 100 =* ***10.75% pour le gazole****, contre* ***17% pour l'essence*** *(Ademe, 2007, p21).*

*[172] Les émissions par litre de carburant sont déduites à partir des émissions de combustion majorées par les émissions du «puits au réservoir»: 2.67 * 1.1075 =* ***2.95 kgCO_2/litre de gazole****, contre 2.42*1.17 =* ***2.84 kgCO_2/litre d'essence*** *(Ademe, 2007, p21).*

*[173] Les émissions de consommation du carburant « du puits à la roue » sont estimées à environ : 0.065 l/km * 2.95 kgCO_2/l =* ***0.191 kgCO_2/km*** *pour une voiture diesel, et 0.077 l/km * 2.84 kgCO_2/l =****0.218 kgCO_2/km*** *pour une voiture essence.*

émissions d'entretien d'une voiture sont estimées à 33 gCO_2/km. Les émissions d'utilisation sont donc estimées à 224 gCO_2/km pour une voiture diesel et à 251 gCO_2/km pour une voiture essence, tandis que le total des émissions (de fabrication et d'utilisation) est de 257 gCO_2/km pour une voiture diesel et 284 gCO_2/km pour une voiture essence[174]. A noter que nous avons alimenté notre outil avec ces deux moyennes (de gazole et d'essence)[175], mais en cas de non précision de la part de l'utilisateur, l'outil considère par défaut qu'il s'agit de gazole. Dans la suite de cette partie, nous considérons que les véhicules fonctionnent au gazole pour simplifier le raisonnement pour les autres moyens de transport en aval.

Véhicule utilitaire léger

En aval de la chaîne de la distribution, le véhicule utilitaire léger est fréquemment utilisé dans l'approvisionnement des points relais et dans la livraison à domicile. Dans les quatre tournées décrites dans la 1ère section de ce troisième chapitre pour le calcul des coûts économiques d'un VUL en cas de livraison à domicile, les distances de chacune des deux premières tournées est de l'ordre de 60km, contre 55km pour chacune de deux dernières tournées. Par ailleurs, les émissions sont égales à 31.94 $kgCO_2$ pour chacune de deux premières tournées, et 17.56 $kgCO_2$ pour chacune de deux dernières tournées (Durand et al., 2012, p16 et p17). De ce fait, pour une distance totale de 230 km, les émissions sont estimées à 99.02 $kgCO_2$.

---

*[174] Les émissions d'entretien sont estimées à 33 gCO_2/km. Alors, les émissions d'utilisation (carburant et entretien):191+33=**224gCO_2/km** pour voiture diesel, et 218+33=**251gCO_2/km** pour voiture essence. En ajoutant les émissions de fabrication (33 gCO_2/km), le total d'émissions (de fabrication et d'utilisation) est estimé à **257 gCO_2/km** pour voiture diesel et **284 gCO_2/km** pour une voiture essence.*

[175] Cela représente des moyennes des véhicules particuliers aux différents milieux (urbain central, urbain périphérique et périphérie). Pour distinguer les émissions par milieu, cette moyenne de 257 gCO_2/km pour voiture diesel et 284 gCO_2/km pour voiture essence correspondent aux émissions au milieu urbain périphérique, tandis que les émissions en urbain central sont légèrement plus élevées (+4%) et les émissions en périphérie sont plus faibles (-6%). Donc les émissions en milieu urbain sont estimées à 267 gCO_2/km pour voiture diesel et 295 gCO_2/km pour voiture essence, alors que les émissions en périphérie sont 241 gCO_2/km pour voiture diesel et 272 gCO_2/km pour voiture essence.

A partir de ces données, nous pouvons déduire que les émissions de combustion d'un VUL de livraison à domicile sont de l'ordre de 430 gCO_2/km. Le même raisonnement est appliqué pour la livraison des points relais, avec une moyenne des émissions de combustion des quatre tournées estimée à environ 372 gCO_2/km. Le total des émissions d'utilisation d'un VUL (fabrication et fonctionnement) est ainsi estimé à 586 gCO_2/km pour la livraison à domicile et 519 gCO_2/km en point relais[176].

Transports en commun

Les émissions des bus pendant la phase de combustion sont estimées à 855 gCO_2/véh.km (Ademe, 2010, p24)[177]. Par ailleurs, dans la partie précédente sur les émissions d'utilisation des véhicules, nous avons évalué (à partir des chiffres de l'Ademe) le nombre de passagers à 10 personnes dans un autobus urbain en province. A partir de ces données, nous pouvons estimer le total des émissions d'utilisation[178] (fabrication et fonctionnement) des bus à 107 gCO_2/passager.km[179].

---

[176] *Les émissions de fabrication d'un VUL sont estimées à 55 gCO_2/km ; et le fonctionnement de VUL engendre 55 gCO_2/km pour l'entretien, et (430*1.1075) = 476 gCO_2/km pour la consommation du carburant du « puits à la roue » pour livraison à domicile et (370*1.1075) = 409gCO_2/km en cas de livraison en point relais. Alors, le total d'émissions d'utilisation (de fabrication et de fonctionnement) de VUL est* ***586 gCO_2/km*** *pour la livraison à domicile et* ***519 gCO_2/km*** *pour la livraison en point relais.*

[177] *Les émissions de combustion d'un autobus urbain sont estimées à 233 g équ. C/véh.km (Ademe, 2010, p24), donc 855 gCO_2/véh.km après conversion de C en CO_2 (en multipliant par le ratio 3.67).*

[178] *Les émissions de fabrication d'un bus sont estimées à 6.13 gCO_2/passager.km ; tandis que l'utilisation de bus engendre 6.13 gCO_2/km pour l'entretien, et environ (855 * 1.1075) / 10 passagers = 95 gCO_2/passager.km pour la consommation du carburant du « puits à la roue ». Alors, le total d'émissions d'utilisation (fabrication et fonctionnement) de bus est estimé à* ***107 gCO_2/passager.km.***

[179] *Pour les autres moyens de transport en commun, le total d'émissions d'utilisation (de fabrication et de fonctionnement) est estimé à 9.54 gCO_2/passager.km pour l'ensemble des métros, tramways et RER (Ademe, 2007, p81). Grâce à leur fonctionnement sans carburant et leur taux de remplissage très élevé, ces derniers véhicules engendrent de faibles émissions par rapport aux bus urbains. Cependant, nous adoptons dans cette partie les émissions des bus, qui se caractérisent par une densité très importante dans la plupart des villes par rapport aux autres moyens de transport collectif (plusieurs villes ont seulement des bus). A notre connaissance au moment de la rédaction de la thèse, il n'y a aucune enquête, qui détaille la part des bus, métros, trams et RER par rapport à l'ensemble des transports publics utilisés dans l'approvisionnement des ménages auprès des surfaces de vente de la grande distribution alimentaire. De plus, la part de l'ensemble des transports publics (cf. Tableau 16) est très faible dans l'approvisionnement des ménages pour toutes les tailles de surface de vente et, par conséquent, l'impact de leur décomposition est négligeable sur le bilan environnemental. A noter que l'utilisateur de l'outil peut sélectionner le type de transport public utilisé pour se rendre en surface de vente ; mais en cas de non précision, notre outil considère (par défaut) qu'il s'agit d'un bus.*

Deux roues

Dans cette partie, nous nous base sur l'étude de l'Ademe sur des facteurs d'émissions relatifs à l'utilisation des deux roues motorisées (Ademe, 2010, p30). En général, les deux roues motorisées sont classés en trois catégories : les cyclomoteurs, les petits motocycles (<125 cm^3) et les grands motocycles (≥125 cm^3), qui n'ont pas les mêmes émissions d'utilisation par passager.km (cf. Tableau 27).

Tableau 27 : Emissions totales de fabrication et d'utilisation de deux roues motorisées

Catégorie de deux roues motorisées	Cyclomoteur	Motocycles		Moyenne d'émissions de deux roues motorisées
		< 125 cm^3	≥ 125 cm^3	
Pourcentage par rapport au total de deux roues motorisées (cf. Tableau 17)	26 %	28.35 %	45.65 %	100 %
Emissions de combustion du carburant (du réservoir à la roue)	66 gCO_2/km	103 gCO_2/km	121 gCO_2/km	102 gCO_2/km[180]
Emissions de fonctionnement (réparation et de carburant du puits à la roue)	92 gCO_2/km	147 gCO_2/km	171 gCO_2/km	144 gCO_2/km[181]
Emissions de fabrication en gCO_2/km (cf. Tableau 25)	18 gCO_2/km	33 gCO_2/km	37 gCO_2/km	31 gCO_2/km[182]
Total d'émissions de CO_2 d'utilisation (de fabrication et de fonctionnement)	110gCO_2/km	180 gCO_2/km	208 gCO_2/km	175 gCO_2/km[183]

Source : Auteur, adapté de (Ademe, 2010, p30)

Ces données (cf. Tableau 27) concernent les facteurs d'émissions en milieu urbain. Par ailleurs, l'usage des deux roues est plus fréquent dans les déplacements aux petites surfaces (souvent localisées en milieu urbain) que dans les déplacements aux grandes surfaces généralement implantées en périphérie (cf. Tableau 16). Dans notre outil, nous n'avons pas discriminé les facteurs d'émissions en milieu urbain par rapport à ceux des milieux urbain-périphérique et périphérie, car ils ne sont pas significativement différents pour les deux roues motorisées (Ademe, 2010, p30).

---

*[180] Les émissions de l'ensemble des catégories de deux roues motorisées par kilomètre parcouru sont estimées à : (66 * 0.26) + (103 * 0.2835) + (121 * 0.4565) =* ***102 gCO_2/km****.*

*[181] Les émissions de l'ensemble des catégories de deux roues motorisées par kilomètre parcouru sont estimées à : (92 * 0.26) + (147 * 0.2835) + (171 * 0.4565) =* ***144 gCO_2/km****.*

*[182] Les émissions de l'ensemble des catégories de deux roues motorisées par kilomètre parcouru sont estimées à : (18 * 0.26) + (33 * 0.2835) + (37 * 0.4565) =* ***31 gCO_2/km****.*

*[183] Les émissions de l'ensemble des catégories de deux roues motorisées par kilomètre parcouru sont estimées à : (110 * 0.26) + (180 * 0.2835) + (208 * 0.4565) =* ***175 gCO_2/km****.*

Concernant les vélos, les émissions de fonctionnement sont estimées à 10 gCO_2/km pour l'entretien et la réparation, alors que les émissions de combustion sont nulles puisqu'il n'y a pas de consommation de carburant. En ajoutant les émissions de fabrication (10 gCO_2/km), le total des émissions d'utilisation d'un vélo est estimé approximativement à 20 gCO_2/km. Pour la marche à pied, les émissions d'utilisation sont considérées comme nulles dans notre outil de calcul : en effet, les émissions liés à l'alimentation ou à l'usure des chaussures sont négligeables dans le calcul du bilan environnemental. Cette réflexion est liée à la nature de ce mode de déplacement « naturel » sans matériaux de fabrication ou émissions de combustion. En conclusion, l'ensemble des émissions de CO_2 des moyens de transport utilisés par les ménages en aval de la chaîne sont récapitulés comme suit (cf. Tableau 28).

Tableau 28 : Emissions de CO_2 des moyens de transport utilisés par les ménages

Moyens de transport utilisés par les ménages	**Emissions de CO_2 de fabrication par km**	**Emissions marginales par km** (sans émissions de fabrication)	**Emissions totales par km** (avec émissions de fabrication)
Voiture particulière	33 gCO_2/véhicule.km	224 gCO_2/véhicule.km	257 gCO_2/véhicule.km
Transport public	6 gCO_2/passager.km	101 gCO_2/passager.km	107 gCO_2/passager.km
Marche à pied	0 gCO_2/km	0 gCO_2/km	0 gCO_2/km
Vélo	10 gCO_2/km	10 gCO_2/km	20 gCO_2/km
Moto	31 gCO_2/km	144 gCO_2/km	175 gCO_2/km

Source : Auteur

Au final, les émissions de CO_2 des différents moyens de transport en amont (articulés et porteurs) et en aval de la chaîne de distribution (voiture particulière, VUL, transport public, marche à pied, vélo et deux roues motorisées) ont un impact important sur le bilan environnemental de la chaîne de distribution (présenté dans le 4ème chapitre). Cependant, le bilan environnemental ne dépend pas seulement des émissions de CO_2 des moyens de transport, mais aussi des émissions de CO_2 des bâtiments logistiques (en amont et en aval), étudiées dans la partie suivante.

2. Emissions d'exploitation (construction et fonctionnement) des bâtiments logistiques

Afin d'améliorer le bilan environnemental de la chaîne de distribution globale, les grands distributeurs alimentaires doivent réduire leurs émissions logistiques : tout d'abord pendant la construction des bâtiments (des centres de distribution en amont et des surfaces de vente en aval), puis également pendant le fonctionnement de ces bâtiments (des opérations logistiques de réception, de transit ou de stockage, de préparation des commandes et d'expédition en amont de la chaîne ; et des émissions de vente classique ou à distance en aval). En effet, ces bâtiments logistiques sont de grands consommateurs d'énergie, que ce soit en amont ou en aval de la chaîne de distribution.

a. Emissions d'exploitation des centres de distribution en amont

Dans cette partie, nous essayons de calculer les bilans environnementaux des différents circuits de livraison (direct, court ou long)[184] en amont de la chaîne de distribution en fonction de la charge totale de marchandise et la distance totale parcourue. Pour ce faire, nous détaillons tout d'abord les émissions de CO_2 des différents bâtiments logistiques, afin de montrer l'impact d'une plateforme intermédiaire (entre les entrepôts des fournisseurs et les surfaces de vente) sur la réduction des émissions de CO_2 de transport en amont de la chaîne de distribution. Comme annoncé précédemment, les émissions logistiques ne se limitent pas dans ce travail de recherche aux émissions de fonctionnement, mais aussi aux émissions de construction des bâtiments logistiques présentées dans la partie suivante.

[184] *Dans ce cadre, nous avons déduit dans le 2ème chapitre, pendant l'examen de la structure des organisations logistiques, que le nombre différent des plateformes logistiques représente le critère principal qui distingue un mode d'organisation par rapport à un autre en amont de la chaîne de distribution.*

i. Emissions de construction des centres de distribution

Selon le guide méthodologique du bilan carbone de l'Ademe appliqué au bâtiment, la part des aciers de structure est la plus élevée avec un pourcentage d'environ 45 % des émissions de construction d'un bâtiment logistique en amont de la chaîne de distribution, contre 30 % pour les aciers de bardage et de couverture, alors que le béton est responsable de 25 % seulement des émissions de construction[185].

En moyenne, l'usage des aciers de structure engendre 90 $kgCO_2/m^2$, contre une moyenne de 60 $kgCO_2/m^2$ pour les aciers de bardage et de couverture, et une troisième part plus faible d'environ 50 $kgCO_2/m^2$ pour l'usage du béton. A partir de ces données, nous pouvons déduire une moyenne de 200 kg CO_2/m^2 à multiplier par la surface moyenne d'un centre de distribution, afin de déduire le total d'émissions de CO_2 de construction d'un bâtiment logistique en amont de la chaîne de distribution.

ii. Emissions de fonctionnement des centres de distribution

Afin de répondre à notre objectif de comparer la durabilité des organisations logistiques en amont, les émissions de fonctionnement des bâtiments logistiques constituent un secteur d'action prioritaire au regard des potentiels d'économies d'énergie qu'ils représentent dans le secteur de la grande distribution alimentaire. Concernant les produits alimentaires à température dirigée, nous distinguons deux catégories de froid qui n'ont pas les mêmes émissions d'exploitation en raison de leur consommation différente d'électricité : en premier lieu, le froid négatif pour les

[185] *Données issues d'un entretien téléphonique avec Thomas Gourdon et Romain Poivet (Ingénieurs Ademe chargés des Bilans GES / Base carbone) le 28.08.2012.Selon le guide méthodologique du bilan carbone appliqué au bâtiment, 15 à 25% des émissions de GES dans un bâtiment de stockage sont dues à la consommation de béton, 20 à 50% sont imputables aux aciers de structure et 20 à 30% sont dues aux aciers utilisés en bardage et couverture (Chevalier et al., 2012, p41). Cependant, il était vivement recommandé pendant l'entretien de prendre les extrêmes des intervalles des émissions du bilan carbone appliqué au bâtiment suite à plusieurs retours d'expérience par des professionnels qui confirment que ces émissions sont un peu sous estimés.*

produits surgelés avec 70 kWh[186] par m^3/an, et en deuxième lieu, le froid positif pour les produits surgelés avec 50 kWh par m^3/an[187]. Dans un bâtiment logistique de 42000 m^2 implanté en région Rhône Alpes, avec une durée de vie moyenne de 30 ans, les émissions de chauffage sont estimées à 9034 tonnes CO_2, contre 4647 tonnes CO_2 pour les émissions d'éclairage, ce qui donne un total de 13681 tonnes CO_2 (Ribière, 2010, p7). De plus, il faut ajouter les émissions de fin de vie du bâtiment logistique estimées à 488 tonnes CO_2[188]. En outre, les émissions de construction de cet entrepôt sont estimées à 13136 tonnes CO_2 (Ribière, 2010, p7), ce qui se traduit par une moyenne[189] de 300 kg CO_2/m^2. Au final, le total d'émissions de CO_2 de ce bâtiment logistique implanté en région lyonnaise est estimé[190] à 700 kg CO_2/m^2 (Ribière, 2010, p10). Dans ce cadre, il faut préciser que nous avons intégré dans notre base de données les émissions de CO_2 qui sont dues à l'usage du chauffage en hiver. Le mécanisme du chauffage est nécessaire pour améliorer les conditions de travail des manutentionnaires et des préparateurs des commandes, et surtout pour éviter le gel de certains produits alimentaires non réfrigérés (dit aussi produits de grande consommation, comme l'épicerie et les boissons).

---

[186] *Le ratio de conversion de kWh en kg CO_2, y compris les fuites pendant la distribution d'électricité vers les bâtiments logistiques de la grande distribution alimentaire, est déduit dans la partie suivante.*

[187] *Données issues d'un entretien avec Jacques Guilpart, responsable de l'Unité de Recherche Génie des procédés frigorifiques-Cemagref le 06.04.2012. En moyenne, il faut 60 à 70 kWh par m^{-3} an^{-1} pour le froid négatif et 45 à 50 kWh par m^{-3} an^{-1} pour le froid positif (Guilpart, 2008, p7). Plus d'informations sur le stockage positif et négatif sont disponibles dans l'étude de (Guilpart, 2009, p3).*

[188] *Données issues d'un entretien avec Alain Ribière de la société GSE (leader européen de la conception et la construction de bâtiments clés en main) le 20.03.2012. Plus d'informations sur les émissions d'utilisation des bâtiments logistiques sont disponibles dans l'étude (Ribière, 2010, p8-10).*

[189] *Dans notre outil, nous utilisons la moyenne déduite précédemment (à partir de guide méthodologique du bilan carbone de l'Ademe appliqué au bâtiment) d'environ 200 kg CO_2/m^2 pour les émissions de construction d'un bâtiment logistique en amont de la chaîne (Chevalier et al., 2012, p41).*

[190] *Les émissions d'exploitation du bâtiment logistique (émissions de fonctionnement (éclairage et chauffage, avec prise en compte des émissions de fin de vie) et émissions de construction) sont estimées à : 13681 + 488 + 13136 = 27305 tonnes CO_2. A noter que la surface de ce bâtiment est 42000 m^2, alors les émissions de CO_2 de ce bâtiment logistique est estimée à 700 kg CO_2/m^2 (Ribière, 2010, p10). Pour une durée de vie de 30ans, les émissions de CO_2 sont estimées à 24 kgCO_2/m^2/an.*

b. Emissions d'exploitation des surfaces de vente en aval

Différents facteurs expliquent notre intérêt à étudier des émissions de CO_2 des surfaces de vente en aval de la chaîne de distribution, comme le fort accroissement de leur nombre dans les dernières années et, par conséquent, la forte augmentation de la consommation d'électricité dans le secteur de la grande distribution alimentaire.

Cependant, il convient de préciser avant toute chose qu'il existe plusieurs acteurs aux finalités différentes dans le cycle de vie d'une surface de vente depuis la construction jusqu'à la démolition. Par conséquent, les attentes de chaque acteur dans cette partie sur les émissions des bâtiments logistiques en aval de la chaîne de distribution ne sont pas forcément les mêmes. Concernant ce travail de recherche, nos attentes de cette partie sont précises : nous devons calculer les émissions de construction et d'exploitation des bâtiments logistiques en aval de la chaîne pour pouvoir calculer le bilan environnemental de la globalité de la chaîne de distribution :

i. Emissions de construction des surfaces de vente

A partir des données du guide méthodologique de l'Ademe, nous pouvons déduire que l'utilisation des aciers de structure dans la construction des surfaces de vente engendre en moyenne 85.5 $kgCO_2/m^2$, tandis que les aciers en bardage et de couverture provoquent des émissions de l'ordre de 57 $kgCO_2/m^2$, et en dernier lieu l'usage du béton engendre 47.5 $kgCO_2/m^2$. A partir de ces données, le total des émissions de CO_2 de construction d'une surface de vente en aval de la chaîne de distribution est estimé à environ 190 $kgCO_2/m^2$ (Chevalier et al., 2012, p42)[191].

[191] *Ces moyennes par poste d'émissions sont confirmées par M. Gourdon, qui est un ingénieur Ademe chargé des propositions d'amélioration du bilan carbone appliqué au bâtiment, pendant un entretien le 28.08.2012. En effet, le total d'émissions de CO_2 de construction d'une surface de vente en aval de la chaîne de distribution est estimé à 190 kg CO2/m^2.*

ii. Emissions de fonctionnement des surfaces de vente

Dans la première section de ce chapitre, consacrée au calcul des coûts d'exploitation des surfaces de vente en aval de la chaîne de distribution, nous avons pris en compte les coûts des différents postes dans le secteur de la grande distribution alimentaire, y compris le coût de consommation d'électricité. Ce poste d'électricité inclut principalement l'ensemble des énergies consommées pour l'éclairage, le traitement d'air (chauffage et refroidissement), le froid commercial, les laboratoires et les chambres froides, ainsi que d'autres consommations.

Pour calculer ce coût d'électricité dans notre outil, nous sommes obligés de calculer dans un premier temps les moyennes de consommation d'électricité par m^2 dans chaque type de surface de vente, puis de multiplier les moyennes trouvées par le coût d'un kWh d'électricité. De même dans cette section, nous exploitons ces moyennes de consommation d'électricité déduites dans la première section de ce troisième chapitre, afin de les multiplier par les émissions de production d'un kWh.

Le contenu moyen en gaz à effet de serre d'un kWh d'électricité peut varier d'un pays à un autre (cf. Tableau 29). Cette différence entre les pays est encore valable pour la majorité des producteurs d'électricité au sein d'un même pays. Elle est justifiée par la variation des sources d'énergie primaire utilisée dans la production d'électricité.

Dans ce contexte, le conseil mondial pour l'énergie estime les émissions de production d'électricité par source d'énergie comme suit : de 754 à 1124 g CO_2/kWh pour le charbon, de 545 à 900 pour le fioul, de 388 à 688 pour le gaz, de 13 à 280 pour le solaire photovoltaïque, de 4 à 90 pour l'hydraulique, de 9 à 48 pour les éoliennes marines ou terrestres, et de 3 à 40 g CO_2/kWh pour le nucléaire. Ces chiffres prennent en compte la totalité des étapes du cycle de production, de

l'extraction des ressources au stockage définitif des déchets éventuels en passant par la construction, l'exploitation et la déconstruction des installations. Cette prise en compte de toutes les étapes du cycle de production explique, bien évidement, pourquoi les rejets du nucléaire, de l'hydraulique et de l'éolien ne sont pas nuls[192].

Tableau 29 : Emissions moyennes d'un kWh d'électricité en 2012

Emissions d'électricité en France en comparaison de la moyenne européenne et celle des autres pays	Emissions de production d'un kWh d'électricité
Emissions de production d'un kWh en France	90 g CO2/kWh
Emissions de production d'un kWh en Europe	326 g CO2/kWh
Emissions de production d'un kWh au Japon	415 g CO2/kWh
Emissions de production d'un kWh aux USA	508 g CO2/kWh
Emissions de production d'un kWh en Russie	317 g CO2/kWh

Source : Auteur, chiffres de (CFE, 2012, p1)[193]

Contrairement aux centrales thermiques (charbon, gaz, fioul) fréquemment utilisées dans les pays[194] à forte émissions de CO_2 par kWh, l'usage du nucléaire est dominant (75.2%) en France ce qui explique ses faibles émissions d'électricité estimées à seulement 90 gCO_2/kWh (cf. Tableau 29). Selon l'agence internationale de l'énergie (AIE), le reste de la production française d'électricité provient d'hydraulique (11,9%), de combustible fossile (10.6%), d'éolien (1.5%) et en dernier lieu de l'exploitation des autres énergies renouvelables (0.8%) en 2012.

---

[192] *Les fourchettes sont parfois très larges car elles prennent en compte l'origine de l'électricité utilisée et un éventail large de technologies, des plus anciennes encore en exploitation aux plus récentes.*

[193] *Plus de détails sont disponibles dans l'étude du conseil français de l'énergie (CFE, 2012, p1) au lien <http://www.wec-france.org/DocumentsPDF/LA%20LETTRE%20DU%20CFE/LaLettreduCFEmars2012.pdf> consulté le 09.04.2013. D'autres informations sont disponibles dans les études de l'agence internationale de l'énergie (AIE, 2007, p102) et de (Delalande et al., 2013, p23) disponibles respectivement sur les deux liens internet <http://www.debatpublic-penly3.org/docs/dossier-mo/catalogue/data/pdf/4.1.pdf> et <http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Rep_-_Chiffres_cles_du_climat.pdf> consultés le 10.04.2013.*

[194] *Le contenu du CO_2 d'un kWh d'électricité produit en France (90 gCO2/kWh) est très faible par rapport à la moyenne européenne (326 gCO_2/kWh) où la filière charbon reste importante, comme c'est le cas de l'Allemagne ou de certains pays d'Europe centrale et orientale. De même, le Japon (415 gCO_2/kWh) et les USA (508 gCO_2/kWh) sont deux pays qui utilisent majoritairement de combustibles fossiles, notamment du charbon aux USA. Par ailleurs, la Réussie (317 gCO_2/kWh) utilise autant de combustibles fossiles que les USA, mais il s'agit du gaz naturel c'est pourquoi la performance du pays en termes de CO_2/kWh est sensiblement meilleure par rapport aux pays plus charbonniers.*

Par ailleurs, cette diversité des sources d'énergie utilisée dans la production d'électricité ne permet pas d'identifier précisément le contenu en gaz à effet de serre d'un kWh consommé dans les bâtiments logistiques de la grande distribution alimentaires, puisque les différents producteurs d'électricité sont tous branchés au même réseau national.

Cette électricité du réseau[195] se caractérise par des proportions variables au fil du temps entre les différents producteurs. Dans un même pays, il peut y avoir plusieurs producteurs potentiels. Cela n'est pas le cas en France, puisqu'il y a un seul producteur qui domine le marché. De ce fait, nous avons utilisé le facteur d'émission moyen (90 gCO_2/kWh) dans notre outil de calcul. En revanche, ce facteur ne tient pas compte des pertes en ligne que nous intégrons bien évidemment dans notre outil de calcul : ces pertes en ligne sont dues à l'acheminement du courant entre la centrale électrique et les surfaces de vente. En général, les surfaces de vente utilisent de l'électricité en moyenne ou en haute tension. De ce fait, le pourcentage des pertes en ligne ne dépasse pas 3 % de l'électricité finale consommée[196].

Ce dernier pourcentage (de 3 %) a été attribué par l'Ademe aux industriels considérés comme de très gros consommateurs d'électricité (Ademe, 2007, 42). Nous considérons donc dans notre outil de calcul que nous pouvons accorder le même pourcentage aux grands distributeurs alimentaires. Ces derniers sont

[195] *L'électricité "de réseau" est celle qui est consommée par un client situé dans un pays et qui se branche sur une prise électrique sans avoir passé un contrat avec un producteur nommément désigné, contrat par lequel le client décide de ne consommer que l'électricité fournie par le producteur en question. Tous les particuliers, et tous les clients dits "non éligibles", consomment de l'électricité de réseau (Ademe, 2007, p33). Selon cette définition de l'Ademe, les grands distributeurs alimentaires sont considérés comme des clients non éligibles.*

[196] *Contrairement aux domiciles des ménages qui consomment du courant à basse tension, les surfaces de vente utilisent de l'électricité en moyenne ou en haute tension. Par conséquent, les pertes en ligne sont estimées à 10% de l'électricité finale consommée à domicile et seulement 3% pour l'approvisionnement en électricité des surfaces de vente et des entrepôts de stockage dans la grande distribution alimentaire.*

considérés, selon les chiffres que nous avons déduits dans la première section de ce troisième chapitre, comme de grands consommateurs d'électricité par m^2. En d'autres termes, quand une surface de vente consomme 1 kWh, l'appareil de production d'électricité a du injecter 1,03 kWh en moyenne dans le réseau. De ce point de vue, les émissions journalière de CO_2[197] d'un bâtiment logistique (que ce soit un centre de distribution en amont ou une surface de vente en aval) dans le secteur de grande distribution alimentaire sont calculées comme suit : $E_j = C_j * P_l * E_p$

E_j : Emissions journalières dans un bâtiment logistique

Cj : Consommation journalière par m^2 selon le type de bâtiment logistique

P_l : Coefficient de perte en ligne (estimé à 1.03 dans la grande distribution alimentaire)

E_p : Emissions de production d'un kWh en France (estimé à 90 g CO_2/kWh)

Dans la première section de ce chapitre, nous avons démontré que les postes d'éclairage, traitement d'air, froid commercial, laboratoires et chambres froides, ainsi que les autres postes de consommation d'électricité dans la grande distribution alimentaire engendrent une consommation journalière totale de 1.68 kWh/m^2 en hypermarché, contre 1.87 kWh/m^2 en supermarché et 2.09 kWh/m^2 en supérette. A partir de ces données, les émissions journalières peuvent être estimées à 0.14 kgCO_2/m^2 en hypermarché, contre 0.16 kgCO_2/m^2 en supermarché et 0.18 kgCO_2/m^2 en supérette. De ce fait, nous pouvons déduire que le passage d'une petite surface à une moyenne surface (ou d'une moyenne surface à une grande surface) implique des économies en émissions de CO_2 d'électricité de l'ordre de 0.02 kg CO_2/m^2/jour.

[197] *Dans la première section de troisième chapitre sur le calcul des coûts d'électricité, nous n'avons pas rajouté les pertes en ligne puisque les grands distributeurs alimentaires paient la consommation relevée dans leurs surfaces de vente multipliée, bien évidemment, par le coût d'un kWh (même si nous pensons que le coût d'un kWh a été calculé d'une façon qui prend en compte les pertes en ligne pendant la distribution d'électricité). En revanche, dans le calcul des émissions, nous devons rajouter les pertes en ligne puisque l'électricité dissipée en ligne dans le réseau a bien dû être produite. De ce point de vue, il convient de rajouter ces pertes en ligne à la consommation finale, afin d'aboutir à une bonne estimation des émissions réelles dans le secteur de la grande distribution alimentaire.*

Section 4. Emissions de CO_2 des fuites frigorigènes en grande distribution alimentaire

1. Définition

Les fluides frigorigènes, dit aussi réfrigérants, sont des substances ou des mélanges de substances utilisés dans les circuits des systèmes frigorifiques : chambres froides, réfrigérateurs industriels ou pour particuliers, congélateurs, machines à glace, vitrines réfrigérées, etc. Les transformations thermodynamiques (généralement l'évaporation et la condensation) qu'ils subissent dans les circuits permettent la production de froid (Lebreton, 2005, p2).

A noter que ces fluides frigorigènes n'ont pas les même PRG et, par conséquent, leurs émissions de CO_2 pendant la production du froid sont différentes. De ce fait, nous étudions dans cette section l'ensemble des réfrigérants utilisés dans le secteur de la grande distribution alimentaire, ainsi que leurs caractéristiques et leurs impacts sur l'environnement (voire sur la santé humaine).

De plus, nous détaillons la part de chaque réfrigérant en fonction du type de surface de vente et de la catégorie du véhicule de transport, en tenant compte du type d'équipement frigorifique utilisé à chaque fois. Ensuite, nous étudions les durées de vie des différents équipements frigorifiques et l'efficacité de récupération dans les bâtiments logistiques et les véhicules de transport des marchandises à température contrôlée. Puis, nous présentons les émissions de CO_2 de production des réfrigérants, ainsi que leur PRG. Enfin, nous déterminons les émissions de CO_2 liées aux fuites de fluides frigorigènes dans les différents modes de distribution dans le secteur de la grande distribution alimentaire.

2. Les réfrigérants utilisés dans la grande distribution alimentaire

a. Les différentes familles de réfrigérants

Les réfrigérants sont très utilisés dans la grande distribution alimentaire grâce à leurs particularités permettant leur exploitation dans un cycle de compression/détente pour transférer des calories. Ils sont sélectionnés principalement pour leur grande propriété d'absorption de chaleur lorsqu'ils passent de leur phase liquide à leur phase gazeuse. En général, les fluides frigorigènes dans le domaine du froid peuvent être classés en quatre familles compte tenu de leurs propriétés physico-chimiques.

En premier, les substances inorganiques pures comme le dioxyde de carbone et l'ammoniac. Ils étaient largement utilisés au début de 20ème siècle, avant de diminuer à cause de leur dangerosité sur les organismes aquatiques (grande facilité à se dissoudre dans l'eau) et sur la santé humaine (provocation de détresse respiratoire, voire une atteinte oculaire). Dans ce contexte, il faut préciser que l'ammoniac est employé dans la grande distribution alimentaire avec des mesures sécuritaires très strictes. Son usage est fréquent dans les installations de froid de grande puissance d'une façon générale, et précisément dans les entrepôts en amont de la chaîne de distribution. Quand au CO_2, il est un peu employé dans la production du froid que ce soit dans les entrepôts de stockage ou dans les surfaces de vente : la part d'usage du CO_2 par rapport à l'ensemble des fluides ne dépasse pas 1.5 % dans les grandes surfaces et il n'est pas du tout utilisé dans les moyennes et petites surfaces.

En deuxième lieu, la famille des hydrocarbures comporte le propane (R290), le butane (R600), le propylène (R1270), le cyclopropane (RC270) et l'isobutane (R600a). Contrairement aux substances inorganiques pures, les hydrocarbures présentent une toxicité humaine faible, mais ils se caractérisent par un grand risque

d'inflammabilité. Par conséquent, ces composés sont rarement utilisés dans le secteur de la grande distribution alimentaire, car les surfaces de vente sont ouvertes aux clients qui ne maîtrisent pas forcément les règles de sécurité.

La troisième famille regroupe des fluides frigorigènes exploités d'une façon très ponctuelle. Cette famille comporte les amines aliphatiques (éthylamine et méthylamine) qui sont des produits extrêmement inflammables et pouvant induire des manifestations allergiques, les alcools (méthanol et éthanol) qui sont connus par leurs effets de vertige et d'ébriété au niveau de système nerveux central, et les éthers oxydes (étherdiméthylique et étherdiéthylique) qui sont des composés extrêmement inflammables et qui, à forte concentration, peuvent entraîner des troubles neurologiques.

La quatrième famille se compose des hydrocarbures halogénés fréquemment employés comme réfrigérants dans la grande distribution alimentaire. Ils sont classés en trois catégories qui n'ont pas le même emploi au fil de leur histoire dans le domaine du froid : la première génération regroupe les chlorofluorocarbures (CFC) substitués par du fluor et du chlore et ne contenant pas d'hydrogène. Suite au protocole de Montréal en 1987, la production et l'exploitation des CFC est interdite[198] depuis l'année 2000. Par ailleurs, les équipements de froid qui utilisent les CFC ont été progressivement échangés ou adaptés pour recevoir des hydrochlorofluorocarbures (HCFC). Cette seconde génération d'hydrocarbures halogénés se caractérise par des composés chimiques formés d'hydrogène, de chlore, de fluor et de carbone. Pendant le déroulement de cette thèse, les HCFC sont encore exploités dans la production du froid, mais ils seront totalement interdits dès

[198] *L'interdiction de l'emploi des CFC ne concerne pas seulement la grande distribution alimentaire, mais tous les secteurs d'activité (sauf usage médical), que ce soit pour les nouvelles installations ou la maintenance des équipements déjà installés.*

le début de l'année 2015. En réalité les HCFC, comme les CFC[199], contribuent à la destruction de la couche d'ozone stratosphérique, ce qui justifie leur interdiction. Actuellement, les HCFC sont en phase de remplacement par les hydrofluorocarbures (HFC) qui sont fréquemment injectés dans les nouvelles installations sous forme de mélanges ou purs. Cette troisième génération d'hydrocarbures halogénés (HFC) est composée d'hydrogène, de fluor et de carbone. Par ailleurs, si les HFC ne participent pas à la destruction de la couche d'ozone, ils contribuent toutefois à l'effet de serre. D'une façon générale, les hydrocarbures halogénés (que ce soit des CFC, des HCFC ou des HFC) sont très dangereux sur le plan environnemental et peu risqués pour la santé humaine (à noter qu'ils peuvent provoquer des troubles de rythme cardiaque en cas de forte exposition).

Dans cette première partie sur les fluides frigorigènes, nous avons présenté leurs dangers sur l'environnement et leurs risques sur la santé humaine. Dans la suite de ce travail de recherche, nous essayons de calculer leurs émissions de CO_2. Celles-ci font partie du total des émissions d'exploitation des bâtiments logistiques et, par conséquent, du bilan environnemental de la chaîne de distribution globale. Pour ce faire, nous étudions d'abord les différents réfrigérants utilisés dans les véhicules de transport à température dirigée, puis les réfrigérants dans les bâtiments logistiques.

b. Les réfrigérants utilisés dans les véhicules de transport

Les véhicules de transport se décomposent en deux grandes catégories selon leurs PTAC : les véhicules supérieurs à 3.5 t (porteurs et articulés) fréquemment utilisés

[199] Seuls les hydrocarbures halogénés de type CFC ou HCFC possèdent une réglementation qui leur est propre (interdiction ou limitation d'emploi) : Le règlement européen 2037/2000 relatif aux substances qui appauvrissent la couche d'ozone (protocole de Montréal) explicite clairement l'interdiction d'utilisation des CFC et la future interdiction d'utilisation des HCFC (interdiction totale à l'horizon 2010-2015). Cependant, les HFC ne sont pas concernés par cette interdiction.

en amont de la chaîne de distribution pour l'approvisionnement des centres de distribution et des surfaces de vente, et les véhicules inférieurs ou égal à 3.5 t (VUL) utilisés en aval de la chaîne pour la livraison des points relais ou à domicile. En raison de leurs caractéristiques différentes, nous étudions les fluides utilisés dans chaque catégorie, afin de déterminer par la suite leurs émissions de CO_2.

La première catégorie (dont le PTAC est supérieur à 3.5 t) regroupe des véhicules équipés de groupes frigorifiques autonomes de type moteur thermique. La deuxième catégorie (dont le PTAC est égal ou inférieur à 3.5 t) se caractérise par des équipements frigorigènes de type poulie-courroie accouplés au moteur. Dans cette deuxième catégorie, nous nous intéressons aux véhicules utilisées par les grands distributeurs alimentaires, ou par leurs prestataires logistiques, dans la livraison des ménages à leurs domiciles ou aux points relais (cf. Tableau 30). En revanche, les moyens de transport utilisés par le client final pour récupérer ses courses (dans les points relais ou dans les magasins Drive ou de vente classique) ne sont pas concernés bien évidement par le calcul des fuites des fluides frigorigènes[200].

Tableau 30 : Les réfrigérants utilisés dans les véhicules de transport en 2009

Catégorie du groupe frigorifique	Moteur thermique (dans les véhicules de PTAC>3.5t)			Poulie-courroie (dans les véhicules de PTAC≤3.5t)	
Fluides frigorigènes	R 404A	R 134a	R 410A	R 404A	R 134a
Parts des fluides	95.5 %	4 %	0.5 %	30 %	70 %

Source : Auteur, adapté de (Barrault et al, 2011, p28) [201]

[200] *Les moyens de transport utilisés par les particuliers (que ce soit les deux roues, transports publics ou les voitures) ne sont pas équipés de matériel de production du froid dédié à la conservation des produits à température dirigée. Incontestablement, plusieurs transports publics et voitures particulières sont équipés des climatiseurs qui sont utilisés pour le confort des personnes et non pas consacrés pour le transport des marchandises. De ce fait, les émissions de climatisation pour le confort des clients pendant le trajet magasin-domicile ne font pas partie des émissions des fuites frigorigènes dans notre outil de calcul, mais plutôt des émissions d'exploitation « normales » des véhicules.*

[201] *Dans notre outil de calcul, nous associons les parts de deux fluides R 404A et R 507, car ils ont approximativement les mêmes PRG (ce qui n'est pas le cas pour les autres fluides frigorigènes).*

La composition des fluides utilisés dans le transport des marchandises (cf. Tableau 30) démontre que les systèmes à moteur thermique sont chargés en grande partie (95.5%) avec le réfrigérant R-404A. Dans de plus faibles proportions, le R-134a et le R-410A ont été récemment introduits à hauteur, respectivement, de 4 % et 0.5 % du marché des véhicules à moteur thermique. Cependant, les parts de ces deux derniers fluides sont beaucoup plus importantes dans les systèmes poulies-courroie, avec majoritairement du R-134a (70 %), et en moindre proportion du R-404A (avec 30 %). A noter que l'emploi du réfrigérant R-404A dans les systèmes poulies-courroie est en grande croissance depuis l'année 2000.

c. Les réfrigérants utilisés dans les bâtiments logistiques

Comme annoncé précédemment, les fluides frigorigènes utilisés dans la production du froid n'engendrent pas les même taux d'émissions. De ce fait, le bilan environnemental dépend du type de fluide introduit dans l'installation frigorifique. Dans ce contexte, il faut préciser que le type du fluide dépend à son tour de la taille de la surface de vente (cf. Tableau 31) :

Tableau 31 : Parts d'usage des fluides dans les grandes et moyennes surfaces en 2009

Taille de la surface de vente	R404A/R507	R134a	R410A	R407C	CO_2
Grande surface	87%	8.5%	1.5%	1.5%	1.5%
Moyenne surface	90%	8%	1%	1%	0%

Source : Auteur, adapté de (Barrault et al, 2011, p19-20)

Les grandes surfaces se caractérisent par une utilisation importante du fluide R-404A (87%) dans les installations frigorifiques. Malgré son importance, l'usage de ce fluide est en baisse dans la dernière décennie en raison de l'évolution de la part du fluide R-134a (8.5%). Concernant les trois autres fluides (R-410A, R407C et CO_2), leur part

reste constante dans les dernières années, même si elle est toujours marginale avec un total qui ne dépasse pas 4.5%. Par ailleurs, l'usage du fluide R-404A est légèrement plus important dans les moyennes surfaces (90%) par rapport aux grandes surfaces (87%). En outre, les parts des fluides R-134a, R-410A et R407C sont très faibles avec respectivement 8%, 1% et 1% en 2009 (même constat dans les grandes surfaces). Par contre, il n'y pas d'installations frigorifiques qui fonctionnent au CO_2 dans les moyennes surfaces, comme c'est le cas dans les grandes surfaces.

Contrairement aux grandes et moyennes surfaces où l'emploi du fluide R-134a est très faible, ce fluide (R-134a) est fréquemment utilisé dans les petites surfaces (supérettes et points relais) et même dans les distributeurs automatiques. Les petites surfaces sont généralement équipées de groupes hermétiques[202] qui se caractérisent par l'utilisation quasi exclusive du réfrigérant R-134a (et non pas équipées de groupes de condensation qui utilisent principalement le fluide R 404A). Les distributeurs automatiques[203] ne sont pas, quant à eux, très utilisés en France contrairement aux pays scandinaves où ils assurent la conservation des colis jusqu'à ce que le client soit en mesure de récupérer ses achats.

Pour conclure, cette première partie a permis de détailler les parts des fluides frigorigènes dans les différentes catégories de véhicules et de bâtiments logistiques. Dans la suite de ce chapitre, nous exploitons ces premières données pour déduire les émissions liées aux fuites frigorigènes dans la grande distribution alimentaire.

---

[202] Données communiquées par M. Denis Clodic (Directeur de recherche émérite à ParisTech et Directeur R&D chez Energy Research Innovation Engineering (EReIE)) dans un entretien effectué le 17.08.2012.

[203] Dans chaque distributeur automatique, il y a plusieurs casiers séparés avec congélateurs, réfrigérateurs et des compartiments avec température ambiante. Chacun de ses casiers comporte une serrure électronique avec un code d'ouverture qui change suite à chaque utilisation pour permettre une exploitation partagée des casiers. Le code d'ouverture sera communiqué à l'aide d'un téléphone mobile à chaque opération. Ces boîtes de réception peuvent être installées, à titre d'exemple, aux stations de transport public (métro, tram ou bus) ou dans les parkings de correspondance train/voiture.

3. Fuites des réfrigérants dans les véhicules et les bâtiments logistiques

a. Méthode de calcul des fuites frigorigènes

Afin de répondre à notre objectif (annoncé à la fin de la partie précédente) de déduire les émissions de CO_2 liées aux fuites de fluides frigorigènes en grande distribution alimentaire, nous appliquons la formule suivante (adoptée des travaux de l'Ademe) :

$$F_f = (((C_f * T_e) * Dv) + (C_f * (1 - E_r))) / D_v$$

F_f : Fuites frigorigènes dans un équipement frigorifique

C_f : Charge moyenne de fluide frigorigène par m^2

T_e : Taux d'émissions par rapport à la charge nominale par an

D_v : Durée de vie de l'installation frigorifique

E_r : Efficacité de récupération

Pour commencer, nous étudions les quatre éléments (C_f, T_e, D_v et E_r) de la formule précédente, permettant ainsi de calculer les fuites de fluides frigorigènes dans les installations frigorifiques, en commençant à chaque fois par les véhicules des transport des marchandises, puis les différentes tailles de surfaces de vente dans la grande distribution alimentaire (cf. Tableau 32).

Tableau 32 : Caractéristiques des équipements frigorifiques dans les véhicules de transport et les surfaces de vente en 2009

Catégorie du groupe frigorifique	Véhicules de transport		Surfaces de vente		
	Moteur thermique (PTAC>3.5t)	Poulie-courroie (PTAC≤3.5t)	Grande surface (>2500m^2, avec une moyenne de 6224m^2)	Moyenne surface (entre 400 et 2500m^2, avec une moyenne de 1048m^2)	Petite surface (>400m^2 avec une moyenne de 215m^2)
Charge moyenne	6.5 kg/véh	2.2 kg/véh	0.27 kg/m^2	0.29 kg/m^2	129.3 kg/équipement
Taux d'émissions	14 %	22 %	28 %	20 %	15 %
Durée de vie	9 ans	9 ans	15 ans	15 ans	15 ans
Efficacité de récupération	65 %	65 %	80 %	80 %	45 %

Source : Auteur, adapté de (Insee, 2009) et (Barrault et al, 2011, p20-29)

b. Charge moyenne de fluide frigorigène

Dans cette partie, nous étudions la charge moyenne d'un réfrigérant dans les équipements frigorifiques de différentes surfaces de vente et véhicules à température dirigée. Précédemment, nous avons observé que la catégorie du groupe frigorifique dans les véhicules (poulie-courroie ou moteur thermique) détermine la part de différents réfrigérants utilisés. De même, la catégorie du groupe frigorifique détermine la charge moyenne de fluide (cf. Tableau 32).

D'une façon générale, la charge moyenne dans les équipements du froid dans le transport routier des marchandises est, comme dans les bâtiments logistiques, en décroissance continue dans les dernières années grâce au progrès technologique. En revanche, les niveaux de charge sont assez variables selon les équipements : en 2009, la charge moyenne est estimée à 2.2 kg pour les systèmes poulie-courroies et 6.5 kg pour les moteurs thermiques. Cette dernière enquête de 2009 (cf. Tableau 32) regroupe tous les véhicules à moteur thermique et, par conséquent, elle ne permet pas de distinguer les porteurs des articulés. Selon une étude plus ancienne de 1996, la charge moyenne est estimée à 6.14 kg dans les porteurs et 8.14 kg dans les articulés (Clodic et al., 1996, p63). Nous utilisons ces deux valeurs dans notre outil de calcul développé dans la cadre de cette thèse. A noter que cette dernière distinction des moteurs thermiques en deux catégories est essentielle vu l'usage différent des articulés (qui sont fréquemment utilisé dans l'approvisionnement des centre de distribution et des grandes surfaces) par rapport aux porteurs (généralement utilisés dans l'approvisionnement des moyennes et petites surfaces).

Comme annoncé précédemment, la charge moyenne des réfrigérants dans les installations frigorifiques varie selon la taille de la surface de vente (cf. Tableau 32) :

en moyenne, le ratio de charge est estimé à 0.27 kg/m^2 pour les grandes surfaces et 0.41 kg/m^2 pour les moyennes surfaces (entrepôts dédiés à la vente à distance et supermarchés[204]). Concernant les petites surfaces, le ratio de charge dépend du type de magasin : supérette, petits commerces spécialisés et distributeurs automatiques. Comme annoncé précédemment, nous nous focalisons dans ce travail de recherche sur les supérettes dépendantes d'un groupe de grande distribution alimentaire. Celles-ci utilisent des groupes de condensation pour la production du froid nécessaire à la conservation des produits frais et surgelés.

En moyenne, une supérette se caractérise par une charge totale d'environ 129.3 kg (cf. Tableau 32). En France, il y a 4800 supérettes avec une surface totale d'environ 1.03 millions de m^2 (Insee, 2012). De ce fait, la surface moyenne d'une supérette est estimée à 215 m^2. Nous déduisons donc le ratio de la charge moyenne par m^2 en divisant la charge totale de réfrigérant par supérette (129.3 kg) par la surface moyenne d'une supérette (215 m^2). Cela donne une charge moyenne de 0.60 Kg/m^2. De ce point de vue, la charge moyenne par m^2 d'une petite surface (0.60 Kg) est supérieure à celle d'une moyenne (0.41Kg) ou encore d'une grande surface (0.27kg). De ce fait, nous pouvons affirmer que la charge moyenne de fluide par m^2 dans les équipements frigorifiques diminue en agrandissant la taille de la surface de vente.

c. Taux d'émissions par rapport à la charge nominale

Généralement, les taux d'émissions fugitives associés aux équipements du froid dans les véhicules de transport routier des marchandises sont élevés, étant donné le

[204] Les supermarchés de petite ou moyenne taille nécessitent une charge moyenne des réfrigérants d'environ 0.29 kg/m^2 dans leurs équipements frigorifiques. En ajoutant le parc des entrepôts entièrement dédiés à la vente à distance et les grands supermarchés (qui sont des moyennes surfaces), le ratio de charge des fluides est estimé à 0.41 kg/m^2 dans leurs équipements frigorifiques.

caractère mobile de ses équipements, ainsi que les grandes pertes pendant les opérations de maintenance. Cependant, le taux d'émissions est en baisse continue dans la dernière décennie, que ce soit pour les moteurs thermiques (14% en 2009) ou pour les poulies-courroie (22% en 2009) grâce à la sensibilisation des grands distributeurs aux émissions de CO_2 des fuites frigorigènes (Barrault et al, 2011, p29).

Concernant les surfaces de vente dans la grande distribution alimentaire, la charge nominale était estimée à 30% pour les grandes surfaces en 2006. Ensuite, elle a diminué de 2% selon les chiffres de la dernière enquête de 2009 (Barrault et al, 2011, p22). Cette baisse du taux d'émission est encore observée dans la même période pour les moyennes surfaces, même si leur taux d'émission (20%) reste inférieur à celui des grandes surfaces (28%). Concernant les petites surfaces, le taux d'émission est estimé à 15% de la charge nominale en 2009 : contrairement à la charge moyenne de réfrigérant par m^2, le taux d'émission annuel par rapport à la charge nominale augmente en agrandissant la taille de la surface de vente.

d. Durée de vie de l'installation frigorifique

La durée de vie d'une installation frigorifique dans un véhicule de transport des marchandises à température contrôlée est estimée en moyenne à 9 ans, que ce soit pour un groupe automne ou poulie-courroie (cf. Tableau 32). Cependant, cette durée de vie moyenne observée pour les véhicules de transport routier est très faible en comparaison de celle des surfaces de vente dans la grande distribution alimentaire.

Selon la dernière enquête de 2009, les surfaces de vente se caractérisent par une durée de vie moyenne de 15 ans pour leurs installations frigorifiques. Cette moyenne est valable pour l'ensemble des bâtiments logistiques indépendamment de leur taille.

e. Efficacité de récupération

Les informations disponibles sur le taux de récupération des fluides montrent que les agents de la maintenance et de l'entretien des équipements frigorifiques en France sont très sensibles à l'importance de la récupération des fluides à la fin du cycle de vie des équipements, que ce soit pour les bâtiments logistiques ou pour les véhicules de transport à température dirigée. Pour les véhicules de transport, l'efficacité de récupération a atteint 65% en 2009 (Barrault et al, 2011, p30). En plus de cette amélioration des pratiques de récupération, il faut prendre en considération le constat déduit précédemment sur la réduction de la charge moyenne des fluides injectés dans les équipements frigorifiques des véhicules dans la dernière décennie grâce au progrès technologique.

Concernant les surfaces de vente dans la grande distribution alimentaire, les obligations réglementaires ont permis d'avoir un taux de récupération très élevé en fin de vie de l'équipement ou pendant le renouvellement des installations frigorifiques : en moyenne, l'efficacité de récupération est estimée à 80% dans les grandes et moyennes surfaces en 2009 (cf. Tableau 32), soit 15% de plus par rapport à l'efficacité de récupération de fluides frigorigènes dans les véhicules (65%).

En effet, les grandes et moyennes surfaces se caractérisent par le même taux de récupération (80%) grâce aux bonnes pratiques de récupération qui sont similaires, et au fait que les opérations de récupération sont assurées par des sociétés externes qui sont spécialisées dans ce genre d'intervention. Dans les petites surfaces, les interventions de maintenance et de récupération sont moins nombreuses que celles dans les grandes et moyennes surfaces. De ce fait, le taux moyen de récupération de fluides en fin de vie de l'équipement est plus faible, avec seulement 45% en 2009.

4. Emissions de CO_2 liées à la production des fluides et aux fuites frigorigènes

Les émissions de production d'un kilogramme de fluide sont estimées en moyenne à 60 kgCO_2[205]. Ces émissions de production des fluides frigorigènes restent très secondaires par rapport à leurs émissions de CO_2 en cas de fuite. Pour calculer ces dernières émissions de fuites frigorigènes, nous présentons tout d'abord les PRG des principaux fluides utilisés dans les équipements frigorifiques (cf. tableau 33).

Tableau 33 : Classement des réfrigérants selon l'importance de leur PRG[206]

Caractéristiques des réfrigérants	Types des réfrigérants	PRG des réfrigérants	Usage dans le secteur de la grande distribution alimentaire
Mélange	R 507A	4000	Réfrigérant utilisé dans les bâtiments logistiques seulement
	R 404A	3900	Réfrigérant utilisé dans les bâtiments logistiques et les véhicules de transport
	R 410A	2100	Réfrigérant utilisé dans les bâtiments logistiques et les véhicules de transport
	R 407C	1800	Réfrigérant utilisé dans les bâtiments logistiques seulement
Fluide pur	R 134a	1430	Réfrigérant utilisé dans les bâtiments logistiques et les véhicules de transport

Comme annoncé précédemment, nous appliquons la formule suivante dans le calcul des fuites de fluides frigorigènes dans une installation frigorifique (F_f), que ce soit pour les bâtiments logistiques ou les véhicules de transport à température dirigée :

$$F_f = (((C_f * T_e) * D_v) + (C_f * (1 - E_r))) / D_v$$

Concernant les véhicules de transport, le calcul des fuites doit être effectué pour les moteurs thermiques et les poulie-courroie ; tandis que pour les bâtiments logistiques, nous effectuons ce calcul des fuites pour les grandes, moyennes et petites surfaces.

---

[205] Les émissions de production des fluides sont très faibles par rapport aux émissions des fuites frigorigènes, puisqu'elles sont estimées en moyenne à 60 kg CO_2 par kg de fluide (les différences entre les émissions de production de différents fluides sont très négligeables). Données issues d'un entretien avec Denis Clodic le 17.08.2012. Plus d'informations sur les émissions de production des fluides sur : <http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/sroc/sroc_full.pdf> (consulté le 17.08.2012).

[206] Plus de détails sur les PRG (Potentiel de Réchauffement Global. En anglais, GWP (Global Warming Potential)) des principaux fluides sont disponibles sur le site de l'AFCE (Alliance Froid Climatisation Environnement) : <http://www.afce.asso.fr/les-gwp-des-fluides/fluides-frigorigenes/les-gwp-des-fluides> (consulté le 13.06.2012).

a. Emissions frigorigènes des bâtiments logistiques

Pour calculer les émissions des bâtiments logistiques, nous récapitulons dans un premier temps l'ensemble des données en fonction de la taille de surface de vente.

Tableau 34 : Fuites des fluides frigorigènes selon les tailles des surfaces de vente

Taille de surface de vente	C_f (charge moyenne de fluide frigorigène)	T_e (Taux d'émissions annuel par rapport à la charge nominale)	D_v (Durée de vie de l'installation frigorifique)	E_r (Efficacité de récupération)	E_f (Fuites des fluides par équipement frigorifique par an)
Grande surface	0.27 kg/m^2	28 %	15 ans	80 %	0.08 kg/m^2
Moyenne surface	0.41 kg/m^2	20 %	15 ans	80 %	0.09 kg/m^2
Petite surface	0.60 kg/m^2	15 %	15 ans	45 %	0.11 kg/m^2

L'application de ces différentes données (cf. Tableau 34) dans la formule ci-dessus, montre une diminution des fuites des fluides frigorigènes en agrandissant la taille de la surface de vente (0.11 kg/m^2/an pour les petites surfaces, contre 0.09 kg/m^2/an pour les moyennes surfaces et seulement 0.08 kg/m^2/an pour les grandes surfaces). En prenant en considération les PRG des fluides utilisés, leurs parts par taille de surface de vente, ainsi que leurs émissions de production (60 kgCO_2/kg de fluide), nous pouvons déduire, dans la suite de cette partie, les émissions frigorigènes d'usage d'un équipement frigorifique pour les différentes tailles de surfaces de vente.

i. Emissions frigorigènes des grandes surfaces

Pour les grandes surfaces, les fluides utilisés dans les équipements frigorifiques sont le R 404A/R507 (87 %, PRG de 3900 pour le R 404A et de 4000 pour le R507), le R 134a (8.5 % et PRG de 1430), le R410A (1.5 % et PRG de 2080), le R 407C (1.5 % et PRG de 1530) et le CO_2 (1.5 % et PRG de 1). Le total des émissions de CO_2 liées aux fuites frigorigènes est ainsi estimé à 0.81 KgCO_2/m^2/jour pour une grande surface[207].

[207] *Le total d'émissions de CO_2 liées aux fuites frigorigènes en grande surface est estimé à : (0.08*(60+(0.87*4000)+(0.085*1430)+(0.015*2080)+(0.015*1530)+(0.015*1))) / 365 =* ***0.82 KgCO_2/m^2/j****.*

ii. Emissions frigorigènes des moyennes surfaces

Selon la dernière enquête de 2009 (cf. Tableau31), les parts des fluides utilisés dans les moyennes surfaces sont évaluées à 90% pour le R 404A / R 507 (PRG de 3900 pour le R 404A et de 4000 pour le R 507), contre 8% pour le R 134a (PRG de 1430), et seulement 1% pour le R410A (PRG de 2080) et 1% pour le R 407C (PRG de 1530). De ce fait, les émissions de CO_2 liées aux fuites frigorigènes sont estimés à 0.92 $KgCO_2/m^2$/jour pour une moyenne surface[208].

iii. Emissions frigorigènes des petites surfaces

Pour les petites surfaces, nous observons une dominance totale (100%) du fluide R 404A. Ce fluide se caractérise par un PRG de 3900. Le total des émissions de CO_2 liées aux fuites frigorigènes est donc estimé à 1.19 $KgCO_2/m^2$/jour[209]. Par conséquent, nous pouvons déduire que les émissions frigorigènes (par m^2/jour) diminuent en agrandissant la taille de surface de vente (1190 gCO_2 en petite surface, contre 920 gCO_2 en moyenne surface et seulement 820 gCO_2 en grande surface).

Dans ce cadre, il est important de rappeler d'abord que la taille de la surface de vente a été sélectionnée dans ce travail de recherche comme un paramètre de différenciation des chaînes de distribution. En plus des arguments avancés dans le 2ème chapitre de la thèse, nous avons montré dans la 2ème section de ce 3ème chapitre les économies d'échelles des grandes surfaces par rapport aux moyennes et petites surfaces au niveau des coûts logistiques (pour les coûts de construction ou de fonctionnement des surfaces de vente). De même sur plan environnemental, nous

[208] *Le total d'émissions de CO_2 liées aux fuites frigorigènes en moyenne surface est estimé à environ : (0.09 * (60 + (0.90 * 3900) + (0.08 * 1430) + (0.01 * 2080) + (0.01 * 1530))) / 365 =* ***0.92 Kg CO_2 /m^2/j****.*

[209] *Le total d'émissions de CO_2 liées aux fuites frigorigènes en petite surface est estimé à environ : (0.11 * (60 + 3900)) / 365 =* ***1.19 Kg CO_2/m^2/jour*** *de fuites frigorigènes.*

avons constaté que les émissions logistiques par m^2 diminuent en agrandissant la taille de la surface de vente (que ce soit pour les émissions de construction et d'exploitation étudiées dans la 3ème section de ce chapitre ou pour les émissions de CO_2 liées aux fuites frigorigènes déduites précédemment dans cette 4ème section).

Concernant l'étude des émissions de CO_2 des fuites frigorigènes dans cette section, il est essentiel de préciser que les produits alimentaires conservés à température dirigée génèrent des émissions de CO_2 supplémentaires (par rapport aux produits alimentaires non réfrigérés et aux produits non alimentaires) non seulement au niveau des bâtiments logistiques, mais également au niveau des véhicules de transport, dont nous présentons les émissions de CO_2 dans la partie suivante.

b. Fuites frigorigènes des véhicules à température dirigée

Les équipements frigorifiques de type « poulie-courroie » (installés dans les VUL, généralement utilisés en aval de la chaîne de distribution pour la livraison à domicile ou en point relais) produisent des fuites annuelles de fluides frigorigènes d'environ 0.57 kg/véh pour une charge moyenne de 2.20 kg/véh. Avec une charge moyenne de 6.5 kg/véh pour l'ensemble des équipements frigorifiques avec des « moteurs autonomes », nous observons le double de fuites de fluides frigorigènes (1.16 kg/véh) par rapport aux moteurs de type « poulie-courroie » (0.57 kg/véh).

Comme annoncé, nous distinguons dans ce travail de thèse les véhicules portant des « moteurs autonomes » en deux catégories : les articulés (fréquemment utilisés en amont de la chaîne de distribution pour l'approvisionnement des entrepôts et des grandes surfaces) avec une charge moyenne de 8.14 kg/véh, et les porteurs (fréquemment utilisés en amont de la chaîne de distribution pour l'approvisionnement des moyennes et petites surfaces) avec une charge moyenne de 6.14 kg/véhicule.

Tableau 35 : Fuites de fluides frigorigènes par véhicule

Catégorie d'équipement frigorifique	Type de véhicule routier	C_f (charge moyenne de fluide frigorigène)	T_e (Taux d'émissions annuel par rapport à la charge nominale)	D_v (Durée de vie de l'installation frigorifique)	E_r (Efficacité de récupération)	E_f (Fuites des fluides par an)
Moteur thermique (PTAC >3.5t)	Articulé	8.14 kg/véh	14 %	9 ans	65 %	1.46 kg/véh
	Porteur	6.141 kg/véh	14 %	9 ans	65 %	1.10 kg/véh
Poulie-courroie (PTAC ≤3.5t)	VUL	2.20 kg/véh	22 %	9 ans	65 %	0.57 kg/véh

L'examen de ces données (cf. Tableau 35) montre une baisse des fuites des fluides en réduisant le PTAC des véhicules : les fuites frigorigènes sont estimés à 0.57 kg/véh pour les VUL, 1.10 kg/véh pour les porteurs et 1.46 kg/véh pour les articulés. L'exploitation de ces données, avec une prise en compte des PRG des fluides utilisés par catégorie de véhicule et des émissions de production (60 $kgCO_2$/kg de fluide), permet de déduire les émissions liées aux fuites frigorigènes d'une heure[210] d'utilisation d'équipement frigorifique par véhicule de transport à température dirigée.

i. Emissions frigorigènes des véhicules à moteur thermique

Pour le parc des véhicules « à moteur autonome » en 2009, l'utilisation du fluide R404A (PRG de 3260) est très majoritaire avec 95.5 %, suivi des fluides R-134a (PRG de 1430) avec 4 % et R410A (PRG de 2080) avec seulement 0.5 %. De ce fait, les émissions frigorigènes par heure d'usage d'un véhicule à « moteur autonome » sont estimées à 1.41 $kgCO_2$/h[211]. Concernant les véhicules de transport « à moteur thermique » généralement utilisés en amont, les émissions frigorigènes des articulés (1.77 $KgCO_2$/h)[212] sont plus élevées que celles des porteurs (1.33 $KgCO_2$/h)[213].

[210] *Le nombre d'heures de fonctionnement d'un équipement frigorifique dans un véhicule de transport des marchandises à température dirigée est estimé à 2666 heures par an (Keïta et Rizet, 2005, p15).*

[211] *Les émissions de CO_2 d'un équipement frigorifique de type moteur autonome (pour les véhicules de PTAC>3.5t): (1.16 * (60 + (0.955 * 3260) + (0.04 * 1430) + (0.005 * 2080))) / 2666 =* ***1.41 $KgCO_2$/h****.*

[212] *Les émissions frigorigènes d'un équipement frigorifique autonome installé dans un articulé de 40t : (1.46 * (60 + (0.955 * 3260) + (0.04 * 1430) + (0.005 * 2080))) / 2666 =* ***1.77 Kg CO_2/h.***

[213] *Les émissions frigorigènes d'un équipement frigorifique autonome installé dans un porteur de 19t: (1.10 * (60 + (0.955 * 3260) + (0.04 * 1430) + (0.005 * 2080))) / 2666 =* ***1.33 Kg CO_2/h.***

ii. Emissions frigorigènes des véhicules à poulie-courroie

Pour le parc des véhicules à « poulie-courroie » en 2009, les fluides frigorigènes utilisés sont le R404A (30% et PRG de 3260) et le R-134a (70% et PRG de 1430). A partir de ces données, les émissions de CO_2 liées aux fuites frigorigènes pendant l'usage d'un véhicule utilitaire léger[214] peuvent être estimées à environ 0.43KgCO_2/h.

De ce fait, nous possédons toutes les données permettant de déduire le total des émissions de CO_2 liées aux fuites frigorigènes par km pour les différentes catégories de véhicules de transport des marchandises en amont et en aval (cf. Tableau 36).

Tableau 36 : Emissions de CO_2 liées aux fuites frigorigènes par véhicule

Catégories de véhicules de transport des marchandises	Vitesse moyenne par véhicule (a)	Fuites frigorigènes par heure (b)	Fuites frigorigènes par km (c=b/a)
Articulé Longue distance vers CDR	66.9 km/h	1.77 kgCO_2/h	26 gCO_2/km
Articulé Régional vers GS	62.5 km/h	1.77 kgCO_2/h	28 gCO_2/km
Porteur Régional vers MS	65.1 km/h	1.33 kgCO_2/h	20 gCO_2/km
Porteur Régional vers PS	60 km/h	1.33 kgCO_2/h	22 gCO_2/km
VUL de livraison en point relais	30 km/h	0.43 kgCO_2/h	14 gCO_2/km
VUL de livraison à domicile	20 km/h	0.43 kgCO_2/h	22 gCO_2/km

Source : Auteur, selon le CNR et un prestataire de transport pour les vitesses de circulation[215]

Concernant les VUL, le total des émissions de fabrication et de fonctionnement est estimé (selon les données présentées à la 3ème section du 3ème chapitre de la thèse) à environ 586 gCO_2/km pour la livraison à domicile et 519 gCO_2/km en point relais. En ajoutant les fuites frigorigènes (cf. Tableau 26), le total des émission s'élève à environ 602gCO_2/km en cas de livraison à domicile et 533gCO_2/km en point relais[216].

[214] *Les émissions frigorigènes d'un équipement frigorifique poulie-courroie installé dans un VUL de 3.5t: (0.57 * (60 + (0.3 * 3260) + (0.7 * 1430))) / 2666 =* ***0.43 Kg CO_2/h****.*

[215] *La vitesse moyenne est déduite à partir des données de CNR en Avril 2012 pour l'articulé longue distance (pour la livraison des centres de distribution), l'articulé régional (pour la livraison des grandes surfaces (100%) et moyennes surfaces (25%)) et le porteur régional pour la livraison de la plupart de moyennes surfaces (75%) et la totalité (100%) de petites surfaces. Selon les données d'un prestataire de transport, la vitesse moyenne d'un VUL est plus importante dans la livraison en point relais (une seule destination) que celle dans la livraison à domicile (plusieurs arrêts par tournée de livraison).*

[216] *Plus de détails sur le calcul du total des émissions de CO_2 (fabrication +entretien et réparation +carburant nécessaire et supplémentaire +fuites frigorigènes) et des coûts des véhicules de transport des marchandises (par km et par tonne.km) utilisés par les grands distributeurs en amont et en aval de la chaînes de distribution sont fournies dans la partie annexe.*

5. Conclusion

A l'origine de ce chapitre, notre interrogation portait sur les composantes du bilan économique des véhicules de transport, des entrepôts de stockage, des plateformes de transit et des surfaces de vente. Dans le même sens, nous envisagions une étude détaillée de l'ensemble des émissions (y compris les fuites frigorigènes) de construction et d'exploitation des bâtiments logistiques dans un premier temps ; puis des émissions de fabrication et d'utilisation des véhicules de livraison des marchandises entre les entrepôts des fournisseurs et les surfaces de vente d'un côté, et des différents modes d'approvisionnement des ménages entre les magasins et leurs domiciles de l'autre côté. A ce stade de la thèse, les données obtenues sont très variées d'une organisation logistique à une autre dans la grande distribution alimentaire, d'où la nécessité d'une interprétation globale dans le quatrième chapitre des bilans économiques et environnementaux de toutes les chaînes de distribution déjà différenciées entre les entrepôts des fournisseurs et les domiciles des ménages.

Par ailleurs, les données déduites des recherches bibliographiques ou de terrain représentent des ingrédients essentiels pour alimenter l'outil de calcul développé dans le cadre de la thèse. Cet outil d'aide à la décision permet d'une part de déduire le meilleur arbitrage possible entre les coûts logistiques et de transport en fonction du poids de la marchandise et de la distance à parcourir en amont de la chaîne de distribution, et d'autre part, d'évaluer la rentabilité économique de différentes alternatives d'approvisionnement des ménages en aval de la chaîne de distribution. Dans le même sens, cet outil est en mesure d'évaluer les émissions de CO_2 en amont et en aval de la chaîne de distribution. Dans le chapitre suivant, nous analysons les bilans économiques et environnementaux de la chaîne de distribution globale, en détaillant à chaque fois les parts des différents maillons de la chaîne.

Chapitre 4.

Analyse des bilans de différents types de chaînes de distribution

Chapitre 4. Analyse des bilans des différents types de chaînes de distribution

Introduction

L'idée principale sur laquelle s'appuie ce travail de recherche est l'évaluation économique et environnementale des chaînes de distribution dans la grande distribution alimentaire : après avoir différencié les chaînes de distribution dans le deuxième chapitre et détaillé les composantes de notre outil de calcul dans le troisième chapitre, il est fondamental dans ce quatrième chapitre de connaître les coûts économiques de ces chaînes et de faire connaître leurs impacts en termes d'émissions de CO_2, que ce soit en amont ou en aval des chaînes de distribution. A noter que dans ce travail d'analyse comparative des chaînes de distribution, nous essayons à chaque fois de donner les coûts et les émissions de CO_2 « par kg de marchandise » (ou par tonne de marchandise), « par caddie d'achat » ainsi que pour « la charge totale de marchandise»[217] achetée par l'ensemble des ménages français.

Afin d'estimer cette « charge totale de marchandise » dans le secteur de la grande distribution alimentaire, le service de transport du groupe Auchan confirme que l'ensemble de ses surfaces de vente ont réceptionné 286 000 livraisons en 2012, avec une moyenne de 14 tonnes/livraison[218]. Par conséquent, le poids total des

---

[217] *La charge totale de marchandise (C_T) est une variable à entrer par l'utilisateur de notre outil de calcul. A noter que la variation de cette charge totale ou de la distance parcourue en amont ou en aval de la chaîne de distribution change bien évidemment les bilans économique et environnemental de la chaîne de distribution globale. Dans ce dernier chapitre, nous avons fait le choix d'entrer dans notre outil la charge totale de marchandise distribuée par les grands distributeurs alimentaires en France.*

[218] *Le poids d'une livraison est estimé à 16.5 t pour les produits non alimentaires, 14.5 t pour les produits non réfrigérés, 10.8 t pour les produits frais et 13.2 t pour les surgelés (cf. Tableau 24), sachant que le groupe Auchan est dominé par les hypermarchés livrés avec des articulés 40t. A noter que 21% des livraisons sont des produits non alimentaires, 52% des produits réfrigérés, 21% du frais et 6% des surgelés. Alors : (16.5*0.21) + (14.5*0.52) + (10.8*0.21)+ (13.2*0.06)=* ***14 tonnes/livraison****.*

marchandises distribuées par le groupe Auchan est estimé à 4 millions tonnes/an. En 2009, le groupe Auchan représente 11.1 % du marché de la grande distribution alimentaire en France[219] (cf. Tableau 1). De ce fait, l'ensemble des groupes alimentaires français vendent annuellement une charge totale de 37 millions tonnes.

A noter que nous avons essayé de vérifier ce dernier chiffre (comme c'est le cas des autres chiffres intégrés dans notre outil), mais qu'aucune étude à notre connaissance au moment de la rédaction de la thèse (y compris les revues spécialisées et les chiffres de l'Insee[220]) ne permet d'avoir une estimation de la charge totale de marchandise distribuée par les grands distributeurs alimentaires en France, ou une estimation sur la composition de cette charge totale en tonnes par famille de produits. Nous avons donc essayé de vérifier cette charge totale en examinant la consommation annuelle des français : en 2009, chaque Français a acheté en moyenne 700 kg[221] d'aliments, de boissons et de produits de droguerie, parfumerie et hygiène (Soes, 2012, p1). Par ailleurs, la population française est estimée à 64 millions[222] d'habitants en 2012 (Insee, 2013). La consommation annuelle de la population française est ainsi d'environ 45 millions de tonnes de marchandises.

---

*Par conséquent, le poids annuel des marchandises vendus par le groupe Auchan est estimé à environ 286 000 livraisons * 14 tonnes = 4 millions tonnes. L'ensemble de ces données sont communiqués par le responsable d'activité transport du groupe Auchan le 04.09.2013.*

[219] *Ce pourcentage de 11.1 % correspond à la part du groupe Auchan en chiffre d'affaire du marché de la grande distribution alimentaire en France, sachant que le responsable du groupe Auchan confirme que ce même pourcentage correspond approximativement à la part du groupe en volume de marchandise par rapport au poids total des produits vendus dans la grande distribution alimentaire. Alors pour un poids total de 4 Mt de marchandises distribuée par Auchan, nous pouvons estimer la charge totale de marchandises distribuées en France par les différents groupes alimentaires à 37 Mt.*

[220] *Dans le cadre de thèse, nous avons contacté l'Insee le 13.02.2014 pour vérifier ce chiffre de 37 Mt, mais il s'est avéré, selon la réponse de l'Insee par mail, que « l'Insee ne dispose pas de données sur le poids annuel des produits vendus dans le commerce de détail ou dans la grande distribution en France ».*

[221] *Le panier de courses annuel de chaque Français pèse 0,7 tonne en moyenne. Ce panier a été analysé à partir de données d'enregistrements d'achats d'un panel représentatif composé de 20 000 ménages. Plus d'informations sont disponibles sur le lien : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/BAT_Point_Panier_carbone_BD_dernieVersion.pdf> (consulté le 25.09.12).*

[222] *Selon les résultats provisoires arrêtés à fin 2012, l'Insee estime la population française à 63 703 191 en France métropolitaine. Lien : < http://www.insee.fr/fr/themes/detail.asp?ref_id=bilan-demo&page=donnees-detaillees/bilan-demo/pop_age2.htm> (consulté le 08.03.2013).*

En moyenne, la grande distribution alimentaire distribue 67.3 %[223] du volume des produits alimentaires (Insee, 2009, p93), ce qui donne une moyenne de 30 millions de tonnes de produits alimentaires. De plus, le poids des produits non alimentaires vendus dans les magasins des groupes alimentaires est estimé à 7 millions de tonnes[224]. Les groupes alimentaires français doivent donc fournir une charge totale d'environ 37 millions tonnes de marchandises par an dans leurs surfaces de vente pour satisfaire la totalité de la demande d'approvisionnement des ménages français. Dans ce contexte, il faut préciser que cette vérification des chiffres issus des enquêtes du terrain aux données produites à partir des revues de littérature dans le calcul de « la charge totale de marchandise » concerne également tous les résultats des bilans économiques et environnementaux détaillés dans la suite de ce chapitre.

Par ailleurs, cette charge totale (de 37 Mt) de marchandises se compose de 21 % de produits non alimentaires, 52 % de produits alimentaires non réfrigérés, 21 % de produits frais et 6 % de produits surgelés. En outre, la distance moyenne entre les fournisseurs et les surfaces de vente est estimée à 450 km[225]. A noter que cette distance varie selon les groupes alimentaires, les fournisseurs, les familles des produits et les types de surfaces de vente. Dans ce contexte, il faut indiquer qu'en moyenne les camions de livraison parcourent 5 % de cette distance en milieu urbain, 25 % sur route, 30 % sur autoroutes non payantes et 40 % sur autoroutes payantes.

---

[223] *En 2008, la grande distribution alimentaire distribue 67% du volume des produits alimentaires (Insee, 2009, p93). Ce pourcentage s'élève à 75% en ajoutant les magasins populaires et discount en plus des hypermarchés, supermarchés et supérettes (Anea, 2012, p9).*

[224] *Dans les surfaces de vente de la grande distribution alimentaire, le poids des produits non alimentaires est estimé à 7.5 millions tonnes pour les produits non alimentaires (21 %), contre 19 millions tonnes pour les produits alimentaires non réfrigérés (52 %), 7.5 millions tonnes pour les produits frais (21 %) et 2 millions tonnes pour les produits surgelés (6 %).*

[225] *En amont de la chaîne de distribution, la distance parcourue entre le fournisseur et la surface de vente varie souvent entre 300 km et 600 km avec une moyenne de 450 km selon plusieurs groupes de grande distribution alimentaire. Dans certains cas, cette distance est beaucoup plus faible pour certains produits locaux ; et dans d'autres cas, elle est très importante pour des produits importés.*

Ces dernières données permettent de préciser d'un côté la distance parcourue entre les entrepôts des fournisseurs et les surfaces de vente en fonction du milieu routier (urbain, route, autoroute avec ou sans péage), et de l'autre côté, la répartition des familles des produits (alimentaires non réfrigérés, frais, surgelés et non alimentaires). A noter que ces données sont fondamentales dans ce travail en raison de leur impact différent sur les bilans économique et environnemental, que ce soit en amont (étudié dans la 1ère section de ce chapitre) ou en aval (détaillé dans la 2ème section).

Section 1. Coûts et émissions des circuits de livraison en amont

L'amont de la chaîne de distribution se caractérise (comme précisé dans le 3ème chapitre) par trois types de circuits de livraison pour l'approvisionnement des surfaces de vente à partir des entrepôts des fournisseurs : en premier lieu, le circuit direct sans aucune rupture de charge entre l'entrepôt du fournisseur et le magasin, en second lieu, le circuit court avec une seule rupture de charge, et en troisième lieu, le circuit long avec deux plateformes intermédiaires entre l'entrepôt du fournisseur et la surface de vente. Pendant l'étude de l'amont de la chaîne dans cette première section, nous comparons d'abord les coûts et les émissions de transport, puis les coûts et les émissions logistiques. Au final, ces deux postes (de transport et de logistique) sont additionnés pour déduire le bilan total de chaque circuit de livraison.

1. Emissions de CO_2 et coûts de transport en amont de chaîne de distribution

Concernant le transport des marchandises en amont, nous distinguons 9 coûts économiques et taux d'émissions différents (cf. Tableau 37) pour assurer la livraison des magasins depuis les entrepôts des fournisseurs. L'ensemble de ces coûts et de ces émissions de transport dépendent bien évidemment de circuit de livraison (direct, court ou long) et de la taille de surface de vente à livrer (grande, moyenne ou petite).

Tableau 37 : Coûts et émissions de transport en amont de la chaîne de distribution

Les 5 modes de distribution	*Type de circuit de livraison*	**Coûts économiques**			**Emissions de CO_2**		
		Coût de la charge totale[226]	Coût par tonne (en €/tonne)	Coût par t.km (en €/t.km)	Emissions de la charge totale	Emissions par tonne (en $kgCO_2$/tonne)	Emissions par t.km (en gCO_2/t.km)
Grande surface	*Circuit direct*	1993 M€	54 €/tonne	0.12 €/t.km	1876 $ktCO_2$	51 $kgCO_2$/tonne	113 gCO_2/t.km
	Circuit court	1390 M€	38 €/tonne	0.08 €/t.km	1628 $ktCO_2$	44 $kgCO_2$/tonne	98 gCO_2/t.km
	Circuit long	1368 M€	37 €/tonne	0.08 €/t.km	1606 $ktCO_2$	43 $kgCO_2$/tonne	96 gCO_2/t.km
Moyenne surface	*Circuit direct*	3546 M€	96 €/tonne	0.21 €/t.km	3153 $ktCO_2$	85 $kgCO_2$/tonne	189 gCO_2/t.km
	Circuit court	2530 M€	68 €/tonne	0.15 €/t.km	2498 $ktCO_2$	68 $kgCO_2$/tonne	150 gCO_2/t.km
	Circuit long	1938 M€	52 €/tonne	0.12 €/t.km	2035 $ktCO_2$	55 $kgCO_2$/tonne	122 gCO_2/t.km
Petite surface	*Circuit direct*	4581 M€	124 €/tonne	0.28 €/t.km	4131 $ktCO_2$	112 $kgCO_2$/tonne	248 gCO_2/t.km
	Circuit court	3158 M€	85 €/tonne	0.19 €/t.km	3088 $ktCO_2$	83 $kgCO_2$/tonne	185 gCO_2/t.km
	Circuit long	2224 M€	60 €/tonne	0.13 €/t.km	2309 $ktCO_2$	62 $kgCO_2$/tonne	139 gCO_2/t.km

Source : Auteur, résultats de l'outil de calcul développé dans le cadre de la thèse

L'étude des bilans économiques et environnementaux du transport en amont de la chaîne de distribution montre que les grandes surfaces se caractérisent par des coûts de livraison et des émissions de CO_2 moins élevés que les moyennes et petites surfaces pour le même type de circuit : dans le circuit court, à titre d'exemple, le coût de transport est estimé à 0.08 €/t.km pour la livraison d'une grande surface, contre 0.15 €/t.km pour une moyenne surface et 0.19 €/t.km pour une petite surface (cf. Tableau 37). De même pour les émissions de CO_2 dans ce circuit court, la livraison des grandes surfaces engendre moins d'émissions de CO_2 (98 gCO_2/t.km) par rapport aux moyennes (150 gCO_2/t.km) et petites surfaces (185 gCO_2/t.km). Ce constat de baisse d'émissions de CO_2 et des coûts de transport dans le circuit court en agrandissant la taille de surface de vente est valable dans les deux autres circuits (direct et long), que ce soit par t.km ou par tonne de marchandise (cf. Tableau 37).

[226] *Ces résultats en millions d'euro (M€) correspondent à une distance moyenne d'environ 450 km en amont de la chaîne de distribution et une charge totale de 37 millions tonnes (37 Mt) de marchandise consommée annuellement par les ménages français, dont 21% des produits non alimentaires, 52% de produits alimentaires non réfrigérés, 21% de produits alimentaires frais et 6% de produits surgelés.*

Cette baisse des coûts de livraison en agrandissant la taille de la surface de vente est liée tout d'abord aux taux de remplissage importants des véhicules de transport à destination des grandes surfaces par rapport aux moyennes et petites surfaces. De plus, les articulés de 40t généralement utilisés (en trace directe) vers les grandes surfaces se caractérisent par des émissions de CO_2 et des coûts de livraison inférieurs, par tonne de marchandise, aux émissions et coûts des porteurs de 19t souvent utilisés dans la livraison (en tournée) des moyennes et petites surfaces.

Par ailleurs, les moyennes surfaces (comme les supermarchés de vente classique, les entrepôts Drive, les entrepôts de livraison à un point relais ou à domicile qui ont les mêmes organisations en amont au niveau de leur approvisionnement en marchandise) se caractérisent par des émissions de CO_2 et des coûts de transport inférieurs à ceux des petites surfaces en raison de la différence au niveau du nombre des magasins par tournée de livraison : en général, deux magasins par tournée pour les moyennes surfaces, contre une moyenne de quatre magasins par tournée pour les petites surfaces. En outre, les petites surfaces sont généralement implantées en centre ville ce qui augmente les émissions de livraison et le coût du dernier kilomètre.

Après cette première étude de l'impact de la taille de la surface sur les coûts et les émissions de transport en amont (en variant la taille de la surface de vente pour le même circuit de livraison), nous étudions l'impact de nombre de ruptures de charge en amont (en variant le type de circuit de livraison pour la même taille de surface de vente) : pour les moyennes surfaces, à titre d'exemple, les coûts de livraison en amont sont estimés à 0.21 €/t.km pour un circuit direct, contre 0.15 €/t.km pour un circuit court et seulement 0.12 €/t.km pour un circuit long (cf. Tableau 37). De même pour les émissions de CO_2, le circuit long est moins polluant (122 gCO_2/t.km) que le circuit court (150 gCO_2/t.km) et le circuit direct (189 gCO_2/t.km).

Ce constat de baisse des émissions de CO_2 et des coûts de transport (à destination des moyennes surfaces) en augmentant le nombre de ruptures de charge est encore valide pour les grandes et petites surfaces, que ce soit par t.km ou par tonne. Cependant, cette baisse se caractérise par différents degrés selon les circuits de livraisons et les tailles des surfaces de vente : le passage d'un circuit direct à un circuit court permet des économies de 16 €/tonne pour les grandes surfaces, contre 28 €/tonne pour les moyennes surfaces et 39 €/tonne pour les petites surfaces[227] ; tandis que le passage d'un circuit court à un circuit long engendre des économies de seulement 1€/tonne pour les grandes surfaces, contre 16 €/tonne pour les moyennes surfaces et d'environ 25 €/tonne pour les petites surfaces [228] (cf. Tableau 37). Par conséquent, l'impact du nombre de ruptures de charge sur la baisse des émissions de CO_2 et des coûts de transport en amont de la chaîne est plus important dans l'approvisionnement des petites et moyennes surfaces que dans celui des grandes surfaces. Cela est justifié par l'augmentation plus importante du taux de remplissage des véhicules à destination des petites et moyennes surfaces ; tandis que les grandes surfaces commandent souvent des grandes quantités ce qui permet d'atteindre un taux de remplissage important des véhicules, sans passer forcément par plusieurs plateformes intermédiaires entre l'entrepôt du fournisseur et la surface de vente. En outre, l'impact du circuit court (par rapport au circuit direct) sur la baisse des émissions de CO_2 et des coûts de transport est plus important que celui du circuit long (par rapport au circuit court), ce qui prouve que le doublement de nombre

[227] Le passage d'un circuit direct à un circuit court engendre une baisse des coûts de transport en amont de 54 €/tonne à 38 €/tonne (c'est-à-dire une baisse de 16 €/tonne) pour les grandes surfaces ; de 96 €/tonne à 68 €/tonne (c'est-à-dire une baisse de 28 €/tonne) pour les moyennes surfaces ; et de 124€/tonne à 85€/tonne (alors une baisse de 39€/tonne) pour les petites surfaces (cf. Tableau 37).

[228] Le passage d'un circuit direct à un circuit long engendre une baisse des coûts de transport en amont de 38 €/tonne à 37 €/tonne (c'est-à-dire une baisse de 1 €/tonne) pour les grandes surfaces ; de 68 €/tonne à 52 €/tonne (c'est-à-dire une baisse de 16 €/tonne) pour les moyennes surfaces ; et de 85 €/tonne à 60€/tonne (alors une baisse de 25 €/tonne) pour les petites surfaces (cf. Tableau 37).

de plateformes intermédiaires (d'une plateforme en circuit direct à deux plateformes en circuit long) ne se traduit pas forcément par un doublement des économies en amont de la chaîne de distribution : par rapport à une livraison directe de petite surface, par exemple, nous constatons des économies de 39 €/tonne[229] en cas d'une seule rupture de charge et de 64 €/tonne pour deux ruptures de charge (cf. Tableau 37). Ce constat est valide pour les grandes et moyennes surfaces, que ce soit pour les coûts économiques ou les émissions de CO_2 en amont de la chaîne.

Concernant la charge totale de marchandise, la pratique des circuits longs dans l'approvisionnement des grandes surfaces permettent aux grands distributeurs alimentaires de réaliser des économies de transport (d'environ 22 M€)[230] par rapport aux circuits courts (cf. Tableau 37). A noter qu'il faut déduire de ces dernières économies de transport (de 22 M€) les coûts d'exploitation des centres de distribution dans les circuits longs (détaillé dans la partie suivante), ce qui explique le non recours des groupes alimentaires aux circuits longs pour l'approvisionnement de leurs grandes surfaces. Par ailleurs, les circuits courts permettent des économies plus importantes par rapport aux circuits directs dans l'approvisionnement des grandes surfaces (603 M€)[231]. Ces économies des circuits courts par rapport aux circuits directs deviennent encore plus importantes pour la livraison des moyennes surfaces (1016 M€) et surtout pour la livraison des petites surfaces (1423 M€).

---

[229] *Pour les petites surface (cf. Tableau 37), le passage par une seule rupture de charge permet une baisse des coûts de transport de 39 €/tonne (de 124 €/tonne à 85 €/tonne) ; alors que le passage par deux ruptures de charge engendre une baisse d'environ 64 €/tonne (de 124 €/tonne à 60 €/tonne).*

[230] *Pour les grandes surfaces, le coût de transport de la charge totale (de 37 MT) baisse de 1390 M€ en circuit court à 1368 M€ en circuit long (cf. Tableau 37), ce qui permet des économies de 22 M€.*

[231] *-Pour les grandes surfaces, le coût de transport de la charge totale de marchandise (37 MT) baisse de 1993 M€ en circuit direct à 1390M€ en circuit court, ce qui permet des économies d'environ 603M€.*
-Pour les moyennes surfaces, le coût de transport de la charge totale de marchandise (37 MT) baisse de 3546 M€ en circuit direct à 2530 M€ en circuit court, ce qui permet des économies de 1016 M€.
-Pour les petites surfaces, le coût de transport de la charge totale de marchandise (37 MT) baisse de 4581 M€ en circuit direct à 3158 M€ en circuit court, ce qui permet des économies d'environ 1423 M€.

De même pour les émissions de CO_2 (cf. Tableau 37), le circuit court permet une réduction des émissions de transport aux grandes surfaces (de 248 $ktCO_2$)[232] par rapport au circuit court. Cette réduction des émissions de transport dans le circuit court par rapport au circuit direct est encore plus importante pour la livraison des moyennes surfaces (655 $ktCO_2$) et surtout pour les petites surfaces (1043 $ktCO_2$). De ce fait, l'impact du circuit court par rapport au circuit direct (que ce soit pour les émissions de CO_2 ou pour les coûts de transport) est moins important en agrandissant la taille de la surface de vente. Cependant, cet impact plus important du circuit court au niveau de la réduction des coûts et des émissions de transport dans les moyennes et petites surfaces ne permet pas à ces dernières surfaces de vente d'être plus économes ou moins polluantes que les grandes surfaces (cf. Tableau 37): dans le circuit court, le coût de transport pour les grandes surfaces est estimé à seulement 1390 M€, contre 2530 M€ pour les moyennes surfaces et 3158 M€ pour les petites surfaces. De même, les émissions de transport dans le circuit court sont estimées à seulement 1628 $ktCO_2$ pour les grandes surfaces, contre 2498 $ktCO_2$ pour les moyennes surfaces et 3088 $ktCO_2$ pour les petites surfaces.

Pour conclure, deux constats ressortent de cette première partie sur le transport des marchandises en amont de la chaine de distribution (cf. Tableau 37) : pour un même type de circuit de livraison (direct, court ou long), les émissions de CO_2 et les coûts de transport baissent en agrandissant la taille de surface de vente ; et pour une même taille de surface de vente (grande, moyenne ou petite), les émissions de CO_2 et les coûts de transport diminuent en augmentant le nombre de plateformes intermédiaires entre l'entrepôt du fournisseur et la surface de vente.

[232] *Les émissions de transport baissent dans le circuit court par rapport au circuit long de 248 $ktCO_2$ pour les grandes surfaces (de 1876 $ktCO_2$ en circuit direct à 1628 $ktCO_2$ en circuit court) et d'environ 655$ktCO_2$ pour les moyennes surfaces (de 3153$ktCO_2$ en circuit direct à 2498 $ktCO_2$ en circuit court) et de 1043 $ktCO_2$ pour les petites surfaces (de 4131 $ktCO_2$ en circuit direct à 3088 $ktCO_2$ en circuit court).*

2. Emissions de CO_2 et coûts logistiques en amont de la chaîne de distribution

Les différents résultats présentés dans la partie précédente (cf. Tableau 37) correspondent aux coûts et émissions de CO_2 de l'activité du transport uniquement : ils ne prennent pas en compte les émissions de CO_2 et les coûts logistiques qui sont liés à la construction et à l'exploitation des bâtiments logistiques (opérations de stockage et de transit dans les centres de distribution, électricité, amortissement des investissements, main d'œuvre, etc). A noter que la marchandise est généralement stockée dans les mêmes conditions dans les centres de distribution pour une même famille de produits. De ce fait, les coûts et les émissions logistiques sont identiques en amont de la chaîne indépendamment de la taille de la surface de vente à livrer plus tard (grande, moyenne ou petite) et de l'alternative de vente (classique ou à distance) au client final. En revanche, les coûts et les émissions logistiques en amont varient bien évidemment en fonction du type de circuit de livraison (cf. Tableau 38).

Tableau 38 : Coûts et émissions logistiques en amont de la chaîne de distribution

Circuit de livraison	Coûts économiques		Emissions de CO_2	
	Coûts économiques de la charge totale	Coûts économiques (en €/tonne)	Emissions CO_2 de la charge totale	Emissions CO_2 (en $kgCO_2$/tonne)
Circuit direct	1904 M€	51 €/tonne	313 $ktCO_2$	8 $kgCO_2$/tonne
Circuit court	2222 M€	60 €/tonne	419 $ktCO_2$	11 $kgCO_2$/tonne
Circuit long	2367 M€	64 €/tonne	432 $ktCO_2$	12 $kgCO_2$/tonne

Source : Auteur, résultats de l'outil de calcul développé dans le cadre de la thèse

Dans le circuit direct, les coûts et les émissions logistiques correspondent aux opérations de gestion des stocks dans les aires de réserve des surfaces de vente : généralement, le seuil de sécurité dans les surfaces de vente livrées directement[233] à partir des entrepôts des fournisseurs est plus important que celui d'une surface de vente livrée à partir du centre de distribution régional du grand distributeur.

[233] *Ce seuil de sécurité plus important dans le circuit direct permet de minimiser le risque de rupture du stock, surtout que la marchandise dans le circuit direct (avant son arrivée au magasin) est dans l'entrepôt du fournisseur et non pas dans un centre de distribution appartenant au grand distributeur.*

En outre, le circuit long avec deux plateformes logistiques (généralement un centre de distribution centralisé, CDC, puis un centre de distribution régional, CDR) n'engendre pas automatiquement le double des coûts logistiques du circuit court avec une seule plateforme logistique, qui est souvent un centre de distribution régional. En réalité, le doublement de nombre des plateformes intermédiaires (d'une seule plateforme dans le circuit court à deux plateformes dans le circuit long) ne se traduit pas forcément par un doublement de la durée de stockage : en général, les coûts des opérations logistiques dans un centre de distribution centralisé (ou dans un centre de distribution local, CDL) en cas de circuit long correspondent à une fonction principale de consolidation des envois (et non pas de stockage) afin d'augmenter le taux de remplissage des véhicules de livraison. Dans ce contexte, il faut rappeler que les durées de stockage dans les centres de distribution régionaux en amont de la chaîne varient en fonction des familles des produits : en moyenne, 42 jours pour les produits non alimentaires, 28 jours pour les produits alimentaires non réfrigérés, 21 jours pour les produits surgelés et généralement du transit pour les produits frais.

Cela engendre un coût logistique total [coût de manutention (réception, expédition,..), coût de stockage (électricité, racks de stockage,..), coût de préparation des commandes à destination des magasins (main d'œuvre, filmage,..)] d'environ 37.5 €/tonne pour les produits non alimentaires, contre 45.5 €/tonne pour les produits alimentaires non réfrigérés, 65 €/tonne pour les produits frais et 84 €/tonne pour les produits surgelés, comme détaillé dans le 3ème chapitre (cf. Tableau 19). En tenant compte des coûts de construction du centre de distribution, d'amortissement des investissements et de la répartition des produits par rapport à la charge totale C_T (21 % non alimentaires, 52 % alimentaires non réfrigérés, 21 % frais et 6% surgelés), les coûts logistiques sont estimés à 60 €/tonne dans le circuit court (cf. Tableau 38).

Concernant les émissions de CO_2, le passage par une plateforme intermédiaire (que ce soit un CDC, un CDR ou un CDL) en amont de la chaîne permet de baisser les émissions de transport (cf. Tableau 37), mais il augmente les émissions logistiques (cf. Tableau 38). Dans ce cadre, il faut noter que les émissions logistiques sont plus faibles que les émissions de transport en raison de type d'énergie utilisé dans chaque secteur : dans les véhicules de transport des marchandises, les émissions de CO_2 proviennent en grande partie du carburant à forte émissions de CO_2 pendant la combustion ; alors que dans les centres de distribution avec stockage des produits, les émissions de CO_2 résultent de la consommation d'électricité à faible émissions de CO_2 en France, car elle est produite en grande partie par des centrales nucléaires.

De plus, la conservation des produits non alimentaires ou alimentaires non réfrigérés dans les centres de distribution ne nécessite pas une grande consommation d'électricité (et par conséquent, de faibles émissions de CO_2) puisqu'ils ne sont pas stockés à température contrôlée comme les produits surgelés. Cependant, le transport de ces produits non alimentaires ou alimentaires non réfrigérés engendre des émissions de CO_2 importantes. Certes les émissions de transport de ces dernières familles des produits (non alimentaires et alimentaires non réfrigérés) sont moins importantes que celles des produits alimentaires à température contrôlée (pour lesquels il faut ajouter la consommation supplémentaire du carburant pour la production du froid et les fuites frigorigènes), mais ces émissions (de transport des produits non réfrigérés et non alimentaires) restent très élevées en comparaison de leurs émissions logistiques. Cela explique bien d'ailleurs la baisse des émissions totales de CO_2 (de transport et de logistique) dans les circuits longs et courts par rapport aux circuits directs (cf. Tableau 39), comme détaillé dans la partie suivante.

3. Emissions de CO_2 et coûts de livraison (transport et logistique) en amont

L'accroissement du nombre des plateformes intermédiaires en amont de la chaîne de distribution a deux conséquences opposées : d'une part, il permet la diminution des coûts et des émissions de transport (cf. Tableau 37), et d'autre part, il provoque l'augmentation des coûts et des émissions logistiques (cf. Tableau 38). Nous nous devons donc d'examiner dans cette partie le total des coûts et des émissions de CO_2 (de transport et de logistique) de l'approvisionnement des surfaces de vente à partir des entrepôts des fournisseurs en amont de la chaîne de distribution (cf. Tableau39).

Tableau 39 : Coûts et émissions de livraison (de transport et logistique) en amont de la chaîne de distribution

Taille de la surface de vente	*Type de circuit de livraison*	**Coûts économiques**				**Emissions de CO_2**			
		Coût de la charge totale	Coût par tonne	Coût par t.km	Coût par kg	Emissions de la charge totale	Emissions de CO_2 par tonne	Emissions par tonne.km	Emissions de CO_2 par kg
Grande surface	*Circuit direct*	3897 M€	105 €/tonne	0.23 €/t.km	0.11 €/kg	2189 $ktCO_2$	59 $kgCO_2$/tonne	131 gCO_2/t.km	59 gCO_2/kg
	Circuit court	3612 M€	98 €/tonne	0.22 €/t.km	0.10 €/kg	2047 $ktCO_2$	55 $kgCO_2$/tonne	123 gCO_2/t.km	55 gCO_2/kg
	Circuit long	3734 M€	101 €/tonne	0.22 €/t.km	0.10 €/kg	2038 $ktCO_2$	55 $kgCO_2$/tonne	122 gCO_2/t.km	55 gCO_2/kg
Moyenne surface	*Circuit direct*	5450 M€	147 €/tonne	0.33 €/t.km	0.15 €/kg	3466 $ktCO_2$	94 $kgCO_2$/tonne	208 gCO_2/t.km	94 gCO_2/kg
	Circuit court	4752 M€	128 €/tonne	0.29 €/t.km	0.13 €/kg	2917 $ktCO_2$	79 $kgCO_2$/tonne	175 gCO_2/t.km	79 gCO_2/kg
	Circuit long	4304 M€	116 €/tonne	0.26 €/t.km	0.12 €/kg	2467 $ktCO_2$	67 $kgCO_2$/tonne	148 gCO_2/t.km	67 gCO_2/kg
Petite surface	*Circuit direct*	6485 M€	175 €/tonne	0.39 €/t.km	0.18 €/kg	4444 $ktCO_2$	120$kgCO_2$/tonne	267 gCO_2/t.km	120gCO_2/kg
	Circuit court	5380 M€	145 €/tonne	0.32 €/t.km	0.15 €/kg	3507 $ktCO_2$	95 $kgCO_2$/tonne	211 gCO_2/t.km	95 gCO_2/kg
	Circuit long	4591 M€	124 €/tonne	0.28 €/t.km	0.13 €/kg	2741 $ktCO_2$	74 $kgCO_2$/tonne	165 gCO_2/t.km	74 gCO_2/kg

Source : Auteur, résultats de l'outil de calcul développé dans le cadre de la thèse

Malgré l'importance des coûts logistiques dans le circuit court (en raison du passage de la marchandise par une plateforme intermédiaire entre l'entrepôt du fournisseur et la surfaces de vente), ce type de circuit est plus économe pour les grands distributeurs alimentaires que le circuit direct. Cela est lié aux économies réalisées dans le transport des marchandises en circuit court : ces économies de transport dépassent les coûts logistiques engendrés par l'exploitation du centre de distribution.

Dans ce cadre, il faut préciser que les économies réalisées dans les coûts de livraison (de transport et logistique) sont moins importantes en agrandissant la taille de la surface de vente[234] : en moyenne, les coûts de livraison diminuent de 105 €/tonne à 98 €/tonne pour les grandes surfaces ; de 147 €/tonne à 128 €/tonne pour les moyennes surfaces ; et de 175 €/tonne à 145 €/tonne pour les petites surfaces. En outre, le passage d'un circuit direct à un circuit court permet de baisser les émissions de CO_2 de 4 $kgCO_2$/tonne pour les grandes surfaces (de 59 $kgCO_2$/tonne à 55 $kgCO_2$/tonne) ; de 15 $kgCO_2$/tonne pour les moyennes surfaces (de 94 $kgCO_2$/tonne à 79$kgCO_2$/tonne) ; et 25 $kgCO_2$/tonne pour les petites surfaces (de 120 $kgCO_2$/tonne à 95 $kgCO_2$/tonne). D'après ces moyennes (cf. Tableau 39), les enseignes réalisent des gains importants (au niveau de la réduction des coûts ou la baisse des émissions de CO_2) en cas de passage par un centre de distribution. Cela justifie la dominance actuelle des circuits courts dans le secteur de la grande distribution alimentaire pour la livraison de différentes tailles de surfaces de vente.

En revanche, le passage d'un circuit court à un circuit long ne permet pas systématiquement des économies au niveau des coûts de livraison de toutes les tailles de surfaces de vente (comme c'était le cas précédemment dans le passage d'un circuit direct à un circuit court). Au contraire, ce passage peut provoquer un effet opposé sur les coûts de livraison des grandes surfaces : malgré la faible diminution des coûts de transport en cas de passage d'un circuit court à un circuit long (cf. Tableau 37), les coûts logistiques associés à cette rupture de charge additionnelle ne permettent pas d'avoir une diminution du coût de livraison total. Ce dernier augmente même de 98 €/tonne en circuit court à 101 €/tonne en circuit long (cf. Tableau 39).

[234] *Le passage d'un circuit direct à un circuit court permet des économies au niveau des coûts de livraison (total des coûts logistiques et de transport en amont) d'environ **7 €/tonne** pour les grandes surfaces (de 105 €/tonne en circuit direct à 98 €/tonne en circuit court) ; et de **19 €/tonne** pour les moyennes surfaces (de 147 €/tonne en circuit direct à 128 €/tonne en circuit court) ; et de **30€/tonne** pour les petites surfaces (de 175€/tonne en circuit direct à 145€/tonne en circuit court (cf.Tableau 39)).*

Ce coût total de la livraison plus élevé dans le circuit long par rapport au circuit court explique le constat (effectué dans le chapitre précédent) de la pratique très faible des circuits longs par les grands distributeurs alimentaires au niveau de l'approvisionnement de leurs grandes surfaces : en général, l'impact du passage d'un circuit de livraison à un autre n'est pas très important sur les coûts de livraison des grandes surfaces puisque leurs grandes commandes permettent de remplir les véhicules de livraison sans passer forcément par plusieurs centres de distribution. Contrairement aux grandes surfaces, le passage d'un circuit court à un circuit long pour les moyennes et petites surfaces permet de réduire le coût total de livraison : nous constatons une réduction de 12 €/tonne pour les moyennes surfaces et de 21 €/tonne pour les petites surfaces[235]. Ces dernières économies très importantes pour les petites surfaces expliquent bien l'intérêt du groupe Casino à livrer plusieurs petites surfaces en circuit long (comme énoncé dans le 3ème chapitre pendant la description des circuits de livraison en amont). A noter que ces économies du passage d'un circuit court à un circuit long (estimées à 12 €/tonne pour les moyennes surfaces et 21 €/tonne pour les petites surfaces) restent inférieures aux économies constatées précédemment en cas du passage d'un circuit direct à un circuit court (de 19 €/tonne pour les moyennes surfaces et 30 €/tonne pour les petites surfaces).

Concernant les émissions de CO_2 en cas de passage d'un circuit court à un circuit long, nous constatons des réductions pour les différentes tailles de surfaces de vente en raison de l'importance de la baisse des émissions de transport par rapport à l'augmentation des émissions logistiques : en cas d'ajout d'une plateforme additionnelle, cette dernière est généralement une plateforme de transit.

[235] *Pour les moyennes surfaces, le coût de livraison en amont de la chaîne de distribution baisse de 128 €/tonne en circuit court à 116 €/tonne en circuit long, ce qui permet des économies de 12 €/tonne. Pour les petites surfaces, le coût de livraison (de transport et logistique) baisse de 145 €/tonne en circuit court à 124 €/tonne en circuit long, ce qui permet des économies de 21 €/tonne (cf. Tableau39).*

Par conséquent, les émissions logistiques sont négligeables puisqu'il n'y pas d'émissions de stockage comme les émissions d'électricité et les fuites frigorigènes. En outre, le passage d'un circuit court à un circuit long a un impact plus important sur les émissions de livraison des petites surfaces qui baissent de 21 $kgCO_2$/tonne (de 95 $kgCO_2$/tonne à 74 $kgCO_2$/tonne). Cette baisse est plus faible (12 $kgCO_2$/tonne) pour les moyennes surfaces (de 79 $kgCO_2$/tonne à 67 $kgCO_2$/tonne) voir négligeable pour les grandes surfaces qui restent constantes à 55 $kgCO_2$/tonne (cf. Tableau 39).

Malgré cet impact très important des centres de distribution (que ce soit dans le circuit court ou long) sur les petites surfaces au niveau de la réduction des coûts et des émissions de CO_2, les livraisons des petites surfaces restent très coûteuses et plus polluantes[236] par rapport à celles des moyennes et grandes surfaces. De ce point de vue, nous comprenons l'intérêt des grands distributeurs alimentaires à multiplier le nombre des grandes et moyennes surfaces par rapport à celui des petites surfaces[237]. D'ailleurs, certains groupes ne possèdent pas de petites surfaces de vente (comme Auchan) vu leurs coûts d'approvisionnement très élevés (cf. Tableau 39). Cependant, ce travail de recherche s'intéresse à la globalité de la chaîne de distribution et ne se limite pas à ces premiers résultats en amont. Dans ce cadre, nous nous interrogeons si les grandes surfaces sont toujours plus intéressantes par rapport aux petites surfaces en cas d'ajout des coûts logistiques et de transport en aval (entre les surfaces de vente et les domiciles des ménages).

---

[236] Malgré la double rupture de charge dans le circuit long et son impact très important sur la baisse des coûts et des émissions des petites surfaces en comparaison de la baisse constatée dans les moyennes et les grandes surfaces, le coût total de livraison de ces petites surfaces reste très élevé par rapport aux moyennes et grandes surfaces (0.28 €/t.km pour les petites surfaces, contre 0.26 €/t.km pour les moyennes surfaces et seulement 0.22 €/t.km pour les grandes surfaces). De plus, les émissions de livraison des petites surfaces (165 gCO_2/t.km) dépassent toujours les émissions de livraison des moyennes surfaces (148gCO_2/t.km) et grandes surfaces (122gCO_2/t.km) (cf.Tableau 39).

[237] Pour la charge totale (37 MT), les coûts et les émissions de livraison dans un circuit court à titre d'exemple (cf. Tableau 39) sont faibles pour les grandes surfaces (3612 M€ et 2047 $ktCO_2$) par rapport aux moyennes surfaces (4752 M€ et 2917 $ktCO_2$) et petites surfaces (5380 M€ et 3507$ktCO_2$).

Section 2. Coûts et émissions des modes de distribution en aval

Dans cette partie, nous comparons les coûts économiques et les émissions de CO_2 de cinq modes de distribution dans la grande distribution alimentaire (vente classique, Drive, point relais, livraison à domicile après le déplacement du client et livraison à domicile après une commande à distance). De plus, nous comparons les bilans économiques et environnementaux de différentes chaînes de distribution dans chacun de ces cinq modes déjà différenciés dans la troisième section du deuxième chapitre (cf. Figure 9). Pour ce faire, nous détaillons pour chaque mode de distribution les coûts et les émissions de transport dans une première partie, puis les coûts et les émissions logistiques dans une deuxième partie. Nous additionnons, par la suite, les deux postes (transport et logistique) pour déduire la totalité des coûts et des émissions de CO_2 en aval de la chaîne de distribution.

1. Coûts et émissions de transport en aval

a. Coûts de transport en aval de la chaîne de distribution

Dans le calcul des coûts de transport en aval, nous détaillons (pour chaque type de chaîne de distribution) la part du coût de transport supportée par le groupe alimentaire ou son prestataire logistique d'un côté, et la part supportée par le client final d'un autre côté. Pour cette deuxième part, nous détaillons à chaque fois le coût d'usage[238] des moyens de transport, puis la valeur du temps du client final pendant son déplacement par ses propres moyens de transport en surface de vente.

[238] *Le coût d'usage de véhicule englobe l'amortissement du coût d'achat de véhicule, des pièces détachées et des accessoires, de carburant et lubrifiants, d'entretien et réparation, d'assurance et d'autres dépenses comme l'amortissement du coût d'obtention du permis de conduire (cf. Graphique 4).*

Dans ce cadre, il faut préciser que la valeur monétaire du temps par heure est estimée à 42 % du salaire brut dans les déplacements d'achat (Boiteux et Baumstark, 2001, p42). Sur la base d'un salaire brut de 9.43 €/heure[239] en 2013, la valeur du temps peut être estimée à 3.96 €/heure. Par ailleurs, la vitesse de circulation n'est pas identique pour les différents moyens de déplacement (voiture particulière, transport public, deux roues motorisées, vélo et marche à pied).

Concernant la voiture particulière, la vitesse de déplacement du client final (Certu, 2009, p21) est plus élevée[240] en cas d'achat dans un hypermarché situé en périphérie (21.9 km/h) qu'en cas d'achat dans un supermarché en urbain-périphérique (15.9 km/h) ou dans une supérette en milieu urbain (13.3 km/h). En divisant la valeur horaire du temps (de 3.96 €/heure) par la vitesse du déplacement en voiture selon la localité géographique de la surface de vente, la valeur du temps d'un déplacement d'achat est évaluée à seulement 0.18 €/km en périphérie, contre 0.25 €/km en urbain-périphérique et 0.30 €/km en milieu urbain (cf. Tableau 40).

Tableau 40 : Coût de déplacement d'achat du client en voiture selon la localisation géographique du magasin

Coûts de déplacement d'achat en voiture selon la localité géographique du magasin	Déplacement d'achat en périphérie	Déplacement d'achat en urbain-périphérique	Déplacement d'achat en milieu urbain
Vitesse de la voiture particulière par type de surface de vente (a)	21.9 km/h	15.9 km/h	13.3 km/h
Valeur du temps du client pendant son déplacement au magasin (b = 3.96€ / a)[241]	0.18 €/km	0.25 €/km	0.30 €/km
Coût global par mode de déplacement (d= b + 0.28€/km)[242]	**0.46 €/km**	**0.53 €/km**	**0.58 €/km**

Source : Auteur

[239] *La valeur du temps n'est pas égale au salaire horaire, même si ce salaire horaire constitue un repère pour sa détermination (Boiteux et Baumstark, 2001, p172).*

[240] *Selon (Crozet, 2005, p31), l'accroissement de la vitesse représente potentiellement une réduction du coût généralisé du déplacement.*

[241] *La valeur monétaire du temps par heure est estimée à 42 % du salaire brut dans les déplacements d'achat (Boiteux et Baumstark, 2001, p42). Par ailleurs, le salaire brut est égal à 9.43 € en 2013 ce qui correspond à une valeur du temps de : 9.43 €/h * 42 % = 3.96 €/heure.*

[242] *En plus des valeurs monétaires du temps par km pour un déplacement d'achat en voiture particulière, il faut ajouter le coût d'usage kilométrique d'une voiture. Ce coût d'usage de la voiture est évalué à 0.28 €/km à partir des données détaillées dans la deuxième section de deuxième chapitre.*

Dans ce contexte, il faut noter que l'outil de calcul développé dans le cadre de cette thèse permet à ses utilisateurs de sélectionner l'emplacement géographique de la surface de vente. En cas de non précision de la part de l'utilisateur, l'outil de calcul considère par défaut que l'hypermarché et l'entrepôt dédié à la vente à distance sont localisés en périphérie, alors que le supermarché est situé en urbain-périphérique et la supérette en milieu urbain. Dans la suite de ce chapitre, nous assimilons les coûts d'un déplacement d'achat en périphérie à ceux d'un déplacement vers un hypermarché ou un entrepôt Drive, les coûts d'un déplacement d'achat en urbain-périphérique à ceux d'un déplacement vers un supermarché et enfin les coûts d'un déplacement d'achat en milieu urbain à ceux d'un déplacement vers un point relais ou une supérette.

Concernant les autres modes de déplacement des ménages (le transport public, les deux roues motorisées, le vélo et la marche à pied), la vitesse du déplacement vers une surface de vente est légèrement plus faible en milieu urbain qu'en milieu urbain-périphérique ou en périphérie pour le même mode de déplacement[243]. Cependant la vitesse varie considérablement d'un mode de déplacement à un autre : 12 km/h en transport public, contre 4.7 km/h à pied, 19 km/h en deux roues motorisées et 14km/h en vélo. Les différentes données permettant de calculer le coût total (coût d'usage du véhicule et valeur du temps du client) de ces derniers modes de déplacement par kilomètre parcouru sont présentées dans le tableau suivant.

[243] *Cette faible variation de la vitesse pour le même mode de déplacement (transport public, deux roues motorisées ou vélo) selon la localisation géographique du magasin (urbain, urbain-périphérique ou périphérie) n'est pas très significative au niveau du résultat final du bilan économique de transport. De plus, la part d'usage de ces derniers véhicules dans les déplacements d'achat est très marginale par rapport à la part d'usage de la voiture particulière. Pour simplifier le calcul, nous attribuons la même vitesse pour un même mode de déplacement (transport public, deux roues motorisées, vélo ou marche à pied), quelque soit la localisation géographique de la surface de vente. En revanche, la vitesse de circulation change considérablement d'un mode de déplacement à un autre (12km/h en transport public, contre 4.7 à pied, 19km/h en deux roues motorisées et 14 km/h en vélo).*

Tableau 41: Valeur du temps des ménages dans les déplacements d'achat en aval de la chaîne de distribution

Mode de déplacement des clients	Transport public	Marche à pied	Deux roues motorisées	Vélo
Coût d'usage par mode de déplacement[244] (cf. Tableau15) (a)	0.11 €/km	0 €/km	0.21 €/km	0.05 €/km
Vitesse par mode de déplacement[245] (b)	12 km/h	4.7 km/h	19 km/h	14 km/h
Valeur du temps passé au transport[246] (c = 3.96 / b)	0.33 €/km	0.84 €/km	0.20 €/km	0.28 €/km
Coût global par mode de déplacement (d = a + c)	**0.44 €/km**	**0.84 €/km**	**0.41 €/km**	**0.33 €/km**

Source : Auteur

L'étude de la totalité des coûts (coût d'usage du véhicule et valeur du temps du client) pour les différents modes de déplacement montre que la marche pied, qui a un coût d'usage nul, est devenue le mode le plus cher (avec 0.84 €/km) en raison de sa faible vitesse (4.7 km/h). Puis vient le transport public, avec un coût moyen d'environ 0.44 €/passager.km. Enfin, les deux roues se caractérisent par un coût moyen de déplacement évalué à 0.41 €/km pour les motos et 0.33 €/km les vélos.

Par ailleurs, la répartition des modes de déplacement (voiture particulière, transport public, deux roues motorisées, vélo et marche à pied) varie considérablement d'une surface de vente à une autre (hypermarché, supermarché, supérette, entrepôt dédié). De ce fait, nous déterminons dans la suite de cette section, les coûts de transport pour les différentes chaînes de distribution (cf. Figure 9) en détaillant la part du coût de transport à la charge de l'enseigne et/ou à la charge du client final. De plus, nous précisons à chaque fois le coût d'usage des moyens de transport et la valeur du temps pour tous les modes de distribution, à commencer par la vente classique, puis le mode Drive, ensuite le mode point relais et enfin les modes de livraison à domicile.

[244] Ces coûts d'usage par mode de transport sont déduits à partir de l'analyse de différents postes de dépense effectuée dans la 2ème section du 3ème chapitre (cf. Tableau 15).

[245] La vitesse du vélo et de la marche sont déduites à partir des travaux de (Héran et al., 2009, p18) ; et la vitesse moyenne des transports publics à partir des données de Yves Crozet (Crozet, 2007, p2).

[246] Le déplacement d'achat se caractérise par une valeur du temps estimée à 42% du salaire brut (Boiteux et Baumstark, 2001, p42). En 2013, le salaire brut est égal à 9.43€/h. Cela donne une valeur monétaire de 3.96€/h, que nous avons appliqué dans notre outil de calcul aux déplacements d'achat.

i. Coût de transport dans la vente classique

Concernant la vente classique, nous détaillons les coûts de transport (par km parcouru, par déplacement d'achat, et par kg de marchandise) pour les différentes surfaces de vente (hypermarché, supermarché et supérette). De plus, nous estimons à chaque fois le nombre total de déplacements d'achat par type de surface de vente en France, ainsi que le coût total de transport correspondant à une charge totale de 37 Mt de marchandise consommée annuellement par l'ensemble des ménages français. Pour ce faire, nous exploitons les données de l'enquête de répartition des moyens de transport des ménages par type de surface de vente (cf. Tableau 16) et les résultats produits précédemment sur les coûts d'utilisation des véhicules et les valeurs du temps du consommateur par mode de déplacement (cf.Tableau 41).

Dans un premier temps, l'exploitation de ces données (cf. Tableau 42) permet de déduire que le coût moyen de transport « par km parcouru » est plus faible en cas d'achat dans une grande (0.46 €/km) ou moyenne surface (0.57 €/km) par rapport à une petite surface (0.72 €/km) : cela est expliqué par l'usage fréquent des voitures particulières pour se rendre aux grandes ou moyennes surfaces (95.30 % pour les hypermarchés et 80.80 % pour les supermarchés), alors que les supérettes se caractérisent par la dominance de la marche à pied (57.80 %). Dans ce contexte, il est important de rappeler que la marche à pied est associée à un coût kilométrique plus élevé (0.84 €/km) que celui de la voiture et des autres véhicules (transport public, vélo, moto) pour l'ensemble des coûts d'utilisation des moyens de transport et de la valeur du temps du client pendant son déplacement à la surface de vente.

Par ailleurs, ces derniers coûts de transport « par km parcouru » (0.46 €/km en hypermarché, 0.57 €/km en supermarché et 0.72 €/km en supérette) peuvent être

détaillés en deux parties : d'un côté, le coût d'utilisation des moyens de transport (achat, carburant, assurance, etc) évalué à 0.27 €/km en hypermarché, 0.23 €/km en supermarché et 0.11 €/km en supérette ; et de l'autre côté, la valeur du temps du client pendant son déplacement estimée à 0.19 €/km en hypermarché, 0.34 €/km en supermarché et 0.61 €/km en supérette.

Contrairement au coût de transport « par km parcouru », qui est moins élevé pour les achats dans les grandes surfaces (0.46 €/km en l'hypermarché, contre 0.57 €/km en supermarché et 0.72 €/km en supérette), le coût de transport « par déplacement d'achat » est moins élevé pour les achats dans les moyennes et petites surfaces (4.89 €/déplacement en hypermarché, contre 1.75 €/déplacement en supermarché et 0.43 €/déplacement en supérette): cela est expliqué par l'importance de la distance entre le domicile du ménage et un hypermarché estimée à 10.54 km, contre 3.06 km en cas de déplacement vers un supermarché et seulement 0.6 km vers une supérette. Comme c'était le cas précédemment pour les coûts de transport « par km parcouru », nous détaillons ces derniers coûts « par déplacement d'achat » comme suit : d'un côté, le coût d'utilisation des moyens de transport estimé à 2.85 €/déplacement en hypermarché, 0.71 €/déplacement en supermarché et 0.07 €/déplacement en supérette ; et de l'autre côté, la valeur du temps du client pendant le trajet vers le magasin évalué à 2.04 €/déplacement en hypermarché, 1.04 €/déplacement en supermarché et 0.36 €/déplacement en supérette (cf.Tableau 42).

Dans ce contexte, il est important de préciser que ces derniers coûts de transport « par déplacement d'achat » (moins élevés pour les moyennes et petites surfaces avec 4.89 €/déplacement en hypermarché, contre 1.75 €/déplacement en supermarché et seulement 0.43 €/déplacement en supérette) sont associés à différents poids du caddie (30 kg en hypermarché, contre 15 kg en supermarché

et 5 kg en supérette). Ce poids plus important du caddie en agrandissant la taille de la surface de vente n'empêche pas d'avoir un coût de transport plus élevé « par kg de marchandise» dans les grandes surfaces par rapport aux moyennes et petites surfaces (0.16 €/kg en hypermarché, contre 0.12 €/kg en supermarché et 0.09 €/kg en supérette). Ces derniers coûts peuvent être classés en deux grandes familles : d'un côté le coût d'utilisation des moyens de transport qui est plus élevé à destination d'une grande surface (0.10 €/kg en hypermarché, contre 0.05 €/kg en supermarché et seulement 0.01 €/kg en supérette) ; et de l'autre côté, la valeur du temps du client final plus élevée pour les déplacements aux moyennes et petites surface (0.06 €/kg en hypermarché, contre 0.07 €/kg en supermarché et 0.08 €/kg en supérette).

Pour conclure, nous pouvons déduire que le coût de transport dans le mode de vente classique est plus élevé « par km parcouru » pour les achats effectués dans des petites surfaces (0.72 €/km en supérette, contre 0.57 €/km en supermarché et 0.46 €/km en hypermarché). En revanche, le coût de transport est plus élevé pour les achats dans les grandes surfaces « par déplacement d'achat » (0.43 €/déplacement en supérette, contre 1.75 €/déplacement en supermarché et 4.89 €/déplacement en hypermarché) et «par kg de marchandise» (0.09 €/kg en supérette, contre 0.12 €/kg en supermarché et 0.16 €/kg en hypermarché). Enfin, l'étude des coûts de transport en aval de la chaîne de distribution dans la vente classique (cf. Tableau 42) montre que les ménages français dépensent annuellement 6031 M€ pour les déplacements aux hypermarchés, contre 4325 M€ pour les déplacements aux supermarchés et seulement 3200 M€ pour les déplacements d'achat aux supérettes. Dans la vente classique, le coût de transport entre le domicile du ménage et la surface de vente est entièrement supporté par le client final, comme c'est le cas d'ailleurs dans le mode Drive, dont nous étudions les coûts dans la partie suivante.

Tableau 42 : Composition du coût de transport dans la vente classique en aval de la chaîne de distribution

Mode de déplacement utilisé en aval de la chaîne de distribution	Hypermarché classique				Supermarché classique				Supérette classique			
	Moyens de transport utilisés	Coût d'utilisation (achat, carburant..)	Valeur du temps du client par kilomètre	Coût total (utilisation et temps) par km	Moyens de transport utilisés	Coût d'utilisation (achat, carburant..)	Valeur du temps du client par kilomètre	Coût total (utilisation, et temps) par km	Moyens de transport utilisés	Coût d'utilisation (achat, carburant..)	Valeur du temps du client par kilomètre	Coût total (utilisation et temps) par km
Voiture	95.30 %	0.28 €/km	0.18 €/km	**0.46 €/km**	80.80%	0.28 €/km	0.25 €/km	**0.53€/km**	37.10%	0.28 €/km	0.30 €/km	**0.58€/km**
Transport public	3.00%	0.11 €/km	0.33 €/km	**0.44 €/km**	2.60%	0.11 €/km	0.33 €/km	**0.44€/km**	2.00%	0.11 €/km	0.33 €/km	**0.44€/km**
Marche à pied	1.30%	0 €/km	0.84 €/km	**0.84 €/km**	15.3%	0 €/km	0.84 €/km	**0.84€/km**	57.80%	0 €/km	0.84 €/km	**0.84€/km**
Vélo	0.23%	0.05 €/km	0.28 €/km	**0.33 €/km**	0.74%	0.05 €/km	0.28 €/km	**0.33€/km**	1.77%	0.05 €/km	0.28 €/km	**0.33€/km**
Moto	0.17%	0.21 €/km	0.20 €/km	**0.41 €/km**	0.56%	0.21 €/km	0.20 €/km	**0.41€/km**	1.33%	0.21 €/km	0.20 €/km	**0.41€/km**
Coût par km entre surface de vente et domicile client (**a**)	100%	**0.27 €/km**[247]	**0.19 €/km**[248]	**0.46 €/km**[249]	100%	**0.23 €/km**[250]	**0.34 €/km**[251]	**0.57 €/km**[252]	100%	**0.11 €/km**[253]	**0.61 €/km**[254]	**0.72 €/km**[255]
Distance entre la surface de vente et domicile client (**b**)	10.54 km				3.06 km				0.60 km			
Poids du caddie par surface de vente (**c**)	30 kg				15 kg				5 kg			
Coût par déplacement d'achat (**d**=a*b)	Hyper classique	2.85 € /déplacement	2.04 € /déplacement	4.89 € /déplacement	Super classique	0.71 € /déplacement	1.04 € /déplacement	1.75 € /déplacement	Supérette classique	0.07 € /déplacement	0.36 € /déplacement	0.43 € /déplacement
Coût total de transport par surface de vente (**e**=a*b*(C_T/c)) [256]		3518 M€	2513 M€	6031 M€		1741 M€	2584 M€	4325 k€		487 M€	2713 M€	3200 M€
Coût de transport par kg d'achat (**f**= d/c ou e/C_T)		**0.10 €/kg**	**0.06 €/kg**	**0.16 €/kg**		**0.05 €/kg**	**0.07 €/kg**	**0.12€/kg**		**0.01 €/kg**	**0.08 €/kg**	**0.09 €/kg**

[247] *Coût d'utilisation des moyens de transport (amortissement d'achat de véhicule et de permis, carburant, assurance, entretien et réparation, etc) pendant le déplacement du client en hypermarché :*
*(0.28 * 0.953) + (0.11 * 0.030) + (0 * 0.013) + (0.05 * 0.0023) + (0.21 * 0.0017) =* ***0.27 €/km****.*

[248] *Coût kilométrique de la valeur du temps pendant le déplacement du client en hypermarché :*
*(0.18 * 0.953) + (0.33 * 0.030) + (0.84 * 0.013) + (0.28 * 0.0023) + (0.20 * 0.0017) =* ***0.19 €/km****.*

[249] *Coût kilométrique total (d'utilisation et valeur du temps) du déplacement de client en hypermarché :*
*(0.46 * 0.953) + (0.44 * 0.030) + (0.84 * 0.013) + (0.33 * 0.0023) + (0.41 * 0.0017) =* ***0.46 €/km****.*

[250] *Coût d'utilisation des moyens de transport (amortissement d'achat de véhicule et de permis, carburant, assurance, entretien et réparation, etc) pendant le déplacement du client en supermarché :*
*(0.28 * 0.808) + (0.11 * 0.026) + (0 * 0.153) + (0.05 * 0.0074) + (0.21 * 0.0056) =* ***0.23 €/km****.*

[251] *Coût kilométrique de la valeur du temps pendant le déplacement du client en supermarché:*
*(0.25 * 0.808) + (0.33 * 0.026) + (0.84 * 0.153) + (0.28 * 0.0074) + (0.20 * 0.0056) =* ***0.34 €/km****.*

[252] *Coût kilométrique total (d'utilisation et valeur du temps) du déplacement de client en supermarché :*
*(0.53 * 0.808) + (0.44 * 0.026) + (0.84 * 0.153) + (0.33 * 0.0074) + (0.41 * 0.0056) =* ***0.57 €/km****.*

[253] *Coût d'utilisation des moyens de transport (amortissement d'achat de véhicule et de permis, carburant, assurance, entretien et réparation, etc) pendant le déplacement du client en supérette :*
*(0.28 * 0.371) + (0.11 * 0.020) + (0 * 0.578) + (0.05 * 0.0177) + (0.21 * 0.0133) =* ***0.11 €/km****.*

[254] *Coût kilométrique de la valeur du temps pendant le déplacement du client en supérette: (0.30 * 0.371) + (0.33 * 0.020) + (0.84 * 0.578) + (0.28 * 0.0177) + (0.20 * 0.0133) =* ***0.61 €/km****.*

[255] *Coût kilométrique total (d'utilisation et valeur du temps) du déplacement de client en supérette :*
*(0.58 * 0.371) + (0.44 * 0.020) + (0.84 * 0.578) + (0.33 * 0.0177) + (0.43 * 0.0133) =* ***0.72 €/km****.*

[256] *La charge totale (C_T) est 37 Millions tonnes de marchandises. Le poids d'un caddie d'achat est estimé à 30 kg en hypermarché, contre 15 kg en supermarché et 5 kg en supérette. De ce fait, le nombre des déplacements d'achat pour les hypermarchés : C_T / 30kg =* ***1233'333'334 déplacements/an****. Pour les supermarchés : C_T / 15kg =* ***2466'666'667 déplacements/an****. Pour les supérettes : C_T / 5kg =* ***7400'000'000 déplacements/an****.*

ii. Coût de transport dans le mode Drive

Dans le mode Drive, le coût annuel de transport des ménages français (cf. Tableau 43) est plus élevé pour les déplacements vers un entrepôt Drive entièrement dédié à la vente à distance (5924 M€) que pour les déplacements vers les hypermarchés Drive (5170 M€) ou les supermarchés Drive (1853 M€). Ce coût de transport élevé pour les entrepôts dédiés par rapport aux hypermarchés et aux supermarchés qui proposent le service Drive est valable pour les coûts d'utilisation des moyens de transport (3459 M€ pour les entrepôt dédiés, contre 3015 M€ pour les hypermarchés et 746 M€ les supermarchés), mais également pour la valeur du temps des ménages pendant leurs déplacements aux magasins Drive (2465 M€ pour les entrepôts dédiés, contre 2155 M€ pour les hypermarchés et 1107 M€ pour les supermarchés).

De ce fait, le coût total de transport du client final est estimé à 0.16 €/kg en cas de déplacement vers un entrepôt Drive (0.09 €/kg pour le coût d'usage des moyens de transport et 0.07 €/kg pour la valeur du temps du client), contre 0.14 €/kg en cas de déplacement vers un hypermarché Drive (0.08 €/kg pour l'usage des moyens de transport et 0.06 €/kg pour la valeur du temps du client) et seulement 0.05 €/kg en cas de déplacement d'achat vers un supermarché Drive (0.02 €/kg pour l'usage des moyens de transport et 0.03 €/kg pour la valeur du temps du client).

Cette importance du coût total de transport (correspondant à la somme du coût d'usage des moyens de transport et de la valeur du temps du client) en cas de déplacement vers un entrepôt Drive (0.16 €/kg) ou un hypermarché Drive (0.14 €/kg) par rapport à un déplacement d'achat vers un supermarché Drive (0.05 €/kg) est principalement liée à la distance moyenne parcourue par le client (cf. Tableau 43) : cette distance est généralement plus longue en cas de déplacement d'achat du client

vers un entrepôt entièrement dédié à la vente à distance (12 km) ou un hypermarché (10.54 km) qu'en cas de déplacement d'achat vers un supermarché (3.06 km).

Tableau 43 : Composition du coût de transport dans le mode Drive en aval de la chaîne de distribution

Mode de déplacement utilisé en aval de la chaîne de distribution	Entrepôt Drive dédié				Hypermarché Drive				Supermarché Drive			
	Moyens de transport utilisés	Coût d'utilisation (achat, carburant..)	Valeur du temps du client par kilomètre	Coût total (utilisation et temps) par km	Moyens de transport utilisés	Coût d'utilisation (achat, carburant..)	Valeur du temps du client par kilomètre	Coût total (utilisation et temps) par km	Moyens de transport utilisés	Coût d'utilisation (achat, carburant..)	Valeur du temps du client par kilomètre	Coût total (utilisation et temps) par km
Voiture	97.0%	0.28 €/km	0.18 €/km	**0.46 €/km**	95.3%	0.28 €/km	0.18 €/km	**0.46€/km**	80.80%	0.28 €/km	0.25€/km	**0.53€/km**
Transport public	0.50%	0.11 €/km	0.33 €/km	**0.44 €/km**	3.00%	0.11 €/km	0.33 €/km	**0.44€/km**	2.60%	0.11 €/km	0.33€/km	**0.44€/km**
Marche à pied	2.00%	0 €/km	0.84 €/km	**0.84 €/km**	1.30%	0 €/km	0.84 €/km	**0.84€/km**	15.3%	0 €/km	0.84€/km	**0.84€/km**
Vélo	0.30%	0.05 €/km	0.28 €/km	**0.33 €/km**	0.23%	0.05 €/km	0.28 €/km	**0.33€/km**	0.74%	0.05 €/km	0.28€/km	**0.33€/km**
Moto	0.20%	0.21 €/km	0.20 €/km	**0.41 €/km**	0.17%	0.21 €/km	0.20 €/km	**0.41€/km**	0.56%	0.21 €/km	0.20€/km	**0.41€/km**
Coût par km entre la surface de vente et domicile ménage (**a**)	100%	**0.27 €/km**[257]	**0.20 €/km**[258]	**0.47 €/km**[259]	100%	**0.27 €/km**[260]	**0.19 €/km**[261]	**0.46 €/km**[262]	100%	**0.23 €/km**[263]	**0.34 €/km**[264]	**0.57 €/km**[265]
Distance entre la surface de vente et le domicile du client (**b**)	12 km				10.54 km				3.06 km			
Coût par déplacement d'achat (**c**=a*b)	Entrepôt Drive	3.27 € /déplacement	2.33 € /déplacement	5.60 € /déplacement	Hyper Drive	2.85 € /déplacement	2.04 € /déplacement	4.89 € /déplacement	Super Drive	0.71 € /déplacement	1.02 € /déplacement	1.73 € /déplacement
Coût total de transport par surface de vente (**d**=a*b*(C_T/35kg))[266]		3459 M€	2465 M€	5924 M€		3015 M€	2155 M€	5170 M€		746 M€	1107M€	1853M€
Coût de transport par kg d'achat par type de magasin Drive (**e**=c/35kg ou d/C_T)		**0.09 €/kg**	**0.07 €/kg**	**0.16 €/kg**		**0.08 €/kg**	**0.06 €/kg**	**0.14€/kg**		**0.02 €/kg**	**0.03€/kg**	**0.05€/kg**

[257] *Coût d'utilisation des moyens de transport (amortissement d'achat de véhicule et de permis, carburant, assurance, entretien et réparation…) pendant le déplacement du client en entrepôt dédié :*
*(0.28 * 0.97) + (0.11 * 0.005) + (0 * 0.02) + (0.05 * 0.003) + (0.21 * 0.002) =* ***0.27 €/km.***

[258] *Coût kilométrique de la valeur du temps du client pendant son déplacement en entrepôt dédié :*
*(0.18 * 0.97) + (0.33 * 0.005) + (0.84 * 0.02) + (0.28 * 0.003) + (0.20 * 0.002) =* ***0.20 €/km.***

[259] *Coût kilométrique total (utilisation et valeur du temps) du déplacement de client en entrepôt dédié :*
*(0.46 * 0.97) + (0.44 * 0.005) + (0.84 * 0.02) + (0.33 * 0.003) + (0.41 * 0.002) =* ***0.47 €/km.***

[260] *Coût d'utilisation des moyens de transport (amortissement d'achat de véhicule et de permis, carburant, assurance, entretien et réparation…) pendant le déplacement du client en hypermarché :*
*(0.28*0.953) + (0.11*0.030) + (0 * 0.013) + (0.05 * 0.0023) + (0.21 * 0.0017) =* ***0.27 €/km.***

[261] *Coût kilométrique de la valeur du temps du client pendant son déplacement à l'hypermarché:*
*(0.18*0.953) + (0.33*0.030) + (0.84*0.013) + (0.28*0.0023) + (0.20* 0.0017) =* ***0.19 €/km****.*

[262] *Coût kilométrique total (utilisation et valeur du temps) du déplacement de client en hypermarché :*
*(0.46*0.953) + (0.44*0.030) + (0.84*0.013) + (0.33*0.0023) + (0.41*0.0017) =* ***0.46 €/km****.*

[263] *Coût d'utilisation des moyens de transport (amortissement d'achat de véhicule et de permis, carburant, assurance, entretien et réparation…) pendant le déplacement du client en supermarché :*
*(0.28*0.808) + (0.11*0.026) + (0* 0.153) + (0.05 * 0.0074) + (0.21 * 0.0056) =* ***0.23 €/km****.*

[264] *Coût kilométrique de la valeur du temps du client pendant son déplacement en supermarché:*
*(0.25*0.808) + (0.33*0.026) + (0.84*0.153) + (0.28*0.0074) + (0.20*0.0056) =* ***0.34 €/km****.*

[265] *Coût kilométrique total (utilisation et valeur du temps) du déplacement de client en supermarché :*
*(0.52*0.808) + (0.44*0.026) + (0.84*0.153) + (0.33*0.0074) + (0.41*0.0056)=* ***0.57 €/km****.*

[266] *Nombre total de déplacements des clients pour chercher les commandes: C_T/35kg=****1057'142'858****; Avec C_T: Charge totale (37 millions tonnes) & 35 kg: le poids moyen d'une commande Drive.*

iii. Coût de transport dans le mode point relais

Dans le mode de livraison en point relais, le transport des achats commandés à distance est assuré par le groupe alimentaire (ou par son prestataire de transport) entre le lieu de préparation des commandes et le point relais. Ensuite, le client se déplace au point relais pour ramener ses commandes à son domicile. De ce fait, les coûts de transport sont partagés entre le groupe alimentaire, qui parcourt la grande partie du trajet en VUL, et le client final qui se déplace au point relais le plus proche de son domicile pour récupérer ses achats.

Dans ce dernier cas, le point relais joue le rôle d'un commerce de proximité comme c'était le cas pour la supérette dans la vente classique (avec une moyenne de 0.6 km de domicile du client), sachant que ces deux lieux (supérette et point relais) sont généralement considérés comme des petites surfaces. Par conséquent, nous appliquons la même répartition des modes de déplacement déjà observée précédemment pour les supérettes (en raison d'absence de statistiques détaillant précisément la répartition des moyens de transport utilisés par les ménages pour se rendre aux points relais) : 37.10 % en voiture (0.58 €/km), contre 2 % en transport public (0.44 €/km), 57.80 % à pied (0.84 €/km), 1.77 % en vélo (0.33 €/km) et 1.33 % en deux roues motorisées (0.41 €/km). De ce fait, le coût de transport entre le point relais et le domicile du client est estimé à 0.43 €/commande[267]. Ce dernier coût par commande se compose du coût d'usage des moyens de transport (achat de véhicule, carburant, assurance, etc) et de la valeur du temps du client final :

[267] *Le point relais est un commerce de proximité (0.6 km de domicile du client) comme c'est le cas de supérette, sachant que ces deux lieux sont considérés comme des petites surfaces. Nous appliquons donc pour le point relais la même répartition des modes de déplacement déjà observée dans les petites surfaces : 37.10% en voiture, contre 2% en transport public, 57.80% à pied, 1.77% en vélo et 1.33% en deux roues motorisées. Par ailleurs, le coût total (d'usage de véhicule et de valeur du temps du client pendant l'usage de véhicule) est estimé à 0.58 €/km en voiture, 0.44 €/km en transport public, 0.92 €/km à pied, 0.33 €/km en vélo et 0.41 €/km en deux roues motorisées. Par conséquent, le coût total de déplacement du client au point relais pour ramener ses achats à domicile est estimé à : ((0.58*0.371)+(0.44*0.020)+(0.84*0.578)+(0.33*0.0177)+(0.41*0.0133)) * 0.6 =* ***0.43 €/commande.***

le coût d'usage des moyens de transport (0.28 €/km en voiture, 0.11 €/km en transport public, 0 €/km à pied, 0.05 €/km en vélo, 0.21 €/km en deux roues motorisées) ne dépasse pas 0.07 €/commande[268]. En revanche, la valeur du temps du client pendant son déplacement au point relais (0.30 €/km en voiture, 0.33€/km en transport public, 0.84 €/km à pied, 0.28 €/km en vélo, 0.20 €/km en deux roues motorisées) est estimée à environ 0.36 €/commande[269].

Avant de commander ses achats à distance, le client s'intéresse énormément au choix du point relais le plus proche de son domicile (avec une distance moyenne de 0.6 km entre le point relais et le domicile du client). En revanche, le client ne s'intéresse pas au lieu de préparation des commandes chez le groupe alimentaire (ce lieu peut être un entrepôt dédié ou un magasin classique avec picking dans les rayons d'hypermarché ou du supermarché). De ce point de vue, le poids de la commande livrée en point relais est le même (49 kg) quel que soit le lieu de préparation des commandes. A partir de ces données, le coût de transport est estimé à 0.01 €/kg[270] entre le domicile du client et le point relais. Concernant la livraison des commandes en VUL entre le lieu de préparation des commandes et le point relais, les coûts de transport dépendent de la distance parcourue et du taux de remplissage du VUL. Dans ce contexte, il faut préciser qu'un VUL de livraison en point relais

---

*[268] Concernant les coûts d'usage des moyens de transport (0.28€/km en voiture, 0.11€/km en transport public, 0 €/km à pied, 0.05€/km en vélo, 0.23€/km en moto), le coût par commande est : ((0.28*0.371) + (0.11*0.020) + (0*0.578) + (0.05*0.0177) + (0.21*0.0133)) * 0.6 =* ***0.07 €/commande.***

*[269] Concernant la valeur du temps du client pendant son usage des moyens de transport pour se rendre au point relais (0.29 €/km en voiture, 0.33€/km en transport public, 0.84 €/km à pied, 0.28€/km en vélo, 0.20€/km en moto), le coût moyen par commande est estimé à environ : ((0.30*0.371)+(0.33*0.020) + (0.84*0.578) + (0.28*0.0177) + (0.20*0.0133))* 0.6 =* ***0.36 €/commande****.*

[270] Pour un poids moyen de 49kg/commande, le coût total de transport entre le point relais et le domicile du client est : 0.4324764 / 49 = ***0.01 €/kg****. Ce coût total est composé d'un premier coût d'usage des moyens de transport (de* ***0.0658548 / 49 = 0.002 €/kg)*** *beaucoup plus faible que le deuxième coût du temps du client pendant son déplacement au point relais (estimé à 0.3666212/49 =* ***0.008 €/kg)****. Cette faiblesse du coût d'usage des moyens de transport par rapport à la valeur du temps du client est expliquée par la dominance de la marche à pied (57.80%) pour se rendre au point relais. A noter que la marche à pied se caractérise par un coût d'usage négligeable (0 €/km), mais son coût du temps est très élevé pour le client (0.84 €/km) à cause de sa faible vitesse (4.7 km/h).*

se caractérise par un taux de remplissage élevé par rapport à un VUL de livraison à domicile. Cela est justifié par l'importance des horaires d'ouverture[271] proposés par un point relais aux clients et aux livreurs. A titre d'exemple, deux voisins qui ont effectués deux commandes à distance avec deux créneaux de livraison différents (le premier veut être livré le matin et l'autre est disponible seulement l'après-midi) seront livrés en deux tournées différentes en cas de livraison à domicile. En cas de livraison en point relais, ces deux voisins peuvent être livrés dans la même tournée. Cela explique le taux de remplissage plus élevé d'un VUL de livraison en point relais par rapport à un VUL de livraison à domicile. Selon le témoignage d'un prestataire de transport dans la région lyonnaise, la livraison en point relais permet d'augmenter le nombre de commandes par VUL d'environ 34 % par rapport à la livraison à domicile (étudiée dans la partie suivante), ce qui permet d'atteindre 24 commandes/VUL en cas de livraison à partir d'un entrepôt dédié, contre 21 commandes/VUL à partir d'un hypermarché et 13 commandes/VUL à partir d'un supermarché.

Comme annoncé précédemment, le poids moyen d'une commande livrée en point relais est estimé à 49 kg. Par conséquent, la charge réelle d'un VUL de livraison en point relais est de 1176 kg à partir d'un entrepôt dédié, contre 1029 kg à partir d'un hypermarché et 637 kg à partir d'un supermarché. Cette différence au niveau du nombre de commandes par VUL (et par conséquent, de la charge réelle de VUL) entre ces trois lieux de préparation des commandes est expliquée par l'importance de la zone de chalandise d'un entrepôt dédié ou d'un hypermarché par rapport à celle d'un supermarché. En moyenne, la distance parcourue en VUL entre un point relais et un lieu de préparation des commandes est plus importante à partir d'un

[271] *La livraison à domicile est généralement effectuée dans une petite plage horaire déjà fixée précédemment et qui doit être respectée par le client et le livreur. Cette contrainte n'existe pas dans la livraison en point relais puisque le livreur peut déposer la commande dans un point relais ouvert sur une grande partie de la journée ; et le client n'est pas obligé d'être présent au moment de la livraison.*

entrepôt dédié (12 km) qu'à partir d'une surface de vente avec picking en magasin (10.54 km pour un hypermarché et 3.06 km pour un supermarché). Par ailleurs, le coût de livraison d'un point relais en VUL est évalué à 4.55 €/km, ce qui donne un coût de transport d'environ 54.60 €/livraison à partir d'un entrepôt dédié, contre 47.96 €/livraison à partir d'un hypermarché et 13.92 €/livraison à partir d'un supermarché.

Tableau 44. Composition du coût de transport dans le mode point relais en aval

Mode de déplacement utilisé en aval	Coût par mode de transport (utilisation+ valeur temps)	Entrepôt	Entrepôt mutualisé	Hypermarché	Hypermarché mutualisé	Supermarché	Supermarché mutualisé
Voiture particulière	0.58 €/km	37.10%	37.10%	37.10%	37.10%	37.10%	37.10%
Transport en commun	0.44 €/km	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%
Marche à pied	0.92 €/km	57.80%	57.80%	57.80%	57.80%	57.80%	57.80%
Vélo	0.33 €/km	1.77%	1.77%	1.77%	1.77%	1.77%	1.77%
Moto	0.41 €/km	1.33%	1.33%	1.33%	1.33%	1.33%	1.33%
VUL de livraison à domicile	4.69€/km	0%	0%	0%	0%	0%	0%
VUL de livraison en point relais	4.55 €/km **(a)**	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Nombre de commandes par VUL (**b**)		24	32	21	28	13	18
Charge réelle de VUL (**c**= 49kg*b) ; A noter que 49kg est le poids moyen d'une commande livrée en point relais		1176 kg	1568 kg	1029 kg	1372 kg	637 kg	882 kg
Distance aller-retour entre surface de vente et point relais (**d**)		12 km	12 km	10.54 km	10.54 km	3.06 km	3.06 km
Coût de la livraison en VUL au point relais par tournée (**e**= a*d)		54.60 €	54.60 €	47.96 €	47.96 €	13.92 €	13.92 €
Coût de la livraison en VUL par commande de lieu de préparation des commandes au point relais (**f**=a*d/b)		2.28 €	1.71 €	2.28 €	1.71 €	1.07 €	0.77 €
Coût de la livraison en VUL au point relais par kg (**g**= a*d /c)		0.05 €	0.03 €	0.05 €	0.03 €	0.02 €	0.01 €
Nombre total de VUL de livraison aux points relais (**h**=C_T/c) ; avec C_T : Charge totale (37 millions tonnes de marchandise)		31'462'586	23'596'939	35'957'241	26'967'931	58'084'773	41'950'114
Coût de livraison aux points relais avec des VUL (**i** = a * d * h)		1717 M€	1288 M€	1724 M€	1293 M€	808 M€	584 M€
Coût total de transport (distributeur + client) par type de surface de vente (**j** = i + 327 M€)[272]		2044 M€	1615 M€	2051 M€	1620 M€	1135 M€	911 M€
Coût de transport par kg d'achat selon le type de surface de vente (**k** = g + 0.01[273] ou j/C_T)		**0.06 €/kg**	**0.04 €/kg**	**0.06 €/kg**	**0.04 €/kg**	**0.03 €/kg**	**0.02 €/kg**

[272] *Le point relais est un commerce de proximité comme la supérette (0.6km de domicile du client), sachant que ces deux lieux sont considérés comme des petites surfaces. Nous appliquons donc pour le point relais la même répartition des modes de transport déjà observée pour les petites surfaces : 37.10% en voiture (avec 0.58 €/km), contre 2% en transport public (avec 0.44 €/km), 57.80% à pied (avec 0.92 €/km), 1.77% en vélo (avec 0.33 €/km) et 1.33% en moto (avec 0.41 €/km). A rappeler que la charge totale (C_T) est estimée à 37 millions tonnes et le poids moyen d'une commande livrée dans un point relais est d'environ 49 kg. Alors le nombre total de déplacements des clients est estimé à C_T/49kg=755'102'041 déplacements. Donc, le coût total de déplacement des clients aux points relais: 755'102'041 * ((0.58*0.371)+(0.44*0.020)+(0.84*0.578)+(0.33*0.0177)+(0.41*0.0133)) * 0.6 =* ***327 M€****. Ce coût total est composé d'un premier coût d'usage des moyens de transport (achat, carburant, etc.): 755'102'041 * ((0.28*0.371)+(0.11*0.020)+(0*0.578)+(0.05*0.0177)+(0.21*0.0133)) * 0.6 =* ***50 M€*** *; et d'un deuxième coût plus élevé lié à la valeur du temps du client à son déplacement au point relais : 755'102'041 * ((0.30*0.371)+(0.33*0.020)+(0.84*0.578)+(0.28*0.0177)+(0.20*0.0133)) * 0.6 =* ***277 M€****.*

La mutualisation entre les grands distributeurs alimentaires permet d'augmenter le nombre de commandes par VUL de 34 %[274], ce qui engendre une baisse des coûts de transport d'environ 21 %[275]. Cependant, cette mutualisation entre les distributeurs ne permet pas bien évidemment de baisser les coûts des déplacements des clients aux points relais (en général, chaque client se déplace avec son propre moyen de transport en point relais). Contrairement au mode point relais, la mutualisation des envois dans la livraison à domicile concerne la totalité du trajet entre le lieu de préparation des commandes et le domicile du client, puisqu'elle n'engendre pas de déplacement du client final. Cependant, le coût de livraison à domicile reste plus élevé que celui de la livraison au point relais : cela est lié au nombre de commandes plus faible par VUL en cas de livraison à domicile. De plus, les distances parcourues en VUL à partir des surfaces de vente à distance sont plus importantes en livraison à domicile par rapport au point relais, car il faut ajouter la distance moyenne parcourue entre deux clients livrés à domicile (comme détaillé dans la partie suivante).

---

*[273] Le coût total de déplacement du client au point relais pour ramener ses achats à domicile est : ((0.58*0.371) +(0.44*0.020) +(0.84*0.578) +(0.33*0.0177) +(0.41*0.0133)) * 0.6= **0.43€/commande**. Donc un coût par kg de : 0.4324764 / 49 kg = **0.01 €/kg** (ou 150'043k€ / 17millions tonnes=0.01 €/kg). Ce coût total est composé d'un premier coût d'usage des moyens de transport : ((0.28*0.371)+(0.11*0.020) +(0*0.578) +(0.05*0.0177) +(0.21*0.0133)) * 0.6 = 0.07€. Alors, 0.07/49kg=**0.002€/kg** ; et d'un deuxième coût du temps client : ((0.30*0.371) + (0.33*0.020) +(0.84*0.578)+ (0.28*0.0177)+(0.20*0.0133)) * 0.6 = 0.37€, ce qui donne 0.37 / 49 kg = **0.008€/kg**.*

[274] La mutualisation entre les groupes alimentaires permet d'augmenter le nombre de commandes par VUL de 34% selon un prestataire de transport dans la région lyonnaise dans une interview le 12.12.2012. Ce prestataire considère qu'une plateforme de mutualisation ou un point relais ont approximativement le même impact (+34%) sur le nombre de commande par VUL, surtout que ces deux lieux (plateforme de mutualisation et point relais) permettent de regrouper les commandes préparées chez différents groupes alimentaires. En raison d'absence d'autres statistiques précises, nous avons appliqué ce pourcentage de 34% par défaut dans notre outil de calcul, mais il peut être modifié par l'utilisateur de l'outil en cas d'autres indications ou pour tester d'autres hypothèses.

*[275] Le coût de transport à partir d'un entrepôt dédié non mutualisé est 2044 M€, contre 1615 M€ en entrepôt dédié mutualisé (cf. Tableau 44). Alors, l'impact de mutualisation est : (2044-1615) / (2044*100) = **21 %**. Ce pourcentage est encore valable pour la mutualisation en hypermarché (baisse de 2051 M€ à 1620 M€) et pour la mutualisation en supermarché (baisse de 1135 M€ en 911 M€). Ces derniers chiffres intègrent les coûts de déplacement du client entre le point relais et son domicile. Si nous calculons l'impact de la mutualisation entre la surface de vente et le point relais seulement, cet impact s'élève à 24% pour l'entrepôt dédié (baisse de 1717 M€ à 1288 M€), 25% pour l'hypermarché (baisse de 1724M€ à 1293M€) et 27% pour supermarché (baisse de 808M€ à 584M€). En effet, le taux de remplissage d'un VUL de livraison en point relais est très faible à partir d'un supermarché en comparaison de celui d'un VUL livré à partir d'un hypermarché ou un entrepôt dédié.*

iv. Coût de transport dans la livraison à domicile

Dans cette partie, il est important de rappeler que nous avons différencié la livraison à domicile en deux grandes familles (cf. Figure 9) : livraison à domicile après une commande à distance et livraison à domicile suite au passage du client en magasin. Dans ce contexte, il faut préciser que le client final ne s'occupe pas du transport dans la livraison à domicile après une commande à distance. Cependant, le coût de transport à la charge du client est loin d'être négligeable dans la livraison à domicile après le déplacement du client au magasin. Ce dernier mode de distribution concerne deux types de magasin, qui sont l'hypermarché et le supermarché proposant le service de livraison à domicile à leur clientèle après passage en caisse.

Pour ces deux derniers types de surfaces de vente, le coût de transport « par km parcouru» entre le domicile du client et le magasin est estimé à 0.46 €/km[276] pour un hypermarché et 0.57 €/km[277] pour un supermarché. Par ailleurs, la distance moyenne parcourue par un client entre son domicile et une surface de vente est estimée à 10.54 km pour un hypermarché et 3.06 km pour un supermarché. A partir de ces données, le coût « par déplacement d'achat » du client est estimé à 4.89 €/déplacement en hypermarché et 1.75 €/déplacement en supermarché[278].

[276] *Le coût total de transport « par km parcouru » vers une surface de vente de type hypermarché : (0.46*0.953) + (0.44*0.030) + (0.84*0.013) + (0.33*0.0023) + (0.41*0.0017) =* ***0.46 €/km****. Nous pouvons différencier ce dernier coût total en deux parties : D'un côté, le coût d'utilisation des moyens de transport utilisés par le client: (0.28*0.953) + (0.11*0.030) + (0*0.013) + (0.05*0.0023) + (0.21*0.0017) =* ***0.27€/km*** *; et de l'autre côté, la valeur du temps pendant son déplacement: (0.18*0.953)+(0.33*0.03)+(0.84*0.013)+(0.28*0.0023)+(0.2*0.0017)=* ***0.19*** *€/km.*

[277] *Le coût total de transport « par km parcouru » vers une surface de vente de type supermarché : (0.53*0.808)+(0.44*0.026)+ (0.84*0.153)+(0.33*0.0074) + (0.41*0.0056) =* ***0.57€/km****. Nous pouvons différencier ce dernier coût total en deux parties : D'un côté, le coût d'utilisation des moyens de transport: (0.28*0.808) + (0.11*0.026) + (0*0.153) + (0.05*0.0074) + (0.21*0.0056) =* ***0.23€/km*** *; et de l'autre côté, la valeur du temps client pendant son déplacement en supermarché estimé à : (0.25*0.808) + (0.33*0.026) + (0.84*0.153) + (0.28*0.0074) + (0.20* 0.0056) =* ***0.34 €/km****.*

[278] *Ce coût total peut être décomposé en deux parties : D'un côté, le coût d'utilisation des moyens de transport estimé à 2.85 €/déplacement à l'hypermarché et 0.71 €/déplacement en supermarché ; et de l'autre côté, la valeur du temps du client évaluée à 2.04 €/déplacement à l'hypermarché et 1.04 €/déplacement en supermarché.*

Pour bénéficier du service de livraison à domicile, l'enseigne exige un montant minimum d'achat. Cette stratégie augmente forcément le poids moyen du caddie dans la livraison à domicile, ce qui explique le poids important d'un caddie d'achat livré à domicile (41 kg) par rapport aux moyennes observées dans la vente classique. De ce fait, le coût de transport à la charge du client pour se rendre au magasin est évalué « par kg de marchandise» à 0.12 €/kg pour un déplacement en hypermarché et 0.04 €/kg pour un déplacement en supermarché. Ces derniers coûts de transport «par kg de marchandise» peuvent être détaillés en deux parties : d'un côté, le coût d'utilisation des moyens de transport évalué à 0.07 €/kg pour un déplacement en hypermarché et 0.02 €/kg pour un déplacement en supermarché ; et de l'autre côté, la valeur du temps du client pendant son déplacement estimée à 0.05 €/kg pour un déplacement en hypermarché et 0.02 €/kg pour un déplacement en supermarché.

Après l'étude des coûts de transport à la charge du client pour se rendre aux surfaces de vente, nous étudions dans la suite de cette partie les coûts de livraison en VUL assumés par les grands distributeurs (ou leurs prestataires de transport) pour livrer les clients à domicile après le paiement des achats en caisse du magasin. Ces coûts de livraison dépendent de la distance parcourue en VUL et du taux de remplissage de véhicule. Ce taux de remplissage est généralement faible à cause du nombre limité de commandes par tournée de livraison à domicile dans ce mode de livraison après le déplacement du client au magasin par rapport au mode de livraison après une commande à distance : en moyenne, le nombre de commandes après le passage du client en magasin est estimé à 10 commandes/VUL en hypermarché et seulement 6 commandes/VUL en supermarché. Sur la base d'un poids moyen de 41 kg par achat livré à domicile, la charge réelle de VUL est d'environ 410 kg à partir d'un hypermarché et seulement 246 kg à partir d'un supermarché.

Comme annoncé précédemment, la distance moyenne entre le domicile du client et la surface de vente est estimée à 10.54 km pour un hypermarché et 3.06 km pour un supermarché (Beauvais, 2005, p89). Dans notre outil, nous avons appliqué directement ces distances moyennes dans la vente classique et dans le mode Drive, car le client se charge lui-même de transport de ses achats : par conséquent, il s'agit d'un transport en trace directe (et non pas en tournée) entre la surface de vente et le domicile du client. De même, il s'agit du transport en trace directe dans le mode de livraison en point relais. Ce dernier lieu représente une seule destination pour les commandes de plusieurs clients. En revanche dans la livraison à domicile, il faut ajouter la distance moyenne parcourue entre deux clients livrés à domicile.

Dans la livraison à domicile après le passage du client en magasin, cette distance est estimée à 0.45 km pour une livraison à partir d'un hypermarché et 0.30 km à partir d'un supermarché. Par conséquent, le coût de livraison à domicile après le passage du client en magasin est évalué à 0.17 €/kg à partir d'un hypermarché et 0.09 €/kg à partir d'un supermarché (cf. Tableau 43). En ajoutant le coût de transport supporté par client pour se déplacer au magasin déjà calculé précédemment (0.12 €/kg pour un achat en hypermarché et 0.04 €/kg pour un achat en supermarché), le coût total de transport dans le mode de livraison à domicile après le déplacement du client est d'environ 0.29 €/kg en hypermarché et 0.13 €/kg en supermarché.

Contrairement à la livraison à domicile après le passage du client en magasin, le client final n'a aucune tâche de transport dans le mode de livraison à domicile après une commande à distance (cf. Figure 9). De ce fait, pour ce dernier mode, nous nous focalisons seulement sur les coûts de livraison en VUL : en général, les coûts de livraison sont moins élevés dans le mode de livraison à domicile après une commande à distance que dans le mode de livraison après le passage du client en

magasin. Cela est lié à l'organisation différente de ces deux modes de distribution : dans la livraison à domicile après le déplacement du client au magasin, le prestataire de transport (souvent présent au magasin) prend connaissance de la commande à livrer peu du temps avant la livraison, sachant que la commande est prête en caisse (la commande est déjà préparée par le client). Par conséquent, le prestataire de transport doit livrer dans la tournée imminente les commandes déjà présentes en magasin, quelque soit le nombre de ces commandes et les adresses des clients qui peuvent être très éloignées les unes des autres. Cependant dans la vente à distance, le prestataire de transport livre dans des créneaux de livraison déjà prédéfinis sur le site de cybermarché, afin de laisser le temps nécessaire aux employés pour préparer la commande et organiser la livraison. Cette procédure permet au prestataire de transport de rassembler plus de commandes dans la même tournée, car il a plus de temps pour s'organiser que dans le cas dans la livraison à domicile après le déplacement du client au magasin. En outre, le prestataire de transport est immédiatement au courant de la commande achetée à distance au moment de sa validation par le client. Cette durée entre le moment de la validation de la commande et le créneau de livraison laisse suffisamment du temps au prestataire de transport pour mieux organiser sa tournée par zone de livraison, en mettant dans le même VUL les commandes des clients les plus proches les uns des autres. Cela permet de diminuer la distance entre deux clients livrés à domicile et, par conséquent, de réduire le nombre de kilomètres parcourus en VUL pendant la tournée de livraison.

Par rapport aux moyennes déjà observées à la livraison à domicile suite au déplacement du client au magasin, l'organisation différente du mode de livraison à domicile après une commande à distance se caractérise par deux aspects majeurs.

En premier lieu, nous constatons une augmentation du nombre de commandes par VUL (18 commandes/VUL pour une livraison à domicile à partir d'un entrepôt dédié à la vente à distance, 15 commandes/VUL à partir d'un hypermarché, 9 commandes/VUL à partir d'un supermarché et seulement 3 commandes/VUL à partir d'une supérette). Sur la base d'un poids moyen de 41 kg/commande livrée à domicile, la charge réelle de VUL est estimée à 738 kg/VUL pour une livraison à domicile à partir d'un entrepôt dédié, contre 615 kg/VUL à partir d'un hypermarché, 369 kg/VUL à partir d'un supermarché et 123 kg/VUL à partir d'une supérette.

En deuxième lieu, nous constatons une diminution de la distance moyenne entre deux clients livrés à domicile (0.35 km à partir d'un entrepôt entièrement dédié à la vente à distance, 0.25 km à partir d'un hypermarché, 0.15 km à partir d'un supermarché et seulement 0.05 km à partir d'une supérette).

A partir de ces données, le coût de livraison à domicile après une commande à distance est estimé à 0.11 €/kg à partir d'une surface de vente à distance localisée en périphérie (entrepôt dédié ou hypermarché), 0.06 €/kg à partir d'un supermarché et seulement 0.04 €/kg à partir d'une supérette (cf. Tableau 45). Ces derniers coûts de transport dans le mode de livraison à domicile après une commande à distance sont nettement inférieurs aux coûts de transport déjà détaillés précédemment dans le mode de livraison à domicile après le déplacement du client au magasin (0.29 €/kg à partir d'un hypermarché et 0.13 €/kg à partir d'un supermarché) à cause du double déplacement dans ce mode de distribution : d'abord du client avec ses propres moyens de transport (0.12 €/kg à partir d'un hypermarché, 0.04 €/kg à partir d'un supermarché) puis du distributeur en VUL (0.17 €/kg à partir d'un hypermarché, 0.09 €/kg à partir d'un supermarché).

Tableau 45 : Composition du coût de transport dans la livraison à domicile en aval

Mode de déplacement utilisé en aval de la chaîne de distribution		Coût par mode de déplacement	Livraison à domicile après le déplacement client au magasin		Livraison à domicile après une commande à distance						
			Hypermarché classique	Supermarché classique	Entrepôt	Entrepôt mutualisé	Hypermarché	Hypermarché mutualisé	Supermarché	Supermarché mutualisé	Supérette
Voiture	En périphérie	0.46 €/km	95.30%	80.80%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	Urbain-périphérique	0.52 €/km									
	Milieu urbain	0.57 €/km									
Transport en commun		0.44 €/km	2.60%	3.00%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Marche à pied		0.84 €/km	15.30%	1.30%	0%	2%	0%	0%	0%	0%	0%
Deux roues	Vélo	0.33 €/km	0.23%	0.74%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	Moto	0.43 €/km	0.17%	0.56%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
VUL de livraison	En point relais	4.55 €/km	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	A domicile	4.69€/km(**a**)	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Coût par km entre magasin et domicile de ménage en cas de déplacement du client au magasin (**b**)			0.46€/km[279]	0.57 €/km[280]	0€/km	0€/km	0€/km	0€/km	0€/km	0€/km	0€/km
Distance entre surface de vente et domicile client (**c**)			10.54 km	3.06 km	12 km	12 km	10.54 km	10.54 km	3.06 km	3.06 km	0.6km
Coût de transport du client par déplacement (**d**=b*c)			4.89€[281]	1.75 €[282]	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Coût total de déplacement du client par kg (**e**=d/41kg) ; avec 41kg : Poids d'une commande			0.12 €/kg	0.04 €/kg	0 €/kg	0 €/kg	0 €/kg	0 €/kg	0 €/kg	0 €/kg	0 €/kg
Nombre de commandes par VUL de livraison (**f**)			10	6	18	24	15	20	9	13	3
Charge réelle de VUL (**g**= f*41kg) ; avec 41kg est le poids moyen d'une commande livrée à domicile			410 kg	246 kg	738 kg	984 kg	615 kg	820 kg	369 kg	533 kg	123 kg
Distance moyenne entre 2 clients livrés à domicile(**h**)			0.45 km	0.30 km	0.35km	0.20 km	0.25 km	0.16 km	0.15 km	0.10 km	0.05km
Nombre de km par un VUL de livraison à domicile (**i**=(c+(h*(f-1)))			14.59 km	4.56 km	17.95km	16.6 km	14.04 km	13.58 km	4.26 km	4.26 km	0.70km
Coût de livraison à domicile par tournée (**j**=a*i)			68.43€	21.39 €	84.18€	77.85 €	65.85 €	63.69 €	19.98 €	19.98 €	3.28 €
Coût de livraison en VUL par commande (**k**=a*i/f)			6.84€	3.57 €	4.68€	3.24 €	4.39 €	3.18 €	2.22 €	1.54 €	1.09 €
Coût total de livraison à domicile en VUL par kg (**l**=j/g ou k/41kg); avec 41kg : Poids d'une commande			0.17 €/kg[283]	0.09 €/kg[284]	0.11€/kg	0.08 €/kg	0.11 €/kg	0.08 €/kg	0.05€/kg	0.04€/kg	0.03€/kg
Coût total de transport par commande (**m**=d+k)			11.73 €	5.32 k€	82.54€	76.92 €	65.85 €	63.69 €	2.22 €	1.54 €	1.09 €
Nombre total de déplacements des clients aux magasins (**n**=C_T/41kg) ; C_T : Charge totale (37 Mt)			902'439'025	902'439'025	0	0	0	0	0	0	0
Coût total de déplacements des clients aux magasins (**o**=b*c*n)			4413 M€[285]	1582 M€[286]	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Nombre total de VUL de livraison à domicile (**p**=C_T/g) ; avec C_T : Charge totale (37 Mt)			90'243'903	150'406'505	50135502	37601627	60'162'602	45'121'952	100271003	69418'387	300813009
Coût total de livraison à domicile en VUL (**q**=a*i*p)			6175 M€	3217 M€	4221M€	2927M€	3962 M€	2874 M€	2003 M€	1387 M€	988 M€
Coût total de transport par surface de vente (**r**=o+q)			10588 M€	4799 M€	4221M€	2927M€	3962 M€	2874 M€	2003 M€	1387 M€	988 M€
Coût de transport par kg d'achat par surface de vente (**s**=e+l ou r/C_T); avec C_T : Charge totale (37millions t)			0.29 €/kg	0.13 €/kg	0.11€/kg	0.08€/kg	0.11 €/kg	0.08 €/kg	0.05€/kg	0.04€/kg	0.03€/kg

[279] *Coût total (d'utilisation des moyens de transport et valeur du temps) du déplacement à l'hypermarché:(0.46*0.953)+(0.44*0.03)+(0.84*0.013)+(0.33*0.0023)+(0.41*0.0017) =* ***0.46 €/km****.*

[280] *Coût total (d'utilisation des moyens de transport et valeur du temps) du déplacement en supermarché: (0.53*0.808)+(0.44*0.026)+(0.84*0.153)+(0.33*0.0074)+(0.41*0.0056)=* ***0.57 €/km****.*

[281] *Le coût total (d'utilisation des moyens de transport et de valeur du temps) du déplacement client en hypermarché est estimé à : 0.463956 *10.54=4.89€.*

[282] *Le coût total (d'utilisation des moyens de transport et de valeur du temps) du déplacement client en supermarché est estimé à :* ***0.572938*** **3.06=1.75€.*

[283] *Le coût total de livraison à domicile en VUL (68.43 €) après le passage du client en hypermarché correspond à une charge de VUL de 410kg, alors le coût de livraison par kg est : 68.43 / 410 =* ***0.17 €/kg.***

[284] *Le coût total de livraison à domicile en VUL (21.39 €) après le passage du client en supermarché correspond à une charge de VUL de 246kg, alors le coût de livraison par kg est : 21.39 / 246 =* ***0.09 €/kg.***

[285] *Le coût total (d'utilisation des moyens de transport et de valeur du temps) du déplacement client en hypermarché est estimé à : 0.463956 * 10.54 * 902'439'025 =* ***4413 M€****.*

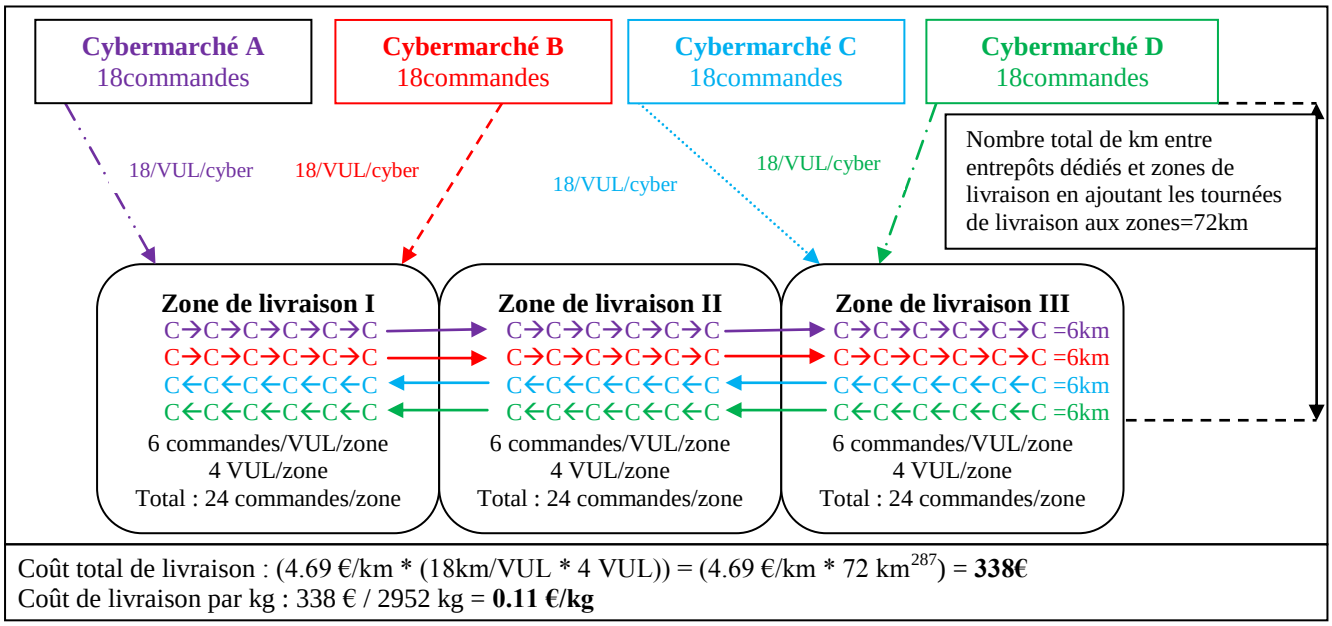
[286] *Le coût total (d'utilisation des moyens de transport et de valeur du temps) du déplacement client en supermarché est estimé à : 0.572938 * 3.06 * 902'439'025 =* ***1582 M€****.*

Par ailleurs, les coûts de livraison à domicile après une commande à distance peuvent être réduits grâce à une mutualisation des envois entre différents groupes alimentaires. Actuellement, les clients qui commandent leurs achats en différentes enseignes, sont forcément livrés par des VUL différents même s'ils choisissent le même créneau de livraison. Cela explique le phénomène d'arrivée de plusieurs VUL (parfois au même temps) pour livrer des clients résidents dans le même quartier, voire dans le même immeuble (et même différents VUL pour livrer les membres d'un seul ménage qui ont commandé leurs achats auprès de plusieurs cybermarchés en choisissant la même plage de livraison qui correspond à leur disponibilité à domicile).

En réalité, les prestataires de livraison à domicile sont obligés par les groupes alimentaires selon des contrats bien définis d'organiser des tournées indépendantes par cybermarché, quelque soit les distances à parcourir et les taux de remplissage des véhicules de livraison à domicile. Cette obligation est liée à l'absence d'une réelle volonté de coordination entre les grands distributeurs et surtout à un prétexte de marketing (image de cybermarché présente sur le VUL de livraison à domicile).

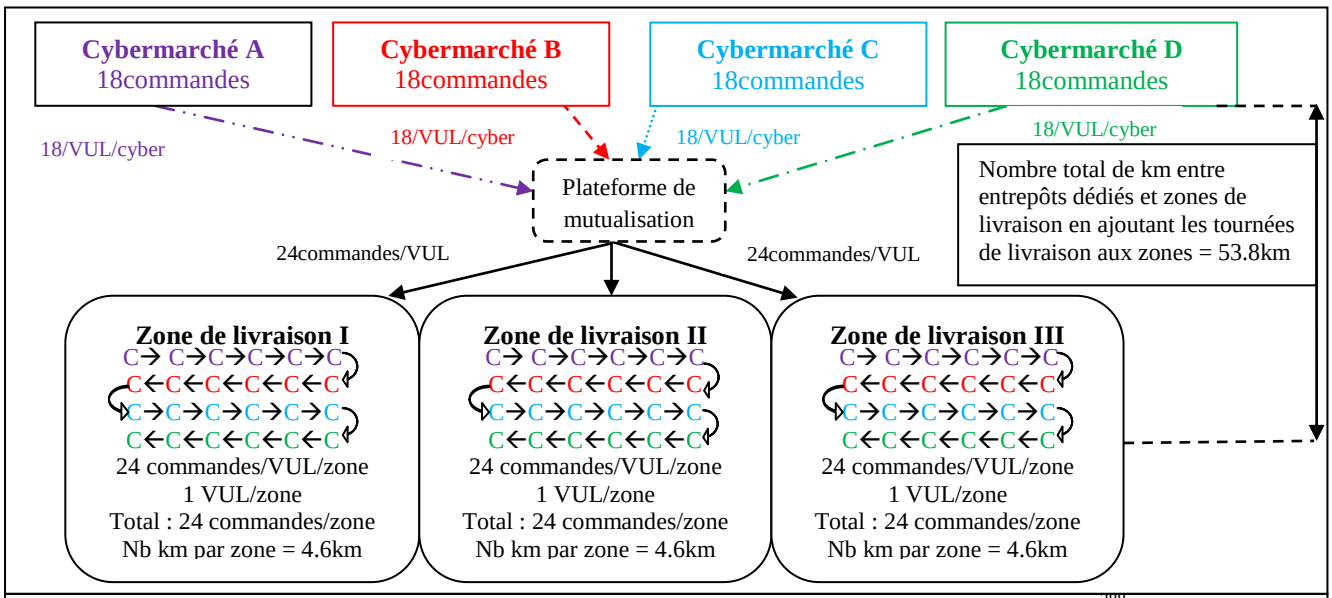
Comme annoncé précédemment, la mutualisation des envois permet d'augmenter le nombre de commandes de 34 % par VUL et de réduire la distance moyenne entre deux clients livrés à domicile : au lieu d'avoir différents VUL qui livrent en tournée plusieurs zones d'habitation (par défaut, chaque cybermarché possède quelques clients par zone d'habitation et non pas tous les clients dans cette zone), il est plus économe d'avoir un VUL par zone de livraison. Pour ce faire, les commandes préparées par différentes enseignes sont livrés dans un premier temps vers une plateforme de mutualisation. Ensuite, le prestataire de transport regroupe les commandes à destination d'une même zone de livraison dans un seul VUL, indépendamment de l'enseigne préparatrice de la commande (cf. Figures 11 et 12).

Figure 11 : Livraison à domicile non mutualisée (VUL/cybermarché)



Coût total de livraison : (4.69 €/km * (18km/VUL * 4 VUL)) = (4.69 €/km * 72 km[287]) = **338€**
Coût de livraison par kg : 338 € / 2952 kg = **0.11 €/kg**

Figure 12 : Livraison à domicile mutualisée (VUL/zone de livraison)



Coût total de livraison : (4.69 €/km * ((4km*4VUL)+((8km+4.6km)*3VUL))= (4.69€/km*53.8km[288]) = **252 €**
Coût de livraison par kg : 257 € / 2952 kg = **0.08 €/kg**

[287] *En cas de livraison à domicile non mutualisée, la distance entre un entrepôt dédié à la vente à distance et une zone de livraison est estimée à 12km. Pour calculer la distance totale parcourue par un VUL, il faut ajouter la distance moyenne entre 2 clients livrés à domicile (0.35 km), sachant qu'il y a 18 commandes/VUL. Alors la distance parcourue dans une zone de livraison est : (0.35*(18-1)) = 6km. Par conséquent, la distance totale parcourue par un VUL est : 12 + 6= 18km. Dans le cas de 4 VUL, le nombre total de km est : 18 * 4 =* ***72km****.*

[288] *En cas de livraison à domicile mutualisée, la distance moyenne entre un entrepôt dédié et une plateforme de mutualisation est 4km. Dans le cas de 4 VUL (1 VUL par cybermarché), le nombre total de km est (4km*4)=16km. Après la plateforme mutualisation, les 72 commandes sont réparties sur 3 VUL (et non pas 4 VUL comme avant la plateforme de mutualisation), sachant que la distance entre une plateforme de mutualisation et une zone de livraison est 8km, ce qui donne 3*8= 24km. Pour calculer la distance totale parcourue par un VUL, il faut ajouter le nombre de km par tournée en arrivant à la zone de la livraison : Le nombre moyen des clients par tournée mutualisée est estimée à 24commandes/VUL sachant que la distance entre 2 clients livrés à domicile est 0.20km. Alors la distance parcourue dans une zone de livraison est d'environ (0.20*(24-1))= 4.6km, ce qui donne pour 3 VUL : 4.6 * 3 = 13.8km. Par conséquent, la distance totale parcourue en VUL est : (16+24+13.8) =* ***53.8 km****.*

Dans un créneau de livraison, un prestataire de transport livre 18 commandes/VUL à partir d'un entrepôt dédié (cf. Tableau 45) vers 3 zones de livraison (ou 3 quartiers). Cela donne une moyenne de 6 commandes/zone de livraison (cf. Figure 11). Si nous prenons le cas de 4 grands cybermarchés qui dominent le marché de la vente à distance en France, le nombre total de commandes à livrer en VUL est estimé à 72 commandes (18 commandes/cyber * 4 cyber), ce qui correspond à une charge totale de marchandise à livrer d'environ 2952 kg (72 commandes * 41kg/commande).

Le coût de transport de cette charge totale en cas de livraison mutualisée (0.08 €/kg ; cf. Figure 12) est inférieur à son coût de transport en cas de livraison non mutualisée (0.11 €/kg ; cf. Figure 11). Cela est lié aux modes d'organisation différents dans les deux figures : dans une livraison non mutualisée, nous observons un VUL par cybermarché dans chaque zone de livraison. De ce fait, dans le cas de 4 cybermarchés, nous observons 4 VUL dans chaque zone de livraison ; alors que dans une livraison mutualisée, un seul VUL par zone. Cela est lié au passage par une plateforme de mutualisation qui permet au prestataire de transport de regrouper les commandes dans un même VUL en fonction de la zone de destination.

En effet, la mutualisation dans le mode de livraison à domicile augmente le nombre de commandes par VUL d'environ 34 % et permet au prestataire de transport de baisser le nombre de VUL de 25 % pour l'ensemble de ses livraisons à domicile. Enfin, le coût de transport dans le mode de livraison à domicile diminue de 27 % en cas de mutualisation des envois[289].

[289] *Ces deux cas pratiques observés dans un entrepôt dédié à la vente à distance (cf. figures 11 et 12) démontrent que la mutualisation augmente le nombre de commandes de 18commandes/VUL à 24commandes/VUL (augmentation d'environ 34%), et permet au prestataire de transport de baisser le nombre de VUL de 4VUL à 3VUL (baisse de 25%). Enfin, le coût de transport diminue de 0.11€/kg (cf. figure 11) en cas de non mutualisation à 0.08 €/kg (cf. figure 12) en cas de mutualisation des envois (ce qui correspond à une baisse du coût de transport d'environ 27%).*

Pour conclure, les coûts de transport de différentes chaînes de distribution, déjà détaillées dans les tableaux précédents (cf. Tableaux 42 - 45), sont récapitulés dans le tableau ci-dessous (cf. Tableau 46). Comme annoncé précédemment, nous précisons à chaque fois la part du coût de transport supportée par le grand distributeur alimentaire d'un côté, et la part du client final d'un autre côté. A noter que ce dernier coût supporté par le client se compose du coût d'usage des moyens de transport et de la valeur du temps du client pendant son déplacement au magasin.

Tableau 46 : Composition des coûts de transport en aval de la chaîne de distribution

Les 5 modes de distribution	*Les 21 types de chaînes de distribution*	Coût de transport supporté par le grand distributeur alimentaire	Coût de transport supporté par le consommateur final			**Coût total de transport en aval de la chaîne de distribution**
			Coût d'utilisation des moyens de transport	Valeur du temps du client	Coût total supporté par le client final	
Vente classique	*Hypermarché classique*	0.00 €/kg	0.10 €/kg	0.06 €/kg	0.16 €/kg	**0.16 €/kg**
	Supermarché classique	0.00 €/kg	0.05 €/kg	0.07 €/kg	0.12 €/kg	**0.12 €/kg**
	Supérette classique	0.00 €/kg	0.01 €/kg	0.08 €/kg	0.09 €/kg	**0.09 €/kg**
Mode Drive	*Entrepôt Drive*	0.00 €/kg	0.09 €/kg	0.07 €/kg	0.16 €/kg	**0.16 €/kg**
	Hypermarché avec picking	0.00 €/kg	0.08 €/kg	0.06 €/kg	0.14 €/kg	**0.14 €/kg**
	Supermarché avec picking	0.00 €/kg	0.02 €/kg	0.03 €/kg	0.05 €/kg	**0.05 €/kg**
Point relais	*Entrepôt non mutualisé*	0.05 €/kg	0.002 €/kg	0.008 €/kg	0.01 €/kg	**0.06 €/kg**
	Entrepôt mutualisé	0.03 €/kg	0.002 €/kg	0.008 €/kg	0.01 €/kg	**0.04 €/kg**
	Hypermarché non mutualisé	0.05 €/kg	0.002 €/kg	0.008 €/kg	0.01 €/kg	**0.06 €/kg**
	Hypermarché mutualisé	0.03 €/kg	0.002 €/kg	0.008 €/kg	0.01 €/kg	**0.04 €/kg**
	Supermarché non mutualisé	0.02 €/kg	0.002 €/kg	0.008 €/kg	0.01 €/kg	**0.03 €/kg**
	Supermarché mutualisé	0.01 €/kg	0.002 €/kg	0.008 €/kg	0.01 €/kg	**0.02 €/kg**
Livraison à domicile après déplacement du client au magasin	*Hypermarché classique*	0.17 €/kg	0.07 €/kg	0.05 €/kg	0.12 €/kg	**0.29 €/kg**
	Supermarché classique	0.09 €/kg	0.02 €/kg	0.02 €/kg	0.04 €/kg	**0.13 €/kg**
Livraison à domicile après une commande à distance	*Entrepôt non mutualisé*	0.11 €/kg	0.00 €/kg	0.00 €/kg	0.00 €/kg	**0.11 €/kg**
	Entrepôt mutualisé	0.08 €/kg	0.00 €/kg	0.00 €/kg	0.00 €/kg	**0.08 €/kg**
	Hypermarché non mutualisé	0.11 €/kg	0.00 €/kg	0.00 €/kg	0.00 €/kg	**0.11 €/kg**
	Hypermarché mutualisé	0.08 €/kg	0.00 €/kg	0.00 €/kg	0.00 €/kg	**0.08 €/kg**
	Supermarché non mutualisé	0.05 €/kg	0.00 €/kg	0.00 €/kg	0.00 €/kg	**0.05 €/kg**
	Supermarché mutualisé	0.04 €/kg	0.00 €/kg	0.00 €/kg	0.00 €/kg	**0.04 €/kg**
	Supérette non mutualisée	0.03 €/kg	0.00 €/kg	0.00 €/kg	0.00 €/kg	**0.03 €/kg**

L'étude des coûts de transport en aval de la chaîne de distribution (cf. Tableau 46) montre que le coût de livraison à domicile après le déplacement du client au magasin est très élevé, que ce soit pour les moyennes ou les grandes surfaces. Par ailleurs, les coûts de transport entre le domicile du client et un hypermarché, par exemple, peuvent être classés dans l'ordre ci-dessous en fonction des modes de distribution.

Premièrement, la livraison à domicile après le déplacement du client au magasin qui est très coûteuse (0.29 €/kg). Ce coût élevé est lié au double déplacement dans ce mode de distribution : d'abord le déplacement du client avec ses propres moyens de transport pour préparer lui-même ses courses en hypermarché, puis du prestataire de transport en VUL pour livrer le client à domicile après son passage en caisse.

Deuxièmement, le coût de transport dans la vente classique considéré comme élevé (0.16 €/kg) à cause du faible poids du caddie d'achat dans la vente classique par rapport à la vente à distance[290]. Ce poids du caddie d'achat a un impact sur le nombre de déplacements des clients plus important dans la vente classique par rapport à la vente à distance. A titre d'exemple, un déplacement d'achat au magasin Drive (35 kg) est l'équivalent de 1.2 déplacement en hypermarché (1.2 x 30 kg), de 2.4 déplacements en supermarché (2.4 x 15 kg) et de 7 déplacements en supérette (7 x 5 kg). Ce nombre important de déplacements des clients dans la vente classique augmente de toute évidence son coût de transport par rapport à la vente à distance.

Troisièmement, le mode Drive avec un coût moyen de transport estimé à 0.14 €/kg à partir d'un hypermarché qui propose le service Drive à sa clientèle. Ce coût plus faible de transport dans le mode Drive, malgré l'usage fréquent de la voiture (97%), est lié, comme expliqué précédemment, au poids plus élevé de la commande (35kg).

[290] *Dans la vente classique, le poids moyen d'un achat est 30 kg en hypermarché, 15 kg en supermarché et 5 kg en supérette ; alors que dans la vente à distance, le poids moyen d'un achat est estimé à 35 kg en mode Drive, 41 kg en livraison à domicile et 49 kg en livraison au point relais.*

Quatrièmement, la livraison à domicile après une commande à distance. Ce mode de distribution se caractérise par un coût de transport de 0.11 €/kg à partir d'un hypermarché qui propose le service de livraison à domicile avec picking en magasin.

Cinquièmement, la livraison au point relais représente un mode de distribution très économe (par rapport aux coûts de transport des modes précédents). Le coût total de transport ne dépasse pas 0.06 €/kg. Ce dernier coût total inclut les frais de livraison d'un point relais à partir d'un hypermarché qui pratique la vente à distance, et les coûts de déplacement du client final au point relais pour récupérer ses achats.

De même pour les entrepôts dédiés à la vente à distance, nous constatons le même classement déjà établi précédemment pour les surfaces de vente avec picking en magasin. A noter qu'il y a 3 modes de distribution pour les entrepôts dédiés (et non pas 5 modes comme c'est le cas pour les hypermarchés ou les supermarchés). En premier lieu, le mode Drive avec un coût de transport élevé d'environ 0.16 €/kg. En deuxième lieu, la livraison à domicile avec un coût de transport estimé à 0.11€/kg. En troisième lieu, la livraison au point relais avec un coût de transport très faible (0.06 €/kg) par rapport aux deux modes précédents (Drive et livraison à domicile). Ce dernier coût de transport prend en compte le coût de livraison en VUL (0.05 €/kg) et de déplacement du client au point relais le plus proche de son domicile (0.01€/kg).

De ce fait, nous constatons que l'usage de VUL est très efficace en cas de livraison en point relais (0.06 €/kg). Ce dernier lieu permet du regrouper plusieurs commandes dans un même véhicule pour livrer en trace directe une seule destination. Cependant, cet usage de VUL est moins efficace en livraison à domicile (0.11 €/kg). Ce coût de transport dans le mode de livraison à domicile plus élevé qu'en mode point relais est lié au nombre de commandes par VUL qui reste encore faible,

malgré son évolution dans les dernières années. Par ailleurs, cet usage de VUL (que ce soit pour une livraison en point relais avec 0.06 €/kg ou à domicile avec 0.11 €/kg) reste plus économe que celui de la voiture (97%) dans le mode Drive avec 0.16 €/kg.

Cependant, il est important de rappeler que le poids moyen d'une commande Drive (35 kg) est inférieur aux poids moyens des commandes dans les deux autres modes de vente à distance (41 kg pour la livraison à domicile et 49 kg pour la livraison en point relais). Dans ce travail de thèse, nous avons fait le choix de travailler avec des moyennes qui correspondent à ce que nous avons observé sur le terrain. Si nous supposons que le poids d'une commande à distance est le même (35 kg) pour les trois modes de distribution (Drive, point relais et livraison à domicile), l'écart « par kg de marchandise » entre ces 3 derniers modes diminue, sans changer le classement déjà établi précédemment (cf. Tableau 47) : le coût de transport en mode Drive (0.16 €/kg) est plus élevé que celui de la livraison à domicile (0.13 €/kg). Le point relais reste, quand à lui, le mode de distribution le moins coûteux (0.08 €/kg)[291].

Dans la suite de ce chapitre, nous n'utilisons pas ces derniers coûts basés sur l'hypothèse d'un même poids du caddie d'achat (35 kg) quelque soit le mode de distribution, mais nous retenons les coûts de transport déjà trouvés précédemment (cf. Tableau 46) en appliquant les poids moyens des caddies d'achat observés sur le terrain (35 kg pour le mode Drive, 41 kg pour le poids relais et 49 kg pour la livraison à domicile). Par ailleurs, ces différentes moyennes des caddies sont appliquées dans la partie suivante sur les émissions de transport en aval de la chaîne de distribution.

[291] *A noter que le coût de transport dans le mode Drive est entièrement à la charge du client, sachant que ce coût peut être décomposé en deux parties : D'un côté, le coût d'usage des moyens de transport (0.08 €/kg) ; et de l'autre côté, la valeur du temps du client pendant son déplacement en entrepôt Drive (0.06 €/kg). Contrairement au mode Drive, le transport des achats dans le mode de livraison à domicile est entièrement assuré par le grand distributeur ou son prestataire logistique (et non pas par le client). Dans le point relais, le grand distributeur assume la grande partie du coût de transport (0.06 €/kg) tandis que le client supporte un petit coût de transport (0.01 €/kg) pour chercher sa commande dans le point relais le plus proche de son domicile (0.002 €/kg pour le coût d'usage des moyens de transport et 0.008 €/kg pour la valeur du temps du client).*

Tableau 47 : Coût de transport pour un entrepôt dédié à la vente à distance (35kg/commande)

Mode de déplacement utilisé en aval de la chaîne de distribution		Drive				Point relais				Livraison à domicile			
		Modes de déplac-ements	Coût d'utilisation (achat, carburant..)	Valeur du temps du client par kilomètre	Coût total (utilisation et temps) par km	Modes de déplac-ements	Coût d'utilisation (achat, carburant..)	Valeur du temps du client par kilomètre	Coût total (utilisation et temps) par km	Modes de déplac-ements	Coût d'utilisation (achat, carburant..)	Valeur du temps du client par km	Coût total (utilisation et temps) par km
Voiture		97.0%	0.28 €/km	0.18 €/km	**0.46 €/km**	37.1%	0.28 €/km	0.29 €/km	**0.57€/km**	0 %	0 €/km	0 €/km	**0 €/km**
Transport public		0.50%	0.11 €/km	0.33 €/km	**0.44 €/km**	2.00%	0.11 €/km	0.33 €/km	**0.44€/km**	0%	0 €/km	0 €/km	**0 €/km**
Marche à pied		2.00%	0 €/km	0.84 €/km	**0.84 €/km**	57.8%	0 €/km	0.84 €/km	**0.84€/km**	0 %	0 €/km	0 €/km	**0 €/km**
Vélo		0.30%	0.05 €/km	0.28 €/km	**0.33 €/km**	1.77%	0.05 €/km	0.28 €/km	**0.33€/km**	0 %	0 €/km	0 €/km	**0 €/km**
Moto		0.20%	0.23 €/km	0.20 €/km	**0.43 €/km**	1.33%	0.23 €/km	0.20 €/km	**0.43€/km**	0 %	0 €/km	0 €/km	0 €/km
VUL (**a**)	A point relais	0%	0 €/km	0 €/km	0 €/km	100%	4.55 €/km	0 €/km	4.55 €/km	0%	0 €/km	0 €/km	0 €/km
	A domicile	0%	4.69 €/km	0 €/km	4.69 €/km	0%	0%	0 €/km	0 €/km	100%	4.69€/km	0 €/km	4.69€/km
Coût par km de déplacement client (**b**)		100%	**0.27€/km** [292]	**0.20€/km** [293]	**0.47€/km** [294]	100%	**0.11€/km** [295]	**0.61€/km** [296]	**0.72€/km** [297]	0%	**0 €/km**	**0 €/km**	**0 €/km**
Distance parcourue par le client (**c**)			12 km				0.6 km				0 km		
Coût par déplacement client (**d**=b*c)			3.27 € /déplacement	2.33 € /déplacement	5.60 € /déplacement		0.07 € /déplacement	0.36 € /déplacement	0.43 € /déplacement		0 € /déplacement	0 € /déplacement	0 € /déplacement
Coût des déplacements (**e**=b*c*(C_T/35kg))[298]			3459 M€	2465 M€	5924 M€		70 M€	387 M€	457 M€		0 k€	0 k€	0 k€
Coût de transport client par kg (**f**=d/35 ou e/C_T)			**0.09 €/kg**	**0.07 €/kg**	**0.16 €/kg**		**0.002€/kg**	**0.01€/kg**	**0.012€/kg**		**0 €/kg**	**0 €/kg**	**0 €/kg**
Nombre km en VUL entre magasin et zone de livraison (**g**)		0 km				12 km				12 km			
Distance entre 2 clients livrés à domicile (**h**)		0 km				0 km				0.35 km			
Nombre de commandes par VUL (**i**)		0				24				18			
Distance totale en VUL (**j**=g+(h*(i-1)))		0 km				12 km				17.95 km			
Charge réelle de VUL (**k**=i*35kg)		0 kg				840 kg				630 kg			
Nombre total de livraisons (**l**=C_T/k)		0				20'238'096				26'984'127			
Coût par livraison en VUL (**m**=a*j)		0%	0 €/tournée de livraison			100%	54.60 €/tournée de livraison			100%	84.19 €/tournée de livraison		
Coût par commande livrée en VUL (**n**=m/i)			0 € /commande				2.28 € /commande				4.67 € /commande		
Coût total de livraison en VUL (**o**=a*j*l)			0 k€				2405 M€				4944 k€		
Coût de transport en VUL par kg (**p**=m/k ou n/35kg ou o/C_T)			**0 €/kg**				**0.07 €/kg**				**0.13 €/kg**		
Coût total par caddie d'achat (déplacement client +VUL) (**q**=d+n)		5.60 € /achat				2.71 € /achat				4.67 € /achat			
Coût de la charge totale (**r**=e+o)		5924 M€				2862 M€				4944 M€			
Coût total de transport par kg(**s**=f+p ou r/C_T)		**0.16 €/kg**				**0.08 €/kg**				**0.13 €/kg**			

[292] *Coût d'utilisation des moyens de transport pendant le déplacement du client en entrepôt drive : (0.28 * 0.97) + (0.11 * 0.005) + (0 * 0.02) + (0.05 * 0.003) + (0.21 * 0.002) =* ***0.27 €/km****.*

[293] *Coût kilométrique de la valeur du temps pendant le déplacement du client en entrepôt Drive : (0.18 * 0.97) + (0.33 * 0.005) + (0.84 * 0.02) + (0.28 * 0.003) + (0.20 * 0.002) =* ***0.20 €/km****.*

[294] *Coût kilométrique total (utilisation et valeur du temps) du déplacement de client en entrepôt Drive: (0.46 * 0.97) + (0.44 * 0.005) + (0.84 * 0.02) + (0.33 * 0.003) + (0.41 * 0.002) =* ***0.47 €/km****.*

[295] *Coût d'utilisation des moyens de transport pendant le déplacement du client au point relais : (0.28 * 0.371) + (0.11 * 0.020) + (0 * 0.578) + (0.05 * 0.0177) + (0.21 * 0.0133) =* ***0.11 €/km****.*

[296] *Coût kilométrique de la valeur du temps pendant le déplacement du client au point relais : (0.30 * 0.371) + (0.33 * 0.020) + (0.84 * 0.578) + (0.28 * 0.0177) + (0.20 * 0.0133) =* ***0.61 €/km****.*

[297] *Coût kilométrique total (utilisation et valeur du temps) du déplacement de client au point relais : (0.58 * 0.371) + (0.44 * 0.020) + (0.84 * 0.578) + (0.33 * 0.0177) + (0.41 * 0.0133) =* ***0.72 €/km****.*

[298] *Nombre total de déplacements des clients pour chercher leurs achats déjà commandés à distance = C_T/35kg=****1057'142'857****déplacements; Avec C_T: Charge totale (37millions tonnes) & 35kg: le poids de commande.*

b. Emissions de transport en aval de la chaîne de distribution

i. Emissions de transport dans la vente classique

L'étude des émissions de transport dans le mode de vente classique (cf. Tableau 48) montre que les émissions de CO_2 « par km parcouru » sont élevées pour les déplacements aux grandes surfaces par rapport aux moyennes et petites surfaces[299]. De ce fait, l'impact de type de surface de vente n'est pas le même sur les « coûts de transport par km » et « les émissions de transport par km » : le coût de transport par km (cf. Tableau 42) est plus important pour les déplacements aux petites surfaces (0.72 €/km en supérette, contre 0.57 €/km en supermarché et 0.46 €/km en hypermarché), alors que les émissions de transport par km (cf. Tableau 48) sont plus importantes pour les déplacements aux grandes surfaces (100 gCO_2/km en supérette, contre 212 gCO_2/km en supermarché et 248 gCO_2/km en hypermarché).

Cet impact différent sur les coûts et les émissions de transport « par km parcouru » dans la vente classique est lié au double effet de la marche à pied très dominante dans les déplacements aux supérettes et de la voiture particulière très utilisée pour les déplacements aux moyennes et grandes surfaces : d'un côté, la marche à pied a des émissions de CO_2 négligeables, puisqu'il n'y pas d'émissions de construction, de combustion et de réparation comme c'est le cas pour les véhicules; et de l'autre côté, la marche à pied se caractérise par un coût très élevé à cause de sa faible vitesse, ce qui engendre une valeur du temps importante pour le client final. Par conséquent, le coût de transport par km de la marche à pied est plus élevé que celui des autres

[299] *Les émissions de transport par km sont très faibles dans les petites et moyennes surfaces par rapport aux grandes surfaces (248 gCO_2/km en hypermarché, contre 212 gCO_2/km en supermarché et 100 gCO_2/km en supérette). Cela est justifié par l'usage très fréquent de la voiture pour les déplacements aux supermarchés (80.80%) et surtout aux hypermarchés (95.30%) par rapport aux déplacements aux supérettes (37.10%). En revanche, la marche à pied (dont les émissions de CO_2 sont négligeables) est majoritairement pratiquée par les clients pour se rendre en supérette (57.80%), mais elle est très faible pour les déplacements aux supermarchés (15.30%) et hypermarchés (1.30%).*

modes de déplacement. En revanche, la voiture particulière est beaucoup plus polluante par km parcouru, mais elle reste moins coûteuse que la marche à pied (malgré ses coûts d'achat, du carburant et de réparation, etc) grâce à sa vitesse de circulation très élevée par rapport à la marche à pied, ce qui baisse la valeur du temps du client final pendant son déplacement vers une surface de vente.

En outre, les émissions « par déplacement d'achat » en hypermarché (2619 gCO_2) sont plus importantes que celles d'un déplacement en supermarché (647 gCO_2) ou en supérette (60 gCO_2) : comme expliqué dans le paragraphe précédent, cela est lié aux émissions plus importantes « par km parcouru » en cas de mobilité du client vers un hypermarché (248 gCO_2/km) par rapport à un supermarché (212 gCO_2/km) ou une supérette (100 gCO_2/km), mais aussi à un second facteur qui est la distance moyenne entre le domicile du client et un hypermarché (10.54 km) plus longue que la distance parcourue vers un supermarché (3.06 km) ou une supérette (0.6 km).

En tenant compte du poids moyen du caddie (variant de 30 kg en hypermarché, 15 kg en supermarché et 5 kg en supérette), les émissions de CO_2 « par kg de marchandise » sont plus élevées pour les déplacements aux grandes surfaces par rapport aux moyennes et petites surfaces : en moyenne, 87 gCO_2/kg en hypermarché, contre 43 gCO_2/kg en supermarché et 12 gCO_2/kg en supérette.

Pour une charge annuelle de 37 Mt de marchandises achetée par les ménages français dans les magasins des grands distributeurs alimentaires, le nombre total de déplacements des consommateurs augmente en réduisant la taille de la surface de vente. Ce nombre plus faible de déplacements d'achat vers les grandes surfaces par rapport aux moyennes et petites surfaces est lié principalement au poids moyen du caddie : un déplacement d'achat en hypermarché (30 kg) est l'équivalent de 2 déplacements en supermarché (2 x 15 kg) et 6 déplacements en supérette (6 x 5 kg).

Contrairement au nombre de déplacements d'achat qui augmente en réduisant la taille de la surface de vente, le total des émissions de ces déplacements est plus faible pour les petites surfaces que pour les moyennes et grandes surfaces : 3230 $ktCO_2$ pour les hypermarchés, contre 1597 $ktCO_2$ pour les supermarchés et seulement 445 $ktCO_2$ pour les supérettes (cf. Tableau 48). Cela est lié aux émissions «par déplacement d'achat» très faibles pour les petites surfaces en raison de la part importante de la marche à pied comme expliqué précédemment (2619 gCO_2 en hypermarché, contre 647 gCO_2 en supermarché et 60 gCO_2 en supérette).

Tableau 48 : Emissions de transport dans la vente classique en aval

Mode de déplacement utilisé en aval	Coût d'exploitation par mode de déplacement	Hypermarché classique	Supermarché classique	Supérette classique
Voiture particulière	257 gCO_2/km	95.30%	80.8%	37.10%
Transport en commun	107 gCO_2/km	3.00%	2.60%	2.00%
Marche à pied	0 gCO_2/km	1.30%	15.30%	57.80%
Vélo	20 gCO_2/km	0.23%	0.74%	1.77%
Deux roues motorisées	175 gCO_2/km	0.17%	0.56%	1.33%
VUL de livraison au point relais	533 gCO_2/km	0%	0%	0%
VUL de livraison à domicile	602 gCO_2/km	0%	0%	0%
Emissions par km entre la surface de vente et le domicile du ménage (**a**)		248 gCO_2/km[300]	212 gCO_2/km[301]	100 gCO_2/km[302]
Distance aller-retour entre la surface de vente et le domicile du client (**b**)		10.54 km	3.06 km	0.60 km
Emissions par déplacement d'achat à la surface de vente (**c=a*b**)		2619 gCO_2	647 gCO_2	60 gCO_2
Poids d'un caddie moyen selon le type de la surface de vente (**d**)		30 kg	15 kg	5 kg
Emissions totales de transport selon le type de la surface de vente (**e**=a*b*(C_T/d))[303] ; avec C_T=37 Mt		3230 $ktCO_2$	1597 $ktCO_2$	445 $ktCO_2$
Emissions de transport par kg d'achat par type de surface de vente (**g**=c/d ou e/C_T) ; avec C_T : Charge totale (37 Mt)		**87 gCO_2/kg**	**43 gCO_2/kg**	**12 gCO_2/kg**

[300] *Total d'émissions du déplacement client en hypermarché de vente classique = (257 * 0.953) + (107 * 0.03) + (0 * 0.013) + (20 * 0.0023) + (175 * 0.0017) =* ***248 gCO_2/km****.*

[301] *Total d'émissions du déplacement client en supermarché de vente classique = (257 * 0.808) + (107 * 0.026) + (0 * 0.153) + (20 * 0.0074) + (175 * 0.0056) =* ***212 gCO_2/km****.*

[302] *Total d'émissions du déplacement client en supérette de vente classique = (257 * 0.371) + (107 * 0.020) + (0 * 0.578) + (20 * 0.0177) + (175 * 0.0133) =* ***100 gCO_2/km****.*

[303] *La charge totale (C_T) est 37 Millions tonnes de marchandises. Le poids d'un caddie d'achat est estimé à 30 kg en hypermarché, contre 15 kg en supermarché et 5 kg en supérette. De ce fait, le nombre des déplacements d'achat pour les hypermarchés : C_T / 30kg =* ***1233'333'334 déplacements/an****. Pour les supermarchés : C_T / 15kg =* ***2466'666'667 déplacements/an****. Pour les supérettes : C_T / 5kg =* ***7400'000'000 déplacements/an****.*

ii. Emissions de transport dans le mode Drive

Dans le mode Drive, l'usage de la voiture particulière (très polluante par rapport aux autres moyens de déplacement) est très dominant pour les différents lieux de préparation des commandes (un entrepôt dédié à la vente à distance ou une surface de vente à distance avec picking en magasin) : cet usage de la voiture est légèrement plus élevé pour un déplacement vers un entrepôt dédié (97 %) que pour un déplacement vers un hypermarché (95.3 %) ou un supermarché (80.8 %).

Les autres modes de déplacement des clients (transport public, deux roues motorisées, vélo et marche à pied) sont très peu utilisés dans le mode Drive (cf. Tableau 49) et surtout moins polluants que la voiture particulière. Par conséquent, la part d'usage de la voiture est le facteur principal qui explique la légère supériorité des émissions de CO_2 «par km parcouru» à l'entrepôt dédié (250 gCO_2/km) par rapport à un hypermarché (248 gCO_2/km) ou un supermarché (212 gCO_2/km).

En prenant en compte la distance parcourue entre le domicile du ménage et le lieu de préparation de commande Drive (12 km pour un déplacement en entrepôt dédié à la vente à distance, contre 10.54 km en hypermarché et 3.06 km en supermarché), le petit écart d'émissions de CO_2 « par km parcouru » entre les 3 alternatives de mode Drive devient plus important pour les émissions de CO_2 «par déplacement d'achat» : en moyenne, 3003 gCO_2/déplacement vers un entrepôt dédié à la vente à distance, contre 2619 gCO_2/déplacement vers un hypermarché avec picking en magasin et seulement 647 gCO_2/déplacement vers un supermarché avec picking en magasin.

Par ailleurs, le poids moyen d'une commande Drive est estimé à 35 kg. De ce fait, les émissions de transport « par kg de marchandise » sont plus importantes pour un

déplacement d'achat vers un entrepôt dédié (86 gCO_2/kg) que pour un déplacement d'achat vers un hypermarché (75 gCO_2/kg) ou un supermarché (18 gCO_2/kg).

Pour un marché de consommation d'environ 37 Mt/an en France, les émissions de transport sont estimées à 3174 $ktCO_2$ pour les commandes préparées dans des entrepôts entièrement dédiés à la vente à distance, contre 2769 $ktCO_2$ pour l'ensemble des déplacements des clients aux hypermarchés avec picking en magasin et seulement 684 $ktCO_2$ pour les déplacements d'achat vers les supermarchés qui proposent le service Drive à leur clientèle.

Tableau 49 : Emissions de transport dans le mode Drive en aval

Modes de déplacement des clients en aval de la chaîne de distribution	Emissions d'exploitation par mode de déplacement	Entrepôt dédié à la vente à distance	Hypermarché avec picking en magasin	Supermarché avec picking en magasin
Voiture particulière	257 gCO_2/km	97%	95.3%	80.8%
Transport en commun	107 gCO_2/km	0.5%	2.60%	3.00%
Marche à pied	0 gCO_2/km	2%	15.30%	1.3%
Vélo	20 gCO_2/km	0.3%	0.23%	0.74%
Deux roues motorisées	175 gCO_2/km	0.2%	0.17%	0.56%
VUL de livraison au point relais	533 gCO_2/km	0%	0%	0%
VUL de livraison à domicile	602 gCO_2/km	0%	0%	0%
Emissions par km parcouru entre la surface de vente à distance et le domicile du ménage (**a**)		250 gCO_2/km[304]	248 gCO_2/km[305]	212 gCO_2/km[306]
Distance moyenne parcourue par le client entre le lieu de préparation des commandes et son domicile (**b**)		12 km	10.54 km	3.06 km
Emissions par déplacement d'achat entre la surface de vente et le domicile du client (**c=a*b**)		3003 gCO_2	2619 gCO_2	647 gCO_2
Emissions totales de transport pour une charge totale de 37Mt/an de marchandise consommée en France (**d**=a*b*188'572)[307]		3174 $ktCO_2$	2769 $ktCO_2$	684 $ktCO_2$
Emissions de transport par kg (**e**=c/35kg ou d/C_T) ; avec 35kg : le poids moyen d'une commande Drive & C_T : la charge totale (37 Mt)		**86 gCO_2/kg**	**75 gCO_2/kg**	**18 gCO_2/kg**

[304] *Emissions totales du déplacement client en hypermarché de vente classique = (257 * 0.97) + (107 * 0.005) + (0 * 0.02) + (20 * 0.003) + (175 * 0.002) =* ***250 gCO_2/km****.*

[305] *Total d'émissions du déplacement client en hypermarché de vente classique = (257 * 0.953) + (107 * 0.03) + (0 * 0.013) + (20 * 0.0023) + (175 * 0.0017) =* ***248 gCO_2/km****.*

[306] *Total d'émissions du déplacement client en supermarché de vente classique = (257 * 0.808) + (107 * 0.026) + (0 * 0.153) + (20 * 0.0074) + (175 * 0.0056) =* ***212 gCO_2/km****.*

[307] *Le nombre total de déplacements des clients vers une surface de vente Drive est estimé à environ : C_T/35kg =* ***1057'142'857 déplacements****. Avec C_T : Charge totale (37 Mt) et 35kg : le poids moyen d'une commande Drive.*

iii. Emissions de transport dans le mode point relais

Dans le mode de livraison en point relais, le transport des achats commandés à distance est assuré par le groupe alimentaire (ou par son prestataire de transport) entre le lieu de préparation des commandes et le point relais. Ensuite, le client se déplace au point relais pour ramener ses commandes à son domicile. De ce fait, les émissions de transport sont partagées entre le distributeur qui s'occupe de la grande partie du trajet en VUL, et le client final qui récupère ses achats dans le point relais à proximité de son domicile avec ses propres moyens de déplacement.

Comme annoncé dans la partie du calcul des coûts de transport dans le mode point relais, la distance entre le point relais et le domicile du consommateur final est estimée à 0.6 km : 37.10 % de déplacements des clients sont réalisés en voiture particulière (257 gCO_2/km), contre 2 % en transport public (107 gCO_2/km), 57.80 % à pied (0 gCO_2/km), 1.77 % en vélo (20 gCO_2/km) et 1.33 % en deux roues motorisées (157 gCO_2/km). De ce fait, les émissions de transport entre le point relais et le domicile du client final sont estimées à 60 gCO_2/commande[308].

En général, le client fait attention au choix du point relais le plus proche de son domicile, mais il ne s'intéresse pas au lieu de préparation des commandes chez le groupe alimentaire. De ce fait, le poids de la commande livrée en point relais est le même (49 kg) quel que soit le lieu de préparation des commandes (entrepôt dédié ou une surface de vente avec picking en magasin). A partir de ces données, nous déduisons que les émissions de transport sont très faibles (1 gCO_2/kg) entre le point relais et le domicile du client pour une distance moyenne de 0.6 km seulement.

[308] *Le point relais est un commerce de proximité (0.6 km de domicile du client). Par conséquent, le total d'émissions de déplacement du client au point relais pour ramener ses achats à domicile est : ((257*0.371) + (107+*0.020)+(0*0.578)+(20*0.0177)+(175*0.0133)) * 0.6 =* ***60 gCO_2/commande****, ce qui donne 60 gCO_2 / 49kg =* ***1 gCO_2/kg*** *(A noter que 49kg est le poids moyen d'une commande livrée en point relais).*

Concernant la livraison des commandes en VUL entre le lieu de préparation des commandes et le point relais, les émissions de transport dépendent de deux principaux facteurs : la distance parcourue entre le lieu de préparation des commandes et le point relais, et le taux de remplissage de VUL de livraison. Comme annoncé précédemment, le point relais est livré en trace directe (et non pas en tournée comme c'est le cas dans la livraison à domicile) ce qui baisse le nombre de kilomètres parcourus en VUL à partir du lieu de préparation des commandes. En outre, les VUL de livraison aux points relais se caractérisent par des taux de remplissage élevés[309] par rapport aux VUL de livraison à domicile. Par conséquent, le taux d'émissions de transport d'une commande livrée en point relais est inférieur à celui d'une commande livrée à domicile : sur la base de 533 gCO_2/VUL.km pour la livraison en point relais, les émissions de transport sont estimées en moyenne à 6396 gCO_2/livraison à partir d'un entrepôt dédié, contre 5618 gCO_2/livraison à partir d'un hypermarché et seulement 1631 gCO_2/livraison à partir d'un supermarché.

En ajoutant les émissions de déplacement du client final au point relais pour récupérer ses commandes, les émissions de transport par « kg de marchandise » sont estimées à 7 gCO_2/kg pour les commandes préparées dans les surfaces de vente à distance implantées en périphérie (entrepôt dédié et hypermarché avec picking), contre 4 gCO_2/kg pour les commandes préparées dans un supermarché avec picking généralement localisé en milieu urbain-périphérique (cf. Tableau 50).

A noter que l'impact de la mutualisation est plus élevé pour les commandes livrées à partir d'un entrepôt dédié ou un hypermarché avec picking en magasin généralement situés en périphérie que pour les commandes livrées à partir d'un supermarché :

[309] *Le nombre de commandes par VUL à destination d'un point relais peut atteindre 24 commandes à partir d'un entrepôt dédié, contre 21 commandes à partir d'un hypermarché et 10 commandes à partir d'un supermarché. Cela se traduit par une charge réelle d'environ 1176 kg/VUL à partir d'un entrepôt dédié, 1029 kg/VUL à partir d'un hypermarché et 490 kg à partir d'un supermarché.*

la mutualisation aboutie à une baisse des émissions de 68 gCO_2/commande préparée dans une surface de vente en périphérie (entrepôt dédié ou hypermarché) et de 34 gCO_2/commande préparée dans un supermarché en urbain-périphérique[310].

Tableau 50 : Emissions de transport en mode point relais en aval

Mode de déplacement utilisé en aval	Emissions d'exploitation par mode de déplacement	Entrepôt	Entrepôt mutualisé	Hypermarché	Hypermarché mutualisé	Supermarché	Supermarché mutualisé
Voiture particulière	257 gCO_2/km	37.10%	37.10%	37.10%	37.10%	37.10%	37.10%
Transport en commun	107 gCO_2/km	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%
Marche à pied	0 gCO_2/km	57.80%	57.80%	57.80%	57.80%	57.80%	57.80%
Vélo	20 gCO_2/km	1.77%	1.77%	1.77%	1.77%	1.77%	1.77%
Deux roues motorisées	175 gCO_2/km	1.33%	1.33%	1.33%	1.33%	1.33%	1.33%
VUL de livraison à domicile	602 gCO_2/km	0%	0%	0%	0%	0%	0%
VUL de livraison au point relais	533 gCO_2/km (**a**)	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Nombre de commandes par VUL de livraison en point relais (**b**)		24	32	21	28	13	18
Charge réelle de VUL (**c**= 49kg*b) ; A noter que 49kg est le poids moyen d'une commande livrée en point relais		1176 kg	1568 kg	1029 kg	1372 kg	637 kg	882 kg
Distance moyenne parcourue entre le lieu de préparation des commandes et un point relais (**d**)		12 km	12 km	10.54 km	10.54 km	3.06 km	3.06 km
Emissions de la livraison en VUL au point relais par tournée (**e=** a*d)		6396 gCO_2	6396 gCO_2	5618 gCO_2	5618 gCO_2	1631 gCO_2	1631 gCO_2
Emissions de la livraison en VUL au point relais par commande (**f=** a*d / b)		267 gCO_2	199 gCO_2	268 gCO_2	200 gCO_2	125 gCO_2	91 gCO_2
Emissions de livraison en VUL au point relais par kg (**g=** a*d/c ou f / 49kg) ; avec 49kg le poids d'un achat		6 gCO_2/kg	4 gCO_2/kg	6 gCO_2/kg	4 gCO_2/kg	3 gCO_2/kg	2 gCO_2/kg
Nombre total de VUL de livraison aux points relais (**h**=C_T/c) ; avec C_T : Charge totale (37 Mt)		31'462'586	23'596'939	35'957'241	26'967'931	58'084'773	41'950'114
Emissions de livraison en VUL par surface de vente (**i**= h*e)		201 $ktCO_2$	151 $ktCO_2$	202 $ktCO_2$	152 $ktCO_2$	95 $ktCO_2$	69 $ktCO_2$
Emissions totales de transport par type de surface de vente (**j**=i+45 $MtCO_2$)[311]		246 $ktCO_2$	196 $ktCO_2$	247 $ktCO_2$	197 $ktCO_2$	140 $ktCO_2$	114 $ktCO_2$
Emissions totales de transport par commande (**k**=f+60$_{gCO_2}$)		327 gCO_2	259 gCO_2	328 gCO_2	260 gCO_2	185 gCO_2	151 gCO_2
Emissions de transport par kg d'achat par surface de vente (**l**=g+1gCO_2/kg[312]ou j/C_T ; avec C_T : Charge totale (37 Mt)		**7 gCO_2/kg**	**5 gCO_2/kg**	**7 gCO_2/kg**	**5 gCO_2/kg**	**4 gCO_2/kg**	**3 gCO_2/kg**

*[310] En cas de mutualisation (cf. tableau 50), les émissions de transport dans les lieux de préparation des commandes situés en périphérie baissent de **68 gCO_2/commande** (de 327 gCO_2/commande non mutualisée à 259 gCO_2/commande mutualisée en entrepôt dédié ; et de 328 gCO_2/commande non mutualisée à 260 gCO_2/commande mutualisée en hypermarché). Dans les lieux de préparation en milieu urbain-périphérique, elles baissent de **34 gCO_2/commande** (de 185 gCO_2/commande non mutualisée à 151 gCO_2/commande mutualisée).*

*[311] Le point relais est un commerce de proximité (0.6km de domicile du client) comme c'est le cas de supérette, sachant que ces deux lieux sont considérés comme des petites surfaces. Nous appliquons donc pour le point relais la même répartition des modes de déplacement déjà observée dans les petites surfaces : 37.10% pour la voiture (avec 257 gCO_2/km), contre 2% pour le transport public (avec 107 gCO_2/km), 57.80% pour la marche à pied (avec 0 gCO_2/km), 1.77% pour le vélo (avec 20 gCO_2/km) et 1.33% pour les deux roues motorisées (avec 175 gCO_2/km). Par ailleurs, le nombre de déplacements des clients aux points relais pour chercher leurs achats est calculé comme suit : CT/poids moyen d'un caddie (avec la charge réelle (C_T) égale à 37 Mt et le poids moyen d'une commande livrée au point relais est 49kg ; Alors 37Mt/49kg = 755'102'041. Par conséquent, le total d'émissions de CO_2 de déplacement des clients aux points relais pour ramener leurs achats à domicile est : 755'102'041 * ((0.257*0.371)+(0.107+*0.020)+(0*0.578)+(0.020*0.0177)+(0.175*0.0133)) * 0.6 = **45 $MtCO_2$**.*

*[312] Le total d'émissions de déplacement du client au point relais pour ramener ses achats à son domicile est estimé à : ((257*0.371)+(107+*0.020)+(0*0.578)+(20*0.0177)+(175*0.0133)) * 0.6 = **60 gCO_2/commande**. Donc, 60 / 49kg = **1 gCO_2/kg** (A noter que 49kg est le poids moyen d'une commande livrée en point relais).*

iv. Emissions de transport dans la livraison à domicile

Contrairement aux deux modes d'organisation précédents (la livraison en point relais et le mode Drive) qui se déclenchent seulement après une commande à distance, le client a le choix de solliciter le servie de livraison à domicile après une commande à distance ou suite à son passage en rayons du magasin. Ce passage du client en magasin engendre des émissions de CO_2 qui varient selon le type de surface de vente. En cas de déplacement en hypermarché, l'usage de la voiture particulière est très dominant (95.3 %). De plus, la distance parcourue vers un hypermarché est très importante (3.5 fois plus longue que la distance parcourue vers un supermarché). Par conséquent, la moyenne d'émissions de déplacement du client en hypermarché (2619gCO_2) est plus élevée que celle d'un déplacement en supermarché (647gCO_2).

Sur la base d'un poids moyen de 41 kg/commande livrée à domicile, les émissions de CO_2 « par kg de marchandise » sont estimées à 64 gCO_2/kg pour un déplacement du client en hypermarché et 16 gCO_2/kg pour un déplacement en supermarché. A ces dernières émissions, il faut ajouter les émissions de livraison à domicile en VUL : le nombre de commandes par VUL dans le mode de livraison à domicile après le passage du client en magasin est très faible (10 commandes/VUL à partir d'un hypermarché et 6 commandes/VUL à partir d'un supermarché) par rapport aux deux autres modes de livraison en point relais ou à domicile après une commande à distance. De plus, la distance moyenne entre deux clients livrés à domicile est relativement importante (0.45 km pour deux clients livrés à partir d'un hypermarché et 0.30 km pour deux clients livrés à partir d'un supermarché). Pour toutes ces raisons, les émissions de livraison à domicile suite au passage du client en magasin sont élevées (21 gCO_2/kg en hypermarché et 11 gCO_2/kg en supermarché). En ajoutant les émissions de déplacement du client (déjà exposées antérieurement,

64 gCO_2/kg pour un déplacement à l'hypermarché et 16 gCO_2/kg pour un déplacement au supermarché), le total d'émissions de transport (client puis livreur) s'élève à environ 85 gCO_2/kg en hypermarché et 27 gCO_2/kg en supermarché.

Ces moyennes d'émissions de transport dans le premier mode de livraison à domicile après le passage du client en magasin sont supérieures aux émissions de transport dans le deuxième mode de livraison à domicile après une commande à distance pour deux raisons : le deuxième mode se caractérise d'abord par un usage de VUL seulement (et non pas d'autres véhicules utilisés par le client pour assurer son déplacement comme c'est le cas dans le premier mode), ainsi qu'une hausse de 1/3 du nombre de commandes par VUL pour une livraison à domicile après une commande à distance (15 commandes/VUL à partir d'un hypermarché et 9 commandes/VUL à partir d'un supermarché) par rapport au nombre de commandes livrées à domicile après le passage du client en magasin (10 commandes/VUL à partir d'un hypermarché et 6 commandes/VUL à partir d'un supermarché). Concernant les deux autres lieux de préparation des commandes (entrepôt dédié à la vente à domicile et supérette avec picking en magasin qui n'existent pas sur le terrain dans le mode de livraison à domicile après le passage du client en magasin), le nombre de commandes est estimé à 18 commandes/VUL à partir d'un entrepôt dédié et 3 commandes/VUL à partir d'une supérette.

Dans le mode de livraison à domicile après une commande à distance (comme expliqué précédemment pour le mode point relais), le client ne s'intéresse pas au lieu de préparation des commandes au moment de la réalisation de ses achats sur internet : l'essentiel pour le client est de recevoir sa commande complète et pendant le créneau de livraison qu'il a sélectionné sur le site du cybermarché. Le lieu de préparation de la commande de même que toute l'organisation logistique du groupe

alimentaire qui précède le moment de réception de la marchandise n'intéressent pas le client final. Pour cette raison, le poids d'une commande livrée à domicile est le même (41 kg) quel que soit le lieu de préparation des commandes (entrepôt dédié, hypermarché ou supermarché avec picking en magasin). Sur la base de ce poids moyen de 41 kg/commande livrée à domicile, la charge réelle de VUL dans la vente à distance est estimée à 738 kg/VUL à partir d'un entrepôt dédié, 615 kg à partir d'un hypermarché, 369 kg à partir d'un supermarché et 123 kg à partir d'une supérette.

A partir de ces données, les émissions de livraison à domicile « par kg de marchandise » sont estimées à 15 gCO_2/kg à partir d'un entrepôt dédié (cf. Tableau 51), contre 14 gCO_2/kg à partir d'un hypermarché, 7 gCO_2/kg à partir d'un supermarché et seulement 3 gCO_2/kg à partir d'une supérette.

Comme c'était le cas dans la première partie sur le calcul des coûts de transport, nous étudions dans cette partie l'impact de la mutualisation sur les émissions de transport dans la livraison à domicile après une commande à distance : la mise en œuvre d'un processus de livraison mutualisée permet de baisser les émissions de transport à 10 gCO_2/kg pour les surfaces de vente localisées en périphérie (entrepôt dédié et hypermarché) et 5 gCO_2/kg pour les supermarchés généralement implantés en milieu urbain-périphérique (cf. Tableau 51). En effet, la mutualisation des envois engendre une baisse de 184 gCO_2/commande pour un entrepôt dédié, contre 154 gCO_2/commande pour un hypermarché et seulement 88 gCO_2/commande pour un supermarché[313] (cf. Tableau 51). Par conséquent, l'impact de mutualisation est plus important pour les lieux de préparation des commandes en périphérie en raison de l'importance des distances parcourues en VUL pour arriver aux zones de livraison.

[313] *En cas de mutualisation (cf. tableau 51), les émissions de transport baissent de **184 gCO_2/commande** en entrepôt dédié (de 600 gCO_2/commande non mutualisée à 416 gCO_2/commande mutualisée) ; contre **154 gCO_2/commande** en hypermarché (de 563 gCO_2/commande non mutualisée à 409 gCO_2/commande mutualisée) et **88 gCO_2/commande** en super (de 285 gCO_2/commande non mutualisée à 197 gCO_2/commande mutualisée).*

Tableau 51 : Emissions de transport dans la livraison à domicile en aval

Mode de déplacement utilisé en aval de la chaîne de distribution	Emissions totales de CO_2 (de fabrication et d'utilisation) par mode de déplacement	**Livraison à domicile après le déplacement client au magasin**		**Livraison à domicile après une commande à distance**						
		Hypermarché classique	Supermarché classique	Entrepôt	Entrepôt mutualisé	Hypermarché	Hypermarché mutualisé	Supermarché	Supermarché mutualisé	Supér-ette
Voiture	257 gCO_2/km	95.30%	80.80%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Transport public	107 gCO_2/km	2.60%	3.00%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Marche à pied	0 gCO_2/km	15.30%	1.30%	0%	2%	0%	0%	0%	0%	0%
Vélo	20 gCO_2/km	0.23%	0.74%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Moto	175 gCO_2/km	0.17%	0.56%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
VUL de livraison en point relais	533 gCO_2/km	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
VUL de livraison à domicile	602gCO_2/km(**a**)	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Emissions par km entre le magasin et le domicile en cas de déplacement client (**b**)		248gCO_2/km[314]	212gCO_2/km[315]	0gCO_2/km	0gCO_2/km	0 gCO_2/km	0 gCO_2/km	0 gCO_2/km	0gCO_2/km	0gCO_2/km
Distance moyenne entre la surface de vente et le domicile ménage (**c**)		10.54 km	3.06 km	12 km	12 km	10.54 km	10.54 km	3.06 km	3.06 km	0.6km
Emissions de transport du client final par déplacement d'achat (**d**=b*c)		2619 gCO_2	647 gCO_2	0 gCO_2	0 gCO_2	0 gCO_2	0 gCO_2	0 gCO_2	0 gCO_2	0gCO_2
Emissions de déplacement du client par kg (**e**=b*c/41kg) ; avec 41kg le poids moyen d'une commande livrée à domicile		64 gCO_2	16 gCO_2	0 gCO_2	0 gCO_2	0 gCO_2	0 gCO_2	0 gCO_2	0 gCO_2	0gCO_2
Nombre de commandes par VUL de livraison à domicile (**f**)		10	6	18	24	15	20	9	13	3
Charge réelle de VUL (**g**= f*41kg) ; avec 41kg le poids de commande à domicile		410 kg	246 kg	738 kg	984 kg	615 kg	820 kg	369 kg	533 kg	123 kg
Distance moyenne parcourue en VUL entre 2 clients livrés à domicile (**h**)		0.45 km	0.30 km	0.35km	0.20km	0.25 km	0.16 km	0.15 km	0.10 km	0.05km
Nombre de km parcourus par un VUL de livraison à domicile (**i**=(c+(h*(f-1)))		14.59 km	4.56 km	17.95km	16.6km	14.04 km	13.58 km	4.26 km	4.26 km	0.70km
Emissions de livraison à domicile en VUL par tournée (**j**=a*i)		8783 gCO_2	2745 gCO_2	10806gCO_2	9993gCO_2	8452 gCO_2	8175 gCO_2	2565 gCO_2	2565gCO_2	421gCO_2
Emissions de livraison à domicile en VUL par commande (**k**=a*i/f)		878 gCO_2	458 gCO_2	600gCO_2	416gCO_2	563 gCO_2	409 gCO_2	285 gCO_2	197 gCO_2	140gCO_2
Emissions de livraison à domicile en VUL par kg (**l**=a*i/g)		21 gCO_2	11 gCO_2	15gCO_2	10gCO_2	14 gCO_2	10 gCO_2	7 gCO_2	5 gCO_2	3gCO_2
Nombre total de déplacements clients (**m**=C_T/41kg) avec C_T: Charge totale (37Mt)		902'439'025	902'439'025	0	0	0	0	0	0	0
Emissions de déplacement des clients aux magasins (**n**=b*c*m)		2363 $ktCO_2$	584 $ktCO_2$	0 $ktCO_2$	0 $ktCO_2$	0 $ktCO_2$	0 $ktCO_2$	0 $ktCO_2$	0 $ktCO_2$	0 $ktCO_2$
Nombre total de VUL de livraison à domicile (**o**=C_T/g)		90'243'903	150'406'505	50135502	37601627	60'162'602	45'121'952	100271'003	69418'387	300813009
Total d'émissions de livraison à domicile en VUL (**p**=a*i*o)		793 $ktCO_2$	413 $ktCO_2$	542$ktCO_2$	376$ktCO_2$	508 $ktCO_2$	369 $ktCO_2$	257 $ktCO_2$	178$ktCO_2$	127$ktCO_2$
Total d'émissions de transport par surface de vente (**q**=n+p)		3156 $ktCO_2$	997 $ktCO_2$	542$ktCO_2$	376$ktCO_2$	508 $ktCO_2$	369 $ktCO_2$	257 $ktCO_2$	178$ktCO_2$	127$ktCO_2$
Total d'émissions de transport par commande (**r**=d+k)		3497 gCO_2	1105 gCO_2	600gCO_2	416gCO_2	563 gCO_2	409 gCO_2	285 gCO_2	197 gCO_2	140gCO_2
Total d'émissions de transport par kg acheté (**s**=e+l ou r/41kg ou q/C_T)		85 gCO_2/kg	27gCO_2/kg	15gCO_2/kg	10gCO_2/kg	14gCO_2/kg	10 gCO_2/kg	7 gCO_2/kg	5gCO_2/kg	3gCO_2/kg

[314] *Total d'émissions du déplacement client en hypermarché de vente classique = (257 * 0.953) + (107 * 0.03) + (0 * 0.013) + (20 * 0.0023) + (175 * 0.0017) =* ***248 gCO_2/km****.*

[315] *Total d'émissions du déplacement client en supermarché de vente classique = (257 * 0.808) + (107 * 0.026) + (0 * 0.153) + (20 * 0.0074) + (175 * 0.0056) =* ***212 gCO_2/km****.*

v. Synthèse des coûts et émissions de transport en aval de la chaîne de distribution

Pour conclure cette partie sur le transport des marchandises en aval de la chaîne de distribution, nous analysons le récapitulatif des coûts et des émissions de CO_2 (cf. Tableau 52) : Nous constatons d'abord que les coûts et les émissions de transport dépendent surtout de la distance parcourue (estimée à 12 km pour un déplacement en entrepôt dédié, 10.54 km en hypermarché, 3.06 km en supermarché et 0.6 km en supérette). Ce premier constat est valable pour les différents modes de distribution à commencer par la vente classique, le mode Drive, le mode point relais, la livraison à domicile suite au déplacement du client en magasin et enfin la livraison à domicile après une commande à distance.

Dans la vente classique, le coût de transport «par kg de marchandise» est très élevé en cas de déplacement vers un hypermarché localisé en périphérie (0.16 €/kg) par rapport à un supermarché implanté en urbain-périphérique (0.12 €/kg) ou une supérette située en milieu urbain (0.09 €/kg). Dans ce cadre, il faut préciser que les coûts de transport par véhicule.km sont généralement faibles en périphérie par rapport aux coûts de transport en milieu urbain ou urbain-périphérique (dans notre outil, le coût de transport en voiture particulière est estimé à 0.46 €/km en périphérie, contre 0.53 €/km en urbain-périphérique et 0.58 €/km en milieu urbain (cf. Tableau 40). Pour l'ensemble des modes de déplacement utilisés par les ménages, le coût de transport « par km parcouru » est moins coûteux en périphérie (0.46 €/km) que le coût de transport en milieu urbain-périphérique (0.57 €/km) et en milieu urbain (0.72 €/km). De plus, le poids moyen d'un caddie d'achat dans un hypermarché (30 kg) est très important par rapport à celui d'un caddie acheté dans un supermarché (15 kg) ou dans une supérette (5 kg). Malgré ces moyennes en faveur de l'hypermarché (poids moyen du caddie plus élevé et coût de transport «par

km parcouru» plus faible que celui d'un supermarché ou d'une supérette), le coût de transport «par kg de marchandise» reste très élevé pour un déplacement vers un hypermarché (en raison de l'importance de la distance parcourue d'environ 10.54 km) par rapport aux déplacements vers un supermarché (3.06 km) ou une supérette (0.6 km). De même, les émissions de transport sont très élevées pour un déplacement vers un hypermarché (87 gCO_2/kg) par rapport à celles d'un déplacement vers un supermarché (43 gCO_2/kg) ou une supérette (12 gCO_2/kg).

Dans le mode Drive, l'importance du trajet entre l'entrepôt dédié et le domicile du client (12 km) engendre un coût de transport élevé par rapport aux surfaces de vente avec picking en magasin (10.54 km en hypermarché et 3.06 km en supermarché). Ce coût de transport «par kg de marchandise» est estimé à 0.16 €/kg en entrepôt dédié, contre 0.14 €/kg en hypermarché et 0.05 €/kg en supermarché. De même pour les émissions de CO_2, le déplacement vers un entrepôt dédié (86 gCO_2/kg) engendre plus d'émissions « par kg de marchandise » qu'un déplacement vers un hypermarché (75 gCO_2/kg) ou un supermarché (18g CO_2/kg).

Dans le mode point relais, le coût total de transport (du livreur puis du client) à partir des lieux de préparation des commandes localisés en périphérie (entrepôt dédié et hypermarché avec picking en magasin) est plus élevé (0.06 €/kg) que le coût de transport à partir d'un supermarché (0.04 €/kg). De même pour les émissions de CO_2, le transport des achats (entre le lieu de préparation des commandes et le domicile du client en passant par un point relais) est plus polluant « par kg de marchandise » en cas de livraison à partir d'un entrepôt dédié ou d'un hypermarché (7 gCO_2/kg) qu'en cas de livraison à partir d'un supermarché (5 gCO_2/kg). La mise en œuvre d'un processus de mutualisation permet une réduction des coûts et des émissions de transport d'environ 0.02 €/kg et 2 gCO_2/kg pour les grandes distances

parcourues en VUL à partir d'un entrepôt dédié ou d'un hypermarché. Cette baisse des coûts et des émissions de transport est moins importante en cas de livraison à partir d'un supermarché avec picking en magasin (seulement 0.01€/kg et 1gCO_2/kg).

Dans le mode de livraison à domicile après le déplacement du client, le coût total de transport (client puis livreur) en cas d'achat dans un hypermarché (0.29 €/kg) est plus élevé que le coût total de transport en cas d'achat dans un supermarché (0.13 €/kg). De même, les émissions de transport sont plus élevées en cas d'achat dans hypermarché (85 gCO_2/kg) qu'en cas d'achat dans un supermarché (27 gCO_2/kg).

Dans le mode de livraison à domicile après une commande à distance, le coût de transport à partir des lieux de préparation des commandes localisés en périphérie (entrepôt dédié et hypermarché avec picking en magasin) est plus élevé (0.11 €/kg) que le coût de transport à partir d'un supermarché implanté en milieu urbain-périphérique (0.05 €/kg) ou d'une supérette de proximité (0.03 €/kg). Certes le nombre de commandes par VUL est plus important dans la livraison à domicile à partir d'une surface de vente à distance localisée en périphérie (18 commandes/VUL en entrepôt dédié et 15 commandes/VUL en hypermarché) que dans la livraison à domicile à partir d'un supermarché (9 commandes/VUL) ou d'une supérette (3 commandes/VUL). Cependant, les distances parcourues en VUL pendant les tournées de livraison à domicile à partir d'un entrepôt dédié ou d'un hypermarché sont plus longues que les distances parcourues par tournée de livraison à domicile à partir d'un supermarché ou d'une supérette dont la zone de chalandise est limitée. En effet, malgré le taux de remplissage plus élevé des VUL à partir d'un entrepôt dédié ou un hypermarché, l'importance de la distance parcourue en VUL entre ces derniers lieux de préparation des commandes et le domicile du client a rendu le coût de transport « par kg de marchandise » plus élevé (0.11 €/kg) que celui d'une

livraison à partir d'un supermarché (0.05 €/kg) ou d'une supérette (0.03 €/kg). De même pour les émissions de CO_2, le transport des achats à partir des lieux de préparation des commandes au domicile du client final est très polluant «par kg de marchandise» à partir d'un entrepôt dédié (15 gCO_2/kg) ou un hypermarché (14 gCO_2/kg) par rapport à un supermarché (7 gCO_2/kg) ou une supérette (3 gCO_2/kg). En cas de mutualisation des envois, les coûts de transport baissent de 0.11 €/kg à 0.08 €/kg et les émissions diminuent de 14 gCO_2/kg à 10 gCO_2/kg pour les surfaces de vente localisées en périphérie (entrepôt dédié et hypermarché). Concernant les supermarchés, la mutualisation des envois permet une baisse des coûts de livraison de 0.05 €/kg à 0.04 €/kg et une réduction des émissions de 7 gCO_2/kg à 5 gCO_2/kg.

Après cette première comparaison des différentes chaînes de distribution au sein de chaque mode de distribution, nous effectuons une comparaison entre les cinq modes de distribution. Pour ce faire, nous comparons les émissions de transport[316] pour les différents modes d'organisation, en fixant à chaque fois un type de surface de vente. L'étude des émissions de transport montre le classement suivant des modes de distribution : tout d'abord la vente classique qui le mode le plus polluant, suivi par le mode de livraison à domicile après le passage du client en magasin, puis le mode Drive, ensuite le mode point relais, et enfin le mode de livraison à domicile après une commande à distance. A noter que ce classement est valable pour les différents types de surface de vente, à commencer par l'hypermarché, puis le supermarché, ensuite la supérette et enfin l'entrepôt dédié.

Pour l'hypermarché, les émissions de transport par « kg de marchandise » sont très élevées dans le mode de vente classique (87 gCO_2/kg) et dans la livraison à domicile

[316] *Il faut étudier l'analyse du tableau des coûts de transport (cf. Tableau 46) pour la comparaison des coûts de transport entre les différents modes de distribution.*

après le passage du client en magasin (85 gCO_2/kg) : certes dans la vente classique, nous assistons à un seul déplacement du client, alors que dans la livraison à domicile après le passage du client en magasin, nous observons un double déplacement (du client, puis du livreur). Cependant, le poids moyen d'un caddie acheté en hypermarché classique est 30 kg, alors que ce poids s'élève à 41 kg en cas de livraison à domicile (généralement l'enseigne impose un montant d'achat minimum pour bénéficier du service de livraison à domicile, ce qui augmente le poids moyen d'une commande livrée à domicile par rapport à la vente classique). De ce fait, les émissions de transport « par kg de marchandise » dans la livraison à domicile après le passage du client en magasin sont légèrement inférieures à celles dans la vente classique. Concernant la vente à distance, les émissions de transport à partir d'un hypermarché avec picking en magasin varient selon les modes de distribution : en moyenne, les émissions de transport sont estimées à 86 gCO_2/kg dans le mode Drive, contre 14 gCO_2/kg dans le mode de livraison à domicile après une commande à distance et seulement 7 gCO_2/kg dans le mode point relais.

Dans ce contexte, il faut rappeler que ce dernier classement des modes de distribution observé pour l'hypermarché est le même pour les autres types de surfaces de vente (supermarché, supérette et entrepôt dédié). Pour le supermarché, les émissions de transport sont estimées à 43 gCO_2/kg dans la vente classique, contre 27 gCO_2/kg dans la livraison à domicile après le déplacement du client, 18 gCO_2/kg dans le mode Drive, 7 gCO_2/kg dans le mode de livraison à domicile après commande à distance et seulement 4 gCO_2/kg dans le mode point relais.

Comme expliqué dans le deuxième chapitre de différenciation des chaînes de distribution en aval (cf. Figure 9), les supérettes se trouvent dans deux modes de

distribution, qui sont le mode de vente classique avec une moyenne de 12 gCO_2/kg et le mode de livraison à domicile après une commande à distance avec 3 gCO_2/kg.

Concernant les entrepôts entièrement dédiés à la vente à distance, les émissions de transport sont très importantes dans le mode Drive (86 gCO_2/kg)[317] par rapport aux deux modes de livraison à domicile (15 gCO_2/kg) et en point relais (7 gCO_2/kg).

Tableau 52 : Coûts et émissions de transport en aval de la chaîne de distribution

Les 5 modes de distribution	*Les 21 types de chaînes de distribution*	**Coûts économiques**		**Emissions de CO_2**	
		Coût de la charge totale	Coût par kg d'achat	Emissions de la charge totale	Emissions par kg d'achat
Vente classique	*Hypermarché classique*	6031 M€	0.16 €	3230 $ktCO_2$	87 gCO_2
	Supermarché classique	4325 M€	0.12 €	1597 $ktCO_2$	43 gCO_2
	Supérette classique	3200 M€	0.09 €	445 $ktCO_2$	12 gCO_2
Mode Drive	*Entrepôt Drive*	5924 M€	0.16 €	3174 $ktCO_2$	86 gCO_2
	Hypermarché avec picking	5170 M€	0.14 €	2769 $ktCO_2$	75 gCO_2
	Supermarché avec picking	1853 M€	0.05 €	684 $ktCO_2$	18 gCO_2
Point relais	*Entrepôt non mutualisé*	2044 M€	0.06 €	246 $ktCO_2$	07 gCO_2
	Entrepôt mutualisé	1615 M€	0.04 €	196 $ktCO_2$	05 gCO_2
	Hypermarché non mutualisé	2051 M€	0.06 €	247 $ktCO_2$	07 gCO_2
	Hypermarché mutualisé	1620 M€	0.04 €	197 $ktCO_2$	05 gCO_2
	Supermarché non mutualisé	1135 M€	0.03 €	140 $ktCO_2$	04 gCO_2
	Supermarché mutualisé	911 M€	0.02 €	114 $ktCO_2$	03 gCO_2
Livraison à domicile après déplacement du client au magasin	*Hypermarché classique*	10588 M€	0.29 €	3156 $ktCO_2$	85 gCO_2
	Supermarché classique	4799 M€	0.13 €	997 $ktCO_2$	27 gCO_2
Livraison à domicile après une commande à distance	*Entrepôt non mutualisé*	4221 M€	0.11 €	542 $ktCO_2$	15 gCO_2
	Entrepôt mutualisé	2927 M€	0.08 €	376 $ktCO_2$	10 gCO_2
	Hypermarché non mutualisé	3962 M€	0.11 €	508 $ktCO_2$	14 gCO_2
	Hypermarché mutualisé	2874 M€	0.08 €	369 $ktCO_2$	10 gCO_2
	Supermarché non mutualisé	2003 M€	0.05 €	257 $ktCO_2$	07 gCO_2
	Supermarché mutualisé	1387 M€	0.04 €	178 $ktCO_2$	05 gCO_2
	Supérette non mutualisée	988 M€	0.03 €	127 $ktCO_2$	03 gCO_2

[317] *Les déplacements des clients vers un entrepôt Drive se caractérisent par l'usage fréquent de la voiture particulière qui est très polluante par rapport aux autres modes de déplacement (transport public, marche à pied, vélo et moto). A noter que la voiture particulière représente 97% de l'ensemble des modes de déplacement utilisés par les clients pour se déplacer en entrepôt Drive.*

2. Coûts et émissions logistiques en aval

Après l'étude des coûts et des émissions de transport dans la partie précédente, nous détaillons dans cette partie les coûts logistiques dans un premier temps, puis les émissions logistiques dans un deuxième temps, afin de déduire au final le bilan total (transport et logistique) des coûts et des émissions de CO_2 en aval de la chaîne.

a. Coûts logistiques en aval de la chaîne de distribution

Dans le secteur de la grande distribution alimentaire, les coûts logistiques en aval de la chaîne de distribution sont constitués de deux grandes composantes :

- en premier lieu, les coûts de préparation des commandes. Ce premier coût peut être à la charge du client final (coûts de préparation des achats en surface de vente classique ou coûts de préparation en ligne des commandes achetées à distance, qui sont basées sur la valeur du temps du client pendant ses différents actes d'achat) ou à la charge du groupe alimentaire (coûts des préparateurs employés par le cybermarché pour préparer les commandes achetées à distance).

- en deuxième lieu, les coûts d'exploitation du magasin composés du loyer, électricité, main d'œuvre (sauf les coûts des préparateurs à calculer dans la première partie[318]), fiscalité, amortissement des investissements et charges diverses. Ce deuxième coût d'exploitation du magasin, à la charge du groupe alimentaire, diminue en agrandissant la taille de surface de vente grâce aux économies d'échelle.

[318] *Le calcul du coût de main d'œuvre intègre l'ensemble des employés (direction, responsables, magasiniers, manutentionnaires, chargeurs des rayons de vente, caissiers, agents de sécurité,…) sauf les préparateurs des commandes. Ce dernier coût de préparation des commandes ne fait pas partie du calcul de coût de main d'œuvre ; et par conséquent, il ne fait pas partie du calcul du coût d'exploitation du magasin. Par ailleurs, le coût de préparation des commandes par le personnel de la surface de vente à distance est calculé à part dans le coût de préparation des commandes dans cette partie afin de le comparer avec les coûts de préparation des commandes par le client lui-même dans la vente classique ou pendant la préparation de la commande en ligne (cf. Tableaux 53 et 54).*

i. Coût de préparation des commandes

Concernant la préparation des commandes achetées à distance, le coût supporté par le client final dépend d'abord du temps passé par l'internaute devant son ordinateur pour la préparation de ses achats à distance. A noter que dans les travaux de recherche étudiés durant cette thèse, nous avons constaté l'absence d'une évaluation de la valeur du temps consacré par le client final à la préparation de ses achats à distance, alors que la recherche d'un article sur le site web d'un cybermarché peut prendre un temps plus important que la recherche de ce même article dans les rayons d'un magasin classique. Notre outil prend en compte ce temps passé à la préparation en ligne tout comme il prend en compte celui passé en magasin à la préparation des achats et à l'attente en caisse (Cf. Tableau 53).

Tableau 53 : Valeur du temps du client final dans la préparation des commandes par mode de distribution

Mode de vente en aval de la chaîne de distribution dans la grande distribution alimentaire		Temps de préparation des courses (a)	Temps de passage en caisse (b)	Durée totale de l'achat[319] (c= a+b)	Poids moyen du caddie[320] (d)	Durée moyenne par kg (e= c/d)	Valeur du temps par kg[321] (f= 3.96*e)
Vente classique	***Hypermarché***	76 mn	11 mn	1.45 h	30 kg	0.048 h/kg	**0.19 €/kg**
	Supermarché	50 mn	9 mn	0.98 h	15 kg	0.066 h/kg	**0.26 €/kg**
	Supérette	26 mn	5 mn	0.52 h	5 kg	0.103 h/kg	**0.41 €/kg**
Vente à distance	***Drive***	40 mn	4 mn	0.73 h	35 kg	0.021 h/kg	**0.08 €/kg**
	Point relais	44 mn	4 mn	0.80 h	49 kg	0.016 h/kg	**0.06 €/kg**
	Livraison à domicile	42 mn	4 mn	0.77 h	41 kg	0.018 h/kg	**0.07 €/kg**

Source : Auteur (enquêtes de terrain), (Keïta et Rizet, 2005, p26) et (Alby et Micheau, 2010, p33)

[319] *Données issues de l'étude de (Alby et Micheau, 2010, p33) de l'Institut français d'opinion publique (Ifop) pour Wincor Nixdorf. Plus d'informations sont disponibles sur : <http://www.wincor-nixdorf.com/internet/cae/servlet/contentblob/705966/publicationFile/67015/Etude%20IFOP%20Septembre%202010.pdf> (consulté le 18.07.2012).*

[320] *Données issues de l'étude de (Keïta et Rizet, 2005, p26) pour le poids du caddie moyen dans les magasins de vente classique (hypermarché, supermarché et supérette) et à partir des enquêtes du terrain pour les autres modes de distribution (Drive, point relais et livraison à domicile).*

[321] *Le déplacement d'achat se caractérise par une valeur du temps estimée à 42% du salaire brut (Boiteux et Baumstark, 2001, p42). Sur la base d'un salaire brut de 9.43€/h en 2013, cela donne une valeur monétaire de 3.96 €/h pour un déplacement d'achat, y compris l'acte d'achat en magasin.*

L'étude des coûts de préparation des commandes par le client final (cf. Tableau 53) montre que ces coûts augmentent en réduisant la taille de la surface de vente classique (0.19 €/kg en hypermarché, contre 0.26 €/kg en supermarché et 0.41 €/kg en supérette). Cela est justifié par la durée moyenne du temps accordée à chaque kilogramme d'achat (0.05 h/kg en hypermarché, contre 0.07h/kg en supermarché et 0.10 h/kg en supérette) en raison du poids moyen du caddie qui reste très faible en petite surface (5 kg) par rapport au poids d'un achat en moyenne surface (15 kg) ou en grande surface (30 kg).

En outre, les modes de distribution qui se déclenchent par une commande à distance (Drive, point relais ou livraison à domicile) se caractérisent par des coûts de préparation des commandes très faibles par rapport à la vente classique (0.08 €/kg pour le mode Drive, 0.06 €/kg pour une livraison en point relais et 0.07 €/kg pour une livraison à domicile). Ces coûts de préparation des commandes correspondent au temps consacré par le client final à la réalisation de ses achats à distance. De plus, il faut ajouter le coût de préparation des commandes par le personnel du magasin après la validation de la commande à distance : selon plusieurs observations effectuées dans le cadre de la thèse du processus de la préparation des commandes achetées à distance, un préparateur passe environ 15 minutes par commande dans un entrepôt entièrement dédié à la vente à distance[322] ; tandis que le temps de la préparation de la même commande dans une surface de vente avec picking en magasin est estimé à 17 minutes dans un supermarché et 20 minutes dans un hypermarché.

Ce temps de préparation plus faible dans un entrepôt dédié par rapport à une surface de vente avec picking en magasin peut être expliqué par deux facteurs.

[322] *Temps de préparation des commandes dans les enseignes Auchan Drive et Casino Drive pour une surface de vente avec picking en magasin ou entrepôt dédié en région Rhône alpes en septembre 2012.*

Tout d'abord, la surface moyenne d'un entrepôt dédié à la vente à distance (1000 m^2) est plus petite que la surface moyenne d'un supermarché (1084 m^2) et surtout que la surface moyenne d'un hypermarché (6224 m^2), ce qui permet aux préparateurs des commandes de faire moins de déplacements (et par conséquent, moins du temps) pour préparer la totalité de la commande. De plus, l'aménagement d'un entrepôt dédié à la vente à distance offre aux employés une efficacité plus importante pendant la préparation des commandes par rapport au picking au magasin, où le préparateur doit subir la foule au magasin comme un simple client.

De ce point de vue, l'entrepôt entièrement dédié à la vente à distance est plus économe au niveau de la préparation des commandes par rapport aux surfaces de vente à distance avec picking en magasin. En revanche, cette dernière alternative du picking en magasin permet à l'enseigne de proposer rapidement le service de vente à distance sans prendre de grands risques ou faire de gros investissements. Cela a un impact sur les coûts d'exploitation du magasin (cf. Tableau 56), que nous étudions après cette première partie consacrée aux coûts de préparation des commandes.

Dans ce contexte, il faut préciser que dans la plupart des surfaces de vente à distance (que ce soit entièrement dédié à la vente à distance ou avec picking en magasin), l'organisation des produits exposés sur le site du cybermarché sont placés dans les rayons du magasin d'une façon optimale pour les préparateurs des commandes[323] afin de faciliter leur travail. A titre d'exemple, les produits à forte rotation (qui sont très vendus en ligne) sont souvent placés à la hauteur des yeux des préparateurs des commandes afin d'éviter qu'ils se penchent pour chercher les produits, limitant par conséquent le temps de préparation de la commande.

[323] *Généralement dans les surfaces entièrement dédiés à la vente à distance, il existe un préparateur par famille des produits afin de limiter les déplacements des préparateurs, ce qui permet de réduire le temps de préparation; et par conséquent, optimiser le coût de préparation de commande.*

Tableau 54 : Coût de préparation de commande par le personnel de différentes surfaces de vente à distance

Lieu de préparation des commandes achetées à distance	Temps de préparation d'une commande de 35 kg (a)	Durée totale de la préparation d'une commande de 35 kg (b=a+3minutes[324])	Coût total de la préparation d'une commande de 35 kg (c=b*9.43*1.67)[325]	Coût de préparation par kilogramme de marchandise (d=c/35kg)
Entrepôt dédié à la vente à distance	12 mn/commande	0.25 h/commande	3.94 €/commande	0.11 €/kg
Hypermarché avec picking en magasin	17 mn/commande	0.34 h/commande	5.30 €/commande	0.15 €/kg
Supermarché avec picking en magasin	14 mn/commande	0.29 h/commande	4.56 €/commande	0.13 €/kg
Supérette avec picking en magasin	9 mn/commande	0.20 h/commande	3.15 €/commande	0.09 €/kg

Source : Auteur (enquêtes de terrain)

A partir de ces données (cf. Tableau 54), le coût de préparation d'une commande moyenne de 35 kg est évalué à 4 €/commande (0.11 €/kg) dans un entrepôt dédié. Dans le mode du picking en magasin, le coût des préparateurs des commandes est estimé à 5 €/commande (0.15 €/kg) dans un hypermarché, contre 4.5 €/commande (0.13 €/kg) dans un supermarché et 3 €/commande (0.09 €/kg) dans une supérette. Dans la suite de cette partie, nous additionnons les coûts de préparation des achats par le client en magasin ou en ligne (cf. Tableau 53) et les coûts des préparateurs des commandes (cf. Tableau 54) afin de déduire le coût total de la préparation (virtuelle puis physique)[326] dans la vente à distance ou classique (cf. Tableau 55) :

[324] *En moyenne, le coût de préparation d'une commande de 35 kg dans un entrepôt dédié nécessite 12mn pour toutes les familles des produits qui constituent la commande du client (frais, surgelés, alimentaires non réfrigérés, sachant que le poids du non alimentaire est négligeable dans la vente à distance). Pour la même commande avec le mode picking en magasin, le préparateur nécessite environ 17mn dans un hypermarché, 14mn dans un supermarché et 9mn dans une supérette. Ensuite, l'employé nécessite* ***3mn*** *pour rassembler, vérifier et déposer l'ensemble de la commande dans le VUL de livraison (à domicile ou point relais) ou dans la voiture du client (A noter que Casino Drive et Auchan Drive s'engagent sur leurs sites à que le temps d'attente du client ne dépasse pas 5mn avant de déposer ses achats dans le coffre de sa voiture). De ce fait, le total est estimé à 15mn dans un entrepôt dédié (0.25h/commande), contre 20mn dans un hypermarché (0.34h/commande), 17mn dans un supermarché (0.29h/commande) et 12 minutes dans une supérette (0.20h/commande).*

[325] *En moyenne, le coût horaire d'un employé en grande distribution est proche du smic (9.43€ en 2013) avec un ratio de 1.64 pour prendre en compte toutes les charges à payer par l'enseigne. Alors : Pour l'entrepôt dédié:0.25h*9.43*1.67=3.94€ (4€/commande de 35kg et un coût moyen de* ***0.11€/kg****) ; Pour le picking en hypermarché: 0.34h*9.43*1.67 =5.30€ (5€/commande et coût moyen de* ***0.15€/kg****) ; Pour le picking en supermarché:0.29h*9.43*1.67=4.56€ (4.5€/commande et coût moyen de* ***0.13€/kg****); Pour le picking en supérette : 0.20h * 9.43 * 1.67 = 3.15€ (3€/commande et un coût moyen* ***0.09€/kg****).*

[326] *Le coût total de la préparation d'une commande à distance se compose du coût de la préparation «virtuelle» de la commande (valeur du temps du client pendant la sélection des achats sur ordinateur) et du coût de préparation «physique» (coût des préparateurs des commandes en surface de vente).*

Tableau 55 : Coût de préparation de commande dans la vente classique et à distance

Les 5 modes de distribution	*Lieu de préparation de commande*	**Poids moyen d'un caddie d'achat (a)**	**Coût de préparation par le client (b)**	**Coût de préparation par le magasin (c)**	**Coût préparation par kg d'achat (d=b+c)**	**Coût total de préparation de commande (e=d*a)**
Vente classique	*Hypermarché classique*	30 kg	0.19 €/kg	0 €/kg	**0.19 €/kg**	5.70 € /commande
	Supermarché classique	15 kg	0.26 €/kg	0 €/kg	**0.26 €/kg**	3.90 € /commande
	Supérette classique	5 kg	0.41 €/kg	0 €/kg	**0.41 €/kg**	2.05 € /commande
Mode Drive	*Entrepôt dédié*	35 kg	0.08 €/kg	0.11 €/kg	**0.19 €/kg**	6.65 € /commande
	Hypermarché avec picking			0.15 €/kg	**0.23 €/kg**	8.05 € /commande
	Supermarché avec picking			0.13 €/kg	**0.21 €/kg**	7.35 € /commande
Point relais	*Entrepôt dédié*	49 kg	0.06 €/kg	0.11 €/kg	**0.17 €/kg**	8.33 € /commande
	Hypermarché avec picking			0.15 €/kg	**0.21 €/kg**	10.29 € /commande
	Supermarché avec picking			0.13 €/kg	**0.19 €/kg**	9.31 € /commande
Livraison à domicile après déplacement du client au magasin	*Hypermarché classique*	41 kg	0.19 €/kg	0 €/kg	**0.19 €/kg**	7.79 € /commande
	Supermarché classique		0.26 €/kg	0 €/kg	**0.26 €/kg**	10.66 € /commande
Livraison à domicile après une commande à distance	*Entrepôt dédié*		0.07 €/kg	0.11 €/kg	**0.18 €/kg**	7.38 € /commande
	Hypermarché avec picking			0.15 €/kg	**0.22 €/kg**	9.02 € /commande
	Supermarché avec picking			0.13 €/kg	**0.20 €/kg**	8.20 € /commande
	Supérette avec picking			0.09 €/kg	**0.16 €/kg**	6.56 € /commande

Source : Auteur

Le coût total de préparation par commande diminue en réduisant la taille de surface de vente (cf. Tableau 55), que ce soit dans la vente classique ou à distance [327] : dans la vente classique, le coût de préparation d'une commande par le client lui-même est évalué à 5.70€/commande dans un hypermarché, contre 3.90€/commande dans un supermarché et seulement 2.05 €/commande dans une supérette.

[327] *Les magasins peuvent êtres classées comme suit selon la taille de leurs surfaces de vente : D'abord, une grande surface de type hypermarché (6224 m²). Ensuite, une moyenne surface de type supermarché (1084 m²) ou de type entrepôt dédié à la vente à distance (1000 m²). Enfin, une petite surface de type supérette (215 m²). Selon les définitions de l'Insee, la surface d'un hypermarché est supérieure ou égale à 2500 m² ; tandis que la surface d'un supermarché est comprise entre 400 et 2500m² et la surface d'une supérette est généralement inférieure à 400 m² (Insee, 2012).*

De même dans la vente à distance, le coût de préparation dans le mode Drive est plus faible dans une moyenne surface (6.65 €/commande dans un entrepôt dédié et 7.35 €/commande dans un supermarché avec picking en magasin) que dans une grande surface de type hypermarché avec picking en magasin (8.05 €/commande). Ce même constat (du coût plus faible de la préparation d'une commande dans les moyennes surfaces par rapport aux grandes surfaces) est valable pour le mode point relais avec 8.33 €/commande dans un entrepôt dédié et 9.31 €/commande dans un supermarché, contre un coût moyen de 10.29 €/commande dans un hypermarché. De même pour le mode de livraison à domicile après une commande à distance, le coût total de la préparation (du client en ligne, puis de préparateur en magasin) est plus faible par commande en réduisant la taille de la surface de vente à distance : le coût de préparation est estimé à 6.56 €/commande en supérette, contre 7.38 €/commande en entrepôt dédié, 8.20 €/commande en supermarché et 9.02 €/commande en hypermarché.

Après ce premier travail de comparaison des coûts de préparation selon la taille de la surface de vente, nous effectuons une comparaison entre les modes de distribution : en général, le coût de préparation d'une commande dans la vente classique (entre 2.05 et 5.70 €/commande) est inférieur à celui d'une commande à distance (de 6.65 à 8.05 €/commande dans le mode Drive ; de 6.56 à 9.02 €/commande dans le mode livraison à domicile; et de 8.33 à 10.29€/commande dans le mode point relais). Par ailleurs dans les 3 alternatives de vente à distance, nous constatons que le Drive est le mode le moins cher au niveau du coût de préparation par commande. Ensuite, la livraison à domicile et en dernier lieu le mode point relais : pour un entrepôt dédié, le coût total de préparation d'une commande est estimé à 6.65 €/commande dans le

mode Drive ; contre 7.38 €/commande dans le mode de livraison à domicile après une commande à distance et enfin 8.33 €/commande dans le mode point relais.

Cependant, le poids moyen d'une commande varie énormément d'une alternative de vente à une autre, que ce soit dans la vente classique (5 kg en supérette, contre 15 kg en supermarché et 30 kg en hypermarché) ou dans la vente à distance (35 kg en mode Drive, contre 41 kg en livraison à domicile et 49 kg en point relais). De ce fait, nous privilégions dans la suite de ce chapitre la comparaison entre les différentes alternatives de vente par « kg de marchandise » (et non pas « par commande ») :

Dans la vente à distance, le coût de préparation « par commande » augmente en agrandissant la taille de la surface de vente (5.70 €/commande en hypermarché, contre 3.90 €/commande en supermarché et 2.05 €/commande en supérette). Cependant, le coût de préparation « par kg de marchandise » est très faible dans un hypermarché (0.16 €/kg) par rapport à celui dans un supermarché (0.27 €/kg) ou dans une supérette (0.42 €/kg).

Dans la vente à distance, le mode point relais est moins cher « par kg de marchandise » que les modes Drive et de livraison à domicile (alors que précédemment, nous avons constaté que le coût de préparation « par commande » est plus élevé dans le mode point relais) : pour un entrepôt dédié, le coût total de préparation (du client en ligne et du préparateur en magasin) est estimé à 0.17 €/kg en mode point relais, contre 0.19 €/kg en mode Drive et 0.18 €/kg en mode de livraison à domicile (cf. Tableau 55). De même pour une surface de vente avec picking en magasin, le coût total de préparation est moins élevé dans le mode point relais, que ce soit pour un hypermarché ou un supermarché : pour un hypermarché, le coût total de préparation est estimé à 0.21 €/kg en mode point relais, contre

0.23 €/kg en mode Drive et 0.22 €/kg en mode de livraison à domicile. Pour un supermarché, le coût total de préparation est estimé à 0.19 €/kg en mode point relais, contre 0.21 €/kg en mode Drive et 0.20 €/kg en mode de livraison à domicile.

Dans ce contexte il faut préciser que dans la vente à distance, la valeur du temps passé par le client pendant la sélection de ses achats sur internet (cf. Tableau 55) varie en fonction du mode de distribution (0.08 €/kg en mode Drive, contre 0.06 €/kg en point relais et 0.07 €/kg en livraison à domicile). Cette valeur du temps de l'internaute ne dépend pas bien évidemment du mode de préparation du cybermarché (en mode dédié ou picking en magasin), puisque le temps consacré par le client à la préparation de ses achats à distance est le même quel que soit le lieu de préparation après la validation de la commande (entrepôt dédié, hypermarché ou supermarché). En revanche, le cybermarché observe le coût de ses préparateurs (cf. Tableau 55) varier selon les lieux : 0.11 €/kg pour un entrepôt dédié, contre 0.15 €/kg pour le picking en hypermarché et 0.13 €/kg pour le picking en supermarché[328].

Cependant ce dernier coût plus intéressant de l'entrepôt dédié par rapport aux surfaces de vente avec picking en magasin concerne seulement les coûts de préparation des commandes. En effet, les coûts d'exploitation d'un entrepôt dédié sont plus élevés que les coûts d'exploitation d'une surface de vente avec picking en magasin dans les différents modes de vente à distance. L'étude de ces coûts d'exploitation, que ce soit dans la vente à distance ou classique, fait l'objet de la suite de cette partie afin de déterminer le coût logistique total (préparation des commandes et coût d'exploitation du magasin) en aval de la chaîne de distribution.

[328] *Par ailleurs, les sommes de ces deux coûts de préparation (du client et de l'enseigne) montre que le mode point relais est moins chers « par kg de marchandise » au mode de livraison à domicile et au mode Drive : Pour un entrepôt entièrement dédié à la vente à distance, le coût total (du client en ligne et du préparateur en magasin) est estimé approximativement à 0.17 €/kg en mode point relais, contre 0.18 €/kg en mode de livraison à domicile et 0.19 €/kg en mode Drive (cf. Tableau 55).*

ii. Coût d'exploitation du magasin

En général, les coûts d'exploitation du magasin englobent tous les frais de fonctionnement de la surface de vente classique ou à distance à commencer par le loyer, l'électricité, la fiscalité, l'amortissement des investissements et charges diverses et bien évidemment le coût de la main d'œuvre. Ce dernier coût de la main d'œuvre concerne tous les employés de la surface de vente (y compris la direction, les responsables, les magasiniers, les manutentionnaires, les chargeurs des rayons de vente, les caissiers et les agents de sécurité) sauf le coût des préparateurs des commandes dans la vente à distance déjà calculé dans la partie précédente.

Par ailleurs, le coût d'exploitation du magasin diminue en agrandissant la taille de la surface de vente grâce aux économies d'échelle sur tous les postes de dépense : dans la vente classique, les coûts d'exploitation du magasin sont estimés à 0.42 €/kg pour une supérette, contre 0.27 €/kg pour un supermarché et seulement 0.16 €/kg pour un hypermarché (cf. Tableau 56). Ces derniers coûts d'exploitation correspondent à une durée de possession de marchandises variable selon les tailles de surfaces de vente et les familles des produits : en hypermarché, la durée de possession de marchandise (sur les palettes en magasin ou aux rayons de vente) est 21j pour les produits non alimentaires, 18 j pour les produits alimentaires non réfrigérés, 7 j pour les produits frais et 14 j pour les produits surgelés. Dans les moyennes et petites surfaces, la charge totale de marchandises en magasin est inférieure à celle d'un hypermarché, mais la quantité de marchandises vendue sur une période à partir d'un hypermarché est généralement supérieure aux quantités vendues à partir d'un supermarché ou une supérette durant la même période de vente. Cela explique la durée de possession plus élevée d'une semaine dans un supermarché et de deux semaines dans une supérette selon les enquêtes effectuées

pendant cette thèse : ces moyennes (d'une semaine de plus pour le supermarché et de 2 semaines de plus pour une supérette par rapport aux moyennes déjà observées pour un hypermarché) concernent les produits non alimentaires, les produits alimentaires non réfrigérés et les produits surgelés. Pour les produits frais, nous constatons une moyenne de 3 jours de plus dans un supermarché et une semaine de plus pour une supérette par rapport à un hypermarché[329]. En point relais, les clients récupèrent souvent leurs colis le jour même de la livraison ou le lendemain (avec une durée maximale de 3 j). Dans notre outil de calcul, nous avons attribué une moyenne de 1.5j pour la durée moyenne de possession des colis en point relais.

Concernant l'entrepôt dédié, cette surface de vente à distance a les mêmes caractéristiques logistiques qu'un supermarché : il s'agit de deux surfaces de taille moyenne, et se caractérisent en particulier par la même organisation en amont de la chaîne au niveau de l'approvisionnement des marchandises en magasin à partir des centres de distribution. Cependant, le coût d'exploitation d'un entrepôt dédié (0.25 €/kg) est légèrement inférieur à celui d'un supermarché classique (0.27 €/kg) en raison de la surface légèrement plus petite d'un entrepôt dédié (1000 m^2) par rapport à un supermarché (1084 m^2) ce qui engendre de petites économies au niveau de la consommation d'électricité. De plus, le loyer par m^2 est plus faible pour un entrepôt dédié (49 €/m^2) par rapport à un supermarché (60 €/m^2) en raison de la localisation différente de ces deux surfaces : sauf indication contraire de l'utilisateur, l'outil considère par défaut que l'entrepôt entièrement dédié à la vente à distance est implanté en périphérie, tandis que le supermarché est situé en urbain-périphérique.

[329] *De ce fait, la durée de possession de marchandise dans un supermarché (sur les palettes en magasin ou dans les rayons de vente) est estimée à 28j pour les produits non alimentaires, 25 j pour les produits alimentaires non réfrigérés, 10 j pour les produits frais et 21 j pour les produits surgelés. En supérette, la durée moyenne de possession de marchandise est estimée à 35 j pour les produits non alimentaires, 32 j pour les produits alimentaires non réfrigérés, 14 j pour les produits frais et 28 j pour les produits surgelés.*

Pour les surfaces de vente avec picking en magasin, les coûts d'exploitation diminuent par rapport aux surfaces de vente classique : cette diminution est estimée à 0.06 €/kg dans les hypermarchés (de 0.16 €/kg dans un hypermarché classique à 0.10 €/kg dans un hypermarché avec picking en magasin), à 0.05 €/kg dans les supermarchés (de 0.27 €/kg dans un supermarché classique à 0.22 €/kg dans un supermarché avec picking en magasin), et enfin à 0.04 €/kg dans les supérettes (de 0.42 €/kg dans une supérette classique à 0.38€/kg dans une supérette avec picking).

Ces coûts moins élevés dans le mode picking en magasin par rapport à la vente classique sont liés à la baisse des coûts de main d'œuvre : dans le mode picking en magasin, les achats sont déjà payés à distance ce qui permet à l'enseigne d'éviter les coûts des caissiers (et d'éviter également le coût d'amortissement des caisses). En outre, la durée de possession de marchandise[330] est plus faible en cas de picking en magasin (par rapport à un magasin qui pratique la vente classique seulement), car la surface de vente doit subvenir au même temps à la demande classique de la clientèle et à la vente à distance (en cas d'augmentation significative des ventes à distance, la fréquence des livraisons du magasin s'amplifie pour faire face à cette augmentation et garantir le même seuil de sécurité). Actuellement, la vente à distance avec picking en magasin est encore faible malgré son évolution dans les dernières années. L'impact du picking sur la durée de possession est estimé à une baisse de 3 j par rapport aux magasins qui pratiquent la vente classique seulement :

---

[330] Dans ce travail de thèse, nous ne prenons pas en compte les prix d'achat des produits, mais seulement leurs coûts de distribution (A noter que le prix d'achat est nécessaire au calcul du coût de détention): L'objectif de la thèse est de comparer entre les différentes chaînes de distribution, alors que le prix d'achat d'un produit est fixé de la même façon par l'usine agroalimentaire indépendamment de la chaîne de distribution à suivre par le grand distributeur pour satisfaire la demande de ses clients. De plus, les grands distributeurs règlent leurs factures d'achat des produits après plusieurs semaines (parfois le paiement est effectué après l'opération de vente pour certains produits à forte rotation). Alors, nous ne pouvons pas parler d'un coût d'immobilisation du capital investi pendant la détention de marchandise. En revanche, il existe un coût d'opportunité qui correspond à la marge du gain plus importante en cas de vente plus rapide du stock de marchandise en possession. Ce coût représente 7.5 % du coût de stockage dans les entrepôts en amont et du coût d'exploitation du magasin en aval.

dans un hypermarché avec picking en magasin, la durée totale de possession de marchandise (sur les palettes en magasin ou aux rayons de vente) est estimée à 18 j pour les produits non alimentaires, 15 j pour les produits alimentaires non réfrigérés, 4 j pour les produits frais et 11 j pour les produits surgelés ; alors que la durée totale dans un supermarché avec picking en magasin est estimée à 25 j pour les produits non alimentaires, 22 j pour les produits non réfrigérés, 7 j pour les produits frais et 18j pour les produits surgelés ; et enfin la durée totale dans une supérette avec picking en magasin est estimée à 32 j pour les produits non alimentaires, 29 j pour les produits non réfrigérés, 11 j pour les produits frais et 25 j pour les produits surgelés.

Précédemment, nous avons constaté pour les deux types de moyennes surfaces (entrepôt dédié et supermarché classique) que le coût d'exploitation d'un supermarché en mode classique (0.27 €/kg) est supérieur à celui d'un entrepôt dédié (0.25 €/kg). Cependant dans le mode du picking en magasin, le coût d'exploitation d'un supermarché devient inférieur (0.22 €/kg) à celui d'un entrepôt dédié (0.25€/kg). Ce coût d'exploitation en mode picking est encore plus faible pour un hypermarché (0.10 €/kg). A noter que ces coûts plus faibles dans le mode du picking en magasin sont liés aux économies réalisées au niveau de l'amortissement des investissements, que ce soit au niveau de la construction ou l'agencement du magasin.

Concernant le coût de construction dans le mode du picking en magasin, l'enseigne exploite une petite partie du bâtiment déjà existant. Cette petite partie prise de la réserve est comprise entre 250 m^2 à 400 m^2, selon le responsable de la filiale Cora Drive. Ce dernier estime que l'investissement initial pour créer une surface de vente Drive avec picking en magasin varie de 150 000 à 300 000€ (Mithouard, 2011, p2). En revanche, implanter un Drive solo avec entrepôt dédié requière un investissement minimal de 4 millions d'euros (Colla et Lapoule, 2011, p13).

Concernant l'agencement du magasin, l'enseigne n'a pas besoin de nouvelles infrastructures dans le mode du picking pour proposer le service de vente à distance puisqu'elle utilise le même matériel de manutention et les même rayons de vente classique pour faire du picking en magasin ; alors que dans l'entrepôt dédié, il faut acheter des nouveaux rayons et investir dans un nouveau matériel de manutention.

A noter que ces différences au niveau des coûts de construction et d'agencement du magasin augmentent bien évidement le coût d'amortissement des infrastructures à l'entrepôt dédié par rapport au mode du picking en magasin. Par ailleurs, les derniers coûts d'exploitation du magasin dans la vente à distance (0.25 €/kg en entrepôt dédié, 0.22 €/kg en supermarché avec picking en magasin et 0.10 €/kg en hypermarché avec picking en magasin) concernent seulement les modes Drive et de livraison à domicile après une commande à distance. Cependant dans le mode point relais, il faut ajouter les coûts d'exploitation du point relais (0.04 €/kg). Par conséquent, le coût total d'exploitation (lieu de préparation des commandes et point relais) est estimé à 0.29 €/kg en entrepôt dédié, 0.26 €/kg en supermarché avec picking en magasin et 0.14 €/kg en hypermarché avec picking en magasin.

Dans ce contexte, il faut préciser que le coût d'exploitation d'une plateforme de mutualisation est très faible avec 0.41 €/commande livrée à domicile, ce qui se traduit par une moyenne de 0.01 €/kg : ce faible coût est lié à la durée négligeable de possession de la marchandise sur la plateforme de mutualisation (juste un passage sans aucune opération de stockage). Ce dernier coût (de 0.01 €/kg) est ajouté au coût d'exploitation du lieu de préparation de commande livrée à domicile : le coût d'exploitation dans le mode de livraison à domicile mutualisée (lieu de préparation des commandes et plateforme de mutualisation) est estimé à 0.26 €/kg en entrepôt dédié, 0.23 €/kg en supermarché avec picking en magasin et 0.11 €/kg en

hypermarché avec picking en magasin. Dans le mode de livraison mutualisée en point relais, le coût total d'exploitation (lieu de préparation des commandes, point relais et plateforme de mutualisation) est estimé à 0.30 €/kg en entrepôt dédié, 0.27 €/kg en supermarché et 0.15 €/kg en hypermarché (cf. Tableau 56).

Pour conclure, nous avons étudié dans cette deuxième partie les coûts d'exploitation des magasins suite à une analyse détaillée des coûts de préparation des commandes dans la première partie. Dans la suite de ce travail, nous étudions la totalité du coût logistique en additionnant le coût d'exploitation du magasin et le coût de préparation de commande pour les différents modes de distribution des produits.

iii. Coût logistique total (de préparation de commande et d'exploitation du magasin)

En général, les coûts logistiques en aval de la chaîne de distribution diminuent en agrandissant la taille de surface de vente (cf. Tableau 56). Ce premier constat est valable pour les différents modes de distribution à commencer par la vente classique, puis le mode Drive, ensuite le mode point relais et enfin la livraison à domicile.

Dans la vente classique, le coût logistique « par kg de marchandise » est estimé à 0.35 €/kg en hypermarché, contre 0.53 €/kg en supermarché et 0.83 €/kg en supérette. De même dans le mode Drive, l'hypermarché avec picking en magasin se caractérise par un faible coût logistique (0.33 €/kg) par rapport aux moyennes surfaces (0.43€/kg en supermarché et 0.44€/kg en entrepôt dédié).

Dans le mode de livraison en point relais ou à domicile, l'étude de l'ensemble des coûts logistiques - que ce soit à la charge du client final (coût de préparation de commande en ligne ou coût de préparation des achats en magasin) ou à la charge de l'enseigne (coût de préparateur de commande et coût d'exploitation du magasin)- montre que les grandes surfaces sont plus économes que les moyennes surfaces :

dans le mode point relais, le coût logistique est de 0.35 €/kg en hypermarché, contre 0.46 €/kg en entrepôt dédié et 0.45 €/kg en supermarché. De même dans le mode de livraison à domicile, le coût logistique augmente en réduisant la taille de la surface de vente avec une moyenne d'environ 0.32 €/kg en hypermarché (6224 m^2), contre 0.43 €/kg en entrepôt dédié (1000 m^2), 0.42 €/kg en supermarché (1084 m^2) et 0.54 €/kg en supérette (215 m^2).

Par ailleurs, cet effet de la réduction de la taille de surface de vente sur l'augmentation des coûts logistiques est encore valide pour les émissions logistiques en aval de la chaîne de distribution étudiées dans la partie suivante.

Tableau 56 : Composition des coûts logistiques en aval de la chaîne de distribution

Les cinq modes de distribution	*Les différentes catégories de chaînes de distribution*	**Coûts supportés par le consommateur final**		**Coûts supportés par le grand distributeur**		**Coût total de la logistique en aval de la chaîne de distribution**
		Coût de préparation en ligne par le client	Coût de préparation en magasin par le client	Coût des préparateurs des commandes	Coûts d'exploitation du magasin	
Vente classique	*Hypermarché classique*	0 €/kg	0.19 €/kg	0 €/kg	0.16 €/kg	**0.35 €/kg**
	Supermarché classique	0 €/kg	0.26 €/kg	0 €/kg	0.27 €/kg	**0.53 €/kg**
	Supérette classique	0 €/kg	0.41 €/kg	0 €/kg	0.42 €/kg	**0.83 €/kg**
Mode Drive	*Entrepôt Drive*	0.08 €/kg	0 €/kg	0.11 €/kg	0.25 €/kg	**0.44 €/kg**
	Hypermarché avec picking	0.08 €/kg	0 €/kg	0.15 €/kg	0.10 €/kg	**0.33 €/kg**
	Supermarché avec picking	0.08 €/kg	0 €/kg	0.13 €/kg	0.22 €/kg	**0.43 €/kg**
Point relais	*Entrepôt non mutualisé*	0.06 €/kg	0 €/kg	0.11 €/kg	0.29 €/kg	**0.46 €/kg**
	Entrepôt mutualisé	0.06 €/kg	0 €/kg	0.11 €/kg	0.30 €/kg	**0.47 €/kg**
	Hypermarché non mutualisé	0.06 €/kg	0 €/kg	0.15 €/kg	0.14 €/kg	**0.35 €/kg**
	Hypermarché mutualisé	0.06 €/kg	0 €/kg	0.15 €/kg	0.15 €/kg	**0.36 €/kg**
	Supermarché non mutualisé	0.06 €/kg	0 €/kg	0.13 €/kg	0.26 €/kg	**0.45 €/kg**
	Supermarché mutualisé	0.06 €/kg	0 €/kg	0.13 €/kg	0.27 €/kg	**0.46 €/kg**
Livraison à domicile après déplacement client	*Hypermarché classique*	0 €/kg	0.19 €/kg	0 €/kg	0.16 €/kg	**0.35 €/kg**
	Supermarché classique	0 €/kg	0.26 €/kg	0 €/kg	0.27 €/kg	**0.53 €/kg**
Livraison à domicile après une commande à distance	*Entrepôt non mutualisé*	0.07 €/kg	0 €/kg	0.11 €/kg	0.25 €/kg	**0.43 €/kg**
	Entrepôt mutualisé	0.07 €/kg	0 €/kg	0.11 €/kg	0.26 €/kg	**0.44 €/kg**
	Hypermarché non mutualisé	0.07 €/kg	0 €/kg	0.15 €/kg	0.10 €/kg	**0.32 €/kg**
	Hypermarché mutualisé	0.07 €/kg	0 €/kg	0.15 €/kg	0.11 €/kg	**0.33 €/kg**
	Supermarché non mutualisé	0.07 €/kg	0 €/kg	0.13 €/kg	0.22 €/kg	**0.42 €/kg**
	Supermarché mutualisé	0.07 €/kg	0 €/kg	0.13 €/kg	0.23 €/kg	**0.43 €/kg**
	Supérette non mutualisée	0.07 €/kg	0 €/kg	0.09 €/kg	0.38 €/kg	**0.54 €/kg**

b. Emissions logistiques en aval de la chaîne de distribution

En général, les émissions logistiques en aval de la chaîne de distribution (émissions de construction de surface de vente, de fabrication de matériel de manutention, d'agencement de magasin, de consommation d'électricité et des fuites frigorigènes...) sont plus faibles (cf. Tableau 57) en agrandissant la taille de surface de vente (comme c'était le cas précédemment pour les coûts logistiques en aval). Cette faiblesse des émissions de CO_2 dans les grandes surfaces par rapport aux moyennes et petites surfaces est constatée dans les différents modes de distribution.

Dans le mode de vente classique, les émissions logistiques sont estimées à environ 270 gCO_2/commande dans un hypermarché, contre 240 gCO_2/commande dans un supermarché et 145 gCO_2/commande dans une supérette. Dans ce contexte, il faut rappeler que le poids d'une commande varie d'une alternative de vente à une autre : dans la vente classique, le poids d'une commande est estimé à 30 kg en hypermarché, contre 15 kg en supermarché et 5 kg en supérette ; alors que dans la vente à distance, le poids d'une commande est estimé à 49 kg en mode point relais, contre 41 kg en mode de livraison à domicile et 35 kg en mode Drive. Comme annoncé au début de cette section, il est peu pratique de comparer des modes de distribution qui n'ont pas le même poids par commande. Nous détaillons donc les émissions de CO_2 « par commande » afin de donner un ordre de grandeur des émissions de CO_2 par caddie d'achat[331] dans le tableau ci-dessous (cf. Tableau 57). Cependant dans la suite de cette partie, nous présentons les émissions «par kg de marchandise» (et non «par commande») afin de faciliter notre analyse comparative.

[331] *En outre, nous présentons les émissions logistiques pour une charge totale de 37 Mt de marchandises achetées quotidiennement par les français, afin d'avoir une idée approximative sur les émissions de CO_2 des produits entre le moment de leur arrivée en surface de vente (classique ou à distance) et le moment de dépassement de la porte de la surface de vente vers un moyen de transport (appartenant au client ou au livreur) pour arriver au final au domicile du client (cf. Tableau 57).*

Dans le mode de vente classique, les émissions logistiques sont plus faibles « par kg de marchandise » dans les grandes surfaces par rapport aux moyennes et petites surfaces : elles sont estimées à 9 gCO_2/kg dans un hypermarché (6224 m^2), contre 16 gCO_2/kg dans un supermarché (1084 m^2) et 29 gCO_2/kg dans une supérette (215 m^2). Ce même constat (d'aggravation des émissions de CO_2 en réduisant la taille de surface de vente) est valable pour les émissions logistiques dans les surfaces de vente à distance avec picking estimées à 6 gCO_2/kg dans un hypermarché, contre 14 gCO_2/kg dans un supermarché et 28 gCO_2/kg dans une supérette.

Cette baisse des émissions logistiques en cas du picking en magasin (6 gCO_2/kg dans un hypermarché, 14 gCO_2/kg dans un supermarché et 28 gCO_2/kg dans une supérette) par rapport aux magasins qui proposent le service de vente classique seulement (9 gCO_2/kg dans un hypermarché, 16 gCO_2/kg dans un supermarché et 29 gCO_2/kg dans une supérette)[332] ou à un entrepôt entièrement dédié à la vente à distance (15 gCO_2/kg) est liée à deux facteurs :

- en premier lieu, la diminution de la durée de possession de marchandise (déjà détaillée dans la partie précédente sur les coûts logistiques) en cas de double activité du magasin (vente à distance et vente classique) dans une surface de vente avec picking en magasin par rapport à un magasin qui pratique une seule activité (vente classique dans un magasin ou vente à distance dans un entrepôt dédié).

- en deuxième lieu, la baisse des émissions des surfaces de vente avec picking en magasin qui est liée au partage des infrastructures déjà existantes, comme les

[332] *Dans ce contexte, nous constatons une baisse d'émissions de CO_2 entre le mode de vente classique et le mode picking en magasin estimée à 3 gCO_2/kg en hypermarché (de 9 gCO_2/kg en hypermarché classique à 6 gCO_2/kg en hypermarché avec picking en magasin), contre 2 gCO_2/kg en supermarché (de 16 gCO_2/kg en supermarché classique à 14 gCO_2/kg en supermarché avec picking en magasin) et seulement 1 gCO_2/kg en supérette (de 29 gCO_2/kg en supérette classique à 28 gCO_2/kg en supérette avec picking en magasin).*

émissions de construction et d'agencement de la surface de vente, les émissions de fabrication des rayons de vente et de matériel de manutention, ainsi que les émissions de conservation des produits à température dirigée que ce soit pour la consommation d'électricité ou pour les fuites frigorigènes. Ce partage d'émissions de CO_2 ne concerne pas les surfaces de vente classique ou les entrepôts entièrement dédiés à la vente à distance en raison de leur mono-activité (vente classique ou vente à distance et non pas les deux au même temps).

Par ailleurs, l'étude des émissions de CO_2 dans les différents modes de vente à distance confirme le premier constat (observé dans le mode de vente classique) de baisse d'émissions logistiques en réduisant la taille de la surface de vente : en effet, les grandes surfaces sont moins émettrices de CO_2 (avec 6 gCO_2/kg pour un hypermarché de 6224 m^2) que les moyennes surfaces (avec 14 gCO_2/kg pour un supermarché de 1084 m^2 et 15 gCO_2/kg pour un entrepôt dédié de 1000 m^2).

Dans ce contexte, il faut préciser que ces dernières moyennes (de 6 gCO_2/kg dans un hypermarché, 14 gCO_2/kg dans un supermarché et 15 gCO_2/kg dans un entrepôt dédié) concernent seulement les lieux de préparation des commandes dans le mode Drive et dans le mode de livraison à domicile après une commande à distance. Pour le mode point relais, il faut ajouter les émissions des lieux de préparation des commandes aux émissions du lieu de livraison (de 3 gCO_2/kg pour le point relais). Le total des émissions de CO_2 (du lieu de préparation des commandes et du point relais) est donc estimé à 9 gCO_2/kg dans un hypermarché avec picking en magasin, 17 gCO_2/kg dans un supermarché avec picking en magasin et 18 gCO_2/kg dans un entrepôt dédié. De ce fait, les émissions logistiques dans le mode point relais (comme c'était le cas pour les coûts logistiques) sont supérieures aux émissions logistiques des deux autres modes de vente à distance (Drive et livraison à domicile).

A la fin de cette partie, nous constatons (cf. Tableau57) que les émissions logistiques en cas de mutualisation sont très faibles (1 gCO_2/kg) en raison de la durée négligeable de possession de marchandise sur la plateforme de mutualisation : comme précisé précédemment pour les coûts logistiques, il s'agit d'une courte durée de passage par la plateforme de mutualisation sans aucune opération de stockage[333].

Tableau 57 : Emissions logistiques en aval de la chaîne de distribution

Les cinq modes de distribution	*Les différentes catégories de chaînes de distribution*	Emissions de la charge totale	Emissions par commande	Emissions par kilogramme
Vente classique	*Hypermarché classique*	344 $ktCO_2$	270 gCO_2	9 gCO_2
	Supermarché classique	575 $ktCO_2$	240 gCO_2	16 gCO_2
	Supérette classique	1061 $ktCO_2$	145 gCO_2	29 gCO_2
Mode Drive	*Entrepôt Drive*	545 $ktCO_2$	525 gCO_2	15 gCO_2
	Hypermarché avec picking	223 $ktCO_2$	210 gCO_2	6 gCO_2
	Supermarché avec picking	506 $ktCO_2$	490 gCO_2	14 gCO_2
Point relais	*Entrepôt non mutualisé*	678 $ktCO_2$	882 gCO_2	18 gCO_2
	Entrepôt mutualisé	711 $ktCO_2$	931 gCO_2	19 gCO_2
	Hypermarché non mutualisé	355 $ktCO_2$	441 gCO_2	9 gCO_2
	Hypermarché mutualisé	388 $ktCO_2$	490 gCO_2	10 gCO_2
	Supermarché non mutualisé	639 $ktCO_2$	833 gCO_2	17 gCO_2
	Supermarché mutualisé	672 $ktCO_2$	882 gCO_2	18 gCO_2
Livraison à domicile après déplacement du client au magasin	*Hypermarché classique*	344 $ktCO_2$	369 gCO_2	9 gCO_2
	Supermarché classique	575 $ktCO_2$	656 gCO_2	16 gCO_2
Livraison à domicile après une commande à distance	*Entrepôt non mutualisé*	545 $ktCO_2$	615 gCO_2	15 gCO_2
	Entrepôt mutualisé	578 $ktCO_2$	656 gCO_2	16 gCO_2
	Hypermarché non mutualisé	223 $ktCO_2$	246 gCO_2	6 gCO_2
	Hypermarché mutualisé	256 $ktCO_2$	287 gCO_2	7 gCO_2
	Supermarché non mutualisé	506 $ktCO_2$	574 gCO_2	14 gCO_2
	Supermarché mutualisé	539 $ktCO_2$	615 gCO_2	15 gCO_2
	Supérette non mutualisée	1036 $ktCO_2$	1148 gCO_2	28 gCO_2

[333] *Cette moyenne de 1 gCO_2/kg est ajoutée aux émissions des lieux de préparation des commandes livrées à domicile ou en point relais : De ce fait, les émissions de CO_2 dans le mode de livraison à domicile mutualisée (lieu de préparation des commandes + plateforme de mutualisation) sont estimées à 16 gCO_2/kg en entrepôt dédié, 15 gCO_2/kg en supermarché avec picking en magasin et 7 gCO_2/kg en hypermarché avec picking en magasin. Dans le mode de livraison mutualisée en point relais, les émissions de CO_2 (lieu de préparation des commandes + point relais + plateforme de mutualisation) sont estimées à 19 gCO_2/kg pour une livraison à partir d'un entrepôt dédié, 18 gCO_2/kg en supermarché avec picking en magasin et 10 gCO_2/kg en hypermarché avec picking en magasin.*

c. Conclusion

En conclusion, les coûts et les émissions logistiques dépendent de la taille de la surface de vente (cf. Tableau 58) : les coûts et les émissions logistiques sont généralement plus faibles dans les grandes surfaces grâce aux économies d'échelle, alors que les coûts et les émissions de transport dépendent de la distance parcourue (les coûts et les émissions de transport sont plus faibles pour les déplacements d'achat aux petites surfaces en raison de leur proximité du domicile du client final).

Tableau 58 : Coûts et émissions logistiques en aval de la chaîne de distribution

Les cinq modes de distribution	*Les différentes catégories de chaînes de distribution*	**Coûts économiques**		**Emissions de CO_2**	
		Coût de la charge totale	Coût par kg d'achat	Emissions de la charge totale	Emissions par kg d'achat
Vente classique	*Hypermarché classique*	13085 M€	0.35 €/kg	344 $ktCO_2$	9 gCO_2
	Supermarché classique	19521 M€	0.53 €/kg	575 $ktCO_2$	16 gCO_2
	Supérette classique	30783 M€	0.83 €/kg	1061 $ktCO_2$	29 gCO_2
Mode Drive	*Entrepôt Drive*	16394 M€	0.44 €/kg	545 $ktCO_2$	15 gCO_2
	Hypermarché avec picking	12367 M€	0.33 €/kg	223 $ktCO_2$	6 gCO_2
	Supermarché avec picking	15901 M€	0.43 €/kg	506 $ktCO_2$	14 gCO_2
Point relais	*Entrepôt non mutualisé*	17200 M€	0.46 €/kg	678 $ktCO_2$	18 gCO_2
	Entrepôt mutualisé	17489 M€	0.47 €/kg	711 $ktCO_2$	19 gCO_2
	Hypermarché non mutualisé	13173 M€	0.35 €/kg	355 $ktCO_2$	9 gCO_2
	Hypermarché mutualisé	13463 M€	0.36 €/kg	388 $ktCO_2$	10 gCO_2
	Supermarché non mutualisé	16707 M€	0.45 €/kg	639 $ktCO_2$	17 gCO_2
	Supermarché mutualisé	16997 M€	0.46 €/kg	672 $ktCO_2$	18 gCO_2
Livraison à domicile après déplacement du client au magasin	*Hypermarché classique*	13085 M€	0.35 €/kg	344 $ktCO_2$	9 gCO_2
	Supermarché classique	19521 M€	0.53 €/kg	575 $ktCO_2$	16 gCO_2
Livraison à domicile après une commande à distance	*Entrepôt non mutualisé*	16063 M€	0.43 €/kg	545 $ktCO_2$	15 gCO_2
	Entrepôt mutualisé	16353 M€	0.44 €/kg	578 $ktCO_2$	16 gCO_2
	Hypermarché non mutualisé	12037 M€	0.32 €/kg	223 $ktCO_2$	6 gCO_2
	Hypermarché mutualisé	12326 M€	0.33 €/kg	256 $ktCO_2$	7 gCO_2
	Supermarché non mutualisé	15571 M€	0.42 €/kg	506 $ktCO_2$	14 gCO_2
	Supermarché mutualisé	15860 M€	0.43 €/kg	539 $ktCO_2$	15 gCO_2
	Supérette non mutualisée	19921 M€	0.54 €/kg	1036 $ktCO_2$	28 gCO_2

Dans la suite cette section, nous déduisons le total des coûts et des émissions de CO_2 (des activités de transport et de logistique), afin de comparer les coûts et les émissions des différents modes d'organisation en aval de la chaîne de distribution.

3. Total des coûts et des émissions de CO_2 (transport et logistique) en aval

Dans cette partie, nous déduisons dans un premier temps le coût total de l'approvisionnement des ménages depuis la réception des marchandises en surface de vente jusqu'au domicile du consommateur, en prenant en compte bien évidemment l'ensemble des coûts logistiques en aval et le coût total de transport entre la surface de vente et le domicile du client final. Ensuite, nous déduisons le total d'émissions de CO_2 correspondant aux émissions logistiques des marchandises en magasin et aux émissions des véhicules utilisés pour transporter les achats au domicile du ménage.

a. Coût total (de transport et de logistique) en aval de la chaîne de distribution

Pour déduire le coût total en aval de la chaîne de distribution, nous additionnons le coût de transport (que ce soit à la charge de l'enseigne ou à la charge du client final en prenant en compte le coût d'usage des moyens de transport et la valeur du temps du client pendant son déplacement à la surface de vente) et les coûts logistiques supportés par l'enseigne (coût d'exploitation du magasin et coût des préparateurs des commandes à distance) et par le client final (coût de préparation de commande à distance ou coût de préparation des achats en magasin).

L'étude de ce coût total (de transport et de logistique) en aval de la chaîne de distribution (cf. Tableau 59) montre que les grandes surfaces sont plus économes que les moyennes et petites surfaces pour les différents modes de distribution : dans la vente classique, le coût total en aval est estimé à 0.92 €/kg pour une supérette, contre 0.65 €/kg pour un supermarché et seulement 0.51 €/kg pour un hypermarché. Comme annoncé précédemment, ces derniers coûts se composent de la valeur du temps du client et des coûts d'usage des véhicules et d'exploitation des magasins.

A titre d'exemple, le dernier coût total (de transport et de logistique) en hypermarché estimé à 0.51 €/kg se compose de deux parties : d'un côté, le coût à la charge de l'enseigne (0.16 €/kg), et de l'autre, le coût à la charge du client final (0.35 €/kg). Ce dernier coût supporté par le client final est composé à son tour de deux postes : le coût d'usage des moyens de transport (0.10 €/kg) et la valeur du temps du client final (0.25 €/kg). Cette valeur du temps du client est formée du temps passé dans le véhicule pendant le déplacement à la surface de vente (0.06 €/kg) et du temps passé dans la préparation des courses en magasin et l'attente en caisse (0.19 €/kg).

Concernant le supermarché, le coût total (de transport et de logistique) est estimé à 0.65 €/kg et se compose de deux parties : d'un côté, le coût à la charge de l'enseigne (0.27 €/kg), et de l'autre, le coût à la charge du client final (0.38 €/kg). Ce dernier coût supporté par le consommateur est formé de deux postes : le coût moyen d'usage des véhicules de transport (0.05 €/kg) et la valeur du temps du client final (0.33 €/kg). Cette valeur du temps du client est formée du temps passé dans le véhicule pendant le déplacement à la surface de vente (0.07 €/kg) et du temps passé dans la préparation des courses en magasin et l'attente en caisse (0.26 €/kg).

Pour une supérette, le coût total (de transport et de logistique) est estimé à environ 0.92 €/kg et se compose de deux parties : d'un côté, le coût à la charge de l'enseigne (0.42 €/kg), et de l'autre, le coût à la charge du client final (0.50 €/kg). Ce dernier coût supporté par le client final est composé à son tour de deux postes : le coût moyen d'usage des véhicules de transport (0.01 €/kg) et la valeur du temps du client (0.49 €/kg). Cette valeur du temps est formée du temps passé dans le véhicule pendant le déplacement à la surface de vente (0.08 €/kg) et du temps passé dans la préparation des courses en magasin et l'attente en caisse (0.41 €/kg).

Tableau 59 : Composition des coûts logistiques et de transport en aval de la chaîne de distribution

Les cinq modes de distribution	*Les différentes catégories de chaînes de distribution*	Coût de transport en aval de la chaîne de distribution			Coûts logistiques en aval de la chaîne de distribution				Coût total (transport+ logistique) en aval de la chaîne par kg d'achat
		Coût de transport supporté par l'enseigne ou par son prestataire	Coût de transport supporté par le client		Coût logistique à la charge de l'enseigne		Coût logistique à la charge du client final		
			Coût d'usage de moyens de transport	Valeur du temps du client au déplacement	Coût des préparateurs des commandes	Coûts exploitation de la surface de vente	Coût de préparation en ligne par le client	Coût de préparation en magasin par client	
Vente classique	*Hypermarché classique*	0.00 €/kg	0.10 €/kg	0.06 €/kg	0 €/kg	0.16 €/kg	0 €/kg	0.19 €/kg	**0.51 €/kg**
	Supermarché classique	0.00 €/kg	0.05 €/kg	0.07 €/kg	0 €/kg	0.27 €/kg	0 €/kg	0.26 €/kg	**0.65 €/kg**
	Supérette classique	0.00 €/kg	0.01 €/kg	0.08 €/kg	0 €/kg	0.42 €/kg	0 €/kg	0.41 €/kg	**0.92 €/kg**
Mode Drive	*Entrepôt Drive*	0.00 €/kg	0.09 €/kg	0.07 €/kg	0.11 €/kg	0.25 €/kg	0.08 €/kg	0 €/kg	**0.60 €/kg**
	Hypermarché avec picking	0.00 €/kg	0.08 €/kg	0.06 €/kg	0.15 €/kg	0.10 €/kg	0.08 €/kg	0 €/kg	**0.47 €/kg**
	Supermarché avec picking	0.00 €/kg	0.02 €/kg	0.03 €/kg	0.13 €/kg	0.22 €/kg	0.08 €/kg	0 €/kg	**0.48 €/kg**
Point relais	*Entrepôt non mutualisé*	0.05 €/kg	0.002€/kg	0.008 €/kg	0.11 €/kg	0.29 €/kg	0.06 €/kg	0 €/kg	**0.52 €/kg**
	Entrepôt mutualisé	0.03 €/kg	0.002€/kg	0.008 €/kg	0.11 €/kg	0.30 €/kg	0.06 €/kg	0 €/kg	**0.51 €/kg**
	Hypermarché non mutualisé	0.05 €/kg	0.002€/kg	0.008 €/kg	0.15 €/kg	0.14 €/kg	0.06 €/kg	0 €/kg	**0.41 €/kg**
	Hypermarché mutualisé	0.03 €/kg	0.002€/kg	0.008 €/kg	0.15 €/kg	0.15 €/kg	0.06 €/kg	0 €/kg	**0.40 €/kg**
	Supermarché non mutualisé	0.02 €/kg	0.002€/kg	0.008 €/kg	0.13 €/kg	0.26 €/kg	0.06 €/kg	0 €/kg	**0.48 €/kg**
	Supermarché mutualisé	0.01 €/kg	0.002€/kg	0.008 €/kg	0.13 €/kg	0.27 €/kg	0.06 €/kg	0 €/kg	**0.48 €/kg**
Livraison à domicile après déplacement du client	*Hypermarché classique*	0.17 €/kg	0.07 €/kg	0.05 €/kg	0 €/kg	0.16 €/kg	0 €/kg	0.19 €/kg	**0.64 €/kg**
	Supermarché classique	0.09 €/kg	0.02 €/kg	0.02 €/kg	0 €/kg	0.27 €/kg	0 €/kg	0.26 €/kg	**0.66 €/kg**
Livraison à domicile après une commande à distance	*Entrepôt non mutualisé*	0.11 €/kg	0.00 €/kg	0.00 €/kg	0.11 €/kg	0.25 €/kg	0.07 €/kg	0 €/kg	**0.54 €/kg**
	Entrepôt mutualisé	0.08 €/kg	0.00 €/kg	0.00 €/kg	0.11 €/kg	0.26 €/kg	0.07 €/kg	0 €/kg	**0.52 €/kg**
	Hypermarché non mutualisé	0.11 €/kg	0.00 €/kg	0.00 €/kg	0.15 €/kg	0.10 €/kg	0.07 €/kg	0 €/kg	**0.43 €/kg**
	Hypermarché mutualisé	0.08 €/kg	0.00 €/kg	0.00 €/kg	0.15 €/kg	0.11 €/kg	0.07 €/kg	0 €/kg	**0.41 €/kg**
	Supermarché non mutualisé	0.05 €/kg	0.00 €/kg	0.00 €/kg	0.13 €/kg	0.22 €/kg	0.07 €/kg	0 €/kg	**0.47 €/kg**
	Supermarché mutualisé	0.04 €/kg	0.00 €/kg	0.00 €/kg	0.13 €/kg	0.23 €/kg	0.07 €/kg	0 €/kg	**0.47 €/kg**
	Supérette non mutualisée	0.03 €/kg	0.00 €/kg	0.00 €/kg	0.09 €/kg	0.38 €/kg	0.07 €/kg	0 €/kg	**0.57 €/kg**

Dans le mode Drive, le coût total (de transport et de logistique) en aval est plus élevé pour un entrepôt dédié (0.60 €/kg) que pour une surface de vente avec picking en magasin (0.47 €/kg pour un hypermarché et 0.48 €/kg pour un supermarché). Cela confirme le premier constat de réduction du coût total en agrandissant la taille

de surface de vente déjà observé dans le mode de vente classique. Cependant, les compositions des coûts sont différentes et les parts à la charge de l'enseigne et du client final varient considérablement selon les alternatives de vente à distance.

Concernant l'entrepôt Drive, le coût total de transport et de logistique en aval, estimé à 0.60 €/kg, se compose de deux parties : d'un côté, le coût à la charge de l'enseigne (0.36 €/kg), et de l'autre, le coût à la charge du client final (0.24 €/kg). Le coût supporté par l'enseigne peut être détaillé en coût d'exploitation de la surface de vente (0.25 €/kg) et en coût des préparateurs des commandes (0.11 €/kg). Le coût supporté par le client est également composé de deux postes : le coût d'usage des moyens de transport (0.09 €/kg) et la valeur du temps du client (0.15 €/kg). Cette valeur du temps est formée du temps passé en véhicule pendant le déplacement au magasin (0.07 €/kg) et à la préparation des achats en ligne (0.08 €/kg).

Pour l'hypermarché Drive avec picking, le coût total de transport et de logistique en aval, estimé à 0.47 €/kg, se compose de deux parties : d'un côté, le coût à la charge de l'enseigne (0.25 €/kg), et de l'autre, le coût à la charge du client final (0.22 €/kg). Le coût supporté par l'enseigne peut être détaillé en coût d'exploitation de la surface de vente (0.10 €/kg) et en coût des préparateurs des commandes (0.15 €/kg). Le coût supporté par le client final est composé de deux postes : le coût d'usage des moyens de transport (0.08 €/kg), et la valeur du temps du client (0.14 €/kg). Cette valeur du temps est formée du temps passé en véhicule pendant le déplacement au magasin (0.06 €/kg) et à la préparation des achats en ligne (0.08 €/kg).

Pour le supermarché Drive avec picking, le coût total de transport et de logistique en aval, estimé à 0.48 €/kg, se compose de deux parties : d'un côté, le coût à la charge de l'enseigne (0.35 €/kg), et de l'autre, le coût à la charge du client final (0.13 €/kg).

Le coût supporté par l'enseigne peut être détaillé en coût d'exploitation de la surface de vente (0.22 €/kg) et en coût des préparateurs des commandes (0.13 €/kg). Le coût supporté par le client est composé de deux postes : le coût d'usage des moyens de transport (0.02 €/kg) et la valeur du temps du client (0.11 €/kg). Cette valeur du temps du client est formée du temps passé en véhicule pendant le déplacement au magasin (0.03 €/kg) et à la préparation des achats en ligne (0.08 €/kg).

Dans le mode point relais, nous constatons que le coût total (de transport et de logistique) en aval diminue en agrandissant la taille de la surface de vente, comme c'était le cas précédemment dans le mode Drive et le mode de vente classique : en moyenne, le coût total est estimé à 0.52 €/kg pour un entrepôt dédié (1000 m^2), contre 0.48 €/kg pour un supermarché (1084 m^2) et 0.41 €/kg pour un hypermarché (6224 m^2). Par ailleurs, la composition des coûts dans le mode point relais est complètement différente de celle des deux modes précédents (vente classique et Drive) en raison de l'organisation différente dans ce mode, quel que soit le lieu de préparation des commandes (un entrepôt dédié ou un magasin avec picking).

Concernant l'entrepôt dédié, le coût total de transport et de logistique en aval, estimé à 0.52 €/kg, se compose de deux parties : d'un côté, le coût à la charge de l'enseigne (0.45 €/kg), et de l'autre, le coût à la charge du consommateur (0.07 €/kg). De ce fait, nous constatons que le coût supporté par l'enseigne est devenu très majoritaire, alors qu'il était moyen en mode Drive et faible en vente classique. Ce coût supporté par l'enseigne peut être détaillé en trois postes : tout d'abord, le coût d'exploitation des magasins (0.29 €/kg) composé des coûts d'exploitation du lieu de préparation des commandes (0.25 €/kg) et d'exploitation du point relais (0.04 €/kg). Puis, le coût des préparateurs des commandes achetées à distance (0.11 €/kg). Ensuite, le coût de livraison du point relais en VUL (0.05 €/kg).

Par ailleurs, le client final supporte deux coûts : un coût de préparation des achats à distance (0.06 €/kg) et un faible coût de transport (0.01 €/kg) en raison de la proximité du point relais. Dans ce contexte, il faut rappeler que le client consacre le même temps à la préparation d'une commande, et par conséquent, le même coût de préparation en ligne indépendamment du lieu de préparation des commandes. De plus, le client dépense le même coût de transport pour récupérer ses courses en point relais quel que soit le lieu de préparation des commandes (la distance moyenne entre le point relais et le domicile du client ne varie pas en fonction du lieu de préparation des commandes). De ce fait, le coût total (0.07 €/kg) à la charge du client en cas de livraison à partir d'un entrepôt dédié est le même en cas de livraison à partir d'une surface de vente avec picking en magasin. En revanche, le coût à la charge de l'enseigne varie considérablement en fonction du lieu de préparation de commande (entrepôt dédié, hypermarché ou supermarché avec picking en magasin).

Concernant la livraison d'un point relais à partir d'une surface de vente avec picking en magasin, le coût à la charge de l'enseigne (de transport et logistique) est estimé à 0.34 €/kg pour un hypermarché avec picking en magasin et 0.41 €/kg pour un supermarché avec picking en magasin. Ces deux derniers coûts sont formés de 3 composantes : tout d'abord, les coûts d'exploitation du point relais (0.04 €/kg qui ne varie pas bien évidement en fonction du lieu de préparation des commandes) et du lieu de préparation des commandes (estimé à 0.10 €/kg pour un hypermarché et 0.22 €/kg pour un supermarché), puis le coût des préparateurs des commandes (estimé à 0.15 €/kg dans un hypermarché et 0.13 €/kg dans un supermarché), et enfin le coût de livraison de point relais en VUL estimé à 0.05 €/kg à partir d'un hypermarché et 0.02 €/kg à partir d'un supermarché. A noter que ces derniers coûts logistiques et de transport dans le mode point relais sont différents des coûts dans le

mode de livraison à domicile suite au déplacement du client en magasin ou après une commande à distance.

En cas de livraison à domicile après le déplacement du client en magasin, le coût total (de transport et de logistique) en hypermarché avec picking en magasin est estimé à 0.64 €/kg. Ce dernier coût est formé de deux composantes : d'un côté, le coût à la charge de l'enseigne (0.33 €/kg), et de l'autre côté, le coût à la charge du client final (0.31 €/kg). Le coût supporté par l'enseigne peut être détaillé en deux postes : le coût d'exploitation du magasin (0.16 €/kg) et le coût de livraison à domicile (0.17 €/kg). Par ailleurs, le coût supporté par le client final est composé de deux postes : le coût d'usage des moyens de transport (0.07 €/kg) et la valeur du temps du client (0.24 €/kg). Cette valeur du temps du client est elle formée du temps passé en véhicule pendant le déplacement à la surface de vente (0.05 €/kg) et du temps passé à la préparation des courses en magasin et à l'attente en caisse (0.19 €/kg).

Pour un supermarché avec picking en magasin, le coût total (de transport et de logistique) est estimé à 0.66 €/kg et se compose de deux parties : d'un côté, le coût à la charge de l'enseigne (0.36 €/kg), et de l'autre côté, le coût à la charge du client final (0.30 €/kg). Le coût supporté par l'enseigne peut être détaillé en deux postes : le coût d'exploitation du magasin (0.27 €/kg) et le coût de livraison à domicile (0.09 €/kg). Par ailleurs, le coût supporté par le client final est composé de deux postes : le coût d'usage des moyens de transport (0.02 €/kg) et la valeur du temps du client (0.28 €/kg). Cette valeur du temps du client est elle formée du temps passé en véhicule pendant le déplacement à la surface de vente (0.02 €/kg) et du temps passé à la préparation des courses en magasin et à l'attente en caisse (0.26 €/kg).

En cas de livraison à domicile après une commande à distance, le coût total (de transport et de logistique) en aval de la chaîne est plus élevé pour un entrepôt dédié

(0.54 €/kg) que pour une surface de vente avec picking en magasin (0.47 €/kg pour un supermarché et 0.43 €/kg pour un hypermarché). De ce fait, le coût total (de transport et logistique) diminue en agrandissant la taille de la surface de vente. Dans ces différentes alternatives de livraison à domicile après une commande à distance, le coût à la charge du client est faible (0.07 €/kg) par rapport aux moyennes observées précédemment dans le mode de livraison suite au déplacement du client en magasin. Ce dernier coût à la charge du client est entièrement lié à la valeur du temps passé sur le site de cybermarché pendant la préparation des commandes. Dans ce contexte, il faut noter que le client livré à domicile ne s'intéresse pas au lieu de préparation des commandes, et n'a parfois même pas accès à cette information (préparation des commandes dans un entrepôt dédié ou dans une surface de vente avec picking en magasin). De plus, le coût de transport à la charge du client est nul et, par conséquent, le coût supporté par le client ne varie pas en fonction du lieu de préparation des commandes comme c'était le cas dans le mode de livraison à domicile suite au passage du client en magasin. En revanche, le coût à la charge de l'enseigne varie d'un lieu de préparation des commandes à un autre (cf. Tableau 59).

Dans un entrepôt dédié, ce coût est estimé à 0.47 €/kg et peut être détaillé comme suit : le coût d'exploitation du magasin (0.25 €/kg), le coût de livraison à domicile (0.11 €/kg) et le coût des préparateurs des commandes (0.11 €/kg). Dans un hypermarché qui propose le service de livraison à domicile à ses clients après une commande à distance, le coût supporté par l'enseigne est estimé à 0.36 €/kg. Ce dernier coût est formé du coût d'exploitation du magasin (0.10 €/kg), du coût de livraison à domicile (0.11€/kg) et du coût de préparation des commandes (0.15 €/kg). Dans un supermarché avec picking en magasin, le coût supporté par l'enseigne est plus élevé (0.40 €/kg) que dans le cas d'un hypermarché. Il est composé du coût

d'exploitation du magasin (0.22 €/kg), du coût de livraison à domicile (0.05 €/kg) et du coût de préparation des commandes (0.13 €/kg). Dans une supérette avec picking en magasin, le coût supporté par l'enseigne est très élevé (0.50 €/kg). Il est composé du coût d'exploitation du magasin (0.38 €/kg), du coût de livraison à domicile (0.03 €/kg) et du coût de préparation des commandes (0.09 €/kg).

Après la comparaison des alternatives de vente au sein de chaque mode de distribution, nous comparons les modes de distribution en fixant à chaque fois un type de surface de vente : l'étude de l'ensemble des coûts logistiques et de transport en aval (cf. Tableau 59) montre que le mode point relais est le moins cher, suivi par le mode de livraison à domicile après une commande à distance, puis le mode Drive, ensuite le mode de vente classique, et enfin le mode de livraison à domicile après le passage du client en magasin.

Ce dernier classement correspond à l'exemple d'une surface de vente de type hypermarché : le coût total (de transport et logistique) en aval de la chaîne est estimé à 0.41 €/kg en mode point relais, contre 0.43 €/kg en cas de livraison à domicile après commande à distance, 0.47 €/kg en mode Drive, 0.51 €/kg en vente classique et 0.64 €/kg en cas de livraison à domicile après le passage du client en magasin.

Cependant, le passage par un point relais n'est pas très intéressant pour une surface de vente de type supermarché : le coût total (de transport et logistique) de livraison à domicile après une commande à distance (0.47 €/kg) est légèrement plus faible que le coût de livraison en point relais (0.48 €/kg) pour un supermarché avec picking en magasin. Cela est expliqué par la proximité géographique des clients pour un supermarché par rapport à un hypermarché : les petites économies réalisées au niveau des coûts de livraison en mode point relais par rapport aux autres modes de

distribution (grâce au taux de remplissage plus élevé des VUL en cas de livraison en point relais ainsi qu'à la livraison en trace directe et non pas en tournée comme c'est le cas en livraison à domicile) ne permettent pas de compenser le coût logistique d'exploitation du point relais. Ce coût d'exploitation du point relais représente un coût supplémentaire par rapport à une commande à distance dans un supermarché qui propose le service Drive ou dans un supermarché qui pratique la livraison à domicile. En effet, les deux modes Drive et livraison à domicile ne supportent pas ce coût logistique d'exploitation d'une plateforme intermédiaire (point relais) entre le lieu de préparation des commandes et le domicile du client.

Malgré ce coût supplémentaire d'exploitation du point relais, le coût total (de transport et de logistique) est moins élevé dans le mode point relais que celui dans les autres modes de vente à distance (livraison à domicile et Drive) pour une commande préparée dans un entrepôt entièrement dédié à la vente à distance. Cela est lié à la localisation géographique de l'entrepôt dédié (généralement implanté en périphérie comme l'hypermarché, et non pas en milieu urbain-périphérique comme le supermarché). De ce fait, les grandes économies réalisées au niveau des coûts de livraison entre l'entrepôt dédié et le point relais permettent de supporter le coût supplémentaire d'exploitation du lieu de livraison (point relais) et le faible coût de transport du client pour se rendre en point relais. En moyenne, le coût total (de transport et de logistique) en aval de la chaîne de distribution est estimé à 0.52 €/kg en mode point relais, contre 0.54 €/kg en cas de livraison à domicile après une commande à distance et 0.60 €/kg en mode Drive. Au final, il faut préciser que les économies intéressantes réalisées dans le mode point relais par rapport aux autres modes de distribution ne se limitent pas aux coûts économiques, mais concernent également les émissions de CO_2 étudiées en détails dans la partie suivante.

b. Emissions totales (de transport et logistique) en aval de la chaîne de distribution

Contrairement aux émissions de transport qui sont plus importantes pour les déplacements d'achat à un hypermarché que pour les déplacements d'achat à un supermarché ou une supérette (cf. Tableau 52), les émissions logistiques diminuent en agrandissant la taille de la surface de vente (cf. Tableau 58). Par ailleurs, l'ensemble des émissions logistiques et de transport en aval de la chaîne de distribution montre que les hypermarchés engendrent plus d'émissions de CO_2 (que les supermarchés et les supérettes) dans les 3 modes de vente classique, Drive et livraison à domicile après déplacement du client au magasin ; tandis que les supermarchés et les supérettes sont plus polluants dans les deux modes de point relais et de livraison à domicile après une commande à distance (cf. Tableau 60).

Dans ce contexte, il faut préciser que dans les 3 modes de distribution (vente classique, Drive et livraison à domicile après le déplacement du client au magasin), le client se déplace avec ses propres moyens de transport sur la totalité du trajet entre son domicile et la surface de vente. En revanche dans les 2 autres modes de distribution (point relais et livraison à domicile après commande à distance), le client final n'effectue soit qu'un petit déplacement entre son domicile et le point relais (la grande partie de trajet depuis le lieu de préparation des commandes est effectuée en VUL) soit aucun déplacement dans le mode de livraison à domicile après une commande à distance puisqu'il est livré directement chez lui en VUL du distributeur.

Dans la vente classique, le total d'émissions de CO_2 (de transport et logistique) est estimé à 96 gCO_2/kg pour un hypermarché, contre 59 gCO_2/kg pour un supermarché et seulement 41 gCO_2/kg pour une supérette. De même dans la livraison à domicile après le déplacement du client, les émissions de CO_2 sont plus élevées « par kg de

marchandise » pour un hypermarché (94 gCO_2/kg) que pour un supermarché (43 gCO_2/kg). Egalement dans le mode Drive, l'hypermarché avec picking en magasin est plus émetteur de CO_2 (81 gCO_2/kg) qu'un supermarché (32 gCO_2/kg).

Certes les émissions logistiques d'un hypermarché sont moins importantes « par kg de marchandise » que celles d'un supermarché ou d'une supérette, mais les émissions de transport vers un hypermarché sont très élevées « par kg de marchandise » par rapport aux émissions de transport vers un supermarché ou une supérette. La comparaison des émissions de CO_2 de différentes tailles de surfaces de vente (dans les 3 modes de distribution de vente classique, Drive et de livraison à domicile après le déplacement du client) montre que les écarts entre les émissions de transport sont très élevés par rapport aux émissions logistiques. A titre d'exemple dans le mode de vente classique, l'écart entre les émissions de transport d'un hypermarché (87 gCO_2/kg) et d'un supermarché (43 gCO_2/kg) est estimé à 44 gCO_2/kg, alors que l'écart entre les émissions logistiques d'un hypermarché (9 gCO_2/kg) et d'un supermarché (16 gCO_2/kg) est estimé à 7 gCO_2/kg. De ce fait, le total des émissions de CO_2 (de transport et de logistique) en aval de la chaîne de distribution est plus élevé d'environ 37 gCO_2/kg en hypermarché qu'en supermarché.

Comme précisé précédemment, les émissions logistiques sont généralement plus faibles que les émissions de transport en raison de type d'énergie utilisé dans chaque secteur : dans les véhicules de transport, les émissions de CO_2 proviennent en grande partie du carburant à forte émissions de CO_2 pendant les phases d'extraction, de raffinage et de combustion, alors que dans les bâtiments logistiques, les émissions de CO_2 résultent en grande partie de la consommation d'électricité à faible émissions de CO_2 en France (car elle est essentiellement d'origine nucléaire).

Par ailleurs, la livraison en VUL vers un point relais ou à domicile (dans les 2 modes de point relais et de livraison à domicile après une commande à distance) permet de baisser les émissions de transport grâce au regroupement de plusieurs commandes dans un seul véhicule par rapport aux 3 modes précédents (vente classique, Drive et de livraison à domicile après le déplacement du client au magasin). En outre, les écarts entre les émissions de livraison selon les lieux de préparation des commandes sont plus faibles que les écarts observés dans les 3 modes précédents.
A titre d'exemple, dans le mode point relais, l'écart entre les émissions de transport d'un hypermarché avec picking en magasin (7 gCO_2/kg) et d'un supermarché avec picking en magasin (4 gCO_2/kg) est estimé à 3 gCO_2/kg ; alors que l'écart entre les émissions logistiques d'un hypermarché avec picking en magasin (9 gCO_2/kg) et celles d'un supermarché avec picking en magasin (17 gCO_2/kg) est estimé à 8 gCO_2/kg. De ce fait, le total des émissions (de transport et de logistique) en aval de la chaîne de distribution est inférieur de 5 gCO_2/kg en hypermarché avec picking en magasin par rapport au supermarché avec picking en magasin.

En outre, le total des émissions en aval dans le mode point relais augmente en réduisant la taille de surface de vente avec 16 gCO_2/kg pour un hypermarché (6224 m^2), contre 21 gCO_2/kg pour un supermarché (1084 m^2) et 25 gCO_2/kg pour un entrepôt dédié (1000 m^2). De même dans le mode de livraison à domicile après une commande à distance, le total des émissions est plus élevé pour une grande surface (20 gCO_2/kg) que pour une moyenne surface (21 gCO_2/kg pour un supermarché et 30 gCO_2/kg pour un entrepôt dédié) ou une petite surface (31 gCO_2/kg).

En réalité, le total des émissions de CO_2 supérieur en cas de vente à distance (Drive, point relais ou livraison à domicile) à partir d'un entrepôt dédié par rapport à un hypermarché ou un supermarché avec picking en magasin est lié aux émissions

supplémentaires de construction et d'agencement de cet entrepôt dédié, des émissions de fabrication des racks et de matériel de manutention, et surtout des émissions liées à la consommation d'électricité et aux fuites frigorigènes pour la conservation des produits à température contrôlée. En cas de surface de vente avec picking en magasin, le cybermarché utilise les infrastructures déjà existantes (bâtiment, racks, matériel, etc) et les produits sont conservés dans les mêmes rayons que ceux dans la vente classique. Cela permet de réduire le total des émissions de CO_2 «par kg de marchandise» dans la vente à distance à partir d'une surface avec picking en magasin par rapport à un entrepôt entièrement dédié à la vente à distance.

c. Impact de la plateforme de mutualisation en aval de la chaîne de distribution

En cas de mutualisation des envois à domicile, ce dernier lieu de préparation des commandes (entrepôt dédié à la vente à distance) se caractérise par une baisse du total des émissions (de transport et de logistique) d'environ 149 gCO_2/commande : malgré les émissions logistiques supplémentaires liées à l'exploitation de la plateforme de mutualisation (cf. Tableau 57), la réduction considérable des émissions de transport en VUL à partir de l'entrepôt dédié vers le domicile du ménage (cf. Tableau 51) permet une baisse du total des émissions de CO_2 de 1205 gCO_2/commande à 1056 gCO_2/commande (cf. Tableau 60). En outre, la baisse du total des émissions de CO_2 est estimée à 118 gCO_2/kg en hypermarché avec picking en magasin (de 814 gCO_2/commande à 696 gCO_2/commande). En effet, les entrepôts entièrement dédiés à la vente à distance et les hypermarchés sont généralement implantés en périphérie, ce qui explique l'intérêt de passer par un espace logistique urbain (ELU) qui joue, dans ce cas, le rôle d'une plateforme de mutualisation des envois pour les commandes achetées à distance par les clients.

Cependant, la distance parcourue en VUL à partir d'un supermarché (généralement implanté en urbain-périphérique) est plus faible que la distance parcourue à partir d'un hypermarché ou d'un entrepôt entièrement dédié à la vente à distance. Cela explique la légère baisse du total d'émissions de CO_2 en aval estimé à seulement 50 gCO_2/commande livrée à domicile (de 845 gCO_2/commande à 795gCO_2/commande). En cas de livraison en point relais à partir d'un supermarché, le passage par une plateforme de mutualisation engendre un effet indésirable avec une augmentation du total des émissions de CO_2 de 1032 gCO_2/commande à 1039 gCO_2/commande.

De même sur le plan économique, le passage par une plateforme de mutualisation à partir d'un supermarché provoque une légère augmentation du coût total (transport et logistique) dans le mode point relais (de 26.24 €/commande à 26.95 €/commande). Cela est bien évidemment contradictoire avec l'objectif initial de diminution des émissions et des coûts prévu pour une plateforme de mutualisation. Cet effet indésirable dans le mode point relais est lié à la courte distance parcourue en VUL à partir d'un supermarché d'où l'inutilité de passer par une plateforme de mutualisation. De plus, un point relais permet lui-même d'augmenter le taux de remplissage de VUL (par rapport à la livraison à domicile) comme la plateforme de mutualisation. De ce fait, le passage par ces deux lieux de rupture de charge (plateforme de mutualisation puis point relais) entre le lieu de préparation des commandes (supermarché avec picking en magasin) et le domicile du ménage ne peut pas être efficace au niveau de la diminution des émissions de CO_2 et de la réduction du coût total (de transport et logistique). En réalité, les petites économies réalisées au niveau du transport entre le supermarché et le point relais ne permettent pas d'amortir les coûts et les émissions logistiques supplémentaires liés à l'exploitation de la plateforme de mutualisation (en plus du trajet à effectuer par le consommateur entre le point relais et son domicile).

Pour conclure, la plateforme de mutualisation dans le mode de livraison à domicile après une commande à distance permet des économies importantes (malgré le coût d'exploitation de cette plateforme) et des baisses considérables des émissions de CO_2 en aval de la chaîne de distribution, surtout pour les commandes préparées dans un entrepôt dédié ou un hypermarché avec picking en magasin (cf.Tableau 60).

Tableau 60 : Coûts et émissions logistiques et de transport en aval de la chaîne de distribution

Les cinq modes de distribution	*Les différentes catégories de chaînes de distribution*	**Coûts économiques**			**Emissions de CO_2**		
		Coût de la charge totale	Coût par caddie	Coût par kg d'achat	Emissions de la charge totale	Emissions par caddie	Emissions par kg d'achat
Vente classique	*Hypermarché classique*	19116 M€	15.51 €	0.51 €	3574 $ktCO_2$	2895 gCO_2	96 gCO_2
	Supermarché classique	23846 M€	9.67 €	0.65 €	2172 $ktCO_2$	880 gCO_2	59 gCO_2
	Supérette classique	33983 M€	4.59 €	0.92 €	1506 $ktCO_2$	204 gCO_2	41 gCO_2
Mode Drive	*Entrepôt Drive*	22318 M€	21.02 €	0.60 €	3719 $ktCO_2$	3514 gCO_2	101 gCO_2
	Hypermarché avec picking	17537 M€	16.59 €	0.47 €	2992 $ktCO_2$	2830 gCO_2	81 gCO_2
	Supermarché avec picking	17754 M€	16.78 €	0.48 €	1190 $ktCO_2$	1124 gCO_2	32 gCO_2
Point relais	*Entrepôt non mutualisé*	19244 M€	25.35 €	0.52 €	924 $ktCO_2$	1225 gCO_2	25 gCO_2
	Entrepôt mutualisé	19104 M€	25.17 €	0.51 €	907 $ktCO_2$	1203 gCO_2	24 gCO_2
	Hypermarché non mutualisé	15224 M€	20.16 €	0.41 €	602 $ktCO_2$	794 gCO_2	16 gCO_2
	Hypermarché mutualisé	15083 M€	19.96 €	0.40 €	585 $ktCO_2$	772 gCO_2	15 gCO_2
	Supermarché non mutualisé	17842 M€	23.62 €	0.48 €	779 $ktCO_2$	1032 gCO_2	21 gCO_2
	Supermarché mutualisé	17908 M€	23.70 €	0.48 €	786 $ktCO_2$	1039 gCO_2	21 gCO_2
Livraison à domicile après déplacement du client au magasin	*Hypermarché classique*	23673 M€	26.24 €	0.64 €	3500 $ktCO_2$	3875 gCO_2	94 gCO_2
	Supermarché classique	24320 M€	26.94 €	0.66 €	1572 $ktCO_2$	1745 gCO_2	43 gCO_2
Livraison à domicile après une commande à distance	*Entrepôt non mutualisé*	20284 M€	22.38 €	0.54 €	1087 $ktCO_2$	1205 gCO_2	30 gCO_2
	Entrepôt mutualisé	19280 M€	21.26 €	0.52 €	954 $ktCO_2$	1056 gCO_2	26 gCO_2
	Hypermarché non mutualisé	15999 M€	17.73 €	0.43 €	731 $ktCO_2$	814 gCO_2	20 gCO_2
	Hypermarché mutualisé	15200 M€	16.84 €	0.41 €	625 $ktCO_2$	696 gCO_2	17 gCO_2
	Supermarché non mutualisé	17574 M€	19.47 €	0.47 €	763 $ktCO_2$	845 gCO_2	21 gCO_2
	Supermarché mutualisé	17247 M€	19.11 €	0.47 €	717 $ktCO_2$	795 gCO_2	20 gCO_2
	Supérette non mutualisée	20909 M€	23.17 €	0.57 €	1163 $ktCO_2$	1291 gCO_2	31 gCO_2

Section 3. Bilans économique et environnemental de la chaîne globale (amont et aval)

1. Introduction

Dans cette partie, nous étudions les bilans économiques et environnementaux de différentes chaînes de distribution depuis l'entrepôt du fournisseur jusqu'au domicile du client final. Pour ce faire, nous additionnons les coûts et les émissions en amont de la chaîne de distribution (avancées dans la première section) avec celles de l'aval (exposées dans la deuxième section). A noter que pour l'amont de la chaîne de distribution, nous avons détaillé les coûts et les émissions de différents circuits de livraison. Dans ce contexte, il faut préciser qu'en cas de non sélection du circuit de livraison par l'utilisateur de l'outil, ce dernier considère par défaut qu'il s'agit d'un circuit court (avec une seule plateforme intermédiaire entre l'entrepôt du fournisseur et la surface de vente) car ce type de circuit est très dominant en amont de la chaîne de distribution. Afin de simplifier notre analyse dans la suite de cette section, nous considérons donc uniquement ce circuit court. Comme annoncé dans la première section, les coûts et les émissions dans le circuit court (comme dans les autres circuits de livraison en amont) dépendent de la taille de la surface de vente livrée en aval de la chaîne de distribution (cf. Tableau 39). En outre, nous nous basons dans ce chapitre sur la taille de la surface de vente pour comparer les bilans économiques et environnementaux de différentes chaînes par mode de distribution. Par ailleurs, nous présentons ces bilans dans la suite de cette section pour la « charge totale » de marchandise (37 Mt) vendue annuellement dans les surfaces de la grande distribution alimentaire, afin d'obtenir une estimation des coûts et des émissions de distribution de l'ensemble des achats des ménages français en métropole. Nous

présentons également les résultats « par caddie » (appelé aussi « par commande » dans la vente à distance) afin d'évaluer les coûts et les émissions par acte d'achat selon les types de surfaces de vente classique ou à distance. Enfin, nous détaillons les résultats par « kg de marchandise » pour pouvoir comparer la rentabilité économique et la durabilité environnementale des différentes chaînes de distribution.

2. Bilans économique et environnemental de la consommation française

Pour commencer, nous détaillons les bilans économiques et environnementaux de la charge totale de marchandise (de 37 Mt) en fonction des alternatives d'approvisionnement des ménages dans le mode de vente classique (cf.Tableau 61). Le bilan économique est très intéressant pour les hypermarchés (22728 M€) par rapport aux supermarchés (28598 M€) et aux supérettes (39363 M€). Concernant le bilan environnemental, il est recommandé de privilégier les supérettes (5013 $ktCO_2$) et les supermarchés (5089 $ktCO_2$) par rapport aux hypermarchés (5621 $ktCO_2$).

Dans le mode Drive, le bilan économique des achats de l'ensemble des ménages français diminue en agrandissant la taille de la surface de vente (comme c'était le cas dans le mode de vente classique) : pour les moyennes surfaces, le bilan économique global (en amont et en aval de la chaîne de distribution) est très élevé dans les entrepôts entièrement dédiés à la vente à distance avec 27070 M€, contre 22508 M€ dans les supermarchés avec picking en magasin ; alors que ce bilan global est estimé à 21149 M€ pour les commandes adressées aux hypermarchés avec picking en magasin. A noter que les entrepôts entièrement dédiés à la vente à distance en France ne sont pas seulement peu économes, mais aussi plus polluants (6636 $ktCO_2$) que les surfaces de vente avec picking en magasin (5039 $ktCO_2$ pour les hypermarchés et 4107 $ktCO_2$ pour les supermarchés). Dans l'avenir, les

entrepôts dédiés pourront afficher des bilans économiques et environnementaux plus intéressants en cas de développement de la vente à distance. De plus, l'implantation des entrepôts entièrement dédiés à la vente à distance est récente en France par rapport aux hypermarchés et aux supermarchés. Une augmentation de leur nombre dans les prochaines années permettra d'augmenter leur concentration par région et, par conséquent, de réduire la distance moyenne parcourue entre l'entrepôt Drive et le domicile du ménage. Actuellement les surfaces de vente avec picking en magasin sont plus économes et moins polluantes, mais elles risquent la saturation en cas de développement important de la vente à distance dans l'avenir : ces surfaces combinent la vente classique avec la vente à distance, et dans ce cas, les préparateurs des commandes subissent la foule dans les magasins comme de simples clients, ce qui rend leur travail moins efficace. De plus, un développement plus important de la vente à distance dans le futur engendrera une croissance du nombre des préparateurs ce qui pourra gêner les clients «traditionnels» du magasin.

En cas d'adoption du mode point relais, le bilan économique global est moins élevé pour les commandes préparées en picking dans un hypermarché (18836 M€) que pour les commandes préparées dans un supermarché (22594 M€) ou dans un entrepôt dédié (23996 M€). Contrairement aux modes Drive et de vente classique (pour lesquels les supermarchés sont moins polluants que les hypermarchés), le bilan environnemental global des hypermarchés avec picking en magasin dans le mode point relais (2649 ktCO_2) est inférieur à celui des supermarchés (3696 ktCO_2) en raison du regroupement de plusieurs commandes dans un seul VUL de livraison. Comme expliqué dans la deuxième section de ce chapitre, l'usage de VUL permet de baisser les émissions de transport entre le lieu de préparation des commandes

et le point relais, ce qui engendre un total des émissions de CO_2 en aval de la chaîne de distribution plus faible pour les hypermarchés que pour les supermarchés.

Ce constat de baisse des coûts et des émissions en agrandissant la taille de la surface de vente dans le mode point relais est encore valide dans le mode de livraison à domicile après une commande à distance : les bilans économique et environnemental d'un hypermarché (19611 M€ et 2778 $ktCO_2$) restent inférieurs aux bilans d'un supermarché (22326 M€ et 3680 $ktCO_2$) ou d'un entrepôt dédié (25036 M€ et 4004 $ktCO_2$) et surtout aux bilans d'une supérette (26289 M€ et 4670 $ktCO_2$). Le mode de livraison à domicile après une commande à distance reste plus efficace (c'est-à-dire plus économe et moins polluant) que le mode de livraison à domicile suite au déplacement du client au magasin. Concernant le bilan économique, les hypermarchés sont toujours plus économes (27285 M€) que les supermarchés (29072 M€). En revanche, le bilan environnemental des supermarchés (4489 $ktCO_2$) est meilleur que celui des hypermarchés (5547 $ktCO_2$) dans le mode de livraison à domicile suite au déplacement du client au magasin, comme c'était également le cas dans les deux modes Drive et de vente classique (caractérisés eux aussi par les déplacements des clients aux surfaces de vente).

Pour conclure, ces bilans de l'ensemble des achats en métropole peuvent être intéressants pour les pouvoirs publics, les collectivités locales et les grands distributeurs alimentaires afin de privilégier les chaînes de distribution les plus économes et les moins polluantes. Cependant, ces chiffres sont « peu significatifs » pour le client final puisqu'ils concernent le total de marchandise consommée annuellement sur tout le territoire français. Il est plus intéressant pour le client final de connaitre le bilan global de chaque caddie acheté par celui-ci en vente classique ou à distance, ce que nous présentons dans la partie suivante.

3. Bilans économique et environnemental « par caddie d'achat »

Après la présentation des bilans économiques et environnementaux de l'ensemble des achats annuels des français dans la première partie de cette section, nous détaillons dans la deuxième partie les coûts et les émissions de CO_2 « par caddie ». Dans la vente classique, le coût global d'un caddie diminue en réduisant la taille de la surface de vente avec un coût moyen d'environ 18.45 €/caddie en hypermarché (pour un caddie d'achat de 30 kg) contre 11.59 €/caddie en supermarché (pour un caddie de 15 kg) et seulement 5.32 €/caddie en supérette (pour un caddie de 5 kg).

Contrairement au mode de vente classique, le coût global (en amont et en aval) d'un caddie augmente en réduisant la taille de la surface de vente dans le mode Drive : en moyenne, le coût global est estimé à 20.02 €/caddie en hypermarché avec picking en magasin, contre 21.26 €/caddie en supermarché avec picking en magasin et 25.50 €/caddie en entrepôt dédié à la vente à distance. De même dans le mode point relais, le coût global d'un caddie est plus faible en hypermarché (24.97 €/caddie) qu'en supermarché (29.90 €/caddie) ou en entrepôt dédié (31.63 €/caddie).

Dans le mode de livraison à domicile après commande à distance, le coût global diminue en agrandissant la taille de la surface de vente : en moyenne, le coût global depuis l'entrepôt du fournisseur jusqu'au domicile du client final est estimé à 29.12 €/caddie en supérette (215 m^2), contre 27.63 €/caddie en entrepôt dédié (1000 m^2), 24.72 €/caddie en supermarché (1084 m^2) et 21.75 €/caddie en hypermarché (6224 m^2). Ces derniers coûts observés dans le mode de livraison à domicile après commande à distance sont nettement plus faibles que les coûts déduits dans le mode de livraison à domicile suite au déplacement du client estimés à 32.19 €/caddie en supermarché et 30.26 €/caddie en hypermarché (cf.Tableau 61).

Concernant le bilan environnemental, les supérettes (0.68 $kgCO_2$/caddie) sont moins polluantes que les supermarchés (2.06 $kgCO_2$/caddie) et les hypermarchés (4.55 $kgCO_2$/caddie) dans le mode de vente classique. Cela est principalement lié aux faibles émissions de transport en cas d'un déplacement d'achat vers une supérette (généralement, les supérettes sont à courte distance du domicile du client et se caractérisent par une forte dominance de la marche à pied à émissions de CO_2 négligeables). Par ailleurs, ce constat du bilan environnemental plus élevé des hypermarchés dans le mode de vente classique est encore valide pour les deux autres modes qui nécessitent le déplacement du client en surface de vente (le mode Drive et le mode de livraison à domicile après le passage du client en magasin). Dans ce dernier mode de livraison à domicile après le passage du client en magasin, le bilan environnemental d'un supermarché (4.97 $kgCO_2$/caddie) est plus faible que celui d'un hypermarché (6.15 $kgCO_2$/caddie). De même dans le mode Drive, le bilan environnemental d'un supermarché avec picking en magasin (3.89 $kgCO_2$/caddie) est inférieur à celui d'un hypermarché avec picking en magasin (4.76 $kgCO_2$/caddie). Le bilan environnemental d'un entrepôt dédié (6.28 $kgCO_2$/caddie) est quand à lui élevé par rapport aux bilans des surfaces de vente avec picking dans le mode Drive.

Ce bilan environnemental de l'entrepôt dédié supérieur aux bilans des surfaces de vente (hypermarché et supermarché) dans le mode Drive est également constaté dans les deux autres modes de vente à distance (point relais et livraison à domicile). En outre, nous constatons une baisse du bilan environnemental en agrandissant la taille de la surface de vente : en livraison à domicile après commande à distance, le bilan environnemental est estimé à 3.07 $kgCO_2$/caddie pour un hypermarché (6224 m^2), contre 4.08 $kgCO_2$/caddie pour un supermarché (1084 m^2), 4.44 $kgCO_2$/caddie pour un entrepôt dédié (1000 m^2) et 5.15 $kgCO_2$/caddie pour une supérette (215 m^2).

De même dans le mode point relais, le bilan environnemental d'un hypermarché est inférieur (3.49 kgCO_2/caddie) à celui d'un supermarché (4.89 kgCO_2/caddie) ou d'un entrepôt dédié (5.10 kgCO_2/caddie). Dans ce cadre, il faut rappeler qu'il s'agit des moyennes « par caddie » (appelé aussi « par commande » dans la vente à distance) permettant d'évaluer le bilan économique et d'estimer le bilan environnemental de chaque caddie acheté par le client final en surface de vente classique ou à distance.

Certes ces moyennes « par caddie » permettent de comparer entre les chaînes de distribution au sein de chaque mode de distribution dans la vente à distance, mais ne permettent pas de comparer entre les différents modes de distribution (cf. Figure 9). A titre d'exemple, dans les deux derniers modes de vente à distance (point relais et livraison à domicile), le bilan environnemental d'un entrepôt dédié en cas de livraison en point relais (5.10 kgCO_2/caddie) est supérieur à celui d'un entrepôt dédié en cas de livraison à domicile (4.44 kgCO_2/caddie). De même, le bilan économique d'un entrepôt dédié en cas de livraison en point relais (31.63 €/caddie) est supérieur à celui d'un entrepôt dédié en cas de livraison à domicile (27.63 €/caddie) et surtout très élevé par rapport au bilan d'un entrepôt dédié en mode Drive (25.50 €/caddie). Cependant, nous constatons dans la partie suivante, que le mode point relais (très cher et très polluant « par caddie d'achat ») est plus économe et moins émetteur de CO_2 « par kg de marchandise » que les deux autres modes de vente à distance (modes Drive et livraison à domicile). Cela est lié au poids moyen d'une commande achetée à distance en mode point relais (49 kg) supérieur à celui d'une commande livrée à domicile (41 kg) ou une commande achetée en mode Drive (35 kg). De ce fait, les bilans économiques et environnementaux « par caddie d'achat » ne peuvent pas être une référence pour comparer entre les différents modes de distribution, ce qui explique l'adoption de l'unité « par kg de marchandise » dans la partie suivante.

4. Bilans économique et environnemental « par kg de marchandise »

Dans la vente classique, le poids moyen d'un caddie varie selon le type de surface de vente : 30 kg en hypermarché, contre 15 kg en supermarché et 5 kg en supérette. Cependant, le poids moyen d'un caddie est le même par mode de vente à distance, indépendamment du lieu de préparation des commandes. A titre d'exemple, un client livré à domicile ne s'intéresse pas, pendant la préparation de ses achats en ligne ou au moment de la réception de sa commande à domicile, au lieu de préparation de la commande. Par conséquent, le poids d'une commande achetée à distance ne dépend du lieu de préparation des commandes, qui peut être un entrepôt dédié ou une surface de vente avec picking en magasin. En revanche, le poids moyen d'une commande achetée à distance varie selon les modes de distribution : le poids moyen d'une commande achetée à distance est estimé à 49 kg en mode point relais, contre 41 kg en mode de livraison à domicile et 35 kg en mode Drive. Comme annoncé à la fin de la partie précédente, cette différence entre les poids des caddies par alternative de vente classique ou à distance explique le choix de l'unité « par kg de marchandise » pour comparer les différents modes de distribution. Par ailleurs, ce travail d'analyse comparative entre les modes de distribution est précédé d'une étude détaillée des bilans économiques et environnementaux des différentes alternatives de vente par mode de distribution, à commencer par la vente classique, puis le mode Drive, ensuite le mode point relais, et enfin les deux modes de livraison à domicile.

Contrairement au coût global (amont et aval) « par caddie » très faible pour une supérette (5.32 €/caddie) par rapport à un supermarché (11.59 €/caddie) ou un hypermarché (18.44 €/caddie), le coût global « par kg de marchandise » diminue en agrandissant la taille de la surface de vente classique (1.07 €/kg pour une supérette, contre 0.78 €/kg pour un supermarché et seulement 0.61 €/kg pour un hypermarché).

De même dans le mode Drive, le coût global « par kg de marchandise » diminue en agrandissant la taille de la surface de vente (0.73 €/kg pour un entrepôt dédié, contre 0.61 €/kg pour un supermarché avec picking en magasin et 0.57 €/kg pour un hypermarché avec picking en magasin).

Dans les deux autres modes de vente à distance (point relais et livraison à domicile), les grandes surfaces restent de même moins chères que les moyennes et petites surfaces. Dans le mode point relais, le coût global (en amont et en aval) « par kg de marchandise » est estimé à 0.51 €/kg pour un hypermarché ; alors que pour les moyennes surfaces, ce coût est évalué à 0.61 €/kg pour un supermarché et 0.65 €/kg pour un entrepôt dédié. Dans le mode de livraison à domicile après commande à distance, le coût global est estimé à 0.53 €/kg pour une grande surface de type hypermarché (6224 m^2) ; alors que pour les moyennes surfaces, ce coût est évalué à 0.60 €/kg pour un supermarché (1084 m^2) et 0.67 €/kg pour un entrepôt dédié (1000m^2). Ce coût est encore plus élevé pour les supérettes (215 m^2) avec 0.72 €/kg.

Dans le mode de livraison à domicile après le déplacement du client au magasin, le coût global d'un supermarché est plus élevé (0.79 €/kg) que celui d'un hypermarché (0.74 €/kg). De ce fait, le coût global « par kg de marchandise » diminue en agrandissant la taille de la surface de vente pour les différents modes de distribution. Cela est lié aux économies d'échelles réalisées dans les grandes surfaces par rapport aux moyennes et petites surfaces en aval de la chaîne de distribution. De plus, en amont de la chaîne de distribution, le coût d'approvisionnement des grandes surfaces à partir des entrepôts des fournisseurs est moins élevé que celui des moyennes et petites surfaces : à titre d'exemple dans le circuit court en amont de la chaîne, le coût de livraison d'une petite surface est estimé à 0.15 €/kg, contre 0.13 €/kg en moyenne surface et seulement 0.10 €/kg en grande surface (cf. Tableau 39).

Dans ce cadre, il faut noter que la comparaison de ces bilans «par kg de marchandise» engendre bien évidemment de faibles écarts entre les différentes chaînes. Cependant, ces faibles écarts sont loin d'être négligeables si nous étudions leurs impacts pour un «caddie d'achat» ou pour la «charge totale» de marchandise.

Contrairement au bilan économique dans la vente classique (où l'hypermarché est plus économe (0.61 €/kg) que le supermarché (0.78 €/kg) et la supérette (1.07 €/kg)), le bilan environnemental d'une supérette (136 gCO_2/kg) est inférieur à celui d'un supermarché (138 gCO_2/kg) ou d'un hypermarché (151 gCO_2/kg). De ce point de vue, le bilan environnemental augmente « par kg de marchandise » en agrandissant la taille de la surface de vente : cela est lié à l'allongement de la distance moyenne parcourue entre le domicile du client final et la surface de vente (0.6 km en supérette, contre 3.06 km en supermarché et 10.54 km en hypermarché) et à l'emploi plus fréquent de la voiture pour les déplacements d'achat aux grandes surfaces (95.3%) que pour les déplacements aux moyennes (80.8%) et petites surfaces (37.1%). Pour ces raisons, les émissions de transport « par kg de marchandise » en aval sont très faibles pour les supérettes (dominées par la marche à pied à émissions de CO_2 négligeables par km parcouru) par rapport aux supermarchés et aux hypermarchés (dominés par l'usage de la voiture à fortes émissions de CO_2 avec 257 gCO_2/km)[334].

[334] *A noter qu'une grande surface est moins émettrice de CO_2 au niveau de son approvisionnement en amont (55 gCO_2/kg) en comparaison d'une moyenne (79 gCO_2/kg) ou petite surfaces (95 gCO_2/kg). De plus, les émissions logistiques en aval sont très faibles dans les grandes (9 gCO_2/kg) et moyennes surfaces (16 gCO_2/kg) par rapport aux petites surfaces (29 gCO_2/kg) au niveau de l'amortissement des émissions de construction de la surface de vente « par kg de marchandise » et d'exploitation du magasin (au niveau du matériel utilisé, d'agencement du magasin et de conservation des produits à température dirigée). En revanche, l'importance des émissions de transport vers les grandes surfaces en aval (87 gCO_2/kg) par rapport aux moyennes (43 gCO_2/kg) et petites surfaces (12 gCO_2/kg) a rendu le bilan environnemental global (amont et aval) des grandes surfaces (151 $kgCO_2$/kg) plus élevé que celui des moyennes (138 $kgCO_2$/kg) et petites surfaces (136 $kgCO_2$/kg). Alors en agrandissant la taille de la surface de vente, les émissions logistiques diminuent en aval de la chaîne. A noter que les émissions logistiques proviennent souvent de l'usage d'électricité à faible émissions de CO_2 en France, alors que les émissions de transport sont issues de la consommation du carburant à fortes émissions pendant les phases d'extraction, de raffinage et de combustion, ce qui explique d'ailleurs l'importance des émissions des grandes surfaces par rapport aux moyennes et petites surfaces.*

Pour ces mêmes raisons[335], le bilan environnemental en mode Drive est plus élevé pour un entrepôt dédié (180 gCO_2/kg) que pour un hypermarché avec picking en magasin (136 gCO_2/kg) ou un supermarché avec picking en magasin (111 gCO_2/kg).

En cas de livraison en point relais ou à domicile après une commande à distance, l'usage de VUL permet de baisser les émissions de transport « par kg de marchandise ». Dans ce contexte, il faut préciser que les émissions de livraison sont plus faibles en cas de préparation des commandes avec picking en magasin dans un supermarché (4 gCO_2/kg en mode point relais et 7 gCO_2/kg en mode de livraison à domicile) qu'en cas de préparation des commandes dans un hypermarché (7 gCO_2/kg en mode point relais et 14 gCO_2/kg en mode de livraison à domicile). Cependant, l'écart au niveau des émissions de transport en aval au profit des supermarchés par rapport aux hypermarchés (3 gCO_2/kg en mode point relais et 7 gCO_2/kg en mode de livraison à domicile) n'est pas valable pour les émissions de transport en amont et les émissions logistiques en aval qui sont plus faibles pour les hypermarchés par rapport aux supermarchés[336]. Comme c'était le cas précédemment dans le bilan économique, nous constatons que le bilan environnemental dans les modes de livraison au point relais et à domicile après une commande à distance diminue en réduisant la taille de surface de vente : dans la livraison à domicile, le bilan environnemental pour une supérette (215 m^2) est estimé à 126 gCO_2/kg, contre 109 gCO_2/kg pour un entrepôt dédié (1000 m^2), 100 gCO_2/kg

[335] *La distance moyenne entre le domicile du client et l'entrepôt Drive dédié à la vente à distance (12 km) est plus importante que la distance moyenne parcourue vers un hypermarché (10.54 km) ou un supermarché (3.06 km). De plus, le pourcentage d'usage de la voiture par rapport à l'ensemble des modes de déplacement est élevé pour l'entrepôt Drive (97 %) en comparaison de celui des surfaces de vente proposant le service Drive avec picking (95.3% en hypermarché et 80.8% en supermarché).*

[336] *Les émissions logistiques sont faibles en cas de préparation des commandes dans un hypermarché avec picking en magasin (9 gCO_2/kg en mode point relais et 6 gCO_2/kg en livraison à domicile) par rapport à celles d'un supermarché avec picking en magasin (17 gCO_2/kg en mode point relais et 14 gCO_2/kg en livraison à domicile). De ce fait, les émissions logistiques des hypermarchés en aval de la chaîne sont inférieurs de 8 gCO_2/kg aux émissions logistiques des supermarchés avec picking en magasin, que ce soit dans le mode point relais ou dans le mode de livraison à domicile.*

pour un supermarché (1084 m^2) et seulement 75 gCO_2/kg pour un hypermarché (6224 m^2). Egalement dans le mode point relais, le bilan environnemental d'un hypermarché est plus faible (70 gCO_2/kg) que celui d'un supermarché (100 gCO_2/kg) ou d'un entrepôt dédié (104 gCO_2/kg). Dans ce cadre, nous constatons que le supermarché engendre les mêmes émissions de CO_2 (100 gCO_2/kg), que ce soit en cas de livraison à domicile ou en cas de passage par un point relais. Cela est lié à la proximité géographique du supermarché par rapport au domicile du client final (3.06 km) entrainant l'inutilité de passer par un point relais : en effet, la réduction des émissions de transport à partir d'un supermarché en mode point relais (en VUL vers le point relais puis du client vers son domicile) est faible par rapport aux émissions de transport en mode de livraison à domicile (cf. Tableau 52). Par conséquent, cette faible réduction des émissions de transport ne permet pas de compenser les émissions logistiques (de construction et d'exploitation) du lieu de livraison (point relais). Cependant, les distances parcourues en VUL à partir des autres lieux de préparation des commandes généralement localisés en périphérie (entrepôt entièrement dédié à la vente à distance et hypermarché) sont importantes, ce qui explique la réduction[337] des émissions de CO_2 dans le mode point relais par rapport au mode de livraison à domicile, que ce soit pour un hypermarché ou un entrepôt dédié. Par ailleurs, le bilan environnemental de ce mode de livraison à domicile à partir d'un entrepôt dédié (109 gCO_2/kg) reste inférieur à celui de mode Drive (136 gCO_2/kg). Ce bilan environnemental plus élevé du mode Drive (qui est le 3ème mode de vente à distance après le mode point relais et le mode de livraison à domicile au niveau du bilan environnemental) ne concerne pas seulement les

[337] *La réduction des émissions de CO_2 dans le mode point relais par rapport à la livraison à domicile est estimée à 4 gCO2/kg que ce soit pour l'hypermarché avec picking en magasin ou l'entrepôt dédié : Le bilan environnemental d'un hypermarché avec picking en magasin est estimé à 71 gCO_2/kg en mode point relais contre 75 gCO_2/kg en livraison à domicile ; et le bilan environnemental d'un entrepôt dédié est estimé à 104 gCO_2/kg en mode point relais contre 109 gCO_2/kg en livraison à domicile.*

entrepôts entièrement dédiés à la vente à distance, mais aussi l'hypermarché avec picking en magasin : le bilan environnemental d'un hypermarché est estimé à 71 gCO_2/kg en mode point relais, contre 75 gCO_2/kg en mode de livraison à domicile après commande à distance et 136 gCO_2/kg en mode Drive. Dans ce contexte, il faut préciser que le bilan environnemental d'un hypermarché est encore plus élevé dans le mode de vente classique (151 gCO_2/kg).

Concernant le classement des modes de distribution en fonction de leurs bilans économiques (cf. Tableau 61), le mode point relais reste le moins cher « par kg de marchandise » (comme c'était le cas précédemment pour le bilan environnemental). Vient ensuite la livraison à domicile après commande à distance, puis le mode Drive, et en dernier lieu la livraison à domicile suite au passage du client final au magasin. Pour l'hypermarché, le bilan économique global (en amont et aval) est estimé à 0.51 €/kg en mode point relais, contre 0.53 €/kg en mode de livraison à domicile après une commande à distance, 0.57 €/kg en mode Drive, 0.61 €/kg en mode de vente classique et 0.74 €/kg en livraison à domicile suite au passage du client en magasin. Pour les entrepôts entièrement dédiés à la vente à distance, le mode point relais est toujours plus économe avec un bilan d'environ 0.65 €/kg, contre 0.67 €/kg en mode de livraison à domicile après une commande à distance et 0.73 €/kg en mode Drive. Pour les supermarchés, la proximité géographique de ce type de surface de vente au domicile du client (par rapport à un entrepôt dédié ou un hypermarché) engendre le même bilan économique pour les différents modes de vente à distance (0.61 €/kg aux modes point relais et Drive et 0.60 €/kg au mode de livraison à domicile après une commande à distance). Par ailleurs, les bilans de deux modes de vente classique (0.78 €/kg) et de livraison à domicile après le passage du client (0.79 €/kg) restent les plus chers pour le supermarché, comme c'était le cas pour l'hypermarché.

5. Conclusion

Le classement des modes de distribution en fonction de leur bilan économique (composé du coût total de l'amont et de celui de l'aval) dans la partie précédente, nous incite à comparer les deux parties de la chaîne (l'amont et l'aval) afin de mesurer leurs impacts dans le bilan global des différentes alternatives de vente.

Pour les grandes surfaces, le coût total (de transport et logistique) en aval est estimé à 0.51 €/kg dans la vente classique, contre 0.47 €/kg dans le mode Drive, 0.41 €/kg dans le mode point relais, 0.64 €/kg dans la livraison à domicile suite au déplacement du client et 0.43 €/kg dans la livraison à domicile après une commande à distance (cf. Tableau 60). Le coût total moyen en aval est estimé à 0.50 €/kg pour les grandes surfaces dans les 5 modes de distribution. En amont, le coût total (de transport et logistique) de livraison d'une grande surface est estimé à environ 0.10 €/kg dans le circuit court (cf. Tableau 39). De ce fait, le coût global de l'approvisionnement des ménages en passant par une grande surface (0.60 €/kg) est dominé par le coût total de l'aval (0.50 €/kg) qui est 5 fois plus élevé que le coût total de l'amont (0.10 €/kg).

Pour les moyennes surfaces, le coût total (de transport et logistique) en aval est estimé à 0.65 €/kg dans la vente classique et 0.66 €/kg dans le mode de livraison à domicile suite au déplacement du client au magasin. Dans les 3 modes de vente à distance, les coûts « par kg de marchandise » sont moins élevés : dans le mode Drive, le coût total en aval est estimé à 0.60 €/kg pour un entrepôt dédié et 0.48 €/kg pour un supermarché. Dans le mode point relais, le coût total est estimé à 0.52 €/kg pour un entrepôt dédié et 0.48 €/kg pour un supermarché. Dans le mode de livraison à domicile après une commande à distance, le coût total est estimé à 0.54 €/kg pour un entrepôt dédié et 0.47 €/kg pour un supermarché (cf. Tableau 60). Le coût total

moyen en aval est ainsi estimé à 0.55 €/kg pour les moyennes surfaces. En amont, le coût total de livraison d'une moyenne surface est estimé à 0.13 €/kg dans le circuit court (cf. Tableau 39). De ce fait, le coût global de l'approvisionnement des ménages en passant par une moyenne surface (0.68 €/kg) est dominé par le coût total de l'aval (0.55 €/kg) qui est près de 5 fois plus élevé que le coût de l'amont (0.13 €/kg).

Pour les petites surfaces, le coût total (de transport et de logistique) en aval est estimé à 0.92 €/kg dans la vente classique et 0.57 €/kg dans la livraison à domicile (cf. Tableau 60). Par conséquent, le coût total en aval est estimé en moyenne à 0.75 €/kg pour les petites surfaces. En amont, le coût total (de transport et de logistique) de livraison des petites surfaces est estimé à 0.15 €/kg dans le circuit court (cf. Tableau 39). Par conséquent, le coût global de l'approvisionnement des ménages en passant par une petite surface (0.90 €/kg) est dominé par le coût total de l'aval de la chaîne (0.75 €/kg) qui est 5 fois plus élevé que le coût total de l'amont (0.15 €/kg).

De ce point de vue, l'aval de la chaîne de distribution représente approximativement 5 fois le coût de l'amont pour les différentes tailles de surfaces de vente classique ou à distance (hypermarché, supermarché, entrepôt dédié ou supérette). Cela est lié au fait que les coûts logistiques et de transport sont plus élevés en aval qu'en amont. Concernant les coûts de transport, nous assistons en amont à des articulés ou des porteurs qui ont des coûts d'usage « par kg de marchandise » inférieurs aux coûts des véhicules employés en aval de la chaîne. Cela résulte de l'importance de la charge réelle de marchandise transportée par véhicule en amont en comparaison de celle transportée par les VUL ou les véhicules particuliers en aval. De plus, le calcul des coûts de transport en amont prend en compte uniquement les coûts d'usage des véhicules, alors qu'en aval est également pris en considération la valeur du temps du client final pendant son déplacement à la surface de vente (en plus du coût d'usage

des véhicules). Pour les coûts logistiques, les coûts d'exploitation des surfaces de vente « par kg de marchandise » sont plus élevés que les coûts d'exploitation des centres de distribution (entrepôts de stockage ou plateformes de transit). De plus, la valeur du temps du client est également prise en compte dans le calcul du coût de préparation des achats en magasin ou en ligne, ce qui explique les coûts logistiques plus élevés en aval de la chaîne par rapport aux coûts logistiques en amont.

Tableau 61 : Coûts et émissions logistiques et de transport de la chaîne de distribution globale

Les cinq modes de distribution	*Les différentes catégories de chaînes de distribution*	**Coûts économiques**			**Emissions de CO_2**		
		Coût de la charge totale	Coût par caddie	Coût par kg d'achat	Emissions de la charge totale	Emissions par caddie	Emissions par kg d'achat
Vente classique	*Hypermarché classique*	22728 M€	18.45 €	0.61 €	5621 $ktCO_2$	4.55 $kgCO_2$	151 gCO_2
	Supermarché classique	28598 M€	11.59 €	0.78 €	5089 $ktCO_2$	2.06 $kgCO_2$	138 gCO_2
	Supérette classique	39363 M€	5.32 €	1.07 €	5013 $ktCO_2$	0.68 $kgCO_2$	136 gCO_2
Mode Drive	*Entrepôt Drive*	27070 M€	25.50 €	0.73 €	6636 $ktCO_2$	6.28 $kgCO_2$	180 gCO_2
	Hypermarché avec picking	21149 M€	20.02 €	0.57 €	5039 $ktCO_2$	4.76 $kgCO_2$	136 gCO_2
	Supermarché avec picking	22508 M€	21.26 €	0.61 €	4107 $ktCO_2$	3.89 $kgCO_2$	111 gCO_2
Point relais	*Entrepôt non mutualisé*	23996 M€	31.63 €	0.65 €	3841 $ktCO_2$	5.10 $kgCO_2$	104 gCO_2
	Entrepôt mutualisé	23856 M€	31.45 €	0.64 €	3824 $ktCO_2$	5.07 $kgCO_2$	103 gCO_2
	Hypermarché non mutualisé	18836 M€	24.97 €	0.51 €	2649 $ktCO_2$	3.49 $kgCO_2$	71 gCO_2
	Hypermarché mutualisé	18695 M€	24.77 €	0.50 €	2632 $ktCO_2$	3.47 $kgCO_2$	70 gCO_2
	Supermarché non mutualisé	22594 M€	29.90 €	0.61 €	3696 $ktCO_2$	4.89 $kgCO_2$	100 gCO_2
	Supermarché mutualisé	22660 M€	29.98 €	0.61 €	3703 $ktCO_2$	4.90 $kgCO_2$	100 gCO_2
Livraison à domicile après déplacement du client au magasin	*Hypermarché classique*	27285 M€	30.26 €	0.74 €	5547 $ktCO_2$	6.13 $kgCO_2$	149 gCO_2
	Supermarché classique	29072 M€	32.19 €	0.79 €	4489 $ktCO_2$	4.98 $kgCO_2$	122 gCO_2
Livraison à domicile après une commande à distance	*Entrepôt non mutualisé*	25036 M€	27.63 €	0.67 €	4004 $ktCO_2$	4.44 $kgCO_2$	109 gCO_2
	Entrepôt mutualisé	24032 M€	26.51 €	0.65 €	3871 $ktCO_2$	4.29 $kgCO_2$	105 gCO_2
	Hypermarché non mutualisé	19611 M€	21.75 €	0.53 €	2778 $ktCO_2$	3.07 $kgCO_2$	75 gCO_2
	Hypermarché mutualisé	18812 M€	20.86 €	0.51 €	2672 $ktCO_2$	2.96 $kgCO_2$	72 gCO_2
	Supermarché non mutualisé	22326 M€	24.72 €	0.60 €	3680 $ktCO_2$	4.08 $kgCO_2$	100 gCO_2
	Supermarché mutualisé	21999 M€	24.36 €	0.60 €	3634 $ktCO_2$	4.03 $kgCO_2$	99 gCO_2
	Supérette non mutualisée	26289 M€	29.12 €	0.72 €	4670 $ktCO_2$	5.15 $kgCO_2$	126 gCO_2

Conclusion générale

Ce travail étant arrivé à son terme, il convient désormais de dresser le bilan de ce qui a été réalisé et d'évaluer les résultats obtenus au regard des méthodes mises en œuvre. Il est également nécessaire de discuter les limites de ce travail de thèse. Ensuite, il faut dégager de nouvelles perspectives, en évoquant les prolongements envisageables de cette recherche dont les aboutissements appellent à de nouveaux développements réalisables.

L'objectif de cette thèse était d'évaluer les bilans économiques et environnementaux des différentes chaînes de distribution classiques et émergentes depuis l'entrepôt du fournisseur jusqu'au domicile du ménage. L'approche empirique qui a été choisie, basée sur l'examen des sources disponibles et surtout sur la mise en œuvre d'enquêtes spécifiques, a permis de différencier les circuits de livraison en amont et les modes d'organisation en aval de la chaîne de distribution. Ce premier travail d'investigation de terrain a permis d'abord de construire des catégories d'analyse, puis d'élaborer une méthode d'évaluation économique et environnementale adaptée.

Dans ce travail de recherche, nous avons différencié 6 types de circuits de livraison en amont (cf. Figure 8) et 21 organisations logistiques en aval (cf. Figure 9), ce qui donne un total de 126 combinaisons possibles pour la chaîne de distribution globale. L'évaluation des bilans économiques et environnementaux a permis d'aboutir à plusieurs résultats, que ce soit en amont ou en aval de la chaîne de distribution. En amont, la multiplication du nombre des plateformes intermédiaires entre les entrepôts des fournisseurs et les surfaces de vente a deux conséquences opposées: d'une part, il permet la diminution des coûts et des émissions de transport (cf. Tableau 37), et d'autre part, il provoque l'augmentation des coûts et des émissions

logistiques (cf. Tableau 38). Par ailleurs, le total des coûts et des émissions de livraison (de transport et de logistique) en amont (cf. Tableau 39) baisse en cas de passage par un centre de distribution (circuit court) par rapport à une livraison directe (circuit direct). Cela justifie la dominance actuelle des circuits courts dans le secteur de la grande distribution pour la livraison des différentes tailles de surfaces de vente. En revanche, le passage d'un circuit court à un circuit long ne permet pas systématiquement des économies au niveau des coûts de livraison pour toutes les tailles de surfaces de vente (comme c'était le cas précédemment dans le passage d'un circuit direct à un circuit court). Au contraire, ce passage peut provoquer un effet opposé pour les grandes surfaces puisque leurs coûts de livraison sont plus élevés dans le circuit long par rapport au circuit court. Contrairement aux grandes surfaces, le passage du circuit court au circuit long a un impact positif sur la réduction du coût total de livraison pour les moyennes surfaces et surtout pour les petites surfaces. Concernant les émissions de CO_2 en cas de passage d'un circuit court à un circuit long, nous constatons des réductions pour les différentes tailles de surfaces de vente en raison de la baisse très importante des émissions de transport par rapport à l'augmentation très faible des émissions logistiques : en cas d'ajout d'une plateforme additionnelle, cette dernière est généralement une plateforme de transit. Par conséquent, les émissions logistiques sont négligeables puisqu'il n'existe pas d'émissions de stockage comme les émissions d'électricité et les fuites frigorigènes.

Malgré cet impact très important des centres de distribution (que ce soit dans le circuit court ou long) sur les petites surfaces au niveau de la réduction des coûts et des émissions de CO_2, les livraisons des petites surfaces restent très coûteuses et polluantes par rapport aux moyennes et grandes surfaces (cf. Tableau 39). De ce fait, nous comprenons l'intérêt des grands distributeurs alimentaires à multiplier le

nombre des grandes et moyennes surfaces par rapport aux petites surfaces. A noter que ce travail de thèse ne s'intéresse pas seulement à ces premiers résultats en amont, mais également à la partie aval afin de déduire le bilan global de la chaîne.

En aval, les coûts et les émissions de transport dépendent de la distance parcourue : ils sont généralement plus faibles pour les déplacements vers les petites surfaces en raison de la proximité du domicile du client (cf. Tableau 52). Par ailleurs, les coûts et les émissions logistiques en aval dépendent quand à eux de la taille de la surface de vente : ils sont généralement plus faibles pour les grandes surfaces en raison des économies d'échelle (cf. Tableau 57). L'étude du coût total (de transport et de logistique) en aval de la chaîne (cf. Tableau 59) montre que les grandes surfaces sont plus économes que les moyennes et petites surfaces pour les différents modes de distribution (vente classique, mode point relais, mode Drive, livraison à domicile suite déplacement du client et livraison à domicile après une commande à distance). Dans ce cadre, il faut noter que le mode point relais est plus économe que les autres modes de distribution dans le secteur de la grande distribution alimentaire (cf. Figure 9). En outre, les économies intéressantes réalisées dans le mode point relais par rapport aux autres modes de distribution ne se limitent pas aux coûts économiques, mais concernent également les émissions de CO_2 (cf. Tableau 59).

Dans ce contexte, il est nécessaire de préciser que pour le mode point relais, la livraison en circuit court d'un hypermarché mutualisé est la chaîne de distribution la plus économe et la moins polluante (cf. Tableau 61) dans sa globalité depuis l'entrepôt du fournisseur jusqu'au domicile du ménage. Par ailleurs, la vente classique à partir d'une supérette est la plus coûteuse, tandis que la vente à distance à partir d'un entrepôt Drive est la plus émettrice de CO_2 (cf. Tableau 61).

Cette tentative d'établir les bilans économique et environnemental de la chaîne de distribution globale a pris en considération les spécificités de chaque maillon de la chaîne de distribution, les particularités de chaque famille de produits et les caractéristiques de différentes alternatives de vente classique et à distance. De plus, nous étions obligés de prendre en compte la rareté des informations empiriques dans la littérature scientifique et technique, ainsi que la difficulté d'accès à l'information à cause de la confidentialité des données dans le secteur de la grande distribution alimentaire (il n'était pas évident au début de ce travail de fédérer les différents acteurs de la chaîne de distribution autour du seul intérêt d'une thèse universitaire). Dans ce cadre, il faut noter que ce travail de thèse a été l'occasion de développer un réseau de contacts avec les différents acteurs de la grande distribution alimentaire, permettant ainsi de recueillir des données techniques et économiques qui ont été indispensables pour répondre à notre problématique. De plus, ce travail de thèse a permis d'aboutir à la construction d'une base de données complète sur tous les maillons de la chaîne, ainsi que le développement d'un outil d'aide à la décision.

Par ailleurs, il faut discuter certaines limites de ce travail de recherche, comme le choix de non prise en compte des coûts et des émissions de production à l'usine agroalimentaire ou chez l'agriculteur lui-même. Ce choix a été défendu, dans la définition du périmètre de recherche au début de la thèse, par l'absence d'un impact réel de ces coûts et émissions de production sur notre objectif de différenciation des chaînes de distribution par rapport à leurs bilans économiques et environnementaux (les coûts et les émissions de production sont les mêmes quels que soient les circuits de livraison adoptés par les grandes distributeurs alimentaires). Cependant, un bilan global au sens plus large du terme nécessiterait de prendre en considération les coûts et les émissions de production pour mieux évaluer le bilan économique

et environnemental par famille de produits, préciser les coûts supportés par chaque acteur de la chaîne par rapport au coût final du produit, ainsi que la part de responsabilité de chacun (agriculteur, industrie agroalimentaire, grand distributeur alimentaire et ses prestataires logistiques, ainsi que le client final) dans la totalité des émissions de CO_2. Cela permettrait d'identifier les maillons faibles de la chaîne et de proposer des actions d'amélioration pour diminuer les coûts et/ou les émissions.

En conclusion, cette thèse ouvre plusieurs perspectives de recherche dans le secteur de la grande distribution alimentaire, très connue pour l'efficacité de ses organisations : plusieurs données de première main et inédites jusqu'ici (produites grâce aux enquêtes de terrain) peuvent être exploitées dans d'autres travaux de recherche. A noter que ce travail reste à certains égards une étude spécifique au secteur de la grande distribution alimentaire. Pour adapter notre outil de calcul à d'autres secteurs d'activités, il est indispensable de prendre en compte certaines différences au niveau des caractéristiques des circuits de livraison en amont, des spécificités des modes d'organisation en aval et des compositions des coûts et des émissions de CO_2 de chaque maillon de la chaîne dans le secteur concerné.

Au final, ce premier travail d'évaluation de la globalité de la chaîne de distribution peut être suivi par une analyse de sensibilité aux différents paramètres afin d'améliorer la compréhension du comportement du modèle, c'est-à-dire comment le modèle va réagir par rapport aux paramètres d'entrée. A titre d'exemple, nous pouvons tester la sensibilité des résultats à la variation des durées de stockage par famille des produits en amont. En aval, nous pouvons tester l'impact de la variation de la valeur du temps du client final dans la préparation de ses courses ou dans le transport de ses achats à son domicile. Cette valeur du temps considérée comme fixe dans notre scénario de base varie en réalité selon les catégories sociales.

Bibliographie

Bibliographie

Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (Ademe). (2013). Evolution du marché, caractéristiques environnementales et techniques. Véhicules particuliers vendus neufs en France [en ligne]. Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie. Centre de Sophia-Antipolis, septembre 2013. Disponible sur : <http://www2.ademe.fr/servlet/getDoc?cid=96&m=3&id=52819&p1=7484&p2=&ref=17597> (consulté le 22.10.2013).

Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (Ademe). (2013). Gaspillage alimentaire en France. Données, indicateurs et outils proposés par l'Ademe [en ligne]. Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie. Direction consommation durable et déchets. Service prévention et gestion des déchets, janvier 2013. Disponible sur : <http://www.alsace.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/GA_donnees_indic_outils_ADEME.pdf> (consulté le 19.09.2013).

Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (Ademe). (2010). Guide des facteurs d'émissions. Version 6.1. Calcul des facteurs d'émissions et sources bibliographiques utilisées. Chapitre 4 - Prise en compte des transports [en ligne]. Rapport d'étude de l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie, juin 2010. Disponible sur : <http://www.agap-pro.com/info/wp-content/uploads/2011/11/ademe-metro-chapitre-4-transport.pdf> (consulté le 26.07.2012).

Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (Ademe). (2007). Guide des facteurs d'émissions. Version 5.0. Calcul des facteurs d'émissions et sources bibliographiques utilisées [en ligne]. Rapport d'étude de l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie, janvier 2007. Disponible sur : <http://www.energies-davenir.com/bibliotheque-ea/production_energie_reseau_alimentation/bilan_carbone_guide_facteurs_emissions_V5.pdf> (consulté le 25.07.2012).

Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (Ademe). (2005). Calcul des facteurs d'émissions et sources bibliographiques utilisées (version 3.0) [en ligne]. Rapport d'étude de l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie, avril 2005. Disponible sur : <http://www.ecoresponsabilite.ecologie.gouv.fr/IMG/facteurs_emissions_V3.pdf> (consulté le 24.07.2012).

Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (Ademe). (2004). Espaces logistiques urbains de Monaco et La Rochelle. Analyse comparative des systèmes logistiques rochelais et monégasques [en ligne]. Rapport d'étude de l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie, n°0303C0070, juin 2004. Disponible sur : <http://www2.ademe.fr/servlet/getBin?name=4E70BE0920D46A3843B32E2EB61B697E1138788511552.pdf> (consulté le 03.07.2012).

Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (Ademe). (2003). Optimisation des installations de froid alimentaire commercial [en ligne]. Rapport d'étude de l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie, avril 2003. Disponible sur : <http://www2.ademe.fr/servlet/getBin?name=00C77129647FDC25156F99F387938EFE1136386319495.pdf> (consulté le 09.07.2012).

Agence internationale de l'énergie (AIE). (2007). Les différents moyens pour produire de l'électricité en France [en ligne]. Rapport de l'agence internationale de l'énergie, 2007. Disponible sur : <http://www.debatpublic-penly3.org/docs/dossier-mo/catalogue/data/pdf/4.1.pdf> (consulté le 10.04.2013).

Alby, S., & Micheau, F. (2010). Les français et les courses alimentaires. Institut français d'opinion publique (Ifop). Wincor Nixdorf, septembre 2010. Disponible sur : <http://www.wincor-nixdorf.com/internet/cae/servlet/contentblob/705966/publicationFile/67015/Etude%20IFOP%20Septembre%202010.pdf> (consulté le 18.07.2012).

Alligier, L. (2007). Mesurer l'impact du commerce électronique sur la logistique urbaine. Thèse pour le doctorat de Sciences économiques, Université Lumière Lyon2, octobre 2007.

Association normande des entreprises alimentaires (ANEA). (2012). Observatoire ANEA. Tendances du marché alimentaire, mai 2012. Disponible sur : <http://www.anea-normandie.com/wp-content/uploads/OBSERVATOIRE-des-MARCHES-2012.pdf> (consulté le 19.10.2012).

Artus, P. (2009). Emissions de CO_2 : quelques ordres de grandeur et quelques perspectives [en ligne]. Natixis. Special Report, n°313, novembre 2009. Disponible sur : <http://cib.natixis.com/flushdoc.aspx?id=49490> (consulté le 21.12.2012).

Auchan. (2009). Approvisionnements et logistique Auchan France [en ligne]. Auchan, mars 2009. Disponible sur : <http://www.livrer-auchan.net/img/image_transferer/dossier_de_presentation_al_mars_09.pdf> (consulté le 07.12.2011).

Barrault, S., & Clodic, D., & Saba, S. (2011). Inventaires des émissions des fluides frigorigènes et leurs prévisions d'évolution jusqu'en 2025. France – Années 2008 et 2009. Document 2 : Données de base [en ligne]. Centre énergétique et procédés de l'Ecole nationale supérieure des mines de Paris (Ensmp) et Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (Ademe), n°0974C0182, Paris, avril 2011. Disponible sur : <http://www-cenerg.ensmp.fr/francais/publis/rapports/pdf/IF2011/DOC2-Inv2008-2009_VF060611.pdf> (consulté le 07.08.2012).

Beauvais, J.-M. (2005). Evolution du commerce et utilisation de la voiture [en ligne]. Beauvais consultants, avril 2005. Disponible sur : <http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/62/87/45/PDF/Rapport_Beauvais_2005.pdf> (consulté le 27.11.2012).

Bernadet, M. (2003). Transports routiers de marchandises et développement économique : une nécessitée incontournable ? [en ligne]. Annales des mines. Laboratoire d'Economie des transports, novembre 2003. Disponible sur : <http://www.annales.org/ri/2003/ri-novembre2003/bernadet005-010.pdf> (consulté le 20.09.2012).

Blondel, B., & Mispelon, C., & Ferguson, J. (2011). Faire du vélo plus souvent pour lutter contre le réchauffement planétaire ! Quantifier les économies de CO_2 permises par le vélo [en ligne]. European Cyclysts' Federation (Ecf), novembre 2011. Disponible sur : <http://www.ecf.com/wp-content/uploads/ECF_BROCHURE_FR_planche.pdf> (consulté le 23.02.2012).

Boiteux, M., & Baumstark, L (2001). Transports : choix des investissements et coût des nuisances [en ligne]. Commissariat général du plan. La documentation française, Paris, juin 2001. Disponible sur : <http://www.ladocumentationfrancaise.fr/var/storage/rapports-publics/014000434/0000.pdf> (consulté le 02.07.2012).

Bonet, D., & Capo, C., & Chanut, O. (2010). La mutualisation des moyens logistiques ne concerne-t-elle que les grandes entreprises ? Le point des pratiques dans les systèmes verticaux contractuels [en ligne]. 8ème rencontre internationale de la recherche en logistique. BEM Bordeaux Management School, septembre 2010. Disponible sur : < http://www.airl-logistique.org/fr/files/?view=398> (consulté le 27.05.2011).

Boudouin, D. (2006). Guide méthodologique. Les espaces logistiques urbains. Programme de recherche et d'innovation dans les transports terrestres. La documentation française, Paris, novembre 2006.

Boudouin, D., & Morel, C. (2002). Logistique urbaine. L'optimisation de la circulation des biens et services en ville. Programme national Marchandises en ville. La documentation française, 2002.

Bouteiller, R., & Kobler, R.-A. (1998). Strategic Eurologsitics design. Advances in distribution logistics. Lectures notes in Economics and Mathematical Systems, Berlin, avril 1998.

Bureau, B. (2011). Opportunité socio-économique d'une hausse de prix des transports collectifs franciliens [en ligne]. Direction générale du Trésor du Ministère de l'économie, des finances, et de l'industrie, novembre 2011. Disponible sur : <https://www.tresor.economie.gouv.fr/File/332653> (consulté le 28.11.2013).

Centre d'analyse stratégique (CAS). (2011). Pour un renouveau de la logistique urbaine [en ligne]. Editions de Centre d'analyse stratégique, n°274, avril 2012. Disponible sur : <http://www.strategie.gouv.fr/system/files/2012-04-02_-_logistiqueurbaine-na274.pdf> (consulté le 21.09.2012).

Centre d'étude sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques (CERTU). (2009). Calcul à posteriori des distances dans les enquêtes ménages déplacements [en ligne]. Centre d'étude sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques, janvier 2009. Disponible sur : <http://www.bv.transports.gouv.qc.ca/mono/0991170.pdf> (consulté le 03.09.2012).

Chevalier, J., & Jayr, E., & Laurent, J., & Lebert, A. (2012). Bilan carbone appliqué au bâtiment [en ligne]. Edition de l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (Ademe) et Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (Cstb), 2012. Disponible sur : <http://www.ademe.fr/internet/Flash/bilan-carbone-et-batiment/index.html> (consulté le 28.08.2012).

Chiron-Augereau, V. (2009). Du transport de marchandises en ville à la logistique urbaine, quels rôles pour un opérateur de transports publics urbain ? L'exemple de la RATP [en ligne]. Thèse pour le doctorat de Transport, Université Paris-Est, septembre 2009. Disponible sur : <http://tel.archives-ouvertes.fr/docs/00/54/50/77/PDF/71_Chiron_Augereau.pdf> (consulté le 21.09.2012).

Cliquet, G., & Desgarets, V., & Basset, G., & Perrigot, R. (2008). 50 ans de grandes surfaces en France : entre croissance débridée et contraintes légales [en ligne]. 7th International Congress Marketing Trends, Venice, Italie, janvier 2008. Disponible sur : <http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/49/76/71/PDF/article.pdf> (consulté le consulté le 25.05.2011).

Clodic, D., & Rousseau, C. (1996). Utilisation des frigorigènes et consommation d'énergie dans les transports frigorifiques. Ecole nationale supérieure des mines de Paris (Ensmp) et Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (Ademe), Paris, 1996, p63.

Colla, E., & Lapoule, P. (2011). Le cybermarché et l'essor du « Drive » en France : des synergies à développer et des avantages compétitifs à créer [en ligne]. Centre de Recherche sur le Commerce (CRC), 14ème Colloque International Etienne Thill sur la distribution, Roubaix, septembre 2011. Disponible sur : <http://www.marketing-trends-congress.com/archives/2011/Materiali/Paper/Retail%20&%20Distribution/Colla_Lapoule.pdf> (consulté le consulté le 13.08.2013).

Conseil français de l'énergie (CFE). (2012). La lettre du CFE. Un an après Fukushima [en ligne]. Conseil français de l'énergie, mars 2012. Disponible sur : <http://www.wec-france.org/DocumentsPDF/LA%20LETTRE%20DU%20CFE/LaLettreduCFEmars2012.pdf> (consulté le 09.04.2013).

Cordier, B. (2009). L'autopartage dans la sphère privée [en ligne]. Etude réalisée par ADETEC pour l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe), octobre 2009. Disponible sur : <http://www2.ademe.fr/servlet/getDoc?sort=-1&cid=96&m=3&id=71830&ref=&nocache=yes&p1=111> (consulté le 10.07.2012).

Coroller, P., & Barbusse, S. (2005). Deux-roues motorisés. Emissions de polluants locaux et rejets de gaz à effet de serre. Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie, juin 2005. Disponible sur : <http://www2.ademe.fr/servlet/getBin?name=8D927239EDE43DECB172148BC6B7CB201125664810300.pdf> (consulté le 02.11.2012).

Crozet, Y. (2007). Transports et mobilité durable en Ile-de-France : enjeux et issues. Laboratoire d'Economie des transports. Pouvoirs locaux n°73, 2007. Disponible sur : <http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/29/92/10/PDF/Article_Crozet_Pouvoirs_Locaux.pdf> (consulté le 19.07.2012).

Crozet, Y. (2005). Le temps et les transports de voyageurs [en ligne]. Laboratoire d'Economie des transports. Table ronde 127 : Le temps et les transports. Cemt/Ecmt, 2005. Disponible sur : <http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/19/45/83/PDF/CEMT_CROZET.pdf> (consulté le 16.07.2012).

Dablanc, L. (1997). Entre police et service : L'action publique sur le transport de marchandises en ville. Le cas des métropoles de Paris et New York [en ligne]. Thèse pour le doctorat de Transport, Université Paris-Est, mars 1997. Disponible sur : <http://halshs.archives-ouvertes.fr/docs/00/12/95/08/PDF/THESE_DABLANC.pdf> (consulté le 21.09.2012).

Delalande, D., & Morel, R., & Ouradou, F. & Wong, F. (2013). Chiffres clés du climat France et Monde, 2013. Disponible sur : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Rep_-_Chiffres_cles_du_climat.pdf> (consulté le 10.04.2013).

Développement-construction. (2011). Le marché français des entrepôts logistiques [en ligne]. Rapport d'étude de Développement-construction, 2011. Disponible sur : <http://www.developpement-construction.com/wp-content/uploads/2012/10/Focus-Le-marche-francais-des-entrepots-logistiques.pdf> (consulté le 14.02.2012).

Dufour, J,-G. (2000). L'intégration des marchandises dans le système des déplacements urbains. L'émergence du problème des marchandises en villes. Editions du Programme Rhône-Alpes Recherches en Sciences Humaines, Centre Jacques Cartier, Lyon, 1997.

Durand, B. (2008). Quoi de neuf en France dans le « B to C » ? La logistique suit-elle enfin ?. 11ème colloque Etienne THIL, Université de La Rochelle, La Rochelle, octobre 2008. Disponible sur : <http://institut-gestion.univ-larochelle.fr/IMG/pdf/Quoi_de_neuf_en_France_dans_le_B_to_C.pdf> (consulté le 21.09.2012).

Durand, B., & Gonzalez-Feliu, J. (2012). Urban logistics and e-grocery : Have proximity delivery services a positive impact on shopping trips ?. City Logistics VII, Procedia-Elsevier, 2012.

Durand, B., & Senkel, M.-P., & Vo, T. (2012). Le développement du BtoC ne va-t-il pas imposer, demain, une remise à plat de la distribution urbaine ?. 4ème Journée de recherche en Mobilité, Transport et Logistique, Lyon, France, juillet 2012.

Euler-Hermes, (2007). Quels relais de croissance pour la distribution alimentaire internationale : mondialisation, diversification ou consolidations régionales? Rapport d'étude Euler Hermes SFAC, février 2007.

Eurostaf-Eurosiris (1995). La logistique de la grande distribution. Version longue et synthèse. Paris, 1995.

Fedala, M., & Marton, M., & Terrier, D. (2011). 1998–2008-2011 : Evolution de l'immobilier logistique [en ligne]. Dtz logistique, mars 2011, p9. Disponible sur : <http://www.webimm.com/documents/pdf/DTZ%201998-2008-2011%20Evolution%20Logistique.pdf> (consulté le 19.06.2012).

Fédération des entreprises du Commerce et de la Distribution (Fcd). (2008). Commerce, croissance, consommation. Faits et chiffres. Rapport de la fédération des entreprises du commerce et de la distribution, mars 2008, p67.

Foncière Europe Logistique (Fel). (2011). Logistique urbaine et éco-transport [en ligne]. Foncière Europe Logistique, octobre 2011. Disponible sur : < http://www.frelon.mines-paristech.fr/wordpress/wp-content/uploads/2.Broncart.pdf> (consulté le 30.08.2012).

Gacogne, V. (2003). Impact des coûts de transport sur les systèmes logistiques par une modélisation en dynamique des systèmes [en ligne]. Thèse pour le doctorat de Transport, Université Paris-Est, juin 2003. Disponible sur : <http://www.e-ajd.net/source-pdf/AJD-73%20Th%E8se%20Gacogne.pdf> (consulté le 21.09.2012).

Groupement des autorités responsables de transport (GART). (2013). L'année 2012 des transports urbains [en ligne]. Groupement des autorités responsables de transport, 2013. Disponible sur : <http://www.gart.org/content/download/24731/242187/file/Ann%C3%A9e_des_Transports_2012_17012014.pdf> (consulté le 04.12.2013).

Gracianette, D. & Grillet, S. (2011). Observatoire des vélos - Données 2011 [en ligne]. Communié urbaine de Bordeaux (Cub), Pôle Mobilité, juin 2011. Disponible sur : <http://www.lacub.fr/sites/default/files/IMG/circulation/evenements/les_velos_etude_2011_def.pdf> (consulté le 26.09.2012).

Guyon, O., & Absi, N., & Boudouin, D., & Feillet, D. (2010). Plates-formes en centre ville pour la logistique urbaine : étude sur la ville De Marseille [en ligne]. Ecole des Mines de Saint-Etienne, octobre 2010. Disponible sur : <http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/49/76/71/PDF/article.pdf> (consulté le 21.09.2012).

Hammadou, H. & Jayet, H. (2002). La valeur du temps pour les déplacements à longue distance : une évaluation sur données françaises [en ligne]. Les cahiers scientifiques du transport, n° 42/2002, 2002. Disponible sur : <http://afitl.ish-lyon.cnrs.fr/tl_files/documents/CST/N42/HamJay32.pdf> (consulté le 27.07.2012).

Héran, F. (2008). Commerces de centre-ville et de proximité et modes non motorisés [en ligne]. Publication de l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie n°4841, 2004. Disponible sur : <http://www.fubicy.org/IMG/pdf/VeloCommerce03RapFin.pdf> (consulté le 23.10.2012).

Héran, F., & Abours, S., & Grange-Faivre, C., & Febvre, S. & Papon, F. & Richer, C. & Poreau J.-C, & Sarrazin, T. & Soulas, C. & Stransky, V. (2009). Projet Predit port vert : Plusieurs options de rabattement ou transfert vélo et réseaux de transport. Approche multi-aspect des diverses formules d'intermodalité. Partie 1. Etat de l'art raisonné [en ligne]. Predit, automne 2009. Disponible sur : <www.predit.prd.fr/predit3/documentFo.fo?cmd=visualize&inCde=38082> (consulté le 24.07.2012).

Institut national de la statistique et des études économiques (Insee). (2012a). La situation du commerce en 2011. Rapport établi pour la commission des comptes commerciaux de la nation [en ligne]. Editions de l'Institut national de la statistique et des études économiques, juin 2012. Disponible sur : <http://www.insee.fr/fr/publications-et-services/docs_doc_travail/E1202.pdf> (consulté le 27.09.2012).

Institut national de la statistique et des études économiques (Insee). (2012b). Grandes surfaces et réseaux d'enseignes dominent le commerce de détail [en ligne]. Editions de l'Institut national de la statistique et des études économiques, n°1404, juin 2012. Disponible sur : <http://www.insee.fr/fr/ffc/ipweb/ip1404/ip1404.pdf> (consulté le 14.11.2012).

Institut national de la statistique et des études économiques (Insee). (2011). Le découpage en unités urbaines de 2010 [en ligne]. Editions de l'Institut national de la statistique et des études économiques, n°1364, août 2011. Disponible sur : <http://www.insee.fr/fr/ffc/ipweb/ip1364/ip1364.pdf> (consulté le 21.09.2012).

Institut national de la statistique et des études économiques (Insee). (2009a). Fiche sectorielle de l'enquête annuelle d'entreprise dans le commerce. Exercice 2007. Commerce de détail et activités assimilées. Activité : 4711F Hypermarchés [en ligne]. Rapport d'étude de l'Institut national de la statistique et des études économiques, mai 2009. Disponible sur : <http://www.insee.fr/fr/ppp/bases-de-donnees/donnees-detaillees/fichesect-com/pdfcommerce/47.11F.pdf> (consulté le 18.10.2012).

Institut national de la statistique et des études économiques (Insee). (2009b). Fiche sectorielle de l'enquête annuelle d'entreprise dans le commerce. Exercice 2007. Commerce de détail et activités assimilées. Activité : 4711D Supermarchés [en ligne]. Rapport d'étude de l'Institut national de la statistique et des études économiques, mai 2009. Disponible sur : <http://www.insee.fr/fr/ppp/bases-de-donnees/donnees-detaillees/fichesect-com/pdfcommerce/47.11D.pdf> (consulté le 18.10.2012).

Institut national de la statistique et des études économiques (Insee). (2009c). Fiche sectorielle de l'enquête annuelle d'entreprise dans le commerce. Exercice 2007. Commerce de détail et activités assimilées : Activité 4711C Supérettes [en ligne]. Rapport d'étude de l'Institut national de la statistique et des études économiques, mai 2009. Disponible sur : <http://www.insee.fr/fr/ppp/bases-de-donnees/donnees-detaillees/fichesect-com/pdfcommerce/47.11C.pdf> (consulté le 18.10.2012).

Institut national de la statistique et des études économiques (Insee). (2009d). Fiche thématique. Le commerce de détail [en ligne]. Rapport d'étude de l'Institut national de la statistique et des études économiques, 2009. Disponible sur : < http://www.insee.fr/fr/ffc/docs_ffc/ref/comfra09h.PDF> (consulté le 19.10.2012).

Institut national de la statistique et des études économiques (Insee). (2005). Le budget transports des ménages depuis 40 ans. La domination de l'automobile s'est accrue [en ligne]. Editions de l'Institut national de la statistique et des études économiques, n°1039, septembre 2005. Disponible sur : <http://www.insee.fr/fr/ffc/docs_ffc/ip1039.pdf> (consulté le 02.10.2012).

Jackson, M., & Jimpson, D. (2001). The Supply Chain implications of 24h Economy for large retailers in the UK. 24 Economy 24 Transport Nightmare or solution ?, Distribution forum, Baveno, septembre 2001.

Jospin–Pernet, N., Vandercammen M. (2005). La distribution, 2ème édition, Paris, Editions de Boeck, Collection Perspectives Marketing, 2005.

Jouenne, T. (2010). Mutualisation du transport dans les filières marée, produits frais et secs de l'ouest Cornouaille [en ligne]. Rapport d'étude de Syndicat intercommunautaire ouest cornouaille aménagement (Sioca), août 2010. Disponible sur : <http://www.supplychainmagazine.fr/TOUTE-INFO/ETUDES/Mutualisation-du-transport.pdf> (consulté le 28.11.2012).

Keïta, B., & Rizet, R. (2005). Chaînes logistiques et consommation d'énergie : cas du Yaourt et du Jean. Rapport de recherche de l'Institut national de recherche sur les transports et leur sécurité (INRETS) et l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME), n°0203034, juin 2005. Disponible sur : <http://www2.ademe.fr/servlet/getBin?name=ED68F7542414C2A9F1A5751C698F33B21144657704964.pdf> (consulté le 20.11.2012).

Laboratoire d'économie des transports (Let). (1996), Mesurer l'impact de transports de marchandises en ville [en ligne]. Editions de la Direction de la recherche et des affaires scientifiques et techniques (Drast), 1996. Disponible sur : <http://portail.documentation.developpement-durable.gouv.fr/documents/CETTEXST005472/CETTEXST005472.pdf> (consulté le 21.09.2012).

Lambert, F.-M. (2006). Logistique et environnement : rendre conciliable l'inconciliable [en ligne]. Centre de recherche sur le transport et la logistique (Cret-Log), octobre 2006. Disponible sur : <http://www.mataari.ema.fr/Local/mataari/dir/documents/Lambert_Log%20%26%20Environnement.pdf> (consulté le 21.09.2012).

Lebreton, R. (2005). Les fluides frigorigènes [en ligne]. Edition de l'Institut national de recherche et de sécurité (Inrs), n°969, Paris, octobre 2005. Disponible sur : <http://www.inrs.fr/accueil/produits/mediatheque/doc/publications.html?refINRS=ED%20969> (consulté le 22.08.2012).

Longuar, Z., & Nicolas, J.-P, & Verry, D. (2012). Calcul des émissions de CO_2 à partir de l'Enquête Nationale Transports Déplacements 2008 : méthodologie et premiers résultats. Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques (Certu), mars 2012.

Michrafy, M., & Roques, T. (2003). La prestation de service logistique en France en 2002 : perception des acteurs et évolution des pratiques, logistique & management, vol. 11, n° 2, 2003.

Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer (Medde). (2010). Plan climat de la France : Mise en œuvre du Grenelle Environnement [en ligne]. Rapport de la direction générale énergie climat, 2010. Disponible sur : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/09003_PLAN_CLIMAT.pdf> (consulté le 11.07.2012).

Mithouard, D. (2011). Cora Drive : Comment ça marche ? Propos recueillis par Carluer-Lossouarn F. [en ligne]. Enseigne interview, linéaires n°270, juin 2011. Disponible sur : <http://www.cora-expansion.fr/img_dyna/document_presse_30.pdf> (consulté le 16.11.2011).

Morcello, E. (1998). L'intégration de l'espace dans les organisations logistiques. L'exemple de la grande distribution française. Thèse pour le doctorat de Sciences économiques, Université Paris-Est, juin 1998.

Oconnor, C. (2012). Cahier de préconisations pour la réduction du gaspillage alimentaire à destination des ménages [en ligne]. Rapport de Bio intelligence service, mai 2012. Disponible sur : <http://www.gironde.fr/upload/docs/application/save/2012-06/cahier_menages_1806122_62p.pdf> (consulté le 10.01.2013).

Observatoire de la mobilité en Île de France (OMNIL). (2011). Les transports en commun en chiffres [en ligne]. Observatoire de la mobilité en Île de France, 2011. Disponible sur : <http://www.omnil.fr/IMG/pdf/transports_en_commun_en_chiffres_edition_2000-2009.pdf> (consulté le 03.12.2013).

Organisation de coopération de développement économique (OCDE). (2003). Transports urbains de marchandises, les défis du XXI^{ème} siècle [en ligne]. Editions de l'Organisation de coopération de développement économique, n°53146, 2003. Disponible sur : <http://www.internationaltransportforum.org/Pub/pdf/03DeliveringF.pdf> (consulté le 17.07.2012).

Paper, W. (2011). Marques Nationales et MDD, et évolution des Marques Nationales par niveau de prix en 2011 [en ligne]. Symphony IRI Group, juin 2011. Disponible sur : <http://www.iriworldwide.fr/portals/0/articlePdfs/Marques%20Nationales%20&%20MDD%20SymphonyIRI%20Group.pdf> (consulté le 20.06.2012).

Papon, F. (1999). Marche et bicyclette : Economie générale. Département Economie et Sociologie des Transports (DEST), août 1999.

Papon, F. (2002). La marche et le vélo : quels bilans économiques pour l'individu et la collectivité ? Première partie : le temps et l'argent [en ligne]. Transport, août 2002. Disponible sur : <*velobuc.free.fr/download/transport2002-1.doc*> (consulté le 24.09.2012).

Patier, D. (1998). Les camionnettes de livraison dans les rues de Bordeaux [en ligne]. Laboratoire d'économie des transports-Annales de la recherche urbaine, n°55, 1998. Disponible sur : <http://halshs.archives-ouvertes.fr/docs/00/32/51/97/PDF/Patier_ARU_78.pdf> (consulté le 25.09.2012).

Patier, D., & Routhier, J.-L. (2009). La logistique urbaine, acquis er perspectives. Introduction au dossier [en ligne]. Les cahiers scientifiques du transport, n°55, 2009. Disponible sur : <http://afitl.ish-lyon.cnrs.fr/tl_files/documents/CST/N55/IntroDossier55.pdf> (consulté le 21.09.2012).

Profillin. (2012). Storage facilites [en ligne]. Profillin, 2012. Disponible sur : <http://www.profillin.com/library/documents/storage.pdf;jsessionid=9F82AC8305848C489C17FE0120DBD6A2> (consulté le 29.11.2012).

Programme de recherche et d'innovation dans les transports terrestres (Predit). (2007). Quel futur pour quelles organisations logistiques ? [en ligne]. Editions de Programme de recherche et d'innovation dans les transports terrestres, février 2007. Disponible sur : <*www.predit.prd.fr/predit3/documentFo.fo?cmd=visualize&inCde=30971*> (consulté le 21.09.2012).

Ribière, A. (2010). Bilan carbone d'une plateforme logistique de 42 000m^2 réalisée en région lyonnaise par la société GSE [en ligne]. GSE Entreprise et construction durable, 2010. Disponible sur : <http://constructiondurable.com/docs/BilanCarbone-GSE.pdf> (consulté le 21.09.2012).

Ripert, C. (2000). L'intégration des marchandises dans le système des déplacements urbains. Les enjeux environnementaux du transport de marchandises en ville. Editions du Programme Rhône-Alpes Recherches en Sciences Humaines, Centre Jacques Cartier, Lyon, 1997.

Routhier, J.-L. (2002). Du transport de marchandises en ville à la logistique urbaine [en ligne]. Centre de Prospective et de Veille Scientifique-Direction de la Recherche et des Affaires Scientifiques et Techniques, avril 2002. Disponible sur : <http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/07/90/05/PDF/2001_Plus_N59.pdf> (consulté le 21.09.2012).

Routhier, J.-L., & Ségalou, E., & Durand, S. (2001). Mesurer l'impact de transport des marchandises en ville. Le modèle de simulation Freturb [en ligne]. Editions de la Direction de la Recherche et des Affaires Scientifiques et Techniques (Drast), l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (Ademe), 2001. Disponible sur : <http://portail.documentation.developpement-durable.gouv.fr/documents/CETTEXST005472/CETTEXST005472.pdf> (consulté le 21.09.2012).

Savy, M. (2011). Rapport final de l'étude Prospective de la mobilité dans les villes moyennes. Enjeux pour la logistique urbaine [en ligne]. Editions de Futuribles International et Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux (Ifsttar), Paris, juin 2011. Disponible sur : <http://old.futuribles.com/pdf/PMVM/RapportPMVMVCadrage.pdf> (consulté le 21.09.2012).

Service de l'économie, de l'évaluation et de l'intégration du développement durable (SEEIDD). (2009). Localisation des ménages et usage de l'automobile : résultats comparés de plusieurs enquêtes et apport de l'enquête nationale transports et déplacements [en ligne]. Commissariat général au développement durable (CGDD), n°14, décembre 2009. Disponible sur : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/E_D14.pdf> (consulté le 05.12.2013).

Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements (Sétra). (2008). La logistique de la grande distribution [en ligne]. Editions de Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements, juin 2008. Disponible sur : <http://www.setra.equipement.gouv.fr/IMG/pdf/0835w_Logistique_grande_distribution.pdf> (consulté le 20.09.2012).

Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements (Sétra). (2009). Les bâtiments logistiques : Fonction et impacts sur les territoires [en ligne]. Editions de Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements, décembre 2009. Disponible sur : <http://www.setra.equipement.gouv.fr/IMG/pdf/0961w_batiments_logistiques_V_auteur.pdf> (consulté le 26.09.2012).

Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements (Sétra). (2010). Les entrepôts et les plateformes logistiques [en ligne]. Editions de Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements, mars 2010. Disponible sur : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/DGITM_Entrepots_et_plates-formes_logistiques_6p_web.pdf> (consulté le 14.02.2012).

Service de l'observation et des statistiques (Soes). (2013). Les comptes des transports en 2012 (Tome 1). 50e rapport à la Commission des comptes des transports de la Nation [en ligne]. Service de l'observation et des statistiques. Ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie, juillet 2013. Disponible sur : <http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/fileadmin/documents/Produits_editoriaux/Publications/References/2013/cctn-2012-ed-2013/cctn-2012-rapport-ed-2013-2bis.pdf> (consulté le 03.06.2013).

Service de l'observation et des statistiques (Soes). (2013). Les deux-roues motorisés au 1er janvier 2012 [en ligne]. Service de l'observation et des statistiques. Ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie, n°400, mars 2013. Disponible sur :

<http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/CS400.pdf> (consulté le 28.05.2013).

Service de l'observation et des statistiques (Soes). (2012). Prix mensuels des énergies en 2012 [en ligne]. Service de l'observation et des statistiques. Ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie, juillet 2012. Disponible sur : <http://www.zeller.fr/public_files/prodyn_img/prix-des-energies.pdf> (consulté le 31.07.2012).

Service de l'observation et des statistiques (Soes). (2012). Le bilan de la circulation. Les transports en 2011 (tome 1) [en ligne]. Service de l'observation et des statistiques, Ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie, juin 2012. Disponible sur : <http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/fileadmin/documents/Produits_editoriaux/Publications/References/2012/CCTN%20ann%C3%A9e%202011%20ed.%202012/Partie%20C-Billan%20de%20la%20circulation.pdf> (consulté le 19.02.2013).

Techlid (Pôle économique ouest du grand Lyon). (2010). Plan de Déplacements. Enquête mobilité 2010 [en ligne]. Association Techlid, juillet 2010. Disponible sur : <http://www.techlid-lyon.com/Deplace/rapport%20enqu%C3%AAte%20mobilit%C3%A9%202010%20310111.pdf> (consulté le 23.10.2012).

Transrural. (2003). Les stratégies de la grande distribution [en ligne]. Entraid et Transrural initiatives, n°236, mai 2003. Disponible sur : <http://www.transrural-initiatives.org/numero-236/dossier236.pdf> (consulté le 03.10.2012).

Tupin, J.-P. (2010). Etude site commercial à haute efficacité énergétique [en ligne]. Rapport d'étude de Perifem, février 2010. Disponible sur : <http://www2.ademe.fr/servlet/getBin?name=C10A8A6D6738146E56404491F81897371296122747591.pdf> (consulté le 20.11.2012).

Annexes

Annexe 1 : Descriptif détaillé des 6 organisations logistiques en amont de la chaîne (schéma récapitulatif)

Producteurs (PRO)

PNR : Produits non réfrigérés
PFR : Produits frais
PSU : Produits surgelés
PNA : Produits non alimentaires

Centre de Distribution Centralisé (CDC)

Pour PNR et PNA seulement

Centre de Distribution Régional (CDR)

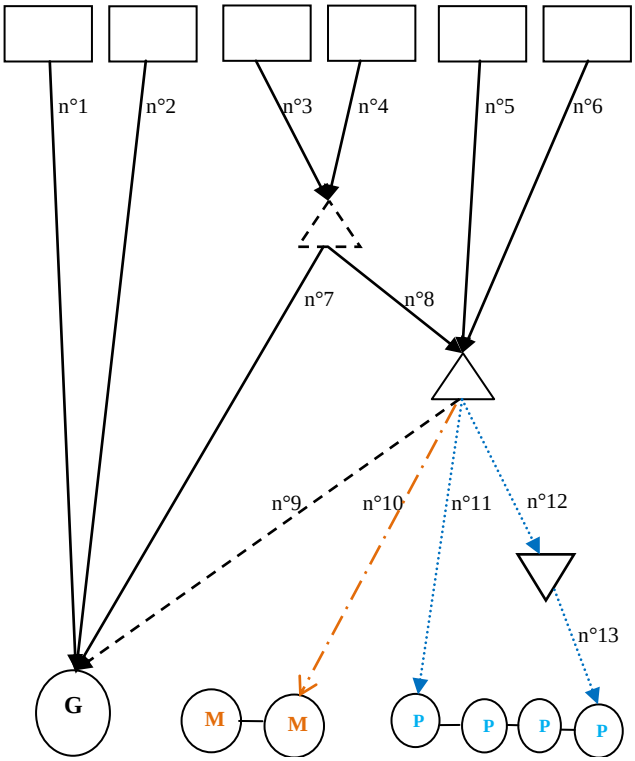
Pour transit (10% de cas) ou stockage (PNR : 28j ; PFR : 0/1j ; PSU : 21j ; PNA : 42j)

Centre de Distribution Local (CDL)

Pour transit seulement

Surfaces de Vente (SDV)

(G : Grande surface ; M : Moyenne ; P : Petite)



Légende :

: CDC (Centre de distribution centralisé) ; : CDR (Centre de distribution régional) ; : CDL (Centre de distribution local)

- Grande surface (G) ≥ 2500m^2 (de type hypermarché de vente classique ou de vente à distance avec picking en magasin).
- Moyenne surface (M) entre 400 et 2500m^2 (entrepôt dédié à la vente à distance ou supermarché de vente classique ou à distance).
- Petite surface (P) < 400m^2 (de type point relais ou une supérette de vente classique ou de vente à distance avec picking en magasin).

: Transport par Articulé 40t Longue distance (AL, dit aussi 40tL) utilisé dans la livraison directe des grandes surfaces à partir de CDC, ou dans l'approvisionnement de CDR à partir des entrepôts des fournisseurs ou à partir des CDC.

: Transport par Articulé 40t Régional (AR, dit aussi 40tR) utilisé dans la région pour la livraison des grandes surfaces à partir de CDR. A noter qu'il s'agit du même type de véhicule pour les AL et AR. Cependant, ils sont différents au niveau du coût d'exploitation : Selon les données de CNR, leurs trinômes de prix de revient sont différents, comme détaillé dans le 3ème chapitre.

: Porteur 19t Régional (PR, dit aussi 19tR) généralement utilisé dans la région pour la livraison des petites surfaces à partir des centres de distribution régionaux (CDR).

: AR/PR (Articulé Régional (40tR) ou Porteur Régional (19tR). Dans l'approvisionnement des moyennes surfaces à partir de CDR, les transporteurs utilisent soit un articulé 40t régional (30%), soit un porteur régional (70%).

Les 6 organisations logistiques en amont de la chaîne de distribution (A décrire avec plus de détails dans la partie suivante. Plus d'informations et d'éclaircissements dans l'annexe 1) :

- Circuit direct = (n°1 ou n°2) : **PRO** (PNR ou PFR ou PNA) + **SDV** (G)
- Circuit court 1 = (n°5 ou n°6) + (n°9 ou n°10 ou n°11) : **PRO** (PNR ou PFR ou PSU ou PNA) + **CDR** + **SDV** (G ou M ou P)
- Circuit court 2 = (n°3 ou n°4) + (n°7) : **PRO** (PNR ou PNA) + **CDC** + **SDV** (G)
- Circuit long 1 = (n°3 ou n°4) + (n°8) + (n°9 ou n°10 ou n°11) : **PRO** (PNR ou PNA) + **CDC** + **CDR** + **SDV** (G ou M ou P)
- Circuit long 2 = (n°5 ou n°6) + (n°12) + (n°13) : **PRO** (PNR ou PFR ou PSU ou PNA) + **CDR** + **CDL** + **SDV** (P)
- Circuit long 3 = (n°3 ou n°4) + (n°8) + (n°12) + (n°13) : **PRO** (PNR ou PNA) + **CDC** + **CDR** + **CDL** + **SDV** (P)

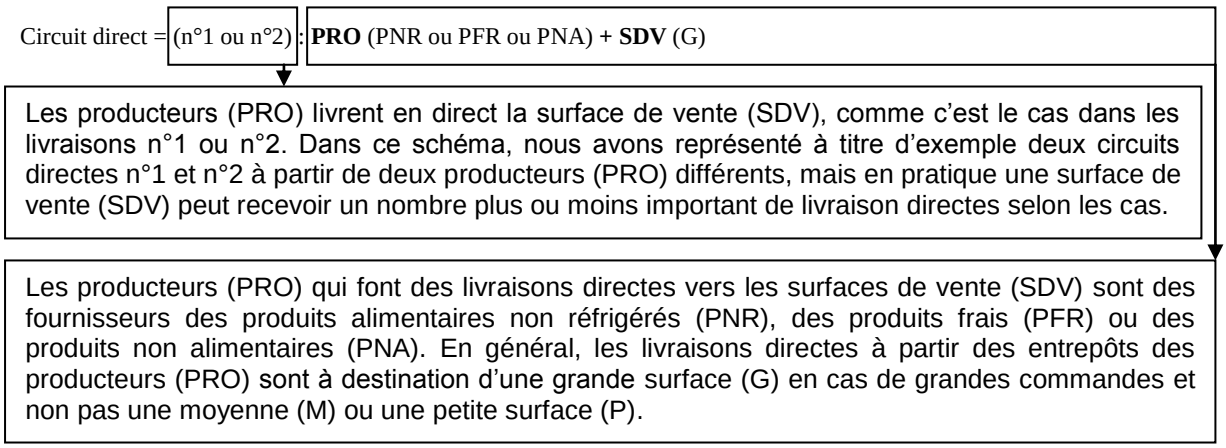
1 circuit direct
2 circuits courts
3 circuits longs

Source : Auteur, enquêtes de terrain

Pour commencer, nous présentons les 6 organisations logistiques décrites au dessus de schéma récapitulatif de l'amont de la chaîne de distribution (cf. Figure 8). Ces organisations logistiques sont déduites à partir de plusieurs enquêtes auprès des industriels et des distributeurs (y compris des responsables de plateformes logistiques, des directeurs de magasins, des prestataires de services logistiques et des compagnies de transport) :

Partie 1. Circuit direct

Circuit direct = Producteur + Surface de vente :

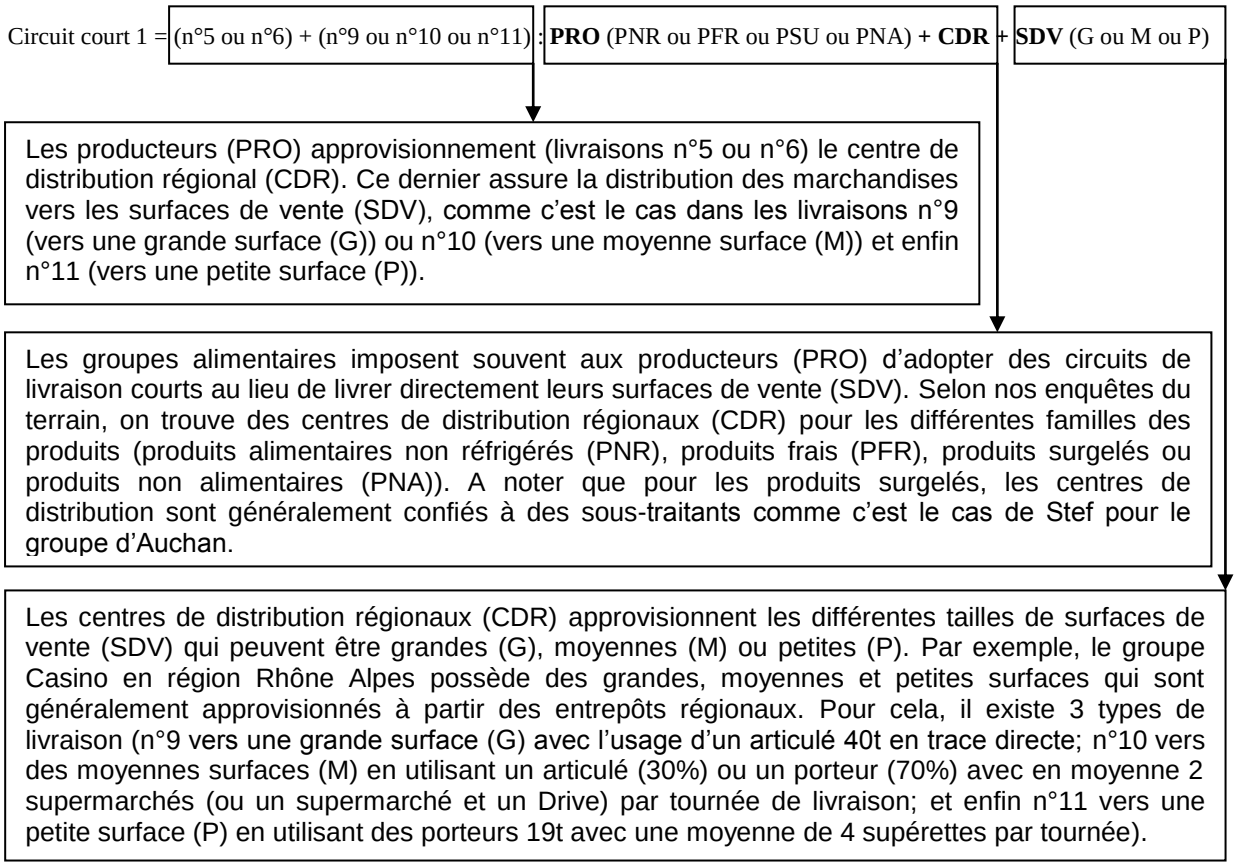


Ce circuit correspond à une livraison directe (sans aucune rupture de charge) entre l'entrepôt du producteur et la surface de vente. La livraison directe est pratiquée à fréquence variée selon les groupes de grande distribution et les usines agroalimentaires, et concerne seulement les grandes surfaces en cas de taux remplissage élevé des camions. A partir de 1980, la pratique du circuit direct est devenue moins fréquente que celle du circuit court. Sur le terrain, nous observons parfois des circuits directs (environ 15% de l'ensemble des circuits de livraison) vers les surfaces de vente pour les produits alimentaires non réfrigérés, les produits frais et les produits non alimentaires. En revanche, les usines agroalimentaires qui préparent des produits surgelés (PSU) ne livrent pas en direct les surfaces de vente.

Partie 2. Circuit court

1. Circuit court 1

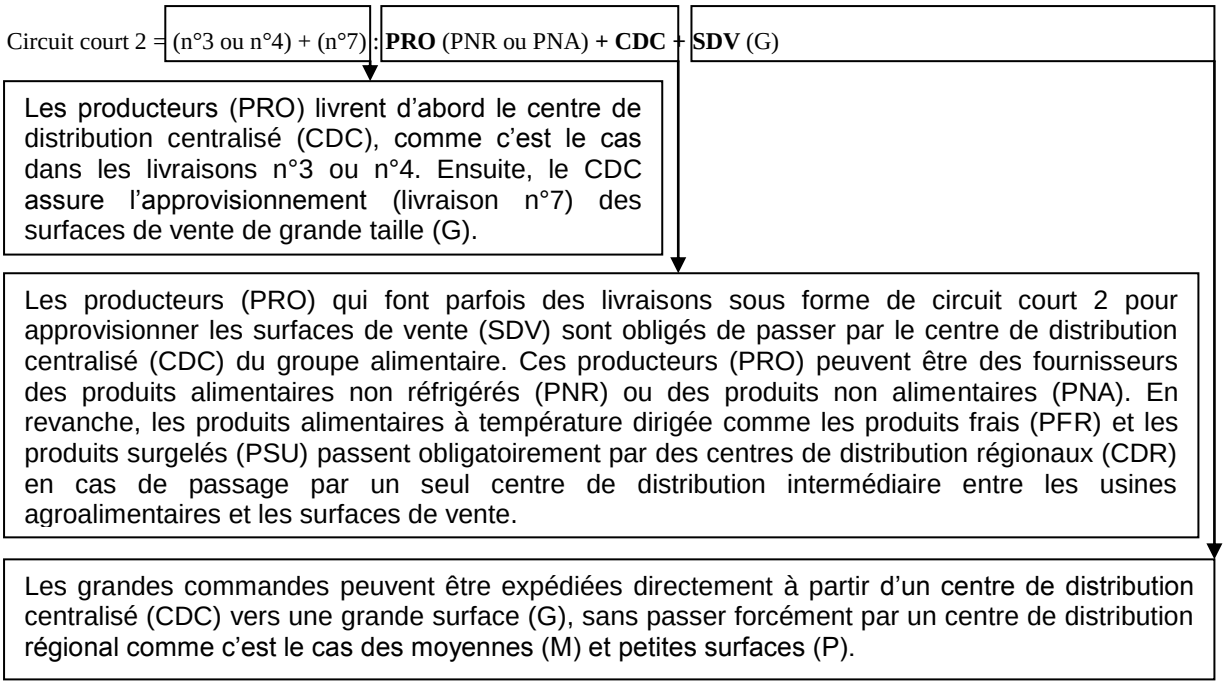
Circuit court 1 = Producteur + Centre de distribution régional + Surface de vente :



Dans ce circuit court, le producteur livre d'abord le centre de distribution régional (CDR). Ensuite, ce centre de distribution régional assure l'approvisionnement des surfaces de vente en fonction de leurs commandes déjà adressées à la direction de CDR. Cette organisation logistique est la plus fréquente dans la grande distribution alimentaire. Elle concerne toutes les familles des produits, que ce soit des produits alimentaires non réfrigérés, frais, surgelés ou des produits non alimentaires. En outre, nous observons ce type de circuit court pour toutes les tailles de surfaces de vente (grandes, moyennes ou petites) dans la grande distribution alimentaire.

2. Circuit court 2

Circuit court 2 : Producteur + Centre de distribution centralisé + Surface de vente



Sur le terrain, la pratique des circuits courts avec un passage par un centre de distribution centralisé (CDR) n'est pas très fréquente par rapport aux circuits courts avec un passage par un centre de distribution régional (CDR). Par ailleurs, il faut préciser que l'approvisionnement des surfaces de vente à partir d'un CDC concerne seulement les grandes surfaces, et non pas les moyennes ou les petites surfaces. En outre, la livraison des grandes surfaces de vente à partir d'un CDC concerne seulement les produits alimentaires non réfrigérés et les produits non alimentaires. En revanche, ce type de livraison n'est pas du tout pratiqué pour l'approvisionnement en produits alimentaires à température dirigées (frais et surgelés). Cela est lié aux caractéristiques de ces produits et leurs coûts de transport élevés par rapport aux autres familles (Plus de consommation du carburant pour le fonctionnement du moteur frigorifique). Pour ces raisons, nous n'observe pas de livraisons directes des surfaces de vente en produits réfrigérés à partir d'un CDC, mais plutôt à partir d'un CDR grâce à sa proximité géographique par rapport aux surfaces de vente.

Actuellement, les circuits courts sont dominants dans la grande distribution alimentaire. Par ailleurs, la pratique d'un circuit de livraison court se traduit forcément par le passage des marchandises par un seul centre de distribution intermédiaire entre l'entrepôt du fournisseur et la surface de vente. Ce centre de distribution intermédiaire peut être régional (circuit court n°1) ou centralisé (circuit court n°2).

La différence entre les deux types de centres de distribution dans un circuit de livraison court est que le CDC est à vacation nationale, tandis que le CDR livre les magasins de sa région logistique seulement.

De plus, le CDR livre les différentes tailles de surfaces de vente qui peuvent être grandes, moyennes ou petites ; tandis que le CDC peut livrer seulement des grandes surfaces dans le circuit court en cas de taux remplissage suffisant des camions.

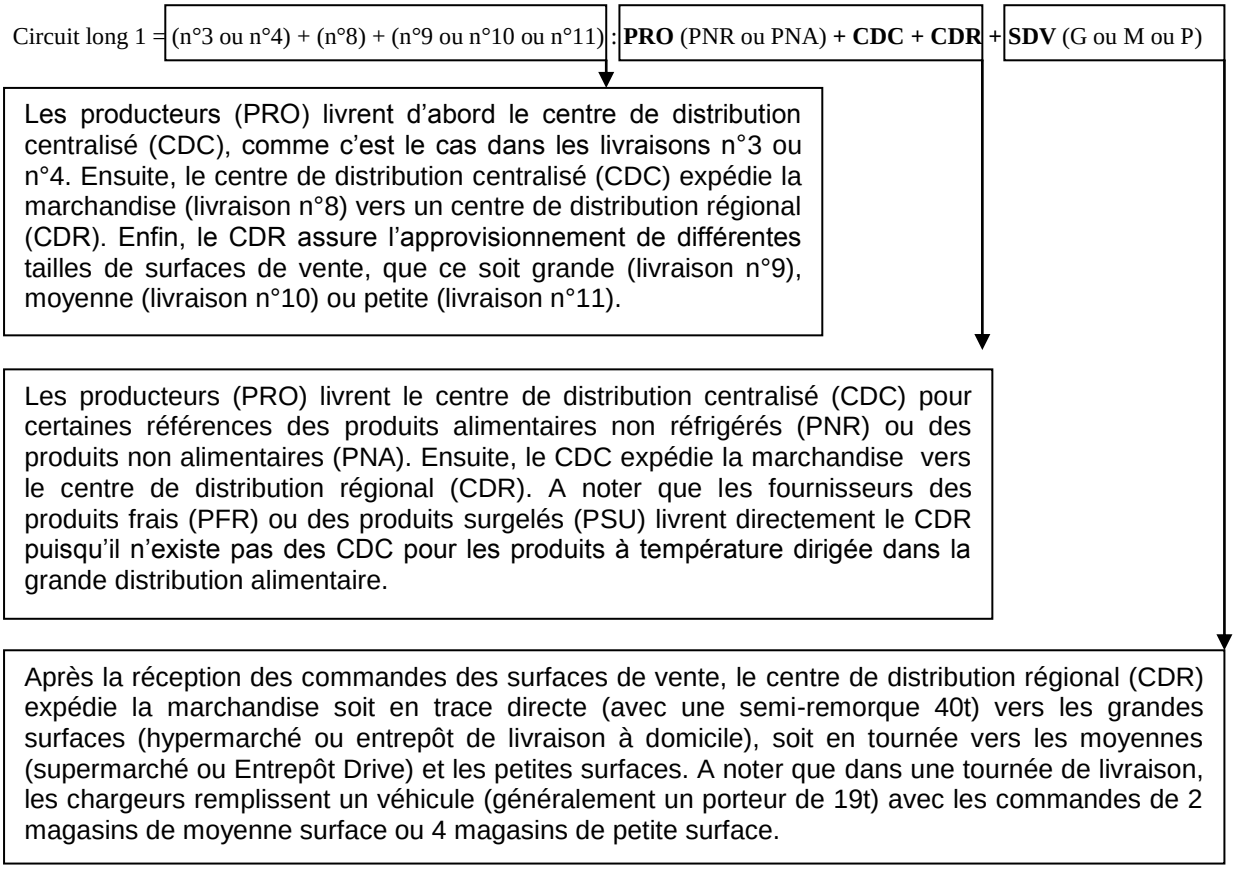
En outre, le CDC livre en direct les grandes surfaces avec des produits alimentaires non réfrigérés (PNR) ou des produits non alimentaires (PNA), comme c'est le cas de CDC d'Ile de France pour les produits non alimentaires à forte valeur chez Auchan. En revanche, les CDR livrent les différentes familles des produits (PNR, PFR, PSU ou PNA), sachant que le CDR est souvent spécialisé par famille des produits : à titre d'exemple pour les magasins d'Auchan dans la région Sud de la France, le CDR des PNA est construit à Meyzieu, le CDR des PFR est implanté à Avignon, le CDR des PSU (qui est l'entrepôt de stockage de Stef) se situe à Toussieu et le CDR des produits de grande consommation (PGC, appelés aussi produits alimentaires non réfrigérés (PNR), comme les produits secs et les boissons) est à Nîmes.

En plus de cette première fonction des CDC (qui est l'approvisionnement des grandes surfaces dans les circuits courts), nous décrivons dans la partie suivante la deuxième fonction des CDC qui est la livraison des CDR dans les circuits longs.

Partie 3. Circuit long

1. Circuit long 1

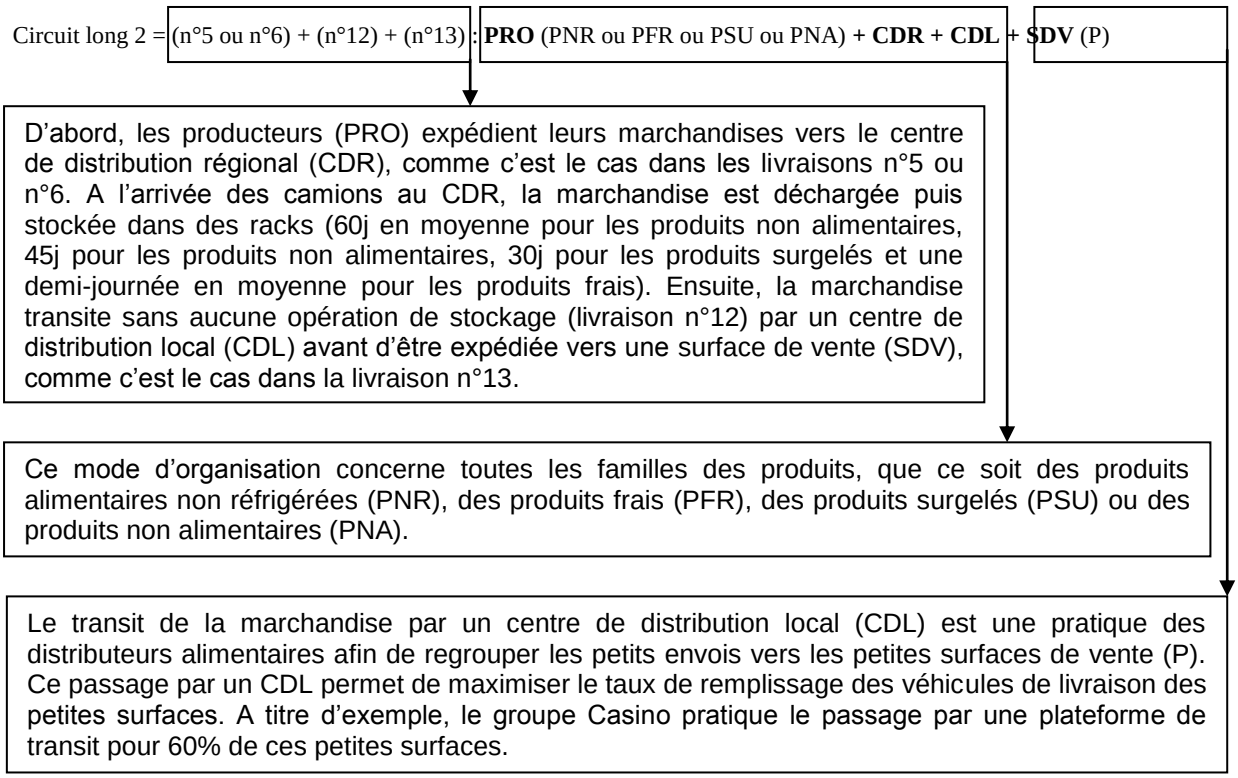
Circuit long 1 : Producteur + Centre de distribution centralisé + Centre de distribution régional + Surface de vente



Comme c'est le cas du circuit court 2 (et plus tard dans le circuit long 3), le passage par un centre de distribution centralisé concerne seulement deux familles des produits (quelques références des produits alimentaires non réfrigérés et certains produits non alimentaires). A la réception des marchandises en provenance des entrepôts des fournisseurs, le centre de distribution centralisé livre avec des articulés de 40t les centres de distribution régionaux. Ces derniers font généralement du stockage (en produits alimentaires non réfrigérés ou non alimentaires) avant d'approvisionner les différentes tailles de surfaces de vente.

2. Circuit long 2

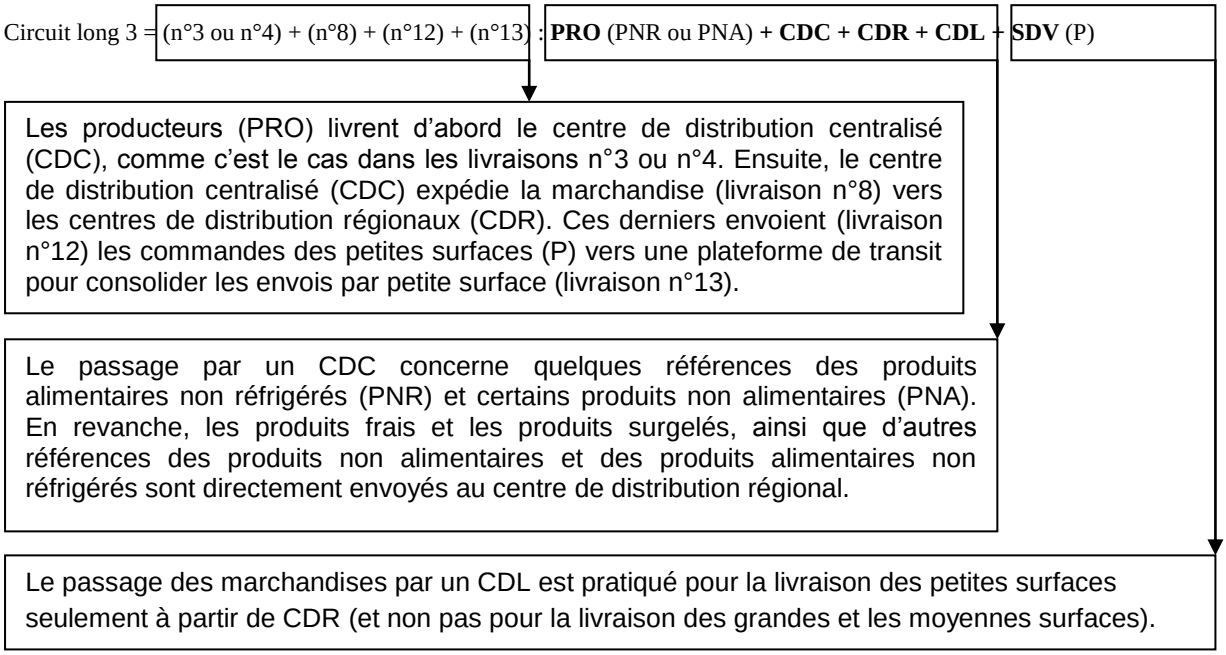
Circuit long 2 : Producteur + Centre de distribution régional + Centre de distribution local + Surface de vente



L'approvisionnement direct des surfaces de vente à partir d'un centre de distribution régional (CDR) est très fréquent dans la grande distribution alimentaire (comme c'est le cas de circuit court 1) et concerne les différentes tailles de surfaces de vente (grande, moyenne ou petite). En revanche, le passage de la marchandise par un centre de distribution local (CDL) après son expédition de centre de distribution régional (CDR) reste marginal dans la grande distribution alimentaire, puisqu'il concerne l'approvisionnement des petites surfaces seulement : en raison des petits envois (généralement insuffisants pour remplir le véhicule de transport des marchandises), le passage par un CDL permet de maximiser le taux de remplissage des véhicules à destination des petites surfaces.

3. Circuit long 3

Circuit long 3 : Producteur + Centre de distribution centralisé + Centre de distribution régional + Centre de distribution local + Surface de vente



Ce mode d'organisation exige le passage de marchandises par trois centres de distribution (centralisé, puis régional et enfin local) avant de livrer les surfaces de vente. A noter que ce mode d'organisation est dominant dans d'autres secteurs d'activité, mais il n'est pas très fréquent dans la grande distribution alimentaire par rapport à d'autres circuits de livraison comme le circuit court (en passant par un CDR). En réalité, ce circuit long (en passant par CDC, puis un CDR et enfin CDL) engendre des coûts logistiques supplémentaires qui restent élevés par rapport aux gains au niveau des coûts de transport, en raison du chargement et déchargement de la marchandise à chaque rupture de charge. De plus, la multiplicité de ruptures de charge peut allonger les délais de livraisons et ajoutent d'autres contraintes comme le respect de la chaîne du froid à chaque rupture de charge pour certains produits transportés à température dirigée (frais et surgelés).

Conclusion :

En général, les fournisseurs ne livrent pas directement les moyennes et les petites surfaces, comme c'est le cas parfois de grandes surfaces en cas d'un volume important des commandes. Cela est expliqué par des raisons d'économie et de praticité. Ce dernier cas de livraison directe d'une grande surface ne concerne pas les usines agroalimentaires qui fournissent des produits surgelés, comme c'est le cas parfois des autres familles des produits. Cela est lié à la faible consommation des français des produits surgelés[338] d'une façon générale ; et surtout au faible taux de remplissage des camions en cas de livraison directe des produits surgelés.

En outre, le passage par un CDC concerne seulement les produits alimentaires non réfrigérés et les produits non alimentaires (et non pas les produits frais et surgelés). De plus, le passage des marchandises par une plateforme de transit est pratiqué par certains groupes alimentaires (comme Casino) pour l'approvisionnement des petites surfaces (et non pas pour la livraison des grandes et moyennes surfaces).

En conclusion, les formules de 6 organisations logistiques au dessus du schéma récapitulatif (cf. Figure 8) correspondent aux différents circuits de livraison en amont de la chaîne de distribution (définies suite à plusieurs enquêtes auprès des enseignes de production, de distribution et de vente). A noter que les centres de distribution peuvent avoir une fonction de stockage ou de transit selon leur catégorie (centralisé, régional ou local) et selon les familles des produits (alimentaires non réfrigérés, frais, surgelés, non alimentaires). A titre d'exemple, il n'y pas de stockage pour les produits frais quel que soit la catégorie du centre de distribution (centralisé, régional ou local), et seulement de transit dans un centre de distribution local quel que soit la famille du produit (non réfrigéré, frais, surgelé, ou non alimentaire).

[338] Un français consomme 37kg/an de surgelés (47kg pour un espagnol et 80kg pour un britannique) Lien:<http://www.businesscoot.com/la-distribution-de-produits-surgel-s-129/> (consulté le 11.12.2013).

Annexe 2 : Coûts et émissions des véhicules de transport de marchandises en amont et en aval de la chaîne

Avant de commencer, il faut préciser que le calcul des coûts et des émissions de CO_2 des véhicules de transport à effectuer dans l'annexe 2 permettent de vérifier autrement les résultats présentés aux 3ème et 4ème chapitres de ce travail de thèse.

Partie 1. Coûts des véhicules de transport des marchandises

Dans cette partie, nous présentons d'abord les coûts des moyens de transport utilisés par les clients en aval de la chaîne, puis les coûts des véhicules de transport utilisés par les grands distributeurs (articulés et porteurs en amont ; et VUL en aval).

1. Coûts des véhicules utilisés par les ménages

a. Coûts d'utilisation des moyens de transport (Achat et fonctionnement)

Le coût de fonctionnement d'un véhicule regroupe les postes de carburant et lubrifiants, pièces détachées et accessoires, entretien et réparation, assurance et autres dépenses (amortissement du coût d'obtention du permis de conduire, etc..). A rappeler que le calcul du coût d'achat par véhicule, ainsi que la composition du coût de fonctionnement sont détaillées en 2ème section du 3ème chapitre (cf. Tableau 15).

Tableau 62 : Coûts d'utilisation des moyens de transport par les ménages

Moyens de transport utilisés par les clients	**Coût marginal d'utilisation par km** (sans coût d'achat du véhicule)	**Coût total d'utilisation par km** (coût d'achat et fonctionnement)
Voiture particulière	0.19 €/km	0.28 €/km
Transport public	0.08 €/km	0.11 €/km
Marche à pied	0.00 €/km	0.00 €/km
Vélo	0.02 €/km	0.05 €/km
Moto	0.13 €/km	0.21 €/km

Source : Auteur (cf. Tableau 15)

b. Valeur du temps du client pendant son déplacement vers une surface de vente

Dans cette partie, nous récapitulons les résultats trouvés par catégorie de véhicule utilisé par le client final. A noter que les résultats sont détaillés dans la 2ème section du 4ème chapitre.

Pour commencer, il préciser d'abord que l'outil de calcul développé dans le cadre de cette thèse permet à ses utilisateurs de sélectionner l'emplacement géographique de la surface de vente. En cas de non précision de la part de l'utilisateur, l'outil de calcul considère par défaut que l'hypermarché et l'entrepôt dédié à la vente à distance sont localisés en périphérie, alors que le supermarché est situé en urbain-périphérique et la supérette en milieu urbain. Dans la suite de ce chapitre, nous attribuons les coûts d'un déplacement d'achat en périphérie aux déplacements vers un hypermarché ou un entrepôt Drive ; alors que les coûts d'un déplacement d'achat en urbain-périphérique sont appliqués sur les déplacements en supermarché et enfin les coûts d'un déplacement d'achat en milieu urbain sont accordés aux déplacements des consommateurs en voiture particulière vers un point relais ou une supérette (cf. Tableau 63).

Tableau 63 : Coût de déplacement d'achat du client en voiture selon la localisation géographique du magasin

Coûts de déplacement d'achat en voiture selon la localité géographique du magasin	Déplacement d'achat en périphérie	Déplacement d'achat en urbain-périphérique	Déplacement d'achat en milieu urbain
Vitesse de la voiture particulière par type de surface de vente (a)	21.9 km/h	15.9 km/h	13.3 km/h
Valeur du temps du client pendant son déplacement au magasin (b = 3.96€ / a)[339]	0.18 €/km	0.25 €/km	0.30 €/km
Coût global par mode de déplacement (d= b + 0.28€/km)[340]	**0.46 €/km**	**0.53 €/km**	**0.58 €/km**

Source : Auteur (cf. Tableau 40)

[339] *La valeur monétaire du temps par heure est estimée à 42 % du salaire brut dans les déplacements d'achat (Boiteux et Baumstark, 2001, p42). Par ailleurs, le salaire brut est égal à 9.43 € en 2013 ce qui correspond à une valeur du temps de : 9.43 €/h * 42% = 3.96 €/heure.*

[340] *En plus des valeurs monétaires du temps par km pour un déplacement d'achat en voiture particulière, il faut ajouter le coût d'usage kilométrique d'une voiture. Ce coût d'usage de la voiture est évalué à 0.28 €/km à partir des données détaillées dans la deuxième section de deuxième chapitre.*

Concernant les autres modes de déplacement des ménages (le transport public, les deux roues motorisées, le vélo et la marche à pied), la vitesse du déplacement vers une surface de vente est légèrement plus faible en milieu urbain qu'en milieu urbain-périphérique ou en périphérie pour le même mode de déplacement[341]. Cependant la vitesse varie considérablement d'un mode de déplacement à un autre (12km/h en transport public, contre 4.7 km/h à pied, 19km/h en deux roues motorisées et 14 km/h en vélo). Par ailleurs, l'ensemble des données permettant de calculer le coût total (coût d'usage du véhicule + valeur du temps du client) de ces derniers modes de déplacement des ménages par km parcouru dans la 2ème section du 4ème chapitre (cf. Tableau 64) :

Tableau 64: Valeur du temps des ménages dans les déplacements d'achat en aval de la chaîne de distribution

Mode de déplacement des clients	Transport public	Marche à pied	Deux roues motorisées	Vélo
Coût d'usage par mode de déplacement[342] (cf. Tableau15) (a)	0.11 €/km	0 €/km	0.21 €/km	0.05 €/km
Vitesse par mode de déplacement[343] (b)	12 km/h	4.7 km/h	19 km/h	14 km/h
Valeur du temps passé au transport[344] (c = 3.96 / b)	0.33 €/km	0.84 €/km	0.20 €/km	0.28 €/km
Coût global par mode de déplacement (d = a + c)	**0.44 €/km**	**0.84 €/km**	**0.41 €/km**	**0.33 €/km**

Source : Auteur (cf. Tableau 41)

[341] Cette faible variation de la vitesse pour le même mode de déplacement (transport public, deux roues motorisées ou vélo) selon la localisation géographique du magasin (urbain, urbain-périphérique ou périphérie) n'est pas très significative au niveau du résultat final du bilan économique de transport. De plus, la part d'usage de ces derniers véhicules dans les déplacements d'achat est très marginale par rapport à la part d'usage de la voiture particulière. Pour simplifier le calcul, nous attribuons la même vitesse pour un même mode de déplacement (transport public, deux roues motorisées, vélo ou marche à pied), quelque soit la localisation géographique de la surface de vente. En revanche, la vitesse de circulation change considérablement d'un mode de déplacement à un autre (12km/h en transport public, contre 4.7 à pied, 19km/h en deux roues motorisées et 14 km/h en vélo).

[342] Ces coûts d'usage par mode de transport sont déduits à partir de l'analyse de différents postes de dépense effectuée dans la 2ème section du 3ème chapitre (cf. Tableau 15).

[343] La vitesse du vélo et de la marche sont déduites à partir des travaux de (Héran et al., 2009, p18) ; et la vitesse moyenne des transports publics à partir des données de Yves Crozet (Crozet, 2007, p2).

[344] Le déplacement d'achat se caractérise par une valeur du temps estimée à 42% du salaire brut (Boiteux et Baumstark, 2001, p42). En 2013, le salaire brut est égal à 9.43€/h. Cela donne une valeur monétaire de 3.96€/h, que nous avons appliqué dans notre outil de calcul aux déplacements d'achat.

2. Coûts des véhicules utilisés par les grands distributeurs alimentaires

Pour connaître la consommation horaire (en litres de carburant) d'un équipement frigorifique, nous avons questionné une entreprise spécialisée dans la construction des remorques frigorifiques (cf. Tableau 10). Ensuite, nous avons multiplié cette consommation supplémentaire en fonction de la catégorie de véhicule (articulé, porteur ou VUL) par le prix unitaire d'un litre de carburant. En décembre 2012, le prix d'un litre de carburant hors TVA est estimé à 1.10 € pour un approvisionnement en cuve et à 1.13 € pour un approvisionnement à la pompe. A noter, que la plupart des professionnels (environ 70%) approvisionnent leurs véhicules en carburant à partir des cuves qu'ils possèdent, tandis que 30% des véhicules se dirigent à la pompe. Certes, ces deux pourcentages varient selon les transporteurs et les catégories de véhicules mais ils correspondent à la moyenne nationale. De ce fait, le coût d'un litre de carburant professionnel est estimé à 1.11 €/litre[345] dans notre base de données. Cependant dans l'outil de calcul, nous avons appliqué ce dernier prix (de 1.11 €/litre) sur les VUL seulement (qui sont utilisés en aval de la chaîne de distribution) et non pas sur les catégories de véhicules utilisés en amont de la chaîne (articulé 40t et porteur 19t qui ont un PTAC>7.5t). Pour ces deux dernières catégories de véhicules, le prix de gazole professionnel doit être minoré du remboursement partiel de la TICPE[346] dont bénéficient les véhicules au dessus de 7.5t seulement. De ce fait, le

[345] *Le coût d'un litre de carburant professionnel est calculé comme suit dans notre outil de calcul : ((1.1015*0.7)+(1.1309*0.3))=**1.11032 €/litre** en décembre 2012 pour les véhicules de PTAC<7.5T. Ce dernier prix concerne seulement les professionnels qui se font rembourser la TVA. Pour les particuliers, nous devons ajouter la TVA (19.6%) au prix à la pompe: 1.1309*1.196=**1.3526€/litre** en décembre 2012. Plus d'informations sur les prix de carburant sur : <http://www.cnr.fr/Indices-Statistiques/Espace-Gazole#haut> (consulté le 14.02.2013).Par ailleurs, le prix d'un litre d'essence (T.T.C) à la pompe pour les particuliers, est estimé à **1.4994** €/litre pour Super sans-plomb 95 (SP95) et **1.5536** €/litre pour Super SP98 en décembre 2012. Ces dernières estimations sont déduites à partir du site de DGEC (« Direction générale de l'énergie et du climat » du ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie.) en entrant la période de 01/01/2012 au 31/12/2012. Lien : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/energie/petrole/se_cons_fr.htm> (consulté le 14.02.2013).*

[346] *La taxe intérieure de consommation sur les produits énergétiques (TICPE) est un droit d'accise perçu par l'Etat sur les produits énergétiques et notamment pétroliers qui sont utilisés comme*

prix de gazole professionnel est estimé à 1.08€[347] en 2012. L'ensemble de ces données et informations communiquées sont récapitulées comme suit (Tableau 65) :

Tableau 65 : Coût du carburant supplémentaire dans le transport des produits frais et surgelés

Catégories de véhicules de transport frigorifique	Vitesse moyenne par véhicule[348] (a)	Produits frais			Produits surgelés		
		Coût de la consommation supplémentaire du carburant par heure[349] (b)	Coût du carburant supplémentaire par heure (c=b*coût d'un litre de carburant)[350]	Coût du carburant supplémentaire par km (d=c/a)	Coût de la consommation supplémentaire du carburant par heure[351] (e)	Coût du carburant supplémentaire par heure (f=e*coût d'un litre de carburant) [352]	Coût du carburant supplémentaire par km (g=f/a)
Articulé Longue distance	66.9km/h	3 litres/h	3.24 €/h	**0.05 €/km**	4.5 litres/h	4.86 €/h	**0.07 €/km**
Articulé Régional GS	62.5km/h	3 litres/h	3.24 €/h	**0.05 €/km**	4.5 litres/h	4.86 €/h	**0.08 €/km**
Porteur Régional MS	65.1km/h	2.5 litres/h	2.70 €/h	**0.04 €/km**	3.75 litres/h	4.05 €/h	**0.06 €/km**
Porteur Régional PS	60 km/h	2.5 litres/h	2.70 €/h	**0.05 €/km**	3.75 litres/h	4.05 €/h	**0.07 €/km**
VUL de livraison en point relais	30 km/h	1.5 litres/h	1.67 €/h	**0.06 €/km**	2.25 litres/h	2.50 €/h	**0.08 €/km**
VUL de livraison à domicile	20 km/h	1.5 litres/h	1.67 €/h	**0.08 €/km**	2.25 litres/h	2.50 €/h	**0.12 €/km**

Source : Auteur (cf. Tableau 10)

carburants. Mais de nombreuses activités économiques bénéficient d'exonérations partielles ou totales. C'est le cas des entreprises de transport routier de marchandises qui sur une base forfaitaire, bénéficient du remboursement partiel de la TICPE, au prorata de leur consommation réelle de gazole. Le remboursement concerne tout véhicule de plus de 7,5 tonnes immatriculé dans l'Union européenne et est accordé aux entreprises établies dans un État membre pour tout achat de gazole en France (Réseau Action Climat France RACF, 2012, p2).

[347] *Le remboursement partiel forfaitaire de la TICPE est égal à 2,97 €/hectolitre dans le 2ème semestre de 2012. Alors, 1.11032-0.0297=**1.08062 €/litre** en décembre 2012 pour les véhicules de PTAC>7.5T. Plus d'informations relatives au remboursement partiel de la TICPE sont disponibles sur : <http://www.cnr.fr/Publications-CNR/Remboursement-partiel-forfaitaire-de-la-TICPE-en-20122> (consulté le 14.02.2013).*

[348] *- Concernant les vitesses de circulation des véhicules de transport des marchandises en amont de la chaîne de distribution (de l'articulé 40t longue distance, de l'articulé 40t régional et de porteur 19t régional), les données sont issues des enquêtes de CNR pour avril 2012 (consultés le 08.06.2012) : <http://www.cnr.fr/Indices-Statistiques/Longue-distance-40T/Referentiel-prix-de-revient> <http://www.cnr.fr/Indices-Statistiques/Regional-40T/Referentiel-prix-de-revient> <http://www.cnr.fr/Indices-Statistiques/Regional-Porteurs/Referentiel-prix-de-revient>.*
En général, l'articulé longue distance est exploité dans la livraison des centres de distribution. En outre, l'articulé régional est utilisé dans la livraison de la totalité des grandes surfaces (100%) et environ un quart de moyennes surfaces (25%). Par ailleurs, le porteur régional MS (moyenne surface) est exploité dans la livraison de la plupart des moyennes surfaces (75%). Par contre, le porteur régional PS (petite surface) est utilisé dans la livraison de la totalité (100%) des petites surfaces.

-Concernant les vitesses de circulation des VUL en aval de la chaîne, les données sont communiquées par un prestataire de transport en agglomération lyonnaise interviewé le 06.04.2012 : La vitesse moyenne du VUL est élevée dans la livraison en point relais 30km/h (une seule destination) par rapport à celle dans la livraison à domicile 20km/h (plusieurs arrêts par tournée de livraison).

[349] Et [331] *Données de la consommation supplémentaires du carburant sont issues d'un entretien avec un responsable de l'entreprise Chéreau le 05.04.2012. Cette entreprise est spécialisée dans la fabrication des remorques frigorifiques pour le constructeur des véhicules Volvo. Plus d'informations sur cette entreprise sont disponibles sur le site : <http://www.chereau.com/> (consulté le 02.04.2012).*

[350] Et [332] *Comme calculé précédemment, le coût d'un litre de carburant est évalué à 1.08€/litre pour les articulés et porteurs >7.5T et 1.11€/litre pour les VUL (contre 1.35€/l pour véhicules particuliers).*

En ajoutant les coûts du carburant nécessaire pour le fonctionnement du véhicule aux coûts de consommation du carburant supplémentaire pour le fonctionnement du moteur frigorifique, le coût kilométrique de consommation totale du carburant pour les produits à température dirigée (frais et surgelés) peut être déduit comme suit :

Tableau 66 : Coût du carburant (nécessaire et supplémentaire) de transport des produits frais et surgelés

Catégories des véhicules de transport routier des marchandises	Consommation du carburant nécessaire pour fonctionnement du véhicule par 100km (a)	Consommation du carburant nécessaire pour fonctionnement du véhicule par km (b)	Coût du carburant nécessaire pour le véhicule par km (c)	Coût du carburant supplémentaire pour les produits frais par km (d)	Coût du carburant supplémentaire pour produits surgelés par km (e)	Coût du carburant nécessaire et supplémentaire pour produits frais par km (f=c+d)	Coût du carburant nécessaire et supplémentaire pour produits surgelés par km (g=c+e)
Articulé Longue distance	33.9 l/100km	0.339 l/km	0.36 €/km	0.05 €/km	0.07 €/km	**0.41 €/km**	**0.44 €/km**
Articulé Régional GS	34.4 l/100km	0.344 l/km	0.37 €/km	0.05 €/km	0.08 €/km	**0.42 €/km**	**0.45 €/km**
Porteur Régional MS	25 l/100km	0.250 l/km	0.27 €/km	0.04 €/km	0.06 €/km	**0.31 €/km**	**0.33 €/km**
Porteur Régional PS	26 l/100km	0.260 l/km	0.28 €/km	0.05 €/km	0.07 €/km	**0.33 €/km**	**0.35 €/km**
VUL de livraison en point relais	8.1 l/100km	0.081 l/km	0.09 €/km	0.06 €/km	0.08 €/km	**0.15 €/km**	**0.17 €/km**
VUL de livraison à domicile	8.1 l/100km	0.081 l/km	0.09 €/km	0.08 €/km	0.12 €/km	**0.17 €/km**	**0.21 €/km**

En plus du coût de la consommation du carburant (cf. Tableau 71), il faut ajouter les autres postes de dépense dans le transport routier des marchandises, à savoir le coût de pneumatique, d'entretien-réparation et de péage (cf. Tableau 72), le coût du personnel de conduite (cf. Tableau 73) et d'autres coûts d'utilisation du véhicule (cf. Tableau 74) composés à son tour des coûts fixes par véhicule (CV) et des charges de structure et d'autres charges indirectes d'exploitation du véhicule (CS)[353] :

[353] *- Concernant les véhicules de transport des marchandises en amont de la chaîne de distribution (de l'articulé 40t longue distance, de l'articulé 40t régional et de porteur 19t régional), les données sont issues des enquêtes de CNR pour le mois d'avril 2012 (consultés le 08.06.2012): <http://www.cnr.fr/Indices-Statistiques/Longue-distance-40T/Referentiel-prix-de-revient> <http://www.cnr.fr/Indices-Statistiques/Regional-40T/Referentiel-prix-de-revient> <http://www.cnr.fr/Indices-Statistiques/Regional-Porteurs/Referentiel-prix-de-revient>*

- Concernant les VUL en aval, les données sont issues de l'Observatoire régional de transport catalan: <http://www20.gencat.cat/docs/ptop/Home/Departament/Normativa%20i%20documentacio/Documentacio/General/Estadistiques/01_Territori_mob/Observatori%20del%20costos%20del%20transport%20de%20mercaderies%20per%20carretera/pdf/Butlleti_62_febrer2012.pdf> (consulté le 15.02.2012).

Tableau 67 : Coût de pneumatique, entretien-réparation et péage

Catégories de véhicules de transport frigorifique	Kilométrage annuel par véhicule en amont et vitesse de circulation en aval (a)	Coût de pneumatique par catégorie de véhicule par an (b)	Coût de pneumatique par catégorie de véhicule par km (c=b/a)	Coût d'entretien-réparation par véhicule par an (d)	Coût d'entretien-réparation par véhicule par km (e=d/a)	Coût de péage par catégorie de véhicule par an (f)	Coût de péage par catégorie de véhicule par km (g=f/e)	Total des coûts de pneumatique, entretien-réparation et péage par km (h=c+e+g)
Articulé Longue distance	116 100 km/an	3251 €/an	0.03 €/km	8304 €/an	0.07 €/km	8588 €/an	0.07 €/km	0.17 €/km
Articulé Régional	103 000 km/an	3441 €/jour	0.03 €/km	8488 €/an	0.08 €/km	4657 €/an	0.05 €/km	0.16 €/km
Porteur Régional	80 000 km/an	1591 €/jour	0.02 €/km	6567 €/an	0.08 €/km	0 €/an	0 €/km	0.10 €/km
VUL de livraison en point relais	30 km/h	0.008 €/h	0.0003 €/km	0.099 €/h	0.003 €/km	0 €/h	0 €/km	0.01 €/km
VUL de livraison à domicile	20 km/h	0.008 €/h	0.0004 €/km	0.099 €/h	0.005 €/km	0 €/h	0 €/km	0.01 €/km

Tableau 68 : Coût de personnel de conduite

Catégories de véhicules de transport routier	Salaires et autres éléments de rémunération (a)	Charges sur salaires et autres éléments de rémunération (b)	Frais de déplacement (c)	Total de coût de conduite par jour (d=a+b+c)	Nombre d'heures d'exploitation de véhicule/jour (e)	Terme horaire (f=d/e)
Articulé Longue distance	134.39 €/jour	46.63 €/jour	40.82 €/jour	221.84 €/jour	10 h/jour	22.18 €/h
Articulé Régional	135.75 €/jour	45.90 €/jour	18.66 €/jour	200.31 €/jour	10.5 h/jour	19.08 €/h
Porteur Régional	132.40 €/jour	46.75 €/jour	0 €/jour	179.15 €/jour	9.3 h/jour	19.26 €/h
VUL de livraison en point relais	11.5 €/h	7.36 €/h	0 €/j	18.86 €/h		18.86 €/h
VUL de livraison à domicile	11.5 €/h	7.36 €/h	0.82 €/j	18.86 €/h		18.86 €/h

Tableau 69 : Autres coûts d'utilisation de véhicule (Total des coûts fixes par véhicule (CV) et Charges de structure et autres charges indirectes d'exploitation de véhicule (CS))

Catégories de véhicules de transport routier	Coût de détention véhicule moteur (a)	Coût de détention de véhicule tracté (b)	Coût moyen d'assurance par jour (c)	Coût moyen de taxes (d)	Total des coûts fixes par véhicule (CV) (e=a+b+c+d)	Charges de structure et autres charges indirectes (CS) (f)	Terme moyen journalier (CV+CS) (g=e+f)	Nombre d'heures d'exploitation de véhicule par jour (h)	Terme moyen horaire (CV+CS) (i=g/h)
Articulé Longue distance	47.10 €/jour	14.10 €/jour	11.33 €/jour	2.24 €/jour	74.77 €/jour	80.46 €/jour	155.23 €/jour	10 h/jour	15.52 €/h
Articulé Régional	49.54 €/jour	14.18 €/jour	12.60 €/jour	2.28 €/jour	78.60 €/jour	75.00 €/jour	153.60 €/jour	10.5 h/jour	14.63 €/h
Porteur Régional	62.31 €/jour	0 €/jour	13.78 €/jour	1.43 €/jour	77.52 €/jour	115.26 €/jour	192.78 €/jour	9.3 h/jour	20.73 €/h
VUL de livraison au point relais	1.25 €/heure	0 €/heure	0.82 €/heure	0.31 €/heure	2.38 €/heure	2.17 €/heure [354]			4.55 €/heure
VUL de livraison à domicile	1.25 €/heure	0 €/heure	0.82 €/heure	0.31 €/heure	2.38 €/heure	2.17 €/heure			4.55 €/heure

[354] *Dépenses de structure (0.99€/h) et d'autres charges indirectes par véhicule (1.18€/h) sont estimés à 2.17€/h.*

De ce fait, le coût total de transport de différentes familles des produits par km et par tonne.km[355] peuvent être récapitulés dans les tableaux suivants (cf. Tableaux 75-78):

Tableau 70 : Coût de transport des produits frais

Catégories de véhicules de transport routier des marchandises[356]	Vitesse moyenne par catégorie de véhicule (a)	Coût du carburant nécessaire et supplémentaire (cf. tableau 71) par km (b)	Coûts de pneumatique, entretien-réparation et péage (cf. tableau 72) (c)	Coût moyen de conduite par heure (cf. tableau73) (d)	Coût moyen de personnel de conduite par km (e=d/a)	Terme horaire /véhicule (CV+CS) (cf. tableau74) (f)	Terme kilométrique par catégorie de véhicule (CV + CS) (g=f/a)	Coût de livraison par véhicule par km (h= b+c+e+g)	Charge moyenne par catégorie de véhicule en tonnes (i)	Coût moyen de livraison par véhicule par t.km (j=h/i)
Articulé Longue distance	66.9km/h	0.41 €/km	0.17 €/km	22.18€/h	0.33 €/km	15.52 €/h	0.23 €/km	1.15 €/km	9.4 tonnes	0.12 €/t.km
Articulé Régional GS	62.5km/h	0.42 €/km	0.16 €/km	19.08€/h	0.31 €/km	14.63 €/h	0.23 €/km	1.12 €/km	10.9tonnes	0.10 €/t.km
Porteur Régional MS	65.1km/h	0.31 €/km	0.10 €/km	19.26€/h	0.30 €/km	20.73 €/h	0.32 €/km	1.03 €/km	4.4tonnes	0.24 €/t.km
Porteur Régional PS	66km/h	0.33 €/km	0.10 €/km	19.26€/h	0.30 €/km	20.73 €/h	0.32 €/km	1.05 €/km	3.5tonnes	0.31 €/t.km
VUL de livraison en point relais	30 km/h	0.15 €/km	0.01 €/km	18.86€/h	0.63 €/km	4.55 €/h	0.15 €/km	0.94 €/km	1 tonne	0.94 €/t.km
VUL de livraison à domicile	20 km/h	0.17 €/km	0.01 €/km	18.86€/h	0.94 €/km	4.55 €/h	0.23 €/km	1.35 €/km	0.7 tonne	1.93 €/t.km

Tableau 71 : Coût de transport des produits surgelés

Catégories de véhicules de transport routier des marchandises[357]	Vitesse moyenne par catégorie de véhicule (a)	Coût du carburant nécessaire et supplémentaire (cf. tableau 71) par km (b)	Coûts de pneumatique, entretien-réparation et péage (cf. tableau 72) (c)	Coût moyen de conduite par heure (cf. tableau73) (d)	Coût moyen de personnel de conduite par km (e=d/a)	Terme horaire /véhicule (CV+CS) (cf. tableau74) (f)	Terme kilométrique par catégorie de véhicule (CV + CS) (g=f/a)	Coût de livraison par véhicule par km (h= b+c+e+g)	Charge moyenne par catégorie de véhicule en tonnes (i)	Coût moyen de livraison par véhicule par t.km (j= h/i)
Articulé Longue distance	66.9km/h	0.44 €/km	0.17 €/km	22.18€/h	0.33 €/km	15.52 €/h	0.23 €/km	1.18 €/km	11.7tonnes	0.10 €/t.km
Articulé Régional GS	62.5km/h	0.45 €/km	0.16 €/km	19.08€/h	0.31 €/km	14.63 €/h	0.23 €/km	1.15 €/km	13.2tonnes	0.09 €/t.km
Porteur Régional MS	65.1km/h	0.33 €/km	0.10 €/km	19.26€/h	0.30 €/km	20.73 €/h	0.32 €/km	1.05 €/km	5.3 tonnes	0.20 €/t.km
Porteur Régional PS	66km/h	0.35 €/km	0.10 €/km	19.26€/h	0.30 €/km	20.73 €/h	0.32 €/km	1.09 €/km	4.2 tonnes	0.26 €/t.km
VUL de livraison en point relais	30 km/h	0.17 €/km	0.01 €/km	18.86€/h	0.63 €/km	4.55 €/h	0.15 €/km	0.96 €/km	1 tonne	0.96 €/t.km
VUL de livraison à domicile	20 km/h	0.21 €/km	0.01 €/km	18.86€/h	0.94 €/km	4.55 €/h	0.23 €/km	1.39 €/km	0.7 tonne	1.99 €/t.km

[355] Dans ce cadre, il faut rappeler que les charges réelles des véhicules de transport routier des marchandises par famille des produits sont déduites à la 1ère section et la 3ème section du 3èmechapitre.

[356] Et [336] *En général, l'articulé longue distance est exploité dans la livraison des centres de distribution. En outre, l'articulé régional est utilisé dans la livraison de la totalité des grandes surfaces (100%) et environ un quart de moyennes surfaces (25%). Par ailleurs, le porteur régional MS (moyenne surface) est exploité dans la livraison de la plupart des moyennes surfaces (75%). Par contre, le porteur régional PS (petite surface) est utilisé dans la livraison de la totalité (100%) des petites surfaces. Enfin, les VUL sont fréquemment utilisés en aval pour la livraison en point relais ou à domicile.*

Tableau 72 : Coût de transport des produits alimentaires non réfrigérés

Catégories de véhicules de transport routier des marchandises	Vitesse moyenne par catégorie de véhicule[358] (a)	Coût du carburant nécessaire (cf. tableau 71) par kilomètre (b)	Coûts de pneumatique, entretien-réparation et péage (cf. tableau 72) (c)	Coût moyen de conduite par heure (cf. tableau73) (d)	Coût moyen de personnel de conduite par km (e=d/a)	Terme horaire /véhicule (CV+CS) (cf. tableau74) (f)	Terme kilométrique par catégorie de véhicule (CV + CS) (g=f/a)	Coût de livraison par véhicule par km (h= b+c+e+g)	Charge moyenne par catégorie de véhicule en tonnes[359](i)	Coût moyen de livraison par véhicule par t.km (j= h/i)
Articulé Longue distance	66.9km/h	0.36 €/km	0.17 €/km	22.18€/h	0.33 €/km	15.52 €/h	0.23 €/km	1.10 €/km	12.9tonnes	0.09 €/t.km
Articulé Régional GS	62.5km/h	0.37 €/km	0.16 €/km	19.08€/h	0.31 €/km	14.63 €/h	0.23 €/km	1.07 €/km	14.4tonnes	0.07 €/t.km
Porteur Régional MS	65.1km/h	0.27 €/km	0.10 €/km	19.26€/h	0.30 €/km	20.73 €/h	0.32 €/km	0.99 €/km	5.7 tonnes	0.17 €/t.km
Porteur Régional PS	66km/h	0.27 €/km	0.10 €/km	19.26€/h	0.30 €/km	20.73 €/h	0.32 €/km	1.02 €/km	4.5 tonnes	0.23 €/t.km
VUL de livraison en point relais	30 km/h	0.09 €/km	0.01 €/km	18.86€/h	0.63 €/km	4.55 €/h	0.15 €/km	0.88 €/km	1 tonne	0.88 €/t.km
VUL de livraison à domicile	20 km/h	0.09 €/km	0.01 €/km	18.86€/h	0.94 €/km	4.55 €/h	0.23 €/km	1.27 €/km	0.7 tonne	1.81 €/t.km

Tableau 73 : Coût de transport des produits non alimentaires

Catégories de véhicules de transport routier des marchandises	Vitesse moyenne par catégorie de véhicule[360] (a)	Coût du carburant nécessaire (cf. tableau 71) par kilomètre (b)	Coûts de pneumatique, entretien-réparation et péage (cf. tableau 72) (c)	Coût moyen de conduite par heure (cf. tableau73) (d)	Coût moyen de personnel de conduite par km (e=d/a)	Terme horaire /véhicule (CV+CS) (cf. tableau74) (f)	Terme kilométrique par catégorie de véhicule (CV + CS) (g=f/a)	Coût de livraison par véhicule par km (h= b+c+e+g)	Charge moyenne par catégorie de véhicule en tonnes[361](i)	Coût moyen de livraison par véhicule par t.km (j= h/i)
Articulé Longue distance	66.9km/h	0.36 €/km	0.17 €/km	22.18€/h	0.33 €/km	15.52 €/h	0.23 €/km	1.10 €/km	15.2tonnes	0.07 €/t.km
Articulé Régional GS	62.5km/h	0.37 €/km	0.16 €/km	19.08€/h	0.31 €/km	14.63 €/h	0.23 €/km	1.07 €/km	16.7tonnes	0.06 €/t.km
Porteur Régional MS	65.1km/h	0.27 €/km	0.10 €/km	19.26€/h	0.30 €/km	20.73 €/h	0.32 €/km	0.99 €/km	6.6 tonnes	0.15 €/t.km
Porteur Régional PS	66km/h	0.27 €/km	0.10 €/km	19.26€/h	0.30 €/km	20.73 €/h	0.32 €/km	1.02 €/km	5.2 tonnes	0.20 €/t.km
VUL de livraison en point relais	30 km/h	0.09 €/km	0.01 €/km	18.86€/h	0.63 €/km	4.55 €/h	0.15 €/km	0.88 €/km	1 tonne	0.88 €/t.km
VUL de livraison à domicile	20 km/h	0.09 €/km	0.01 €/km	18.86€/h	0.94 €/km	4.55 €/h	0.23 €/km	1.27 €/km	0.7 tonne	1.81 €/t.km

[358] Et [339] - *Concernant les vitesses de circulation des véhicules de transport des marchandises en amont de la chaîne de distribution (de l'articulé 40t longue distance, de l'articulé 40t régional et de porteur 19t régional), les données sont issues des enquêtes de CNR pour avril 2012 (consultés le 08.06.2012) : <http://www.cnr.fr/Indices-Statistiques/Longue-distance-40T/Referentiel-prix-de-revient> <http://www.cnr.fr/Indices-Statistiques/Regional-40T/Referentiel-prix-de-revient> <http://www.cnr.fr/Indices-Statistiques/Regional-Porteurs/Referentiel-prix-de-revient>*

-Concernant les vitesses de circulation des VUL en aval de la chaîne, les données sont communiquées par un prestataire de transport en agglomération lyonnaise interviewé le 06.04.2012 : La vitesse moyenne d'un VUL est plus élevée dans la livraison en point relais 30km/h (une seule destination) que celle dans la livraison à domicile 20km/h (plusieurs arrêts par tournée de livraison).

[359] Et [340] *Les charges réelles des véhicules de transport routier des marchandises par famille des produits (non alimentaires, alimentaires non réfrigérés, frais, surgelés) sont déduites à partir de la 1ère section et la 3ème section du 3ème chapitre de la thèse.*

Partie 2. Emissions des véhicules de transport des marchandises

Comme c'était le cas dans le calcul des coûts de transport dans la partie précédente, nous présentons d'abord les émissions des moyens de transport utilisés par les ménages en aval, puis les émissions des véhicules de transport utilisés par les grands distributeurs alimentaires (articulés et porteurs en amont ; et VUL en aval).

1. Emissions des véhicules utilisés par les ménages

Les émissions de fonctionnement d'un véhicule regroupent les émissions du d'extraction, du transport, de raffinage et de combustion du carburant (du puits à la roue) et les émissions d'entretien-réparation. Dans ce cadre, il faut rappeler que les émissions de fabrication par véhicule, ainsi que le calcul des émissions de fonctionnement sont détaillées dans la 3ème section du 3ème chapitre (cf. Tableau 28).

Tableau 74 : Emissions de CO_2 des moyens de transport utilisés par les ménages

Moyens de transport utilisés par les ménages	**Emissions de CO_2 de fabrication par km**	**Emissions marginales par km** (sans émissions de fabrication)	**Emissions totales par km** (avec émissions de fabrication)
Voiture particulière	33 gCO_2/km	224 gCO_2/km	257 gCO_2/km
Transport public	6 gCO_2/passager.km	101 gCO_2/passager.km	107 gCO_2/km
Marche à pied	0 gCO_2/km	0 gCO_2/km	0 gCO_2/km
Vélo	10 gCO_2/km	10 gCO_2/km	20 gCO_2/km
Moto	31 gCO_2/km	144 gCO_2/km	175 gCO_2/km

Source : Auteur (cf. Tableau 28)

Contrairement aux modes de déplacements utilisés par les ménages (voiture particulière, transport public, marche à pied et deux roues), il faut prendre en considération les émissions liées aux fuites des fluides frigorigènes dans les véhicules utilisés par les grands distributeurs alimentaires (articulés et porteurs en amont ; et VUL en aval) pour le transport des produits frais et des produits surgelés :

2. Emissions des véhicules utilisés par les grands distributeurs alimentaires

Concernant les véhicules de transport des marchandises utilisés par les grands distributeurs alimentaires, nous commençons notre étude depuis les résultats déduits à la fin de la 4ème section du 3ème chapitre (cf. Tableau 28).

Tableau 75 : Emissions de CO_2 liées aux fuites frigorigènes par véhicule

Catégories de véhicules de transport des marchandises	Vitesse moyenne par véhicule[362] (a)	Fuites frigorigènes par heure (b)	Fuites frigorigènes par km (c=b/a)
Articulé Longue distance vers CDR	66.9 km/h	1.77 $kgCO_2$/h	26 gCO_2/km
Articulé Régional vers GS	62.5 km/h	1.77 $kgCO_2$/h	28 gCO_2/km
Porteur Régional vers MS	65.1 km/h	1.33 $kgCO_2$/h	20 gCO_2/km
Porteur Régional vers PS	60 km/h	1.33 $kgCO_2$/h	22 gCO_2/km
VUL de livraison en point relais	30 km/h	0.43 $kgCO_2$/h	14 gCO_2/km
VUL de livraison à domicile	20 km/h	0.43 $kgCO_2$/h	22 gCO_2/km

Source : Auteur (cf. Tableau 28)

Dans notre outil de calcul, les fuites frigorigènes par km sont multipliées par le nombre de kilomètres parcourus, afin de déterminer les émissions d'une tournée de livraison (que ce soit pour les articulés et les porteurs en amont de la chaîne de distribution ou pour les VUL de livraison en point relais ou à domicile en aval).

En plus de ces émissions de fuites frigorigènes, il faut ajouter les émissions liées à la consommation supplémentaire du carburant dans les véhicules à température dirigée : en exploitant les données issues d'un entretien avec une entreprise spécialisée dans la construction des remorques, la consommation supplémentaire du carburant

[362] *- Concernant les vitesses de circulation des véhicules de transport des marchandises en amont de la chaîne de distribution (de l'articulé 40t longue distance, de l'articulé 40t régional et de porteur 19t régional), les données sont issues des enquêtes de CNR pour avril 2012 (consultés le 08.06.2012) : <http://www.cnr.fr/Indices-Statistiques/Longue-distance-40T/Referentiel-prix-de-revient> <http://www.cnr.fr/Indices-Statistiques/Regional-40T/Referentiel-prix-de-revient> <http://www.cnr.fr/Indices-Statistiques/Regional-Porteurs/Referentiel-prix-de-revient>.*
En général, l'articulé longue distance est exploité dans la livraison des centres de distribution. En outre, l'articulé régional est utilisé dans la livraison de la totalité des grandes surfaces (100%) et environ un quart de moyennes surfaces (25%). Par ailleurs, le porteur régional MS (moyenne surface) est exploité dans la livraison de la plupart des moyennes surfaces (75%). Par contre, le porteur régional PS (petite surface) est utilisé dans la livraison de la totalité (100%) des petites surfaces.

-Concernant les vitesses de circulation des VUL en aval de la chaîne, les données sont communiquées par un prestataire de transport en agglomération lyonnaise interviewé le 06.04.2012 : La vitesse moyenne d'un VUL est plus élevée dans la livraison en point relais 30km/h (une seule destination) que dans la livraison à domicile 20km/h (plusieurs arrêts par tournée de livraison).

pour le fonctionnement du moteur frigorifique par catégorie de véhicule sont résumés comme suit pour les produits frais (cf. Tableaux 76) et surgelés (cf. Tableaux 77) :

Tableau 76 : Emissions du carburant supplémentaire et fuites frigorigènes dans le transport des produits frais

Catégories des véhicules de transport	Vitesse moyenne par type de véhicule (a)	Consommation supplémentaire du carburant par heure pour les produits frais (b)	Total d'émissions du carburant supplémentaire par heure (c=b* 2.95kgCO_2/litre)[363]	Total d'émissions du carburant supplémentaire par km (d=c/a)	Total d'émissions frigorigènes par km (cf. Tableau 75) (e)	Emissions de fuites et carburant supplémentaire par km (f=d+e)	Charge réelle en tonnes par véhicule (g)	Emissions de fuites et du carburant supplémentaire par tonne.km (h=f/g)
Articulé Longue distance	66.9km/h	3 litres/h	8.85 kgCO_2/h	132 gCO_2/km	26gCO_2/km	158 gCO_2/km	9.4 tonnes	17 gCO_2/t.km
Articulé Régional GS	62.5km/h	3 litres/h	8.85 kgCO_2/h	142 gCO_2/km	28gCO_2/km	170 gCO_2/km	10.9tonnes	16 gCO_2/t.km
Porteur Régional MS	65.1km/h	2.5 litres/h	7.38 kgCO_2/h	113 gCO_2/km	20gCO_2/km	133 gCO_2/km	4.4tonnes	31 gCO_2/t.km
Porteur Régional PS	60 km/h	2.5 litres/h	7.38 kgCO_2/h	113 gCO_2/km	22gCO_2/km	135 gCO_2/km	3.5tonnes	42 gCO_2/t.km
VUL de livraison en point relais	30 km/h	1.5 litres/h	4.43 kgCO_2/h	148 gCO_2/km	14gCO_2/km	162 gCO_2/km	1 tonne	162gCO_2/t.km
VUL de livraison à domicile	20 km/h	1.5 litres/h	4.43 kgCO_2/h	221 gCO_2/km	22gCO_2/km	243 gCO_2/km	0.7 tonne	243gCO_2/t.km

Tableau 77 : Emissions du carburant supplémentaire et fuites frigorigènes dans le transport des produits surgelés

Catégories des véhicules de transport routier	Vitesse moyenne par type de véhicule (a)	Consommation supplémentaire du carburant par heure pour les produits surgelés (b)	Total d'émissions du carburant supplémentaire par heure (c=b* 2.95kgCO_2/litre)[364]	Total d'émissions du carburant supplémentaire par km (d=c/a)	Total d'émissions frigorigènes par km (cf. Tableau 75) (e)	Emissions de fuites et carburant supplémentaire par km (f=d+e)	Charge réelle en tonnes par véhicule (g)	Emissions de fuites et du carburant supplémentaire par tonne.km (h=f/g)
Articulé Longue distance	66.9km/h	4.5 litres/h	13.28kgCO_2/h	198 gCO_2/km	26gCO_2/km	224 gCO_2/km	11.7tonnes	19 gCO_2/t.km
Articulé Régional GS	62.5km/h	4.5 litres/h	13.28kgCO_2/h	212 gCO_2/km	28gCO_2/km	240 gCO_2/km	13.2tonnes	18 gCO_2/t.km
Porteur Régional MS	65.1km/h	3.75 litres/h	11.06kgCO_2/h	170 gCO_2/km	20gCO_2/km	190 gCO_2/km	5.3 tonnes	36 gCO_2/t.km
Porteur Régional PS	60 km/h	3.75 litres/h	11.06kgCO_2/h	184 gCO_2/km	22gCO_2/km	206 gCO_2/km	4.2 tonnes	50 gCO_2/t.km
VUL de livraison en point relais	30 km/h	2.25 litres/h	6.64 kgCO_2/h	221 gCO_2/km	14gCO_2/km	235 gCO_2/km	1 tonne	236gCO_2/t.km
VUL de livraison à domicile	20 km/h	2.25 litres/h	6.64 kgCO_2/h	332 gCO_2/km	22gCO_2/km	354 gCO_2/km	0.7 tonne	505gCO_2/t.km

En ajoutant les émissions de fabrication, d'entretien-réparation et du carburant nécessaire aux émissions précédentes de consommation supplémentaire du carburant et de fuites frigorigènes (cf. Tableaux 76-77), le total d'émissions

[363] Et [343] *Les émissions de CO_2 d'un litre de gazole «du puits à la roue» (extraction, transport, raffinage et combustion) sont estimées à 2.95 kgCO_2/litre, comme démontré à la 3ème section du 3ème chapitre.*

d'utilisation (de fabrication et de fonctionnement) est calculé comme suit pour les différentes familles des produits, à commencer par les produits frais (cf. Tableau 78), puis les produits surgelés (cf. Tableau 79), ensuite les produits alimentaires non réfrigérés (cf. Tableau 80) et enfin les produits non alimentaires (cf. Tableau 81) :

Tableau 78 : Emissions de fabrication et de fonctionnement des véhicules de transport des produits frais

Catégories des véhicules de transport routier des marchandises	Consommation moyenne du carburant par catégorie de véhicule de transport routier des marchandises par kilomètre (a)	Emissions du carburant nécessaire pour chaque catégorie de véhicule de transport par kilomètre (b=a* 2.95kgCO_2/litre)	Emissions du carburant supplémentaire et des fuites frigorigènes par kilomètre pour produits frais (cf. Tableau 76) (c)	Emissions de fabrication et d'entretien-réparation par km (voir 3ème chapitre de thèse) (d)	Emissions de fabrication et de fonctionnement (réparation, carburant nécessaire et supplémentaire et fuites) par km (e=b+c+d)	Charge moyenne par type de véhicule pour le transport des produits frais (f)	Emissions de fabrication et de fonctionnement (carburant nécessaire et supplémentaire et fuites) par tonne.km (g=e/f)
Articulé Longue distance	0.339 l/km	1001gCO_2/km	158 gCO_2/km	222gCO_2/km	1.381kgCO_2/km	9.4 tonnes	147gCO_2/t.km
Articulé Régional GS	0.344 l/km	1015gCO_2/km	170 gCO_2/km	222gCO_2/km	1.407kgCO_2/km	10.9tonnes	129gCO_2/t.km
Porteur Régional MS	0.250 l/km	0.738gCO_2/km	133 gCO_2/km	164gCO_2/km	1.035kgCO_2/km	4.4tonnes	238gCO_2/t.km
Porteur Régional PS	0.260 l/km	0.767gCO_2/km	135 gCO_2/km	164gCO_2/km	1.076kgCO_2/km	3.5tonnes	312gCO_2/t.km
VUL de livraison en point relais	0.081 l/km	0.239gCO_2/km	162 gCO_2/km	110gCO_2/km	0.511kgCO_2/km	1 tonne	511gCO_2/t.km
VUL de livraison à domicile	0.081 l/km	0.239gCO_2/km	243 gCO_2/km	110gCO_2/km	0.592kgCO_2/km	0.7 tonne	845gCO_2/t.km

Tableau 79 : Emissions de fabrication et de fonctionnement des véhicules de transport des produits surgelés

Catégories des véhicules de transport routier des marchandises	Consommation moyenne du carburant par catégorie de véhicule de transport routier des marchandises par kilomètre (a)	Emissions du carburant nécessaire pour chaque catégorie de véhicule de transport par kilomètre (b=a* 2.95kgCO_2/litre)	Emissions du carburant supplémentaire et des fuites frigorigènes par kilomètre pour produits surgelés (cf. Tableau 76) (c)	Emissions de fabrication et d'entretien-réparation par km (voir 3ème chapitre de thèse) (d)	Emissions de fabrication et de fonctionnement (réparation, carburant nécessaire et supplémentaire et fuites) par km (e=b+c+d)	Charge moyenne par type de véhicule pour le transport des produits surgelés(f)	Emissions de fabrication et de fonctionnement (carburant nécessaire et supplémentaire et fuites) par tonne.km (g=e/f)
Articulé Longue distance	0.339 l/km	1000gCO_2/km	224 gCO_2/km	222gCO_2/km	1.446kgCO_2/km	11.7tonnes	124gCO_2/t.km
Articulé Régional GS	0.344 l/km	1015gCO_2/km	240 gCO_2/km	222gCO_2/km	1.478kgCO_2/km	13.2tonnes	112gCO_2/t.km
Porteur Régional MS	0.250 l/km	0.738gCO_2/km	190 gCO_2/km	164gCO_2/km	1.092kgCO_2/km	5.3 tonnes	208gCO_2/t.km
Porteur Régional PS	0.260 l/km	0.767gCO_2/km	206 gCO_2/km	164gCO_2/km	1.138kgCO_2/km	4.2 tonnes	274gCO_2/t.km
VUL de livraison en point relais	0.081 l/km	0.239gCO_2/km	235 gCO_2/km	110gCO_2/km	0.585kgCO_2/km	1 tonne	585gCO_2/t.km
VUL de livraison à domicile	0.081 l/km	0.239gCO_2/km	354 gCO_2/km	110gCO_2/km	0.702kgCO_2/km	0.7 tonne	1003gCO_2/t.km

Tableau 80 : Emissions de fabrication et de fonctionnement des véhicules de transport des produits non réfrigérés

Catégories des véhicules de transport routier des marchandises	Consommation du carburant par catégorie de véhicule de transport routier par kilomètre (a)	Emissions du carburant nécessaire pour chaque catégorie de véhicule de transport par km (b=a* 2.95kgCO_2/litre)	Emissions totales du carburant supplémentaire et des fuites frigorigènes par km (c)	Emissions de fabrication et entretien par km (voir 3ème chapitre de thèse) (d)	Emissions de fabrication et fonctionnement (carburant nécessaire et supplémentaire et fuites) par km (e=b+c+d)	Charge moyenne par type de véhicule de transport (f)	Emissions de fabrication et fonctionnement (carburant nécessaire et supplémentaire et fuites) par tonne.km (g)
Articulé Longue distance	0.339 l/km	1000gCO_2/km	0 gCO_2/km	222gCO_2/km	1.222kgCO_2/km	12.9tonnes	95 gCO_2/t.km
Articulé Régional	0.344 l/km	1015gCO_2/km	0 gCO_2/km	222gCO_2/km	1.237kgCO_2/km	14.4tonnes	86 gCO_2/t.km
Porteur Régional 1	0.250 l/km	0.738gCO_2/km	0 gCO_2/km	164gCO_2/km	0.902kgCO_2/km	5.7 tonnes	158 gCO_2/t.km
Porteur Régional 2	0.260 l/km	0.767gCO_2/km	0 gCO_2/km	164gCO_2/km	0.931kgCO_2/km	4.5 tonnes	207 gCO_2/t.km
VUL de livraison en point relais	0.081 l/km	0.239gCO_2/km	0 gCO_2/km	110gCO_2/km	0.349kgCO_2/km	1 tonne	349 gCO_2/t.km
VUL de livraison à domicile	0.081 l/km	0.239gCO_2/km	0 gCO_2/km	110gCO_2/km	0.349kgCO_2/km	0.7 tonne	499 gCO_2/t.km

Tableau 81 : Emissions de fabrication et de fonctionnement des véhicules de transport des produits non alimentaires

Catégories des véhicules de transport routier des marchandises	Consommation du carburant par catégorie de véhicule de transport routier par kilomètre (a)	Emissions du carburant nécessaire pour chaque catégorie de véhicule de transport par km (b=a* 2.95kgCO_2/litre)	Emissions totales du carburant supplémentaire et des fuites frigorigènes par km (c)	Emissions de fabrication et entretien par km (voir 3ème chapitre de thèse) (d)	Emissions de fabrication et fonctionnement (carburant nécessaire et supplémentaire et fuites) par km (e=b+c+d)	Charge moyenne par type de véhicule de transport (f)	Emissions de fabrication et fonctionnement (carburant nécessaire et supplémentaire et fuites) par tonne.km (g)
Articulé Longue distance	0.339 l/km	1000kgCO_2/km	0 gCO_2/km	222gCO_2/km	1.222kgCO_2/km	15.2tonnes	81 gCO_2/t.km
Articulé Régional GS	0.344 l/km	1015kgCO_2/km	0 gCO_2/km	222gCO_2/km	1.237kgCO_2/km	16.7tonnes	74 gCO_2/t.km
Porteur Régional MS	0.250 l/km	0.738kgCO_2/km	0 gCO_2/km	164gCO_2/km	0.902kgCO_2/km	6.6 tonnes	137 gCO_2/t.km
Porteur Régional PS	0.260 l/km	0.767kgCO_2/km	0 gCO_2/km	164gCO_2/km	0.931kgCO_2/km	5.2 tonnes	179 gCO_2/t.km
VUL de livraison en point relais	0.081 l/km	0.239kgCO_2/km	0 gCO_2/km	110gCO_2/km	0.349kgCO_2/km	1 tonne	349gCO_2/t.km
VUL de livraison à domicile	0.081 l/km	0.239kgCO_2/km	0 gCO_2/km	110gCO_2/km	0.349kgCO_2/km	0.7 tonne	499gCO_2/t.km

Concernant les produits alimentaires non réfrigérés et les produits non alimentaires, les émissions liées aux fuites de fluides frigorigènes et à la consommation supplémentaire du carburant pour la production du froid sont bien évidemment nulles.

Par ailleurs, il faut préciser que les derniers coûts et émissions de transport étudiées dans l'annexe 2 correspondent au circuit court en amont de la chaîne de distribution.

3. Emissions et coûts de transport en amont de la chaîne de distribution

Pour conclure, l'ensemble des coûts et des émissions de livraison par circuit de livraison (direct, court et long) sont détaillés ci-dessous (cf. Tableaux82-83) selon les familles des produits (non alimentaire, alimentaire mon réfrigéré, frais et surgelés), la taille de la surface de vente livrée (grande, moyenne ou petite) et bien évidemment en fonction des catégories des véhicules utilisés en amont de chaîne de distribution.

Tableau 82 : Coûts de transport en amont de la chaîne de distribution par famille des produits

Type de circuit de livraison en amont	Catégorie de véhicule de livraison[365]	Produits non alimentaires	Produits alimentaires	Produits frais	Produits surgelés
Circuit direct	Articulé GS (entre fournisseur et grande surface)	0.101 €/tonne.km	0.114 €/tonne.km	0.151 €/tonne.km	0.129 €/tonne.km
	Porteur MS (entre fournisseur et moyenne surface)	0.179 €/tonne.km	0.203 €/tonne.km	0.266 €/tonne.km	0.230 €/tonne.km
	Porteur PS (entre fournisseur et petite surface)	0.232 €/tonne.km	0.262 €/tonne.km	0.344 €/tonne.km	0.298 €/tonne.km
Circuit court	Articulé CDR (entre fournisseur et CDR)	0.070 €/tonne.km	0.090 €/tonne.km	0.120 €/tonne.km	0.100 €/tonne.km
	Articulé GS (entre CDR et grande surface)	0.060 €/tonne.km	0.070 €/tonne.km	0.100 €/tonne.km	0.090 €/tonne.km
	Porteur MS (entre CDR et moyenne surface)	0.150 €/tonne.km	0.170 €/tonne.km	0.240 €/tonne.km	0.200 €/tonne.km
	Porteur PS (entre CDR et petite surface)	0.200 €/tonne.km	0.230 €/tonne.km	0.310 €/tonne.km	0.260 €/tonne.km
Circuit long	Articulé CDC (entre fournisseur et CDC)	0.072 €/tonne.km	0.085 €/tonne.km	0.122 €/tonne.km	0.100 €/tonne.km
	Articulé CDR (entre CDC et CDR)	0.063 €/tonne.km	0.074 €/tonne.km	0.102 €/tonne.km	0.086 €/tonne.km
	Articulé GS (entre CDR et grande surface)	0.062 €/tonne.km	0.073 €/tonne.km	0.101 €/tonne.km	0.085 €/tonne.km
	Porteur MS (entre CDR et moyenne surface)	0.147 €/tonne.km	0.171 €/tonne.km	0.234 €/tonne.km	0.198 €/tonne.km
	Porteur PS (entre CDR et petite surface)	0.190 €/tonne.km	0.220 €/tonne.km	0.302 €/tonne.km	0.256 €/tonne.km

[365] Et [345] - L'articulé CDC (centre de distribution centralisé) est l'articulé qui assure la livraison du CDC à partir de l'entrepôt du fournisseur.

- L'articulé CDR (centre de distribution régional) est l'articulé qui assure la livraison du CDR à partir de l'entrepôt du fournisseur dans un circuit court ou à partir du CDC dans un circuit long.

- L'articulé GS (grande surface) est l'articulé qui assure l'approvisionnement d'une grande surface à partir de l'entrepôt du fournisseur en circuit direct ou à partir du CDR en circuit court ou long. A noter que la livraison en articulé vers une grande surface est organisée souvent en trace directe : En général, 1 grande surface par tournée de livraison en articulé 40 tonnes de PTAC.

- Le porteur MS (moyenne surface) est l'articulé qui assure l'approvisionnement d'une moyenne surface à partir de l'entrepôt du fournisseur en circuit direct ou à partir du CDR en circuit court ou long. A noter que la livraison en porteur vers les moyennes surfaces est organisée souvent en tournée : Généralement, 2 moyennes surface par tournée de livraison en porteur 19 tonnes de PTAC.

- Le porteur PS (petite surface) est l'articulé qui assure l'approvisionnement d'une petite surface à partir de l'entrepôt du fournisseur en circuit direct ou à partir du CDR en circuit court ou long. A noter que la livraison en articulé vers les petites surfaces est organisée souvent en tournée : Généralement, 4 petites surfaces par tournée de livraison en porteur 19 tonnes de PTAC.

Tableau 83 : Emissions de transport en amont de la chaîne de distribution par famille des produits

Type de circuit de livraison en amont	Catégorie de véhicule de livraison[366]	Produits non alimentaires	Produits alimentaires	Produits frais	Produits surgelés
Circuit direct	Articulé GS (entre fournisseur et grande surface)	0.089 $kgCO_2$/t.km	0.103 $kgCO_2$/t.km	0.155 $kgCO_2$/t.km	0.132 $kgCO_2$/t.km
	Porteur MS (entre fournisseur et moyenne surface)	0.153 $kgCO_2$/t.km	0.174 $kgCO_2$/t.km	0.254 $kgCO_2$/t.km	0.224 $kgCO_2$/t.km
	Porteur PS (entre fournisseur et petite surface)	0.200 $kgCO_2$/t.km	0.228 $kgCO_2$/t.km	0.333 $kgCO_2$/t.km	0.295 $kgCO_2$/t.km
Circuit court	Articulé CDR (entre fournisseur et CDR)	0.081 $kgCO_2$/t.km	0.095 $kgCO_2$/t.km	0.147 $kgCO_2$/t.km	0.124 $kgCO_2$/t.km
	Articulé GS (entre CDR et grande surface)	0.074 $kgCO_2$/t.km	0.086 $kgCO_2$/t.km	0.129 $kgCO_2$/t.km	0.112 $kgCO_2$/t.km
	Porteur MS (entre CDR et moyenne surface)	0.137 $kgCO_2$/t.km	0.158 $kgCO_2$/t.km	0.238 $kgCO_2$/t.km	0.208 $kgCO_2$/t.km
	Porteur PS (entre CDR et petite surface)	0.179 $kgCO_2$/t.km	0.207 $kgCO_2$/t.km	0.312 $kgCO_2$/t.km	0.274 $kgCO_2$/t.km
Circuit long	Articulé CDC (entre fournisseur et CDC)	0.080 $kgCO_2$/t.km	0.094 $kgCO_2$/t.km	0.146 $kgCO_2$/t.km	0.123 $kgCO_2$/t.km
	Articulé CDR (entre CDC et CDR)	0.073 $kgCO_2$/t.km	0.085 $kgCO_2$/t.km	0.128 $kgCO_2$/t.km	0.111 $kgCO_2$/t.km
	Articulé GS (entre CDR et grande surface)	0.072 $kgCO_2$/t.km	0.084 $kgCO_2$/t.km	0.127 $kgCO_2$/t.km	0.110 $kgCO_2$/t.km
	Porteur MS (entre CDR et moyenne surface)	0.134 $kgCO_2$/t.km	0.155 $kgCO_2$/t.km	0.235 $kgCO_2$/t.km	0.205 $kgCO_2$/t.km
	Porteur PS (entre CDR et petite surface)	0.172 $kgCO_2$/t.km	0.200 $kgCO_2$/t.km	0.305 $kgCO_2$/t.km	0.267 $kgCO_2$/t.km

Certes les émissions liées aux fuites des fluides frigorigènes et la consommation supplémentaire du carburant sont très importantes « par km » dans le transport des produits surgelés par rapport aux produits frais. Cependant, le poids très important par palette des produits surgelés (et par conséquent, une charge réelle plus importante des véhicules de transport des produits surgelés) par rapport aux produits frais rend les émissions de transport par tonne.km (et aussi les coûts par tonne.km) des produits surgelés plus faibles que celles des produits frais (volumineux mais très légers, comme expliqué dans le 3ème chapitre). Cela explique notre choix d'utiliser l'unité de «tonne.km» comme unité de mesure pour présenter les derniers tableaux.

Enfin, les coûts et les émissions de transport par tonne.km (cf. Tableaux82-83) diminuent en toute évidence en augmentant le nombre de plateformes intermédiaires entre l'entrepôt du fournisseur et la surface de vente, permettant ainsi d'accroître le taux de remplissage des véhicules. A noter que cet impact de réduction des coûts et émissions de transport est plus important en réduisant la taille de la surface de vente.

Annexe 3 : Bilans économique et environnemental par famille de produits

Ce travail de thèse représente une première tentative du calcul des coûts et émissions de l'approvisionnement des ménages en amont, en aval et de la chaîne globale en grande distribution alimentaire. Dans ce contexte, il faut rappeler que tous les résultats en amont (coûts de transport en amont, coûts logistiques en amont, émissions de transport en amont, émissions logistiques en amont) et en aval (coûts de transport en aval, coûts logistiques en aval, émissions de transport en aval, émissions logistiques en aval) présentés dans le 4ème chapitre correspondent à une charge totale de marchandise composée de 21% des produits non alimentaires, 52% des produits alimentaires non réfrigérés, 21% des produits frais et 6% des produits surgelés. Dans ce 4ème annexe, nous détaillons les résultats par famille des produits. Comme démontré dans le 4ème chapitre, la charge totale est estimée à 37 millions tonnes des marchandises distribuées annuellement par les grands distributeurs alimentaires en France : en moyenne, 7.77Mt des produits non alimentaires, 19.24Mt des produits alimentaires non réfrigérés, 7.77 Mt des produits frais et 2.22 Mt des produits surgelés.

Partie 1. Coûts et émissions de livraison par famille de produits en amont de la chaîne

Dans cette première partie, nous détaillons les coûts et les émissions de livraison (de transport et de logistique) en amont de la chaîne de distribution, à commencer par les produits non alimentaires, puis les produits alimentaires non réfrigérés, ensuite les produits alimentaires frais et enfin les produits alimentaires surgelés :

1. Coûts et émissions de livraison des produits non alimentaires en amont

Tableau 84 : Coûts et émissions de transport des produits non alimentaires en amont de la chaîne

Les 5 modes de distribution	*Les 21 types de chaînes de distribution*	Coûts économiques			Emissions de CO_2		
		Coût d'une charge totale de 7.77 Mt	Coût par tonne (en €/tonne)	Coût par t.km (en €/t.km)	Emissions d'une charge de 7.77Mt	Emissions par tonne (en $kgCO_2$/tonne)	Emissions par t.km (en gCO_2/t.km)
Grande surface	*Circuit direct*	353 M€	45 €/tonne	0.10 €/t.km	311 $ktCO_2$	40 $kgCO_2$/tonne	89 gCO_2/t.km
	Circuit court	236 M€	30 €/tonne	0.07 €/t.km	267 $ktCO_2$	34 $kgCO_2$/tonne	76 gCO_2/t.km
	Circuit long	231 M€	30 €/tonne	0.07 €/t.km	263 $ktCO_2$	34 $kgCO_2$/tonne	75 gCO_2/t.km
Moyenne surface	*Circuit direct*	628 M€	81 €/tonne	0.18 €/t.km	535 $ktCO_2$	69 $kgCO_2$/tonne	153 gCO_2/t.km
	Circuit court	432 M€	56 €/tonne	0.12 €/t.km	412 $ktCO_2$	53 $kgCO_2$/tonne	118 gCO_2/t.km
	Circuit long	329 M€	42 €/tonne	0.09 €/t.km	333 $ktCO_2$	43 $kgCO_2$/tonne	95 gCO_2/t.km
Petite surface	*Circuit direct*	811 M€	104 €/tonne	0.23 €/t.km	700 $ktCO_2$	90 $kgCO_2$/tonne	200 gCO_2/t.km
	Circuit court	541 M€	70 €/tonne	0.15 €/t.km	510 $ktCO_2$	66 $kgCO_2$/tonne	146 gCO_2/t.km
	Circuit long	378 M€	49 €/tonne	0.11 €/t.km	380 $ktCO_2$	49 $kgCO_2$/tonne	108 gCO_2/t.km

Tableau 85 : Coûts et émissions logistiques des produits non alimentaires en amont de la chaîne

Circuit de livraison	Coûts économiques		Emissions de CO_2	
	Coûts économiques d'une charge totale de 7.77 Mt	Coûts économiques (en €/tonne)	Emissions de CO_2 d'une charge totale de 7.77 Mt	Emissions CO_2 (en $kgCO_2$/tonne)
Circuit direct	277 M€	36 €/tonne	50 $ktCO_2$	6 $kgCO_2$/tonne
Circuit court	348 M€	45 €/tonne	75 $ktCO_2$	10 $kgCO_2$/tonne
Circuit long	367 M€	47 €/tonne	76 $ktCO_2$	10 $kgCO_2$/tonne

Tableau 86 : Coûts et émissions de livraison (transport et logistique) des produits non alimentaires en amont

Taille de surface de vente	*Type de circuit de livraison*	Coûts économiques				Emissions de CO_2			
		Coût d'une charge totale de 7.77Mt	Coût par tonne	Coût par t.km	Coût par kg	Emissions de charge de 7.77Mt	Emissions de CO_2 par tonne	Emissions par tonne.km	Emissions de CO_2 par kg
Grande surface	*Circuit direct*	630 M€	81 €/tonne	0.18 €/t.km	0.08€/kg	361 $ktCO_2$	46 $kgCO_2$/tonne	103 gCO_2/t.km	46 gCO_2/kg
	Circuit court	584 M€	75 €/tonne	0.17 €/t.km	0.08€/kg	342 $ktCO_2$	44 $kgCO_2$/tonne	98 gCO_2/t.km	44 gCO_2/kg
	Circuit long	598 M€	77 €/tonne	0.17 €/t.km	0.08 €/kg	339 $ktCO_2$	44 $kgCO_2$/tonne	97 gCO_2/t.km	44 gCO_2/kg
Moyenne surface	*Circuit direct*	905 M€	117 €/tonne	0.26 €/t.km	0.12€/kg	585 $ktCO_2$	75 $kgCO_2$/tonne	167 gCO_2/t.km	75 gCO_2/kg
	Circuit court	780 M€	101 €/tonne	0.22 €/t.km	0.10 €/kg	487 $ktCO_2$	63 $kgCO_2$/tonne	139 gCO_2/t.km	63 gCO_2/kg
	Circuit long	696 M€	89 €/tonne	0.20 €/t.km	0.09€/kg	409 $ktCO_2$	53 $kgCO_2$/tonne	117 gCO_2/t.km	53 gCO_2/kg
Petite surface	*Circuit direct*	1088 M€	140 €/tonne	0.31 €/t.km	0.14€/kg	750 $ktCO_2$	96 $kgCO_2$/tonne	214 gCO_2/t.km	96 gCO_2/kg
	Circuit court	889 M€	115 €/tonne	0.25 €/t.km	0.12 €/kg	585 $ktCO_2$	76 $kgCO_2$/tonne	167 gCO_2/t.km	76 gCO_2/kg
	Circuit long	745 M€	96 €/tonne	0.21 €/t.km	0.10€/kg	456 $ktCO_2$	59 $kgCO_2$/tonne	130 gCO_2/t.km	59 gCO_2/kg

2. Coûts et émissions de livraison des produits non réfrigérés en amont

Tableau 87 : Coûts et émissions de transport des produits alimentaires non réfrigérés en amont de la chaîne

Les 5 modes de distribution	*Les 21 types de chaînes de distribution*	**Coûts économiques**			**Emissions de CO_2**		
		Coût d'une charge totale de 19.24 Mt	Coût par tonne (en €/tonne)	Coût par t.km (en €/t.km)	Emissions d'une charge de 19.24Mt	Emissions par tonne (en $kgCO_2$/tonne)	Emissions par t.km (en gCO_2/t.km)
Grande surface	*Circuit direct*	983 M€	51 €/tonne	0.11 €/t.km	890 $ktCO_2$	46 $kgCO_2$/tonne	103 gCO_2/t.km
	Circuit court	678 M€	35 €/tonne	0.08 €/t.km	771 $ktCO_2$	40 $kgCO_2$/tonne	89 gCO_2/t.km
	Circuit long	666 M€	35 €/tonne	0.08 €/t.km	760 $ktCO_2$	40 $kgCO_2$/tonne	88 gCO_2/t.km
Moyenne surface	*Circuit direct*	1755 M€	91 €/tonne	0.20 €/t.km	1505 $ktCO_2$	78 $kgCO_2$/tonne	174 gCO_2/t.km
	Circuit court	1239 M€	65 €/tonne	0.14 €/t.km	1182 $ktCO_2$	62 $kgCO_2$/tonne	137 gCO_2/t.km
	Circuit long	947 M€	49 €/tonne	0.11 €/t.km	962 $ktCO_2$	50 $kgCO_2$/tonne	111 gCO_2/t.km
Petite surface	*Circuit direct*	2266 M€	118 €/tonne	0.26 €/t.km	1970 $ktCO_2$	103 $kgCO_2$/tonne	228 gCO_2/t.km
	Circuit court	1549 M€	81 €/tonne	0.18 €/t.km	1459 $ktCO_2$	76 $kgCO_2$/tonne	169 gCO_2/t.km
	Circuit long	1088 M€	57 €/tonne	0.13 €/t.km	1090 $ktCO_2$	57 $kgCO_2$/tonne	126 gCO_2/t.km

Tableau 88 : Coûts et émissions logistiques des produits alimentaires non réfrigérés en amont de la chaîne

Circuit de livraison	**Coûts économiques**		**Emissions de CO_2**	
	Coûts économiques d'une charge totale de 19.24 Mt	Coûts économiques (en €/tonne)	Emissions de CO_2 d'une charge totale de 19.24 Mt	Emissions CO_2 (en $kgCO_2$/tonne)
Circuit direct	869 M€	45 €/tonne	77 $ktCO_2$	4 $kgCO_2$/tonne
Circuit court	1026 M€	53 €/tonne	102 $ktCO_2$	5 $kgCO_2$/tonne
Circuit long	1092 k€	57 €/tonne	104 $ktCO_2$	5 $kgCO_2$/tonne

Tableau 89 : Coûts et émissions de livraison (de transport et logistique) des produits non réfrigérés en amont

Taille de surface de vente	*Type de circuit de livraison*	**Coûts économiques**				**Emissions de CO_2**			
		Coût d'une charge de 19.24Mt	Coût par tonne	Coût par t.km	Coût par kg	Emissions d'une charge de 19.24Mt	Emissions de CO_2 par tonne	Emissions par tonne.km	Emissions de CO_2 par kg
Grande surface	*Circuit direct*	1852 M€	96 €/tonne	0.21 €/t.km	0.10 €/kg	967 $ktCO_2$	50$kgCO_2$/tonne	112 gCO_2/t.km	50 gCO_2/kg
	Circuit court	1704 M€	88 €/tonne	0.20 €/t.km	0.09 €/kg	873 $ktCO_2$	45$kgCO_2$/tonne	101 gCO_2/t.km	45 gCO_2/kg
	Circuit long	1758 M€	92 €/tonne	0.20 €/t.km	0.09 €/kg	864 $ktCO_2$	45$kgCO_2$/tonne	100 gCO_2/t.km	45 gCO_2/kg
Moyenne surface	*Circuit direct*	2624 M€	136 €/tonne	0.30 €/t.km	0.14 €/kg	1582 $ktCO_2$	82$kgCO_2$/tonne	183 gCO_2/t.km	82 gCO_2/kg
	Circuit court	2265 M€	118 €/tonne	0.26 €/t.km	0.12 €/kg	1284 $ktCO_2$	67$kgCO_2$/tonne	149 gCO_2/t.km	67 gCO_2/kg
	Circuit long	2039 M€	106 €/tonne	0.24 €/t.km	0.11 €/kg	1066 $ktCO_2$	55$kgCO_2$/tonne	123 gCO_2/t.km	55 gCO_2/kg
Petite surface	*Circuit direct*	3135 M€	163 €/tonne	0.36 €/t.km	0.17 €/kg	2047 $ktCO_2$	107$kgCO_2$/tonne	237 gCO_2/t.km	107 gCO_2/kg
	Circuit court	2575 M€	134 €/tonne	0.30 €/t.km	0.13 €/kg	1561 $ktCO_2$	81$kgCO_2$/tonne	181 gCO_2/t.km	81 gCO_2/kg
	Circuit long	2180 M€	114 €/tonne	0.25 €/t.km	0.11 €/kg	1194 $ktCO_2$	62$kgCO_2$/tonne	138 gCO_2/t.km	62 gCO_2/kg

3. Coûts et émissions de livraison des produits alimentaires frais en amont

Tableau 90 : Coûts et émissions de transport des produits frais en amont de la chaîne

Les 5 modes de distribution	*Les 21 types de chaînes de distribution*	**Coûts économiques**			**Emissions de CO_2**		
		Coût d'une charge totale de 7.77 Mt	Coût par tonne (en €/tonne)	Coût par t.km (en €/t.km)	Emissions d'une charge de 7.77Mt	Emissions par tonne (en $kgCO_2$/tonne)	Emissions par t.km (en gCO_2/t.km)
Grande surface	*Circuit direct*	528 M€	68 €/tonne	0.15 €/t.km	542 $ktCO_2$	70 $kgCO_2$/tonne	155 gCO_2/t.km
	Circuit court	384 M€	49 €/tonne	0.11 €/t.km	473 $ktCO_2$	61 $kgCO_2$/tonne	135 gCO_2/t.km
	Circuit long	380 M€	49 €/tonne	0.11 €/t.km	468 $ktCO_2$	60 $kgCO_2$/tonne	134 gCO_2/t.km
Moyenne surface	*Circuit direct*	932 M€	120 €/tonne	0.27 €/t.km	888 $ktCO_2$	114 $kgCO_2$/tonne	254 gCO_2/t.km
	Circuit court	692 M€	89 €/tonne	0.20 €/t.km	724 $ktCO_2$	93 $kgCO_2$/tonne	207 gCO_2/t.km
	Circuit long	534 M€	69 €/tonne	0.15 €/t.km	593 $ktCO_2$	76 $kgCO_2$/tonne	169 gCO_2/t.km
Petite surface	*Circuit direct*	1205 M€	155 €/tonne	0.34 €/t.km	1165 $ktCO_2$	150 $kgCO_2$/tonne	333 gCO_2/t.km
	Circuit court	861 M€	111 €/tonne	0.25 €/t.km	895 $ktCO_2$	115 $kgCO_2$/tonne	256 gCO_2/t.km
	Circuit long	611 M€	79 €/tonne	0.17 €/t.km	673 $ktCO_2$	87 $kgCO_2$/tonne	193 gCO_2/t.km

Tableau 91 : Coûts et émissions logistiques des produits frais en amont de la chaîne

Circuit de livraison	**Coûts économiques**		**Emissions de CO_2**	
	Coûts économiques d'une charge totale de 7.77 Mt	Coûts économiques (en €/tonne)	Emissions de CO_2 d'une charge totale de 7.77 Mt	Emissions CO_2 (en $kgCO_2$/tonne)
Circuit direct	580 M€	75 €/tonne	104 $ktCO_2$	13 $kgCO_2$/tonne
Circuit court	614 M€	79 €/tonne	119 $ktCO_2$	15 $kgCO_2$/tonne
Circuit long	661 k€	85 €/tonne	126 $ktCO_2$	16 $kgCO_2$/tonne

Tableau 92 : Coûts et émissions de livraison (de transport et logistique) des produits frais en amont

Taille de surface de vente	*Type de circuit de livraison*	**Coûts économiques**				**Emissions de CO_2**			
		Coût d'une charge de 7.77Mt	Coût par tonne	Coût par t.km	Coût par kg	Emissions d'une charge de 7.77Mt	Emissions de CO_2 par tonne	Emissions par tonne.km	Emissions de CO_2 par kg
Grande surface	*Circuit direct*	1108 M€	143 €/tonne	0.32 €/t.km	0.14€/kg	646 $ktCO_2$	83 $kgCO_2$/tonne	185 gCO_2/t.km	83 gCO_2/kg
	Circuit court	998 M€	128 €/tonne	0.29 €/t.km	0.13€/k	592 $ktCO_2$	76 $kgCO_2$/tonne	169 gCO_2/t.km	76 gCO_2/kg
	Circuit long	1041 M€	134 €/tonne	0.30 €/t.km	0.13 €/kg	594 $ktCO_2$	76 $kgCO_2$/tonne	170 gCO_2/t.km	76 gCO_2/kg
Moyenne surface	*Circuit direct*	1512 M€	195 €/tonne	0.43 €/t.km	0.20€/kg	992 $ktCO_2$	127$kgCO_2$/tonne	284 gCO_2/t.km	127 gCO_2/kg
	Circuit court	1306 M€	168 €/tonne	0.37 €/t.km	0.17€/kg	843 $ktCO_2$	108$kgCO_2$/tonne	241 gCO_2/t.km	108 gCO_2/kg
	Circuit long	1195 M€	154 €/tonne	0.34 €/t.km	0.15€/kg	719 $ktCO_2$	92 $kgCO_2$/tonne	206 gCO_2/t.km	92 gCO_2/kg
Petite surface	*Circuit direct*	1785 M€	230 €/tonne	0.51 €/t.km	0.23€/kg	1269 $ktCO_2$	163$kgCO_2$/tonne	363 gCO_2/t.km	163 gCO_2/kg
	Circuit court	1475 M€	190 €/tonne	0.42 €/t.km	0.19€/kg	1014 $ktCO_2$	130$kgCO_2$/tonne	290 gCO_2/t.km	130 gCO_2/kg
	Circuit long	1272 M€	164 €/tonne	0.36 €/t.km	0.16€/kg	799 $ktCO_2$	103$kgCO_2$/tonne	229 gCO_2/t.km	103 gCO_2/kg

4. Coûts et émissions de livraison des produits alimentaires surgelés en amont

Tableau 93 : Coûts et émissions de transport des produits surgelés en amont de la chaîne

Les 5 modes de distribution	*Les 21 types de chaînes de distribution*	**Coûts économiques**			**Emissions de CO_2**		
		Coût d'une charge totale de 2.22 Mt	Coût par tonne (en €/tonne)	Coût par t.km (en €/t.km)	Emissions d'une charge de 2.22Mt	Emissions par tonne (en $kgCO_2$/tonne)	Emissions par t.km (en gCO_2/t.km)
Grande surface	*Circuit direct*	129 M€	58 €/tonne	0.13 €/t.km	133 $ktCO_2$	59 $kgCO_2$/tonne	132 gCO_2/t.km
	Circuit court	92 M€	41 €/tonne	0.09 €/t.km	116 $ktCO_2$	52 $kgCO_2$/tonne	116 gCO_2/t.km
	Circuit long	91 M€	41 €/tonne	0.09 €/t.km	115 $ktCO_2$	52 $kgCO_2$/tonne	115 gCO_2/t.km
Moyenne surface	*Circuit direct*	231 M€	103 €/tonne	0.23 €/t.km	225 $ktCO_2$	101 $kgCO_2$/tonne	224 gCO_2/t.km
	Circuit court	167 M€	75 €/tonne	0.17 €/t.km	180 $ktCO_2$	81 $kgCO_2$/tonne	179 gCO_2/t.km
	Circuit long	128 M€	57 €/tonne	0.13 €/t.km	147 $ktCO_2$	66 $kgCO_2$/tonne	146 gCO_2/t.km
Petite surface	*Circuit direct*	299 M€	134 €/tonne	0.30 €/t.km	296 $ktCO_2$	133 $kgCO_2$/tonne	295 gCO_2/t.km
	Circuit court	207 M€	93 €/tonne	0.21 €/t.km	225 $ktCO_2$	100 $kgCO_2$/tonne	223 gCO_2/t.km
	Circuit long	147 M€	66 €/tonne	0.15 €/t.km	167 $ktCO_2$	75 $kgCO_2$/tonne	166 gCO_2/t.km

Tableau 94 : Coûts et émissions logistiques des produits surgelés en amont de la chaîne

Circuit de livraison	**Coûts économiques**		**Emissions de CO_2**	
	Coûts économiques d'une charge totale de 2.22 Mt	Coûts économiques (en €/tonne)	Emissions de CO_2 d'une charge totale de 2.22 Mt	Emissions CO_2 (en $kgCO_2$/tonne)
Circuit direct	178 M€	80 €/tonne	82 $ktCO_2$	37 $kgCO_2$/tonne
Circuit court	234 M€	105 €/tonne	123 $ktCO_2$	56 $kgCO_2$/tonne
Circuit long	247 M€	111 €/tonne	126 $ktCO_2$	57 $kgCO_2$/tonne

Tableau 95 : Coûts et émissions de livraison (de transport et logistique) des produits surgelés en amont

Taille de surface de vente	*Type de circuit de livraison*	**Coûts économiques**				**Emissions de CO_2**			
		Coût d'une charge de 2.22Mt	Coût par tonne	Coût par t.km	Coût par kg	Emissions d'une charge de 2.22Mt	Emissions de CO_2 par tonne	Emissions par tonne.km	Emissions de CO_2 par kg
Grande surface	*Circuit direct*	307 M€	138 €/tonne	0.31 €/t.km	0.14 €/kg	215 $ktCO_2$	96 $kgCO_2$/tonne	214 gCO_2/t.km	214 gCO_2/kg
	Circuit court	326 M€	146 €/tonne	0.33 €/t.km	0.15 €/kg	239 $ktCO_2$	108$kgCO_2$/tonne	239 gCO_2/t.km	239 gCO_2/kg
	Circuit long	338 M€	152 €/tonne	0.34 €/t.km	0.15 €/kg	241 $ktCO_2$	109$kgCO_2$/tonne	241 gCO_2/t.km	241 gCO_2/kg
Moyenne surface	*Circuit direct*	409 M€	183 €/tonne	0.41 €/t.km	0.18 €/kg	307 $ktCO_2$	138$kgCO_2$/tonne	306 gCO_2/t.km	306 gCO_2/kg
	Circuit court	401 M€	180 €/tonne	0.40 €/t.km	0.18 €/kg	303 $ktCO_2$	137$kgCO_2$/tonne	303 gCO_2/t.km	303 gCO_2/kg
	Circuit long	375 M€	168 €/tonne	0.37 €/t.km	0.17 €/kg	273 $ktCO_2$	123$kgCO_2$/tonne	272 gCO_2/t.km	272 gCO_2/kg
Petite surface	*Circuit direct*	477 M€	214 €/tonne	0.47 €/t.km	0.21 €/kg	378 $ktCO_2$	170$kgCO_2$/tonne	377 gCO_2/t.km	377 gCO_2/kg
	Circuit court	441 M€	198 €/tonne	0.44 €/t.km	0.20 €/kg	348 $ktCO_2$	156$kgCO_2$/tonne	346 gCO_2/t.km	346 gCO_2/kg
	Circuit long	394 M€	177 €/tonne	0.39 €/t.km	0.18 €/kg	293 $ktCO_2$	132$kgCO_2$/tonne	293 gCO_2/t.km	293 gCO_2/kg

Partie 2. Coûts et émissions de livraison de la charge totale en amont

Tableau 96 : Coûts et émissions de transport de la charge totale en amont de la chaîne de distribution[367]

Les 5 modes de distribution	*Type de circuit de livraison*	Coûts économiques			Emissions de CO_2		
		Coût de la charge totale de 37 Mt	Coût par tonne (en €/tonne)	Coût par t.km (en €/t.km)	Emissions de la charge totale de 37Mt	Emissions par tonne (en $kgCO_2/t$)	Emissions par t.km (en $gCO_2/t.km$)
Grande surface	*Circuit direct*	1993 M€	54 €/tonne	0.12 €/t.km	1876 $ktCO_2$	51 $kgCO_2$/tonne	113 gCO_2/t.km
	Circuit court	1390 M€	38 €/tonne	0.08 €/t.km	1628 $ktCO_2$	44 $kgCO_2$/tonne	98 gCO_2/t.km
	Circuit long	1368 M€	37 €/tonne	0.08 €/t.km	1606 $ktCO_2$	43 $kgCO_2$/tonne	96 gCO_2/t.km
Moyenne surface	*Circuit direct*	3546 M€	96 €/tonne	0.21 €/t.km	3153 $ktCO_2$	85 $kgCO_2$/tonne	189 gCO_2/t.km
	Circuit court	2530 M€	68 €/tonne	0.15 €/t.km	2498 $ktCO_2$	68 $kgCO_2$/tonne	150 gCO_2/t.km
	Circuit long	1938 M€	52 €/tonne	0.12 €/t.km	2035 $ktCO_2$	55 $kgCO_2$/tonne	122 gCO_2/t.km
Petite surface	*Circuit direct*	4581 M€	124 €/tonne	0.28 €/t.km	4131 $ktCO_2$	112 $kgCO_2$/tonne	248 gCO_2/t.km
	Circuit court	3158 M€	85 €/tonne	0.19 €/t.km	3088 $ktCO_2$	83 $kgCO_2$/tonne	185 gCO_2/t.km
	Circuit long	2224 M€	60 €/tonne	0.13 €/t.km	2309 $ktCO_2$	62 $kgCO_2$/tonne	139 gCO_2/t.km

Source : Auteur (cf. Tableau 37)

Tableau 97 : Coûts et émissions logistiques de la charge totale en amont de la chaîne de distribution

Circuit de livraison	Coûts économiques		Emissions de CO_2	
	Coûts économiques d'une charge totale de 37Mt	Coûts économiques (en €/tonne)	Emissions CO_2 d'une charge totale de 37Mt	Emissions CO_2 (en $kgCO_2$/tonne)
Circuit direct	1904 M€	51 €/tonne	313 $ktCO_2$	8 $kgCO_2$/tonne
Circuit court	2222 M€	60 €/tonne	419 $ktCO_2$	11 $kgCO_2$/tonne
Circuit long	2367 M€	64 €/tonne	432 $ktCO_2$	12 $kgCO_2$/tonne

Source : Auteur (cf. Tableau 38)

Tableau 98 : Coûts et émissions de livraison (de transport et logistique) de la charge totale en amont

Taille de surface de vente	*Type de circuit de livraison*	Coûts économiques				Emissions de CO_2			
		Coût d'une charge de 37Mt	Coût par tonne	Coût par t.km	Coût par kg	Emissions d'une charge de 37Mt	Emissions de CO_2 par tonne	Emissions par tonne.km	Emissions de CO_2 par kg
Grande surface	*Circuit direct*	3897 M€	105 €/tonne	0.23 €/t.km	0.11 €/kg	2189 $ktCO_2$	59 $kgCO_2$/tonne	131 gCO_2/t.km	59 gCO_2/kg
	Circuit court	3612 M€	98 €/tonne	0.22 €/t.km	0.10 €/kg	2047 $ktCO_2$	55 $kgCO_2$/tonne	123 gCO_2/t.km	55 gCO_2/kg
	Circuit long	3734 M€	101 €/tonne	0.22 €/t.km	0.10 €/kg	2038 $ktCO_2$	55 $kgCO_2$/tonne	122 gCO_2/t.km	55 gCO_2/kg
Moyenne surface	*Circuit direct*	5450 M€	147 €/tonne	0.33 €/t.km	0.15 €/kg	3466 $ktCO_2$	94 $kgCO_2$/tonne	208 gCO_2/t.km	94 gCO_2/kg
	Circuit court	4752 M€	128 €/tonne	0.29 €/t.km	0.13 €/kg	2917 $ktCO_2$	79 $kgCO_2$/tonne	175 gCO_2/t.km	79 gCO_2/kg
	Circuit long	4304 M€	116 €/tonne	0.26 €/t.km	0.12 €/kg	2467 $ktCO_2$	67 $kgCO_2$/tonne	148 gCO_2/t.km	67 gCO_2/kg
Petite surface	*Circuit direct*	6485 M€	175 €/tonne	0.39 €/t.km	0.18 €/kg	4444 $ktCO_2$	120$kgCO_2$/tonne	267 gCO_2/t.km	120gCO_2/kg
	Circuit court	5380 M€	145 €/tonne	0.32 €/t.km	0.15 €/kg	3507 $ktCO_2$	95 $kgCO_2$/tonne	211 gCO_2/t.km	95 gCO_2/kg
	Circuit long	4591 M€	124 €/tonne	0.28 €/t.km	0.13 €/kg	2741 $ktCO_2$	74 $kgCO_2$/tonne	165 gCO_2/t.km	74 gCO_2/kg

Source : Auteur (cf. Tableau 39)

[367] *Ces résultats de l'amont correspondent à une distance moyenne de 450 km et une charge totale de 37 Mt de marchandise distribuée annuellement en grande distribution alimentaire, dont 21% des produits non alimentaires (7.77Mt), 52% de produits alimentaires non réfrigérés (19.24Mt), 21% de frais (7.77Mt) et 6% de surgelés (2.22 Mt) (comme détaillé dans l'annexe 3.1 par famille des produits).*

Partie 3. Coûts et émissions de livraison par caddie en amont

Dans la 1ère section du 4ème chapitre de la thèse (et aussi dans l'annexe 3) nous avons détaillé les résultats (des coûts et émissions) en amont de la chaîne de distribution pour toute la charge totale (37 Mt) et aussi par tonne de marchandise (ou par kg de marchandise), mais nous n'avons pas présenté les résultats en amont par caddie d'achat, comme c'est le cas en aval (dans la 2ème section du 4ème chapitre)[368]. La suite de cette partie de l'annexe 3 permet d'avoir une idée sur ces coûts et émissions de livraison des surfaces de vente «par caddie» en amont de la chaîne :

Tableau 99 : Emissions de CO_2 et coûts de transport « par caddie » en amont de la chaîne de distribution[369]

Alternative de vente	*Taille de surface de vente livrée*	Coûts économiques par caddie			Emissions de CO_2 par caddie		
		Circuit direct	Circuit court	Circuit long	Circuit direct	Circuit court	Circuit long
Vente classique	*Grande surface*	1.62 €	1.14 €	1.11 €	1530 gCO_2	1320 gCO_2	1290 gCO_2/kg
	Moyenne surface	1.44 €	1.02 €	0.78 €	1275 gCO_2	1020 gCO_2	825 gCO_2
	Petite surface	0.62 €	0.43 €	0.30 €	560 gCO_2	415 gCO_2	310 gCO_2
Mode Drive	*Grande surface*	1.89 €	1.33 €	1.30 €	1785 gCO_2	1540 gCO_2	1505 gCO_2
	Moyenne surface	3.36 €	2.38 €	1.82 €	2975 gCO_2	2380 gCO_2	1925 gCO_2
Point relais	*Grande surface*	2.65 €	1.87 €	1.82 €	2499 gCO_2	2156 gCO_2	2107 gCO_2
	Moyenne surface	4.71 €	3.34 €	2.55 €	4165 gCO_2	3332 gCO_2	2695 gCO_2
Livraison à domicile après une commande à distance	*Grande surface*	2.22 €	1.56 €	1.52 €	2091 gCO_2	1804 gCO_2	1763 gCO_2
	Moyenne surface	3.94 €	2.79 €	1.14 €	3485 gCO_2	2788 gCO_2	2255 gCO_2
	Petite surface	5.09 €	3.49 €	2.46 €	4592 gCO_2	3403 gCO_2	2542 gCO_2

[368] Cela est lié aux caractéristiques différentes de deux fragments (amont et aval) de la chaîne : En amont, les coûts et les émissions de livraison sont les mêmes vers un hypermarché, que ce soit un hypermarché classique ou de vente à distance avec picking en magasin. De même les coûts et les émissions de livraison d'une moyenne surface sont approximativement les mêmes, que ce soit vers un supermarché ou un entrepôt Drive. En effet, le poids d'un caddie est un paramètre qui intervient seulement en aval, c'est pourquoi nous n'avons pas présenté nos résultats «par caddie» en amont.

[369] Pour les grandes surfaces, les coûts de transport en circuit direct sont évalués à 0.054 €/tonne, contre 0.038 €/tonne en circuit court et 0.037 €/kg en circuit long ; et les émissions de transport en circuit direct sont 51 gCO_2/kg, contre 44 gCO_2/kg en circuit court et 43 gCO_2/kg en circuit long. Pour les moyennes surfaces, les coûts de transport en circuit direct sont évalués à 0.096 €/kg, contre 0.068 €/kg en circuit court et 0.052 €/kg en circuit long ; et les émissions de transport en circuit direct sont estimées à 85 gCO_2/kg, contre 68 gCO_2/kg en circuit court et 55 gCO_2/kg en circuit long. Pour les petites surfaces, les coûts de transport en circuit direct sont évalués à 0.124 €/kg, contre 0.085€/kg en circuit court et 0.060 €/kg en circuit long ; et les émissions de transport en circuit direct sont estimées à 112gCO_2/kg, contre 83gCO_2/kg en circuit court et 62gCO_2/kg en circuit long (cf. Tableau 37/96). A rappeler que le poids moyen d'un caddie est estimé dans la vente classique à 30 kg en hypermarché, 15kg en supermarché et 5kg en supérette ; tandis que le poids moyen d'une commande dans la vente à distance est estimé à 35 kg en Drive, contre 49 kg en point relais et 41 kg en livraison à domicile.

Tableau 100 : Coûts et émissions logistiques « par caddie » en amont de la chaîne de distribution[370]

Alternative de vente		Poids caddie	Coûts économiques par caddie			Emissions de CO_2 par caddie		
			Circuit direct	Circuit court	Circuit long	Circuit direct	Circuit court	Circuit long
Vente classique	Hypermarché	30 kg	1.53 €	1.80 €	1.92 €	240 gCO_2	330 gCO_2	360 gCO_2
	Supermarché	15 kg	0.77 €	0.90 €	0.96 €	120 gCO_2	165 gCO_2	180 gCO_2
	Supérette	5 kg	0.26 €	0.30 €	0.32 €	40 gCO_2	55 gCO_2	60 gCO_2
Vente à distance	Drive	35 kg	1.79 €	2.10 €	2.24 €	280 gCO_2	385 gCO_2	420 gCO_2
	Point relais	49 kg	2.50 €	2.94 €	3.14 €	328 gCO_2	539 gCO_2	588 gCO_2
	Livraison à domicile	41 kg	2.10 €	2.46 €	2.62 €	392 gCO_2	451 gCO_2	492 gCO_2

Tableau 101 : Coûts et émissions de livraison (de transport et logistique) « par caddie » en amont[371]

Alternative de vente	*Taille de surface de vente livrée*	Coûts économiques par caddie			Emissions de CO_2 par caddie		
		Circuit direct	Circuit court	Circuit long	Circuit direct	Circuit court	Circuit long
Vente classique	*Grande surface*	3.15 €	2.94 €	3.00 €	1770 gCO_2	1650 gCO_2	1650 gCO_2
	Moyenne surface	2.21 €	1.92 €	1.74 €	1395 gCO_2	1185 gCO_2	1005 gCO_2
	Petite surface	0.88 €	0.73 €	0.62 €	600 gCO_2	470 gCO_2	370 gCO_2
Mode Drive	*Grande surface*	3.68 €	3.43 €	3.54 €	2065 gCO_2	1925 gCO_2	1925 gCO_2
	Moyenne surface	5.15 €	4.48 €	4.06 €	3255 gCO_2	2765 gCO_2	2345 gCO_2
Point relais	*Grande surface*	5.15 €	4.81 €	4.96 €	2827 gCO_2	2695 gCO_2	2695 gCO_2
	Moyenne surface	7.21 €	6.28 €	5.69 €	4493 gCO_2	3871 gCO_2	3283 gCO_2
Livraison à domicile après une commande à distance	*Grande surface*	4.32 €	4.02 €	4.14 €	2483 gCO_2	2255 gCO_2	2255 gCO_2
	Moyenne surface	6.04 €	5.25 €	3.76 €	3877 gCO_2	3239 gCO_2	2747 gCO_2
	Petite surface	7.19 €	5.95 €	5.08 €	4984 gCO_2	3854 gCO_2	3034 gCO_2

[370] En amont de la chaîne de distribution, les coûts logistiques en circuit direct sont évalués à 0.051 €/kg, contre 0.060 €/kg en circuit court et 0.064 €/kg en circuit long. En outre, les émissions logistiques en circuit direct sont estimées à 8 gCO_2/kg, contre 11 gCO_2/kg en circuit court et 12 gCO_2/kg en circuit long (cf. Tableau 38/97).

[371] Dans la vente classique, le poids moyen d'un caddie est estimé à 30 kg en hypermarché, 15kg en supermarché et 5kg en supérette ; tandis que dans la vente à distance, le poids moyen d'une commande est estimé à 35 kg en Drive, contre 49 kg en point relais et 41 kg en livraison à domicile. Pour les grandes surfaces, le coût total (de transport et de logistique) en circuit direct est évalué à 0.11 €/kg, contre 0.10 €/kg en circuit court et 0.10 €/kg en circuit long ; et les émissions totales (de transport et de logistique) en circuit direct sont estimées à 59 gCO_2/kg, contre 55 gCO_2/kg en circuit court et 55 gCO_2/kg en circuit long. Pour les moyennes surfaces, le coût total en circuit direct est évalué à 0.15 €/kg, contre 0.13 €/kg en circuit court et 0.12 €/kg en circuit long ; et les émissions totales en circuit direct sont estimées à 94 gCO_2/kg, contre 79 gCO_2/kg en circuit court et 67 gCO_2/kg en circuit long. Pour les petites surfaces, le coût total en circuit direct est évalué à 0.18 €/kg, contre 0.15 €/kg en circuit court et 0.13 €/kg en circuit long ; et les émissions totales en circuit direct sont 120gCO_2/kg, contre 95 gCO_2/kg en circuit court et 74 gCO_2/kg en circuit long (cf. Tableau39/98).

Partie 4. Coûts et émissions des modes de distribution en aval

Les coûts et les émissions en aval de la chaîne de distribution (cf. tableau 105-109) sont exprimés dans cette partie «par kg de marchandise » et pour la « charge totale » correspondent à 37 millions tonnes (37 Mt) de produits distribués annuellement par les grands distributeurs alimentaires en France, dont 21% des produits non alimentaires, 52% de produits alimentaires non réfrigérés, 21% de produits alimentaires frais et 6% de produits surgelés.

Tableau 102 : Coûts et émissions de transport en aval de la chaîne de distribution

Les 5 modes de distribution	*Les 21 types de chaînes de distribution*	**Coûts économiques**		**Emissions de CO_2**	
		Coût de la charge totale	Coût par kg d'achat	Emissions de la charge totale	Emissions par kg d'achat
Vente classique	*Hypermarché classique*	6031 M€	0.16 €	3230 $ktCO_2$	87 gCO_2
	Supermarché classique	4325 M€	0.12 €	1597 $ktCO_2$	43 gCO_2
	Supérette classique	3200 M€	0.09 €	445 $ktCO_2$	12 gCO_2
Mode Drive	*Entrepôt Drive*	5924 M€	0.16 €	3174 $ktCO_2$	86 gCO_2
	Hypermarché avec picking	5170 M€	0.14 €	2769 $ktCO_2$	75 gCO_2
	Supermarché avec picking	1853 M€	0.05 €	684 $ktCO_2$	18 gCO_2
Point relais	*Entrepôt non mutualisé*	2044 M€	0.06 €	246 $ktCO_2$	07 gCO_2
	Entrepôt mutualisé	1615 M€	0.04 €	196 $ktCO_2$	05 gCO_2
	Hypermarché non mutualisé	2051 M€	0.06 €	247 $ktCO_2$	07 gCO_2
	Hypermarché mutualisé	1620 M€	0.04 €	197 $ktCO_2$	05 gCO_2
	Supermarché non mutualisé	1135 M€	0.03 €	140 $ktCO_2$	04 gCO_2
	Supermarché mutualisé	911 M€	0.02 €	114 $ktCO_2$	03 gCO_2
Livraison à domicile après déplacement du client au magasin	*Hypermarché classique*	10588 M€	0.29 €	3156 $ktCO_2$	85 gCO_2
	Supermarché classique	4799 M€	0.13 €	997 $ktCO_2$	27 gCO_2
Livraison à domicile après une commande à distance	*Entrepôt non mutualisé*	4221 M€	0.11 €	542 $ktCO_2$	15 gCO_2
	Entrepôt mutualisé	2927 M€	0.08 €	376 $ktCO_2$	10 gCO_2
	Hypermarché non mutualisé	3962 M€	0.11 €	508 $ktCO_2$	14 gCO_2
	Hypermarché mutualisé	2874 M€	0.08 €	369 $ktCO_2$	10 gCO_2
	Supermarché non mutualisé	2003 M€	0.05 €	257 $ktCO_2$	07 gCO_2
	Supermarché mutualisé	1387 M€	0.04 €	178 $ktCO_2$	05 gCO_2
	Supérette non mutualisée	988 M€	0.03 €	127 $ktCO_2$	03 gCO_2

Source : Auteur (cf. Tableau 52)

Tableau 103 : Coûts et émissions logistiques en aval de la chaîne de distribution

Les 5 modes de distribution	*Les 21 types de chaînes de distribution*	**Coûts économiques**		**Emissions de CO_2**	
		Coût de la charge totale	Coût par kg d'achat	Emissions de la charge totale	Emissions par kg d'achat
Vente classique	*Hypermarché classique*	13085 M€	0.35 €/kg	344 $ktCO_2$	9 gCO_2
	Supermarché classique	19521 M€	0.53 €/kg	575 $ktCO_2$	16 gCO_2
	Supérette classique	30783 M€	0.83 €/kg	1061 $ktCO_2$	29 gCO_2
Mode Drive	*Entrepôt Drive*	16394 M€	0.44 €/kg	545 $ktCO_2$	15 gCO_2
	Hypermarché avec picking	12367 M€	0.33 €/kg	223 $ktCO_2$	6 gCO_2
	Supermarché avec picking	15901 M€	0.43 €/kg	506 $ktCO_2$	14 gCO_2
Point relais	*Entrepôt non mutualisé*	17200 M€	0.46 €/kg	678 $ktCO_2$	18 gCO_2
	Entrepôt mutualisé	17489 M€	0.47 €/kg	711 $ktCO_2$	19 gCO_2
	Hypermarché non mutualisé	13173 M€	0.35 €/kg	355 $ktCO_2$	9 gCO_2
	Hypermarché mutualisé	13463 M€	0.36 €/kg	388 $ktCO_2$	10 gCO_2
	Supermarché non mutualisé	16707 M€	0.45 €/kg	639 $ktCO_2$	17 gCO_2
	Supermarché mutualisé	16997 M€	0.46 €/kg	672 $ktCO_2$	18 gCO_2
Livraison à domicile après déplacement du client au magasin	*Hypermarché classique*	13085 M€	0.35 €/kg	344 $ktCO_2$	9 gCO_2
	Supermarché classique	19521 M€	0.53 €/kg	575 $ktCO_2$	16 gCO_2
Livraison à domicile après une commande à distance	*Entrepôt non mutualisé*	16063 M€	0.43 €/kg	545 $ktCO_2$	15 gCO_2
	Entrepôt mutualisé	16353 M€	0.44 €/kg	578 $ktCO_2$	16 gCO_2
	Hypermarché non mutualisé	12037 M€	0.32 €/kg	223 $ktCO_2$	6 gCO_2
	Hypermarché mutualisé	12326 M€	0.33 €/kg	256 $ktCO_2$	7 gCO_2
	Supermarché non mutualisé	15571 M€	0.42 €/kg	506 $ktCO_2$	14 gCO_2
	Supermarché mutualisé	15860 M€	0.43 €/kg	539 $ktCO_2$	15 gCO_2
	Supérette non mutualisée	19921 M€	0.54 €/kg	1036 $ktCO_2$	28 gCO_2

Source : Auteur (cf. Tableau 58)

Tableau 104 : Composition des coûts d'approvisionnement des ménages en aval de la chaîne de distribution

Les 5 modes de distribution	*Les 21 types de chaînes de distribution*	Coût de transport en aval de la chaîne de distribution			Coûts logistiques en aval de la chaîne de distribution				Coût total (transport + logistique) en aval de la chaîne par kg d'achat
		Coût de transport supporté par l'enseigne ou par son prestataire	Coût de transport supporté par le client		Coût logistique à la charge de l'enseigne		Coût logistique à la charge du client final		
			Coût d'usage de moyens de transport	Valeur du temps du client au déplacement	Coût des préparateurs des commandes	Coûts exploitation de la surface de vente	Coût de préparation en ligne par le client	Coût de préparation en magasin par client	
Vente classique	*Hypermarché classique*	0.00 €/kg	0.10 €/kg	0.06 €/kg	0 €/kg	0.16 €/kg	0 €/kg	0.19 €/kg	**0.51 €**
	Supermarché classique	0.00 €/kg	0.05 €/kg	0.07 €/kg	0 €/kg	0.27 €/kg	0 €/kg	0.26 €/kg	**0.65 €**
	Supérette classique	0.00 €/kg	0.01 €/kg	0.08 €/kg	0 €/kg	0.42 €/kg	0 €/kg	0.41 €/kg	**0.92 €**
Mode Drive	*Entrepôt Drive*	0.00 €/kg	0.09 €/kg	0.07 €/kg	0.11 €/kg	0.25 €/kg	0.08 €/kg	0 €/kg	**0.60 €**
	Hypermarché avec picking	0.00 €/kg	0.08 €/kg	0.06 €/kg	0.15 €/kg	0.10 €/kg	0.08 €/kg	0 €/kg	**0.47 €**
	Supermarché avec picking	0.00 €/kg	0.02 €/kg	0.03 €/kg	0.13 €/kg	0.22 €/kg	0.08 €/kg	0 €/kg	**0.48 €**
Point relais	*Entrepôt non mutualisé*	0.05 €/kg	0.002€/kg	0.008 €/kg	0.11 €/kg	0.29 €/kg	0.06 €/kg	0 €/kg	**0.52 €**
	Entrepôt mutualisé	0.03 €/kg	0.002€/kg	0.008 €/kg	0.11 €/kg	0.30 €/kg	0.06 €/kg	0 €/kg	**0.51 €**
	Hypermarché non mutualisé	0.05 €/kg	0.002€/kg	0.008 €/kg	0.15 €/kg	0.14 €/kg	0.06 €/kg	0 €/kg	**0.41 €**
	Hypermarché mutualisé	0.03 €/kg	0.002€/kg	0.008 €/kg	0.15 €/kg	0.15 €/kg	0.06 €/kg	0 €/kg	**0.40 €**
	Supermarché non mutualisé	0.02 €/kg	0.002€/kg	0.008 €/kg	0.13 €/kg	0.26 €/kg	0.06 €/kg	0 €/kg	**0.48 €**
	Supermarché mutualisé	0.01 €/kg	0.002€/kg	0.008 €/kg	0.13 €/kg	0.27 €/kg	0.06 €/kg	0 €/kg	**0.48 €**
Livraison à domicile après déplacement du client	*Hypermarché classique*	0.17 €/kg	0.07 €/kg	0.05 €/kg	0 €/kg	0.16 €/kg	0 €/kg	0.19 €/kg	**0.64 €**
	Supermarché classique	0.09 €/kg	0.02 €/kg	0.02 €/kg	0 €/kg	0.27 €/kg	0 €/kg	0.26 €/kg	**0.66 €**
Livraison à domicile après une commande à distance	*Entrepôt non mutualisé*	0.11 €/kg	0.00 €/kg	0.00 €/kg	0.11 €/kg	0.25 €/kg	0.07 €/kg	0 €/kg	**0.54 €**
	Entrepôt mutualisé	0.08 €/kg	0.00 €/kg	0.00 €/kg	0.11 €/kg	0.26 €/kg	0.07 €/kg	0 €/kg	**0.52 €**
	Hypermarché non mutualisé	0.11 €/kg	0.00 €/kg	0.00 €/kg	0.15 €/kg	0.10 €/kg	0.07 €/kg	0 €/kg	**0.43 €**
	Hypermarché mutualisé	0.08 €/kg	0.00 €/kg	0.00 €/kg	0.15 €/kg	0.11 €/kg	0.07 €/kg	0 €/kg	**0.41 €**
	Supermarché non mutualisé	0.05 €/kg	0.00 €/kg	0.00 €/kg	0.13 €/kg	0.22 €/kg	0.07 €/kg	0 €/kg	**0.47 €**
	Supermarché mutualisé	0.04 €/kg	0.00 €/kg	0.00 €/kg	0.13 €/kg	0.23 €/kg	0.07 €/kg	0 €/kg	**0.47 €**
	Supérette non mutualisée	0.03 €/kg	0.00 €/kg	0.00 €/kg	0.09 €/kg	0.38 €/kg	0.07 €/kg	0 €/kg	**0.57 €**

Source : Auteur (cf. Tableau 59)

Tableau 105 : Coûts et émissions logistiques et de transport en aval de la chaîne de distribution

Les cinq modes de distribution	*Les différentes catégories de chaînes de distribution*	**Coûts économiques**			**Emissions de CO_2**		
		Coût de la charge totale	Coût par caddie	Coût par kg d'achat	Emissions de la charge totale	Emissions par caddie	Emissions par kg d'achat
Vente classique	*Hypermarché classique*	19116 M€	15.51 €	0.51 €	3574 $ktCO_2$	2895 gCO_2	96 gCO_2
	Supermarché classique	23846 M€	9.67 €	0.65 €	2172 $ktCO_2$	880 gCO_2	59 gCO_2
	Supérette classique	33983 M€	4.59 €	0.92 €	1506 $ktCO_2$	204 gCO_2	41 gCO_2
Mode Drive	*Entrepôt Drive*	22318 M€	21.02 €	0.60 €	3719 $ktCO_2$	3514 gCO_2	101 gCO_2
	Hypermarché avec picking	17537 M€	16.59 €	0.47 €	2992 $ktCO_2$	2830 gCO_2	81 gCO_2
	Supermarché avec picking	17754 M€	16.78 €	0.48 €	1190 $ktCO_2$	1124 gCO_2	32 gCO_2
Point relais	*Entrepôt non mutualisé*	19244 M€	25.35 €	0.52 €	924 $ktCO_2$	1225 gCO_2	25 gCO_2
	Entrepôt mutualisé	19104 M€	25.17 €	0.51 €	907 $ktCO_2$	1203 gCO_2	24 gCO_2
	Hypermarché non mutualisé	15224 M€	20.16 €	0.41 €	602 $ktCO_2$	794 gCO_2	16 gCO_2
	Hypermarché mutualisé	15083 M€	19.96 €	0.40 €	585 $ktCO_2$	772 gCO_2	15 gCO_2
	Supermarché non mutualisé	17842 M€	23.62 €	0.48 €	779 $ktCO_2$	1032 gCO_2	21 gCO_2
	Supermarché mutualisé	17908 M€	23.70 €	0.48 €	786 $ktCO_2$	1039 gCO_2	21 gCO_2
Livraison à domicile après déplacement du client au magasin	*Hypermarché classique*	23673 M€	26.24 €	0.64 €	3500 $ktCO_2$	3875 gCO_2	94 gCO_2
	Supermarché classique	24320 M€	26.94 €	0.66 €	1572 $ktCO_2$	1745 gCO_2	43 gCO_2
Livraison à domicile après une commande à distance	*Entrepôt non mutualisé*	20284 M€	22.38 €	0.54 €	1087 $ktCO_2$	1205 gCO_2	30 gCO_2
	Entrepôt mutualisé	19280 M€	21.26 €	0.52 €	954 $ktCO_2$	1056 gCO_2	26 gCO_2
	Hypermarché non mutualisé	15999 M€	17.73 €	0.43 €	731 $ktCO_2$	814 gCO_2	20 gCO_2
	Hypermarché mutualisé	15200 M€	16.84 €	0.41 €	625 $ktCO_2$	696 gCO_2	17 gCO_2
	Supermarché non mutualisé	17574 M€	19.47 €	0.47 €	763 $ktCO_2$	845 gCO_2	21 gCO_2
	Supermarché mutualisé	17247 M€	19.11 €	0.47 €	717 $ktCO_2$	795 gCO_2	20 gCO_2
	Supérette non mutualisée	20909 M€	23.17 €	0.57 €	1163 $ktCO_2$	1291 gCO_2	31 gCO_2

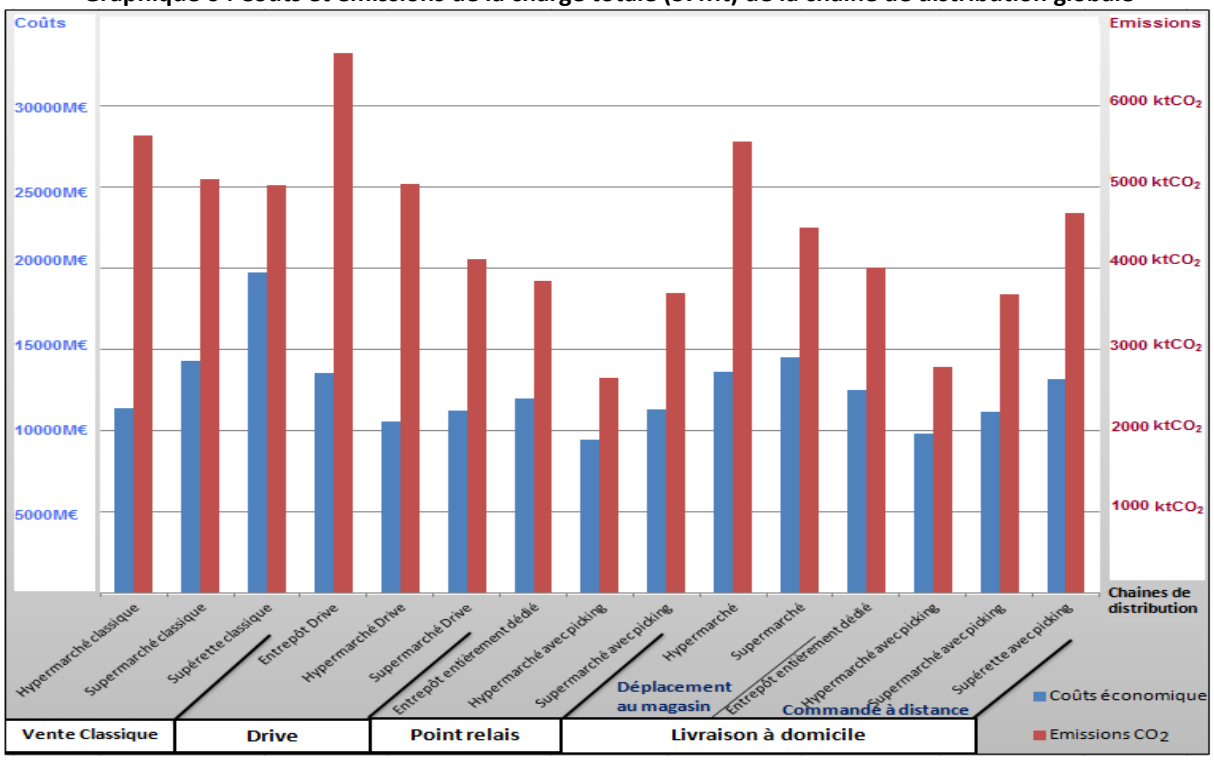
Source : Auteur (cf. Tableau 60)

Partie 5. Coûts et émissions de la chaîne de distribution globale

Tableau 106 : Coûts et émissions logistiques et de transport de la chaîne de distribution globale

Les cinq modes de distribution	*Les différentes catégories de chaînes de distribution*	Coûts économiques			Emissions de CO_2		
		Coût de la charge totale	Coût par caddie	Coût par kg d'achat	Emissions de la charge totale	Emissions par caddie	Emissions par kg d'achat
Vente classique	*Hypermarché classique*	22728 M€	18.45 €	0.61 €	5621 $ktCO_2$	4.55 $kgCO_2$	151 gCO_2
	Supermarché classique	28598 M€	11.59 €	0.78 €	5089 $ktCO_2$	2.06 $kgCO_2$	138 gCO_2
	Supérette classique	39363 M€	5.32 €	1.07 €	5013 $ktCO_2$	0.68 $kgCO_2$	136 gCO_2
Mode Drive	*Entrepôt Drive*	27070 M€	25.50 €	0.73 €	6636 $ktCO_2$	6.28 $kgCO_2$	180 gCO_2
	Hypermarché avec picking	21149 M€	20.02 €	0.57 €	5039 $ktCO_2$	4.76 $kgCO_2$	136 gCO_2
	Supermarché avec picking	22508 M€	21.26 €	0.61 €	4107 $ktCO_2$	3.89 $kgCO_2$	111 gCO_2
Point relais	*Entrepôt non mutualisé*	23996 M€	31.63 €	0.65 €	3841 $ktCO_2$	5.10 $kgCO_2$	104 gCO_2
	Entrepôt mutualisé	23856 M€	31.45 €	0.64 €	3824 $ktCO_2$	5.07 $kgCO_2$	103 gCO_2
	Hypermarché non mutualisé	18836 M€	24.97 €	0.51 €	2649 $ktCO_2$	3.49 $kgCO_2$	71 gCO_2
	Hypermarché mutualisé	18695 M€	24.77 €	0.50 €	2632 $ktCO_2$	3.47 $kgCO_2$	70 gCO_2
	Supermarché non mutualisé	22594 M€	29.90 €	0.61 €	3696 $ktCO_2$	4.89 $kgCO_2$	100 gCO_2
	Supermarché mutualisé	22660 M€	29.98 €	0.61 €	3703 $ktCO_2$	4.90 $kgCO_2$	100 gCO_2
Livraison à domicile après déplacement client	*Hypermarché classique*	27285 M€	30.26 €	0.74 €	5547 $ktCO_2$	6.13 $kgCO_2$	149 gCO_2
	Supermarché classique	29072 M€	32.19 €	0.79 €	4489 $ktCO_2$	4.98 $kgCO_2$	122 gCO_2
Livraison à domicile après une commande à distance	*Entrepôt non mutualisé*	25036 M€	27.63 €	0.67 €	4004 $ktCO_2$	4.44 $kgCO_2$	109 gCO_2
	Entrepôt mutualisé	24032 M€	26.51 €	0.65 €	3871 $ktCO_2$	4.29 $kgCO_2$	105 gCO_2
	Hypermarché non mutualisé	19611 M€	21.75 €	0.53 €	2778 $ktCO_2$	3.07 $kgCO_2$	75 gCO_2
	Hypermarché mutualisé	18812 M€	20.86 €	0.51 €	2672 $ktCO_2$	2.96 $kgCO_2$	72 gCO_2
	Supermarché non mutualisé	22326 M€	24.72 €	0.60 €	3680 $ktCO_2$	4.08 $kgCO_2$	100 gCO_2
	Supermarché mutualisé	21999 M€	24.36 €	0.60 €	3634 $ktCO_2$	4.03 $kgCO_2$	99 gCO_2
	Supérette non mutualisée	26289 M€	29.12 €	0.72 €	4670 $ktCO_2$	5.15 $kgCO_2$	126 gCO_2

Graphique 6 : Coûts et émissions de la charge totale (37Mt) de la chaîne de distribution globale

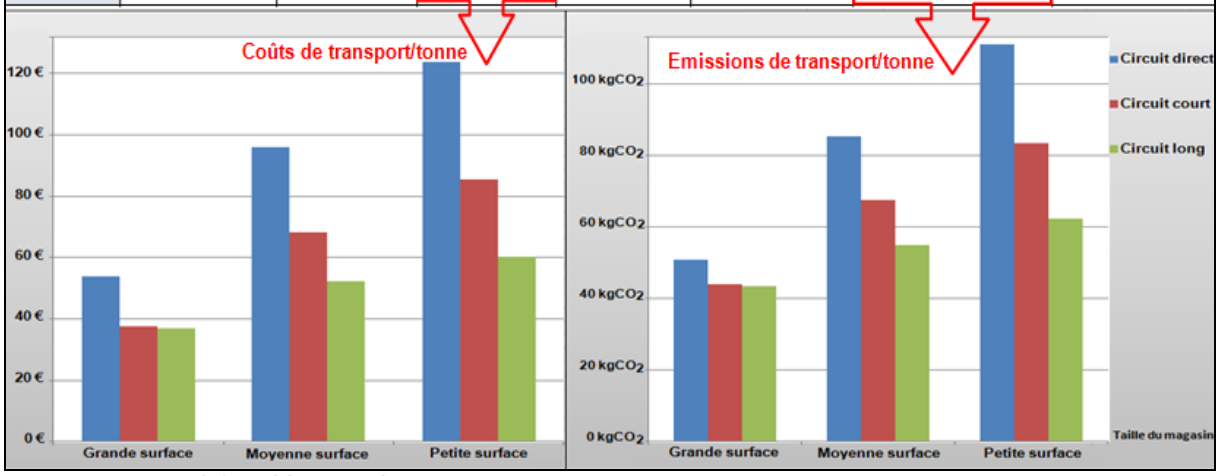


Source : Auteur (cf. Tableau 61)

Partie 6. Récapitulatif des coûts et des émissions de CO_2 par poste

Graphique 7 : Coûts et émissions de transport en amont de la chaîne de distribution

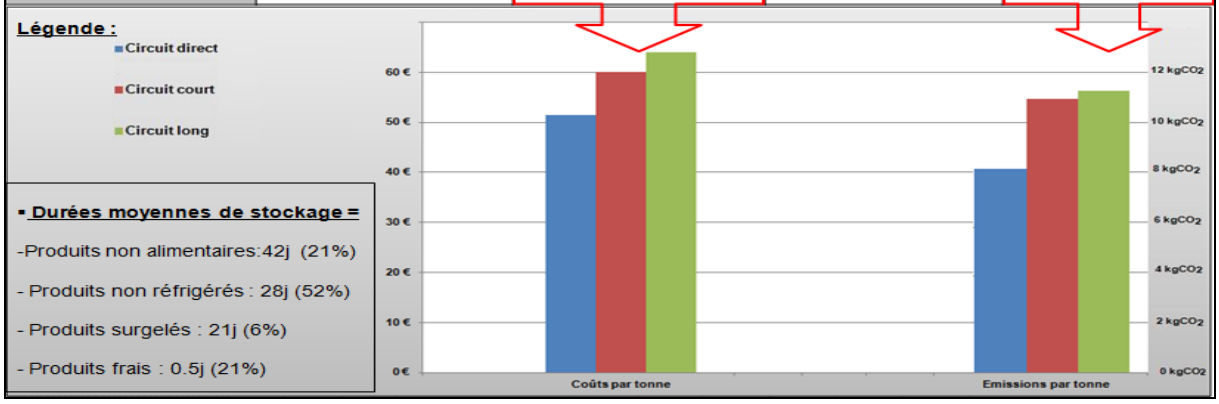
Les 5 modes de distribution	*Type de circuit de livraison*	Coûts économiques			Emissions de CO_2		
		Coût de la charge totale	Coût par tonne (en €)	Coût par t.km (en €)	Emissions de la charge totale	Emissions par tonne (en $kgCO_2$)	Emissions par t.km (en gCO_2)
Grande surface	*Circuit direct*	1993 M€	54 €/tonne	0.12 €/t.km	1876 $ktCO_2$	51 $kgCO_2$/tonne	113 gCO_2/t.km
	Circuit court	1390 M€	38 €/tonne	0.08 €/t.km	1628 $ktCO_2$	44 $kgCO_2$/tonne	98 gCO_2/t.km
	Circuit long	1368 M€	37 €/tonne	0.08 €/t.km	1606 $ktCO_2$	43 $kgCO_2$/tonne	96 gCO_2/t.km
Moyenne surface	*Circuit direct*	3546 M€	96 €/tonne	0.21 €/t.km	3153 $ktCO_2$	85 $kgCO_2$/tonne	189 gCO_2/t.km
	Circuit court	2530 M€	68 €/tonne	0.15 €/t.km	2498 $ktCO_2$	68 $kgCO_2$/tonne	150 gCO_2/t.km
	Circuit long	1938 M€	52 €/tonne	0.12 €/t.km	2035 $ktCO_2$	55 $kgCO_2$/tonne	122 gCO_2/t.km
Petite surface	*Circuit direct*	4581 M€	124€/tonne	0.28 €/t.km	4131 $ktCO_2$	112 $kgCO_2$/tonne	248 gCO_2/t.km
	Circuit court	3158 M€	85 €/tonne	0.19 €/t.km	3088 $ktCO_2$	83 $kgCO_2$/tonne	185 gCO_2/t.km
	Circuit long	2224 M€	60 €/tonne	0.13 €/t.km	2309 $ktCO_2$	62 $kgCO_2$/tonne	139 gCO_2/t.km



Source : Auteur (cf. Tableau 37)

Graphique 8 : Coûts et émissions logistiques en amont de la chaîne de distribution

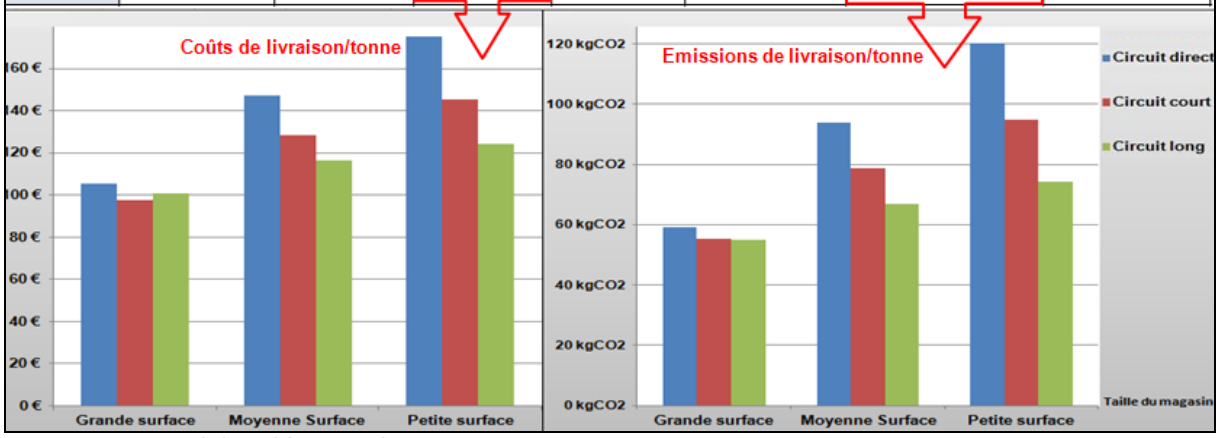
Circuit de livraison	Coûts économiques		Emissions de CO_2	
	Coûts économiques de la charge totale	Coûts économiques (en €/tonne)	Emissions CO_2 de la charge totale	Emissions CO_2 (en $kgCO_2$/tonne)
Circuit direct	1904 M€	51 €/tonne	313 $ktCO_2$	8 $kgCO_2$/tonne
Circuit court	2222 M€	60 €/tonne	419 $ktCO_2$	11 $kgCO_2$/tonne
Circuit long	2367 M€	64 €/tonne	432 $ktCO_2$	12 $kgCO_2$/tonne



Source : Auteur (cf. Tableau 38)

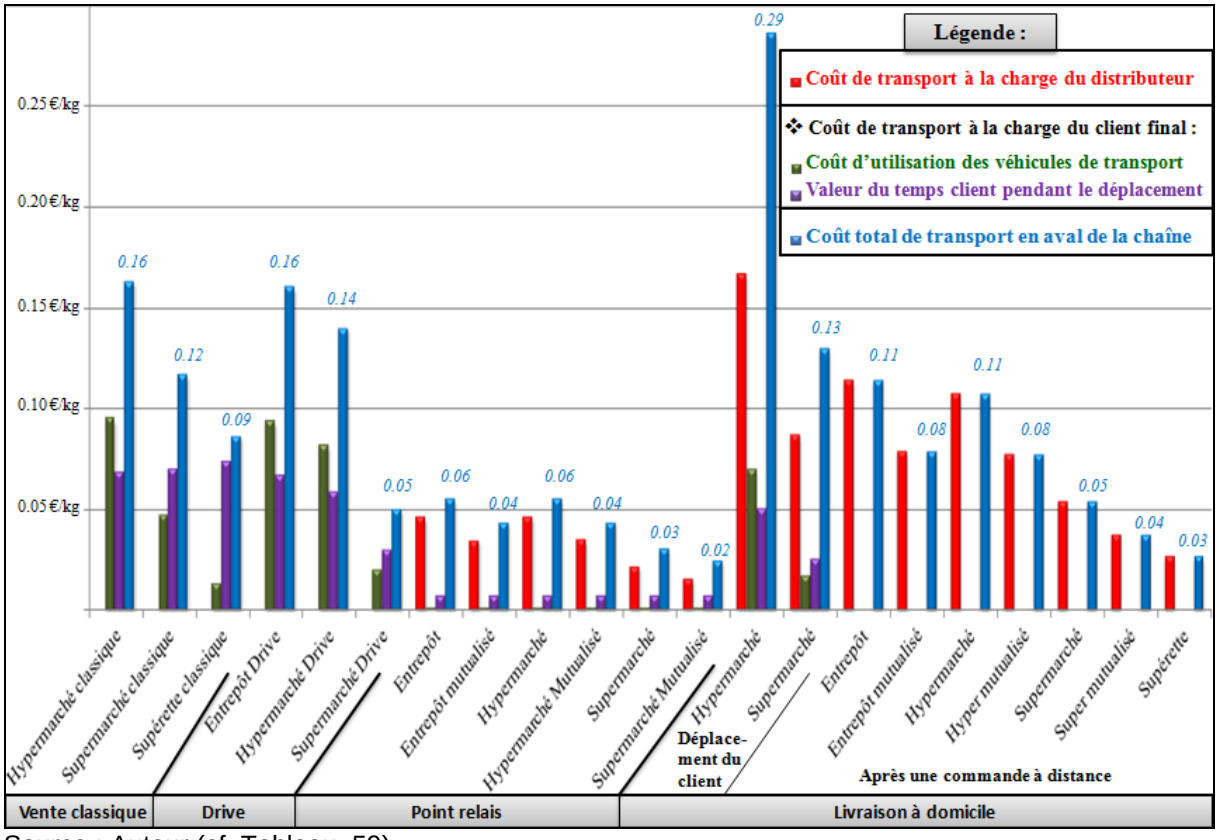
Graphique 9 : Coûts et émissions de livraison (logistique et transport) en amont de la chaîne de distribution

Les 5 modes de distribution	*Type de circuit de livraison*	Coûts économiques			Emissions de CO_2		
		Coût de la charge totale	Coût par tonne (en €)	Coût par kg (en €)	Emissions de la charge totale	Emissions par tonne (en $kgCO_2$)	Emissions par kg (en gCO_2)
Grande surface	*Circuit direct*	3897 M€	105€/tonne	0.11 €/kg	2189 $ktCO_2$	59 $kgCO_2$/tonne	59 gCO_2/kg
	Circuit court	3612 M€	98 €/tonne	0.10 €/kg	2047 $ktCO_2$	55 $kgCO_2$/tonne	55 gCO_2/kg
	Circuit long	3734 M€	101€/tonne	0.10 €/kg	2038 $ktCO_2$	55 $kgCO_2$/tonne	55 gCO_2/kg
Moyenne surface	*Circuit direct*	5450 M€	147€/tonne	0.15 €/kg	3466 $ktCO_2$	94 $kgCO_2$/tonne	94 gCO_2/kg
	Circuit court	4752 M€	128€/tonne	0.13 €/kg	2917 $ktCO_2$	79 $kgCO_2$/tonne	79 gCO_2/kg
	Circuit long	4304 M€	116 €/tonne	0.12 €/kg	2467 $ktCO_2$	67 $kgCO_2$/tonne	67 gCO_2/kg
Petite surface	*Circuit direct*	6485 M€	175€/tonne	0.18 €/kg	4444 $ktCO_2$	120 $kgCO_2$/tonne	120 gCO_2/kg
	Circuit court	5380 M€	145€/tonne	0.15 €/kg	3507 $ktCO_2$	95 $kgCO_2$/tonne	95 gCO_2/kg
	Circuit long	4591 M€	124€/tonne	0.13 €/kg	2741 $ktCO_2$	74 $kgCO_2$/tonne	74 gCO_2/kg



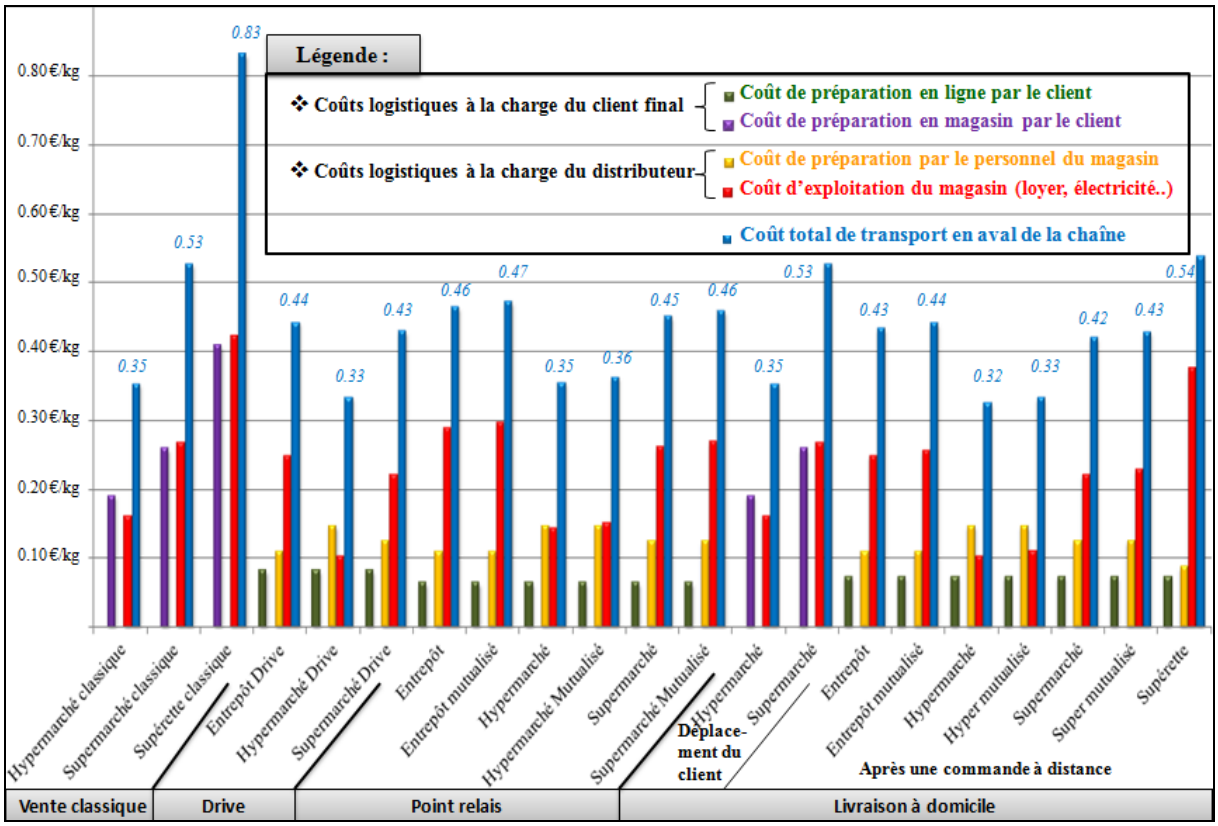
Source : Auteur (cf. Tableau 39)

Graphique 10 : Composition des coûts de transport en aval de la chaîne de distribution



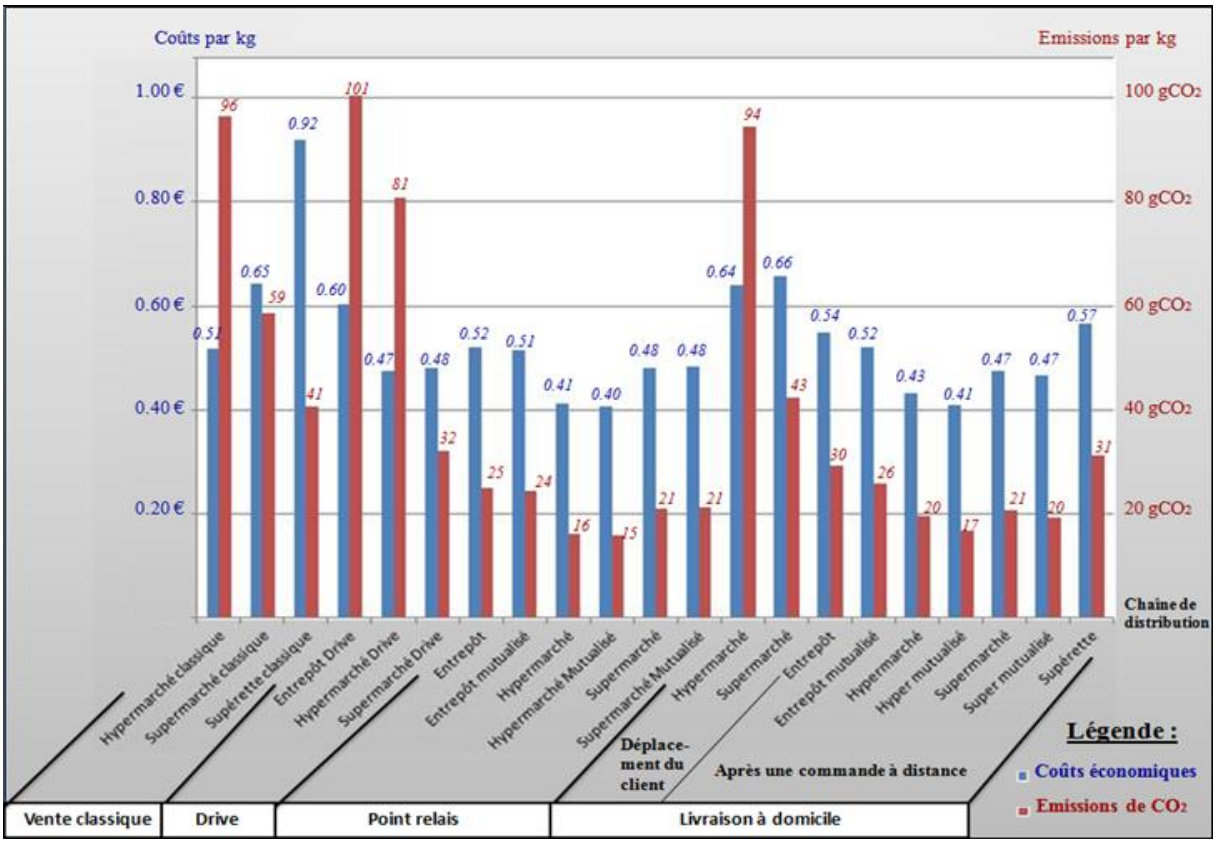
Source : Auteur (cf. Tableau 59)

Graphique 11 : Composition des coûts logistiques en aval de la chaîne de distribution



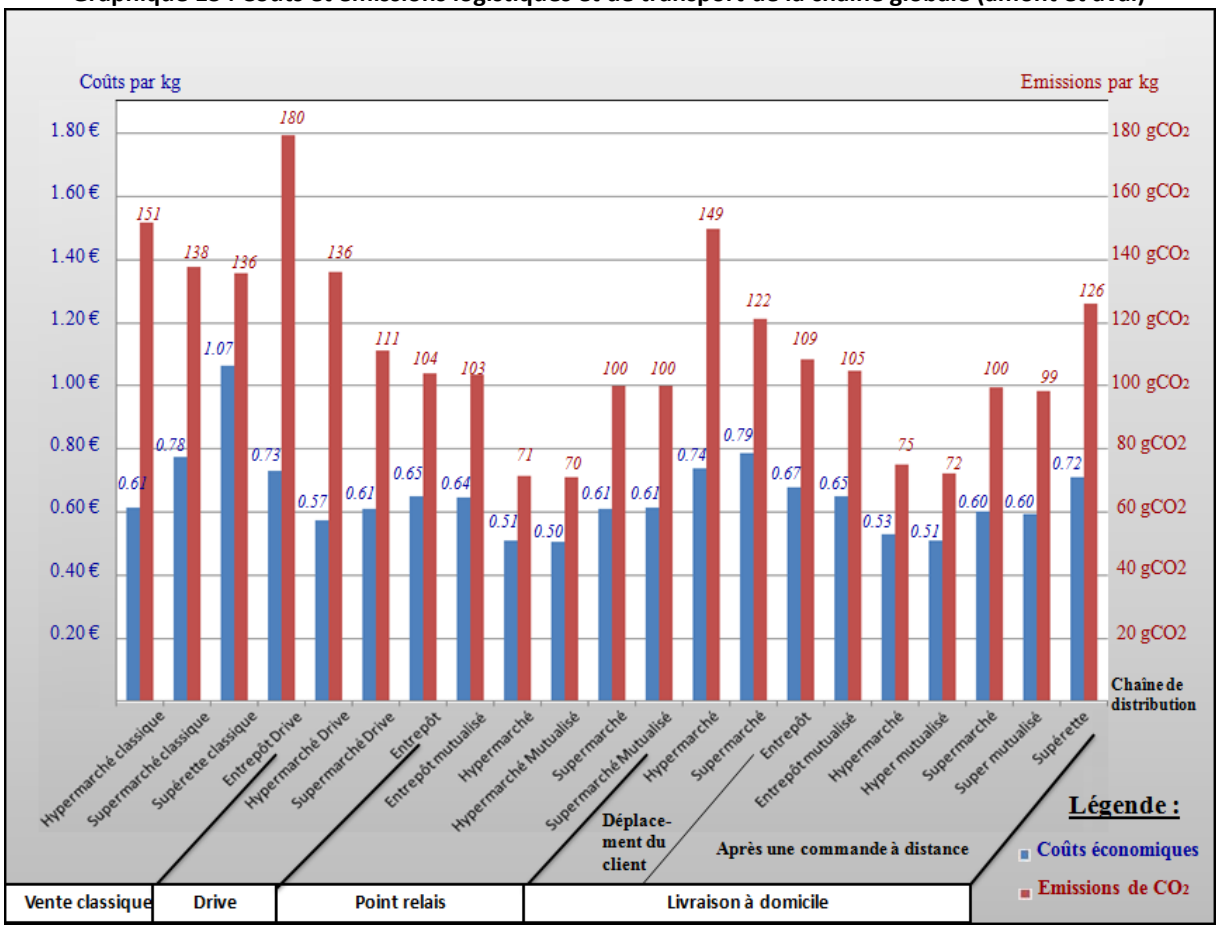
Source : Auteur (cf. Tableau 59)

Graphique 12 : Coûts et émissions logistiques et de transport en aval de la chaîne de distribution



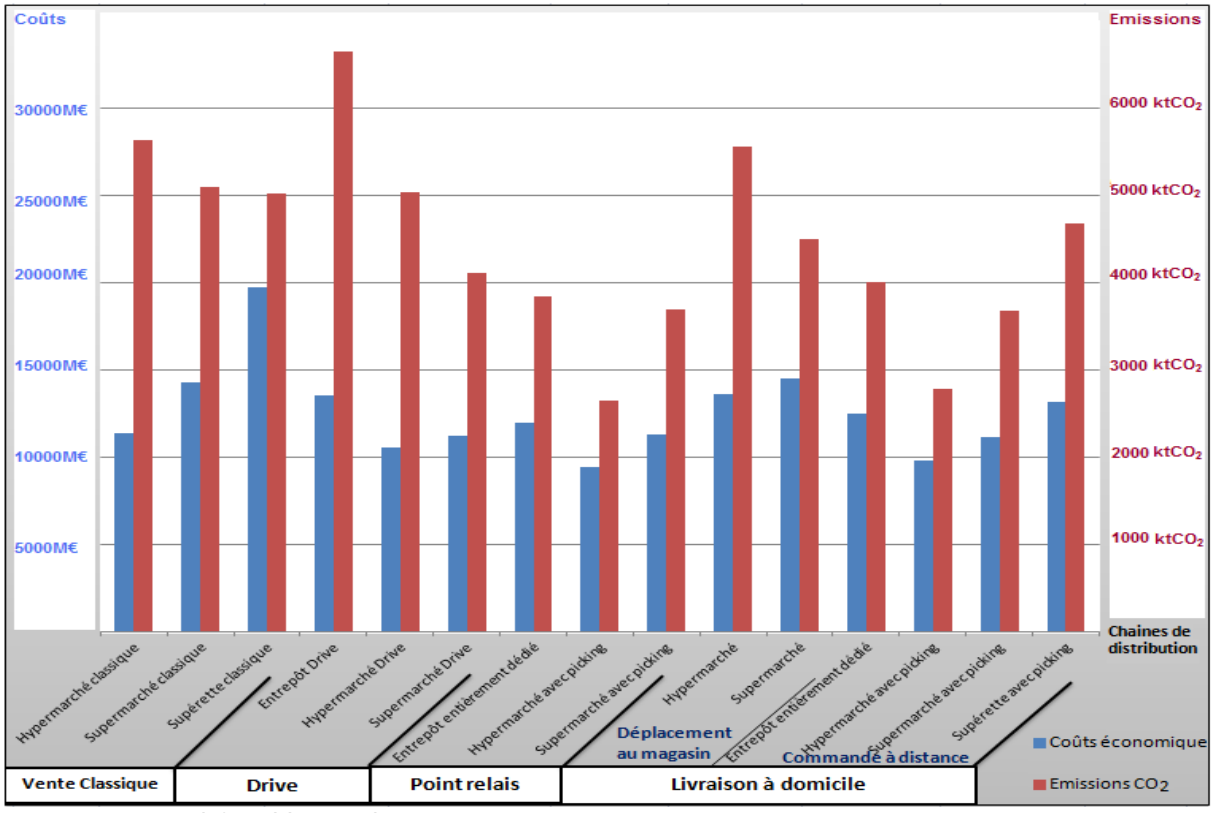
Source : Auteur (cf. Tableau 60)

Graphique 13 : Coûts et émissions logistiques et de transport de la chaîne globale (amont et aval)



Source : Auteur (cf. Tableau 61)

Graphique 14 : Coûts et émissions de la charge totale (37Mt) de la chaîne de distribution globale

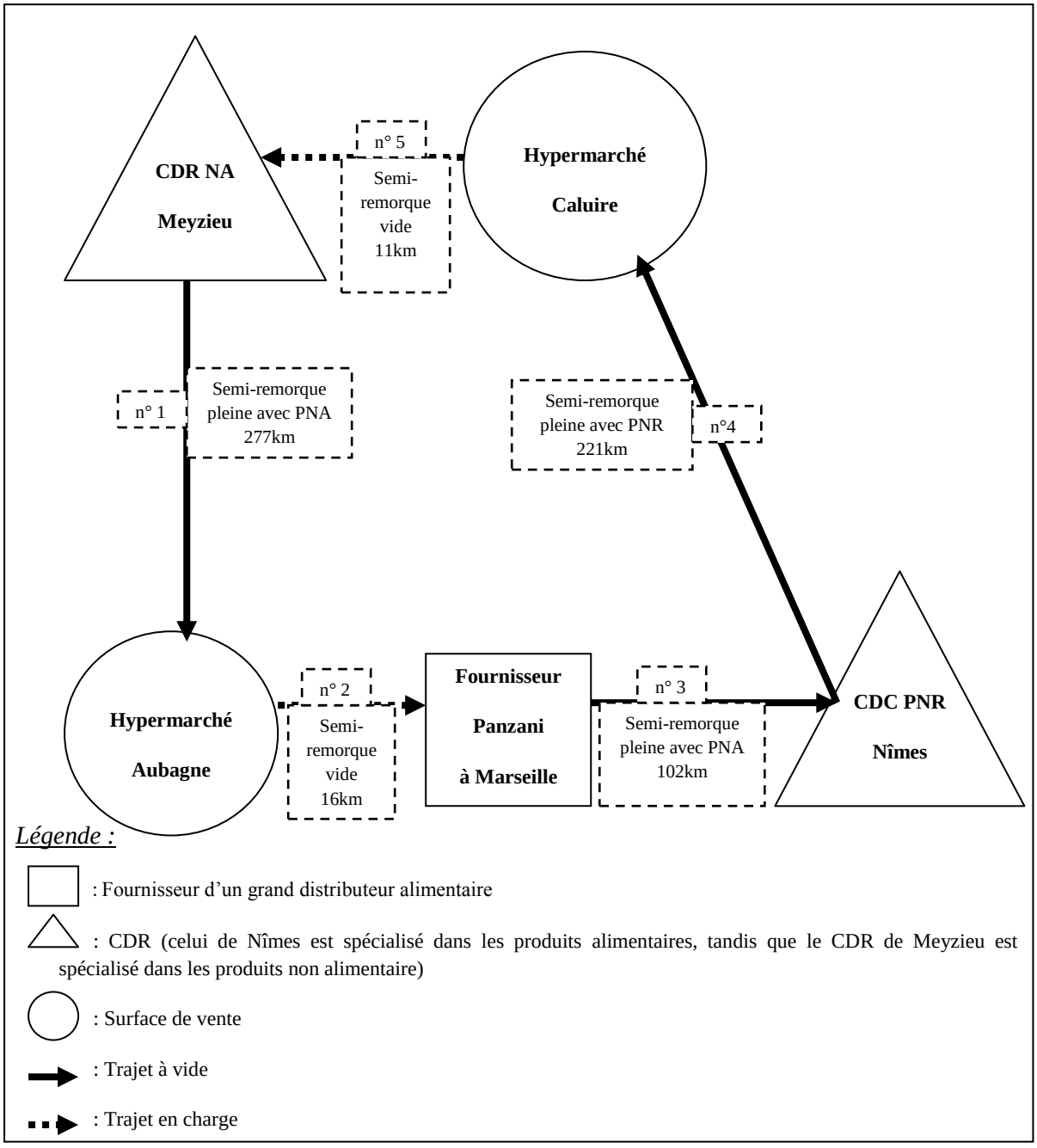


Source : Auteur (cf. Tableau 61)

Annexe 4 : Exemple d'organisation de la livraison en amont

Dans ce 4ème annexe, nous citons l'exemple d'un circuit court pour la livraison des pâtes Panzani aux magasins Auchan. Cet exemple démontre l'optimisation des coûts de transport en permettant une exploitation en boucle des véhicules de transport routier des marchandises entre deux centres de distribution régionaux (CDR) au sud.

Figure 13 : Exemple d'une organisation logistique en amont de la chaîne de distribution



Source : Auteur (enquêtes de terrain)

Cet exemple des circuits de livraison en amont de la chaîne explique le choix des grands distributeurs alimentaires de s'organiser par région logistique (cf. Figure 13), et surtout leur stratégie d'implantation des CDR par famille des produits dans des zones géographiques différentes par région logistique : dans la région logistique d'Auchan au sud, nous observons que le CDR des produits non alimentaires est implanté à l'agglomération lyonnaise (Meyzieu), tandis que le CDR des produits alimentaires est situé à Nîmes.

Selon cette figure (cf. Figure 13), nous observons deux circuits de livraison sous forme d'une boucle numérotée de 1 à 5 entre les deux centres de distribution régionaux : tout d'abord, le transporteur livre l'hypermarché d'Aubagne avec articulé[372] de 40t à partir de centre de distribution régional des produits non alimentaires. Au lieu de faire un retour à vide à Meyzieu, le transporteur passe vers l'usine agroalimentaire de Panzani afin de charger des pâtes. Puis, le transporteur décharge les pâtes Panzani au CDR des produits alimentaires de Nîmes. Ensuite, le camion se charge avec des produits alimentaires pour livrer l'hypermarché de Caluire au département du Rhône. A partir de cet hypermarché, le livreur se dirige vers le CDR des produits non alimentaires à Meyzieu pour recommencer la même tournée.

De ce fait, la répartition géographique des centres de distribution régionaux (CDR non alimentaire à Meyzieu et CDR alimentaire à Nîmes) dans la région sud garantit une réduction très importante de la distance parcourue à vide. Cela permet au groupe Auchan de mieux négocier les coûts de transport avec ses prestataires en leur garantissant un trafic bien optimisé. En plus des gains sur le plan économique, cette organisation permet de réduire les émissions de transport des marchandises.

---

[372] Un véhicule peut être exploité dans le transport de différentes familles des produits (au même temps ou séparément), à condition de régler à chaque fois la température adéquate à la marchandise transportée dans la remorque entre -25° C et +15° C.

Table des illustrations

Table des illustrations

Liste des tableaux

TABLEAU 1 : PARTS DE CINQ PREMIERS GROUPES ALIMENTAIRES DU MARCHE DE LA GRANDE DISTRIBUTION ALIMENTAIRE EN FRANCE EN 2009 ---- 38
TABLEAU 2 : DIFFERENTS MODES DE GESTION DES PLATEFORMES LOGISTIQUES EN GRANDE DISTRIBUTION -- 42
TABLEAU 3 : ORGANISATIONS LOGISTIQUES DES CINQ PREMIERS GROUPES ALIMENTAIRES EN FRANCE ---- 58
TABLEAU 4 : DIFFERENCIATION DE CINQ MODES DE DISTRIBUTION EN AVAL DE LA CHAINE DE DISTRIBUTION 75
TABLEAU 5 : DIFFERENCIATION DES CHAINES DANS LA VENTE CLASSIQUE EN GRANDE DISTRIBUTION ---- 84
TABLEAU 6 : DIFFERENCIATION DES CHAINES DE DISTRIBUTION EN MODE DRIVE DANS LA GRANDE DISTRIBUTION ---- 90
TABLEAU 7 : DIFFERENCIATION DES CHAINES DE DISTRIBUTION AVEC POINT RELAIS DANS LA GRANDE DISTRIBUTION ---- 95
TABLEAU 8 : DIFFERENCIATION DES CHAINES DE DISTRIBUTION DANS LA LIVRAISON A DOMICILE EN GRANDE DISTRIBUTION ---- 98
TABLEAU 9 : PRIX DE REVIENT DES VEHICULES EN AMONT DE LA CHAINE DE DISTRIBUTION EN AVRIL 2012 -- 123
TABLEAU 10 : COUT DU CARBURANT SUPPLEMENTAIRE POUR LE FONCTIONNEMENT DE L'EQUIPEMENT FRIGORIFIQUE DE VEHICULE DANS LE TRANSPORT DES PRODUITS A TEMPERATURE DIRIGEE (FRAIS ET SURGELES) ---- 126
TABLEAU 11 : TRINOME DU PRIX DE REVIENT DES VEHICULES DE TRANSPORT EN DECEMBRE 2011 ---- 129
TABLEAU 12 : DISTANCE MOYENNE ENTRE LE DOMICILE DU CLIENT ET QUATRE TYPES DE SURFACES DE VENTE (DE LOCALISATION GEOGRAPHIQUE ET DE TAILLES DIFFERENTES) ---- 132
TABLEAU 13 : LES COUTS DE DIFFERENTS POSTES D'ENTRETIEN D'UN VELO ---- 138
TABLEAU 14 : COUT MOYEN D'UTILISATION DE DEUX ROUES MOTORISEES ---- 140
TABLEAU 15 : COUTS D'UTILISATION DES MOYENS DE TRANSPORT PAR LES MENAGES ---- 141
TABLEAU 16 : REPARTITION DES MOYENS DE TRANSPORT DES MENAGES PAR TYPE DE SURFACE DE VENTE -- 142
TABLEAU 17 : PART DES CATEGORIES DE CYCLES DANS LE PARC TOTAL DE DEUX ROUES EN 2011 ---- 144
TABLEAU 18 : EFFET DE LA TAILLE DE SURFACE DE VENTE SUR LE NOMBRE DE DEPLACEMENTS D'ACHAT ---- 145
TABLEAU 19: COUT LOGISTIQUE GLOBAL PAR FAMILLE DES PRODUITS DANS UN ENTREPOT DE STOCKAGE -- 158
TABLEAU 20 : NOMBRE MOYEN D'EMPLOYES SELON LES TAILLES DE SURFACES DE VENTE EN 2009 ---- 160
TABLEAU 21 : EMISSIONS DES MATERIAUX UTILISES DANS LA FABRICATION D'UN VEHICULE PARTICULIER --- 167
TABLEAU 22 : EMISSIONS DE FABRICATION DES VEHICULES EN AMONT (ARTICULES ET PORTEUR) EN GCO_2/TONNE.KM ---- 170
TABLEAU 23 : EMISSIONS D'UTILISATION DES VEHICULES PAR PTAC ET MILIEU ROUTIER (URBAIN, ROUTE, AUTOROUTE) ---- 173
TABLEAU 24 : CHARGE REELLE (C_R) PAR CATEGORIE DE VEHICULE EN AMONT DE LA CHAINE ---- 174
TABLEAU 25 : EMISSIONS DE FABRICATION DES DEUX ROUES MOTORISEES EN G CO2 PAR VEH.KM ---- 180
TABLEAU 26 : EMISSIONS DE CO_2 DES MATERIAUX UTILISES DANS LA FABRICATION D'UN VELO EN 2011 ---- 180
TABLEAU 27 : EMISSIONS TOTALES DE FABRICATION ET D'UTILISATION DE DEUX ROUES MOTORISEES ---- 185
TABLEAU 28 : EMISSIONS DE CO_2 DES MOYENS DE TRANSPORT UTILISES PAR LES MENAGES ---- 186
TABLEAU 29 : EMISSIONS MOYENNES D'UN KWH D'ELECTRICITE EN 2012 ---- 192
TABLEAU 30 : LES REFRIGERANTS UTILISES DANS LES VEHICULES DE TRANSPORT EN 2009 ---- 199
TABLEAU 31 : PARTS D'USAGE DES FLUIDES DANS LES GRANDES ET MOYENNES SURFACES EN 2009 ---- 200
TABLEAU 32 : CARACTERISTIQUES DES EQUIPEMENTS FRIGORIFIQUES DANS LES VEHICULES DE TRANSPORT ET LES SURFACES DE VENTE EN 2009 ---- 202

TABLEAU 33 : CLASSEMENT DES REFRIGERANTS SELON L'IMPORTANCE DE LEUR PRG ---------- 207
TABLEAU 34 : FUITES DES FLUIDES FRIGORIGENES SELON LES TAILLES DES SURFACES DE VENTE ---------- 208
TABLEAU 35 : FUITES DE FLUIDES FRIGORIGENES PAR VEHICULE ---------- 211
TABLEAU 36 : EMISSIONS DE CO_2 LIEES AUX FUITES FRIGORIGENES PAR VEHICULE ---------- 212
TABLEAU 37 : COUTS ET EMISSIONS DE TRANSPORT EN AMONT DE LA CHAINE DE DISTRIBUTION ---------- 219
TABLEAU 38 : COUTS ET EMISSIONS LOGISTIQUES EN AMONT DE LA CHAINE DE DISTRIBUTION ---------- 224
TABLEAU 39 : COUTS ET EMISSIONS DE LIVRAISON (TRANSPORT ET LOGISTIQUE) EN AMONT DE LA CHAINE 227
TABLEAU 40 : COUT DE DEPLACEMENT D'ACHAT DU CLIENT EN VOITURE SELON LA LOCALISATION GEOGRAPHIQUE DU MAGASIN ---------- 232
TABLEAU 41:VALEUR DU TEMPS DES MENAGES DANS LES DEPLACEMENTS D'ACHAT EN AVAL DE LA CHAINE 234
TABLEAU 42 : COMPOSITION DU COUT DE TRANSPORT DANS LA VENTE CLASSIQUE EN AVAL DE LA CHAINE - 238
TABLEAU 43 : COMPOSITION DU COUT DE TRANSPORT DANS LE MODE DRIVE EN AVAL DE LA CHAINE -------- 240
TABLEAU 44. COMPOSITION DU COUT DE TRANSPORT DANS LE MODE POINT RELAIS EN AVAL ---------- 244
TABLEAU 45 : COMPOSITION DU COUT DE TRANSPORT DANS LA LIVRAISON A DOMICILE EN AVAL ---------- 251
TABLEAU 46 : COMPOSITION DES COUTS DE TRANSPORT EN AVAL DE LA CHAINE DE DISTRIBUTION ---------- 255
TABLEAU 47 : COUT DE TRANSPORT POUR UN ENTREPOT DEDIE A LA VENTE A DISTANCE (35KG/COMMANDE) ---------- 259
TABLEAU 48 : EMISSIONS DE TRANSPORT DANS LA VENTE CLASSIQUE EN AVAL ---------- 262
TABLEAU 49 : EMISSIONS DE TRANSPORT DANS LE MODE DRIVE EN AVAL ---------- 264
TABLEAU 50 : EMISSIONS DE TRANSPORT EN MODE POINT RELAIS EN AVAL ---------- 267
TABLEAU 51 : EMISSIONS DE TRANSPORT DANS LA LIVRAISON A DOMICILE EN AVAL ---------- 271
TABLEAU 52 : COUTS ET EMISSIONS DE TRANSPORT EN AVAL DE LA CHAINE DE DISTRIBUTION ---------- 277
TABLEAU 53 : VALEUR DU TEMPS DU CLIENT FINAL DANS LA PREPARATION DES COMMANDES PAR MODE -- 279
TABLEAU 54 : COUT DE PREPARATION DE COMMANDE PAR LE PERSONNEL DE DIFFERENTES SURFACES DE VENTE A DISTANCE ---------- 282
TABLEAU 55 : COUT DE PREPARATION DE COMMANDE DANS LA VENTE CLASSIQUE ET A DISTANCE ---------- 283
TABLEAU 56 : COMPOSITION DES COUTS LOGISTIQUES EN AVAL DE LA CHAINE DE DISTRIBUTION ---------- 293
TABLEAU 57 : EMISSIONS LOGISTIQUES EN AVAL DE LA CHAINE DE DISTRIBUTION ---------- 297
TABLEAU 58 : COUTS ET EMISSIONS LOGISTIQUES EN AVAL DE LA CHAINE DE DISTRIBUTION ---------- 298
TABLEAU 59 : COMPOSITION DES COUTS LOGISTIQUES ET DE TRANSPORT EN AVAL DE LA CHAINE ---------- 301
TABLEAU 60 : COUTS ET EMISSIONS LOGISTIQUES ET DE TRANSPORT EN AVAL DE LA CHAINE ---------- 314
TABLEAU 61 : COUTS ET EMISSIONS LOGISTIQUES ET DE TRANSPORT DE LA CHAINE DE DISTRIBUTION GLOBALE ---------- 330
TABLEAU 62 : COUTS D'UTILISATION DES MOYENS DE TRANSPORT PAR LES MENAGES ---------- 365
TABLEAU 63 : COUT DE DEPLACEMENT D'ACHAT DU CLIENT EN VOITURE SELON LA LOCALISATION GEOGRAPHIQUE DU MAGASIN ---------- 366
TABLEAU 64: VALEUR DU TEMPS DES MENAGES DANS LES DEPLACEMENTS D'ACHAT EN AVAL ---------- 367
TABLEAU 65 : COUT DU CARBURANT SUPPLEMENTAIRE DANS LE TRANSPORT DES PRODUITS FRAIS ET SURGELES ---------- 369
TABLEAU 66 : COUT DU CARBURANT (NECESSAIRE ET SUPPLEMENTAIRE) DE TRANSPORT DES PRODUITS FRAIS ET SURGELES ---------- 370
TABLEAU 67 : COUT DE PNEUMATIQUE, ENTRETIEN-REPARATION ET PEAGE ---------- 371
TABLEAU 68 : COUT DE PERSONNEL DE CONDUITE ---------- 371
TABLEAU 69 : AUTRES COUTS D'UTILISATION DE VEHICULE (TOTAL DES COUTS FIXES PAR VEHICULE (CV) ET CHARGES DE STRUCTURE ET AUTRES CHARGES INDIRECTES D'EXPLOITATION DE VEHICULE (CS)) --------- 371
TABLEAU 70 : COUT DE TRANSPORT DES PRODUITS FRAIS ---------- 372
TABLEAU 71 : COUT DE TRANSPORT DES PRODUITS SURGELES ---------- 372
TABLEAU 72 : COUT DE TRANSPORT DES PRODUITS ALIMENTAIRES NON REFRIGERES ---------- 373
TABLEAU 73 : COUT DE TRANSPORT DES PRODUITS NON ALIMENTAIRES ---------- 373
TABLEAU 74 : EMISSIONS DE CO_2 DES MOYENS DE TRANSPORT UTILISES PAR LES MENAGES ---------- 374

TABLEAU 75 : EMISSIONS DE CO_2 LIEES AUX FUITES FRIGORIGENES PAR VEHICULE ---- 375
TABLEAU 76 : EMISSIONS DU CARBURANT SUPPLEMENTAIRE ET FUITES FRIGORIGENES DANS LE TRANSPORT DES PRODUITS FRAIS ---- 376
TABLEAU 77 : EMISSIONS DU CARBURANT SUPPLEMENTAIRE ET FUITES FRIGORIGENES DANS LE TRANSPORT DES PRODUITS SURGELES ---- 376
TABLEAU 78 : EMISSIONS DE FABRICATION ET DE FONCTIONNEMENT DES VEHICULES DE TRANSPORT DES PRODUITS FRAIS ---- 377
TABLEAU 79 : EMISSIONS DE FABRICATION ET DE FONCTIONNEMENT DES VEHICULES DE TRANSPORT DES PRODUITS SURGELES ---- 377
TABLEAU 80 : EMISSIONS DE FABRICATION ET DE FONCTIONNEMENT DES VEHICULES DE TRANSPORT DES PRODUITS NON REFRIGERES ---- 378
TABLEAU 81 : EMISSIONS DE FABRICATION ET DE FONCTIONNEMENT DES VEHICULES DE TRANSPORT DES PRODUITS NON ALIMENTAIRES---- 378
TABLEAU 82 : COUTS DE TRANSPORT EN AMONT DE LA CHAINE DE DISTRIBUTION PAR FAMILLE DES PRODUITS ---- 379
TABLEAU 83 : EMISSIONS DE TRANSPORT EN AMONT DE LA CHAINE DE DISTRIBUTION PAR FAMILLE DES PRODUITS---- 380
TABLEAU 84 : COUTS ET EMISSIONS DE TRANSPORT DES PRODUITS NON ALIMENTAIRES EN AMONT ---- 382
TABLEAU 85 : COUTS ET EMISSIONS LOGISTIQUES DES PRODUITS NON ALIMENTAIRES EN AMONT ---- 382
TABLEAU 86 : COUTS ET EMISSIONS DE LIVRAISON (TRANSPORT ET LOGISTIQUE) DES PRODUITS NON ALIMENTAIRES EN AMONT ---- 382
TABLEAU 87 : COUTS ET EMISSIONS DE TRANSPORT DES PRODUITS ALIMENTAIRES NON REFRIGERES EN AMONT DE LA CHAINE ---- 383
TABLEAU 88 : COUTS ET EMISSIONS LOGISTIQUES DES PRODUITS ALIMENTAIRES NON REFRIGERES EN AMONT DE LA CHAINE---- 383
TABLEAU 89 : COUTS ET EMISSIONS DE LIVRAISON (DE TRANSPORT ET LOGISTIQUE) DES PRODUITS NON REFRIGERES EN AMONT ---- 383
TABLEAU 90 : COUTS ET EMISSIONS DE TRANSPORT DES PRODUITS FRAIS EN AMONT DE LA CHAINE ---- 384
TABLEAU 91 : COUTS ET EMISSIONS LOGISTIQUES DES PRODUITS FRAIS EN AMONT DE LA CHAINE ---- 384
TABLEAU 92 : COUTS ET EMISSIONS DE LIVRAISON (DE TRANSPORT ET LOGISTIQUE) DES PRODUITS FRAIS EN AMONT---- 384
TABLEAU 93 : COUTS ET EMISSIONS DE TRANSPORT DES PRODUITS SURGELES EN AMONT DE LA CHAINE ---- 385
TABLEAU 94 : COUTS ET EMISSIONS LOGISTIQUES DES PRODUITS SURGELES EN AMONT DE LA CHAINE ---- 385
TABLEAU 95 : COUTS ET EMISSIONS DE LIVRAISON (DE TRANSPORT ET LOGISTIQUE) DES PRODUITS SURGELES EN AMONT ---- 385
TABLEAU 96 : COUTS ET EMISSIONS DE TRANSPORT DE LA CHARGE TOTALE EN AMONT DE LA CHAINE---- 386
TABLEAU 97 : COUTS ET EMISSIONS LOGISTIQUES DE LA CHARGE TOTALE EN AMONT DE LA CHAINE ---- 386
TABLEAU 98 : COUTS ET EMISSIONS DE LIVRAISON (DE TRANSPORT ET LOGISTIQUE) DE LA CHARGE TOTALE EN AMONT---- 386
TABLEAU 99 : EMISSIONS DE CO_2 ET COUTS DE TRANSPORT « PAR CADDIE » EN AMONT DE LA CHAINE ---- 387
TABLEAU 100 : COUTS ET EMISSIONS LOGISTIQUES « PAR CADDIE » EN AMONT DE LA CHAINE ---- 388
TABLEAU 101 : COUTS ET EMISSIONS DE LIVRAISON (DE TRANSPORT ET LOGISTIQUE) « PAR CADDIE » EN AMONT---- 388
TABLEAU 102 : COUTS ET EMISSIONS DE TRANSPORT EN AVAL DE LA CHAINE DE DISTRIBUTION---- 389
TABLEAU 103 : COUTS ET EMISSIONS LOGISTIQUES EN AVAL DE LA CHAINE DE DISTRIBUTION ---- 390
TABLEAU 104 : COMPOSITION DES COUTS D'APPROVISIONNEMENT DES MENAGES EN AVAL DE LA CHAINE - 391
TABLEAU 105 : COUTS ET EMISSIONS LOGISTIQUES ET DE TRANSPORT EN AVAL DE LA CHAINE DE DISTRIBUTION ---- 392
TABLEAU 106 : COUTS ET EMISSIONS LOGISTIQUES ET DE TRANSPORT DE LA CHAINE DE DISTRIBUTION GLOBALE ---- 393

Liste des figures

FIGURE 1 : NIVEAUX DE DISTRIBUTION ENTRE L'USINE ET LE MAGASIN DANS LA CHAINE DE DISTRIBUTION ----49
FIGURE 2 : ORGANISATION LOGISTIQUE D'UN CIRCUIT DIRECT EN AMONT DE LA CHAINE DE DISTRIBUTION ---50
FIGURE 3 : ORGANISATION LOGISTIQUE D'UN CIRCUIT COURT EN AMONT DE LA CHAINE DE DISTRIBUTION - LE CAS DE 4 PREMIERS GRANDS DISTRIBUTEURS ALIMENTAIRES BRITANNIQUES ----------51
FIGURE 4 : ORGANISATION LOGISTIQUE D'UN CIRCUIT LONG EN AMONT DE LA CHAINE DE DISTRIBUTION - LE CAS DE 4 PREMIERS GRANDS DISTRIBUTEURS ALIMENTAIRES BRITANNIQUES ----------53
FIGURE 5 : ORGANISATION DES REGIONS LOGISTIQUES PAR GROUPE ALIMENTAIRE EN FONCTION DES FAMILLES DES PRODUITS----------57
FIGURE 6 : ORGANISATION LOGISTIQUE DES PRODUITS NON ALIMENTAIRES CHEZ AUCHAN ----------60
FIGURE 7 : ORGANISATION D'UN CENTRE DE DISTRIBUTION LOCAL AVEC TRANSIT ----------61
FIGURE 8 : SCHEMA RECAPITULATIF DES ORGANISATIONS LOGISTIQUES EN AMONT DE LA CHAINE DE DISTRIBUTION ----------64
FIGURE 9 : SCHEMA RECAPITULATIF DES ORGANISATIONS LOGISTIQUES EN AVAL DE LA CHAINE DE DISTRIBUTION (21 TYPES DE CHAINES DE DISTRIBUTION REGROUPEES EN 5 MODES DE DISTRIBUTION)--73
FIGURE 10 : LIVRAISON MUTUALISEE DES MARCHANDISES VERS UN POINT RELAIS OU A DOMICILE ---------- 104
FIGURE 11 : LIVRAISON A DOMICILE NON MUTUALISEE (VUL/CYBERMARCHE)---------- 253
FIGURE 12 : LIVRAISON A DOMICILE MUTUALISEE (VUL/ZONE DE LIVRAISON) ---------- 253
FIGURE 13 : EXEMPLE D'UNE ORGANISATION LOGISTIQUE EN AMONT DE LA CHAINE DE DISTRIBUTION ------ 398

Liste des graphiques

GRAPHIQUE 1 : PART DE CINQ PREMIERS GROUPES ALIMENTAIRES PAR PAYS EUROPEEN EN 2003 39
GRAPHIQUE 2 : ARBITRAGE ENTRE COUTS DE TRANSPORT ET COUTS LOGISTIQUES DANS UN CENTRE DE DISTRIBUTION..... 47
GRAPHIQUE 3 : COUT GLOBAL DE LA CHAINE DE DISTRIBUTION EN FONCTION DU NOMBRE DES PLATEFORMES 48
GRAPHIQUE 4 : LES POSTES DE BUDGET AUTOMOBILE (EN EURO PAR MENAGE)..... 134
GRAPHIQUE 5 : POSTES DE CONSOMMATION D'ELECTRICITE EN KWH/M^2/AN (EN HYPERMARCHE ET EN SUPERMARCHE)..... 162
GRAPHIQUE 6 : COUTS ET EMISSIONS DE LA CHARGE TOTALE (37MT) DE LA CHAINE DE DISTRIBUTION GLOBALE 393
GRAPHIQUE 7 : COUTS ET EMISSIONS DE TRANSPORT EN AMONT DE LA CHAINE DE DISTRIBUTION..... 394
GRAPHIQUE 8 : COUTS ET EMISSIONS LOGISTIQUES EN AMONT DE LA CHAINE DE DISTRIBUTION 394
GRAPHIQUE 9 : COUTS ET EMISSIONS DE LIVRAISON (LOGISTIQUE ET TRANSPORT) EN AMONT DE LA CHAINE DE DISTRIBUTION..... 395
GRAPHIQUE 10 : COMPOSITION DES COUTS DE TRANSPORT EN AVAL DE LA CHAINE DE DISTRIBUTION..... 395
GRAPHIQUE 11 : COMPOSITION DES COUTS LOGISTIQUES EN AVAL DE LA CHAINE DE DISTRIBUTION 396
GRAPHIQUE 12 : COUTS ET EMISSIONS LOGISTIQUES ET DE TRANSPORT EN AVAL DE LA CHAINE DE DISTRIBUTION..... 396
GRAPHIQUE 13 : COUTS ET EMISSIONS LOGISTIQUES ET DE TRANSPORT DE LA CHAINE GLOBALE (AMONT ET AVAL) 397
GRAPHIQUE 14 : COUTS ET EMISSIONS DE LA CHARGE TOTALE (37MT) DE LA CHAINE DE DISTRIBUTION GLOBALE 397

Table des matières

Table des matières

Remerciements ---- **3**

Sommaire ---- **6**

Introduction générale ---- **10**

1. Introduction ---- 10

2. L'observation de départ ---- 11

3. Organisation générale de la thèse ---- 14

Chapitre 1. La problématique de la logistique urbaine ---- **17**

Section 1. Contexte et Motivation ---- **17**

1. Développement de la problématique de la logistique urbaine ---- 17

2. Pourquoi s'intéresse-t-on à la logistique urbaine : ses enjeux économiques et environnementaux ---- 20

3. La recherche en logistique urbaine ---- 22

Section 2. Problématique et méthodologie : étudier la globalité de la chaîne de distribution pour mieux résoudre la problématique de la logistique urbaine ---- **24**

1. Problématique de la thèse ---- 24

2. Méthodologie ---- 29

3. Conclusion ---- 32

Chapitre 2. La grande distribution alimentaire et ses organisations logistiques ---- **34**

Section 1. La grande distribution alimentaire ---- **34**

1. Introduction ---- 34

2. Caractéristiques de la grande distribution alimentaire ---- 35

3. Importance de la fonction logistique dans la grande distribution alimentaire ---- 44

Section 2. Les circuits de livraison en amont de la chaîne de distribution ---- **46**

1. Définition de l'amont ---- 46

2. Paramètres de différenciation en amont de la chaîne de distribution ---- 47

3. Evolution des circuits de livraison en amont de la chaîne de distribution ---------- 50
a. Le circuit direct : livraison directe du fournisseur au magasin ---------- 50
b. Le circuit court : passage par un centre de distribution ---------- 51
c. Le circuit long : multiplication des centres de distribution ---------- 53
4. Organisation de la distribution par région logistique ---------- 56
a. Logistique des groupes alimentaires par rapport aux multinationales ---------- 56
b. Synthèse des organisations logistiques ---------- 63
Section 3. Les modes d'organisation en aval de la chaîne de distribution ---------- 71
1. Définition de l'aval ---------- 71
2. Paramètres de différenciation en aval de la chaîne de distribution ---------- 74
a. Différenciation de cinq modes de distribution ---------- 74
i. Préparateur de commande ---------- 75
ii. Organisateur du transport ---------- 76
b. Différenciation des chaînes par mode de distribution ---------- 79
i. Taille de la surface de vente ---------- 79
ii. Mode de préparation des commandes ---------- 81
4. La vente classique ---------- 84
a. Hypermarché ---------- 85
b. Supermarché ---------- 86
c. Supérette ---------- 87
5. Le Drive ---------- 89
a. Full Drive ---------- 91
b. Drive Light ---------- 92
6. Les points relais ---------- 94
7. La livraison à domicile ---------- 96
a. Livraison à domicile après une commande à distance ---------- 97
b. Livraison à domicile suite au déplacement du client ---------- 100

8. Plateforme de mutualisation en aval de la chaîne de distribution ---------- 102

Conclusion ---------- 105

Chapitre 3. Elaboration d'un outil de calcul du bilan global économique et environnemental ---- 107

Section 1. Unités de mesure et périmètre général de l'évaluation économique et environnementale ---------- 108

1. Unités de mesure de l'outil de calcul ---------- 108

a. Le poids (en tonne ou en kilogramme de marchandise) ---------- 108

b. Le nombre de palettes ---------- 109

c. La surface (en m^2) et le volume (en m^3) ---------- 110

d. Le nombre d'articles ---------- 112

e. Autres unités de mesures ---------- 113

2. Périmètre général de l'évaluation économique et environnementale ---------- 114

Section 2. Périmètre d'évaluation économique : composition du bilan économique des opérations logistiques et de transport ---------- 119

1. Coûts d'utilisation (achat et fonctionnement) des différents moyens de transport ---------- 121

a. Coûts des moyens de transport utilisés dans la livraison des surfaces de vente à partir des entrepôts des fournisseurs ---------- 122

b. Coûts des moyens de transport utilisés dans l'approvisionnement des ménages à partir des surfaces de vente ---------- 130

i. Distance moyenne entre la surface de vente et le domicile du client ---------- 132

ii. Coûts des différents véhicules de transport en aval ---------- 133

iii. Part de chaque mode de déplacement ---------- 142

iv. Nombre de déplacements ---------- 145

iv. Valeur du temps ---------- 148

2. Coût total d'exploitation (construction et fonctionnement) des bâtiments logistiques ------ 150

a. Coûts des centres de distribution en amont ---------- 151

i. Coûts des plateformes de transit ---------- 151

ii. Coûts des entrepôts de stockage ---------- 153

b. Coûts des surfaces de vente en aval ---------- 159

i. Coût de construction ou de location ---------- 159

ii. Coût de main d'œuvre ---------- 160

iii. Coût de consommation d'électricité ---------- 161

iv. Coût d'amortissement des investissements et autres coûts d'exploitation ---------- 164

Section 3. Evaluation environnementale : composition du bilan environnemental des opérations logistiques et de transport ---------- 165

1. Emissions d'utilisation (fabrication et fonctionnement) des moyens de transport ---------- 166

a. Emissions des véhicules de transport en amont (articulés et porteurs) ---------- 166

i. Emissions de fabrication des véhicules en amont ---------- 166

ii. Emissions de fonctionnement des véhicules en amont ---------- 171

b. Emissions des véhicules de transport en aval (VUL, voiture, transport public et deux roues) ---------- 177

i. Emissions de fabrication des véhicules en aval ---------- 177

ii. Emissions de fonctionnement des véhicules en aval ---------- 181

2. Emissions d'exploitation (construction et fonctionnement) des bâtiments logistiques ------- 187

a. Emissions d'exploitation des centres de distribution en amont ---------- 187

i. Emissions de construction des centres de distribution ---------- 188

ii. Emissions de fonctionnement des centres de distribution ---------- 188

b. Emissions d'exploitation des surfaces de vente en aval ---------- 190

i. Emissions de construction des surfaces de vente ---------- 190

ii. Emissions de fonctionnement des surfaces de vente ---------- 191

Section 4. Emissions de CO_2 des fuites frigorigènes en grande distribution alimentaire ---------- 195

1. Définition ---------- 195

2. Les réfrigérants utilisés dans la grande distribution alimentaire ---------- 196

a. Les différentes familles de réfrigérants ---------- 196

b. Les réfrigérants utilisés dans les véhicules de transport ---------- 198

c. Les réfrigérants utilisés dans les bâtiments logistiques ---------- 200

3. Fuites des réfrigérants dans les véhicules et les bâtiments logistiques ---------- 202

a. Méthode de calcul des fuites frigorigènes---------- 202
b. Charge moyenne de fluide frigorigène ---------- 203
c. Taux d'émissions par rapport à la charge nominale---------- 204
d. Durée de vie de l'installation frigorifique---------- 205
e. Efficacité de récupération ---------- 206
4. Emissions de CO_2 liées à la production des fluides et aux fuites frigorigènes---------- 207
a. Emissions frigorigènes des bâtiments logistiques ---------- 208
i. Emissions frigorigènes des grandes surfaces ---------- 208
ii. Emissions frigorigènes des moyennes surfaces ---------- 209
iii. Emissions frigorigènes des petites surfaces---------- 209
b. Fuites frigorigènes des véhicules à température dirigée ---------- 210
i. Emissions frigorigènes des véhicules à moteur thermique ---------- 211
ii. Emissions frigorigènes des véhicules à poulie-courroie---------- 212
5. Conclusion ---------- 213
Chapitre 4. Analyse des bilans des différents types de chaînes de distribution ---------- 215
Introduction ---------- 215
Section 1. Coûts et émissions des circuits de livraison en amont---------- 218
1. Emissions de CO_2 et coûts de transport en amont de chaîne de distribution---------- 218
2. Emissions de CO_2 et coûts logistiques en amont de la chaîne de distribution ---------- 224
3. Emissions de CO_2 et coûts de livraison (transport et logistique) en amont---------- 227
Section 2. Coûts et émissions des modes de distribution en aval ---------- 231
1. Coûts et émissions de transport en aval ---------- 231
a. Coûts de transport en aval de la chaîne de distribution ---------- 231
i. Coût de transport dans la vente classique ---------- 235
ii. Coût de transport dans le mode Drive ---------- 239
iii. Coût de transport dans le mode point relais---------- 241
iv. Coût de transport dans la livraison à domicile---------- 246

b. Emissions de transport en aval de la chaîne de distribution ---------- 260
i. Emissions de transport dans la vente classique ---------- 260
ii. Emissions de transport dans le mode Drive ---------- 263
iii. Emissions de transport dans le mode point relais ---------- 265
iv. Emissions de transport dans la livraison à domicile ---------- 268
v. Synthèse des coûts et émissions de transport en aval de la chaîne de distribution ----- 272
2. Coûts et émissions logistiques en aval ---------- 278
a. Coûts logistiques en aval de la chaîne de distribution ---------- 278
i. Coût de préparation des commandes ---------- 279
ii. Coût d'exploitation du magasin ---------- 287
iii. Coût logistique total (de préparation de commande et d'exploitation du magasin) --- 292
b. Emissions logistiques en aval de la chaîne de distribution ---------- 294
c. Conclusion ---------- 298
3. Total des coûts et des émissions de CO_2 (transport et logistique) en aval ---------- 299
a. Coût total (de transport et de logistique) en aval de la chaîne de distribution ---------- 299
b. Emissions totales (de transport et logistique) en aval de la chaîne de distribution --------- 309
c. Impact de la plateforme de mutualisation en aval de la chaîne de distribution ---------- 312
Section 3. Bilans économique et environnemental de la chaîne globale (amont et aval) -------- 315
1. Introduction ---------- 315
2. Bilans économique et environnemental de la consommation française ---------- 316
3. Bilans économique et environnemental « par caddie d'achat » ---------- 319
4. Bilans économique et environnemental « par kg de marchandise » ---------- 322
5. Conclusion ---------- 328
Conclusion générale ---------- 331
Bibliographie ---------- 337
Annexe 1 : Descriptif détaillé des 6 organisations logistiques en amont de la chaîne (schéma récapitulatif) ---------- 356
Partie 1. Circuit direct ---------- 357

Partie 2. Circuit court ---------- 358

1. Circuit court 1 ---------- 358

2. Circuit court 2 ---------- 359

Partie 3. Circuit long ---------- 361

1. Circuit long 1 ---------- 361

2. Circuit long 2 ---------- 362

3. Circuit long 3 ---------- 363

Conclusion : ---------- 364

Annexe 2 : Coûts et émissions des véhicules de transport de marchandises en amont et en aval de la chaîne ---------- 365

Partie 1. Coûts des véhicules de transport des marchandises ---------- 365

1. Coûts des véhicules utilisés par les ménages ---------- 365

a. Coûts d'utilisation des moyens de transport (Achat et fonctionnement) ---------- 365

b. Valeur du temps du client pendant son déplacement vers une surface de vente ---------- 366

2. Coûts des véhicules utilisés par les grands distributeurs alimentaires ---------- 368

Partie 2. Emissions des véhicules de transport des marchandises ---------- 374

1. Emissions des véhicules utilisés par les ménages ---------- 374

2. Emissions des véhicules utilisés par les grands distributeurs alimentaires ---------- 375

3. Emissions et coûts de transport en amont de la chaîne de distribution ---------- 379

Annexe 3 : Bilans économique et environnemental par famille de produits ---------- 381

Partie 1. Coûts et émissions de livraison par famille de produits en amont de la chaîne --------- 381

1. Coûts et émissions de livraison des produits non alimentaires en amont ---------- 382

2. Coûts et émissions de livraison des produits non réfrigérés en amont ---------- 383

3. Coûts et émissions de livraison des produits alimentaires frais en amont ---------- 384

4. Coûts et émissions de livraison des produits alimentaires surgelés en amont ---------- 385

Partie 2. Coûts et émissions de livraison de la charge totale en amont ---------- 386

Partie 3. Coûts et émissions de livraison par caddie en amont ---------- 387

Partie 4. Coûts et émissions des modes de distribution en aval ---------- 389

Partie 5. Coûts et émissions de la chaîne de distribution globale ---------- 393

Partie 6. Récapitulatif des coûts et des émissions de CO_2 par poste---------- 394

Annexe 4 : Exemple d'organisation de la livraison en amont ---------- 398

Table des illustrations---------- 401

Liste des tableaux---------- 401

Liste des figures ---------- 404

Liste des graphiques---------- 404

Table des matières---------- 406

Résumé et mots clés---------- 414

Abstract and keywords ---------- 416

Résumé et mots clés

Résumé :

La logistique urbaine, et celle du dernier kilomètre notamment, est un sujet de préoccupation majeure pour les villes d'aujourd'hui. Pour répondre à cette préoccupation, nous avons établi dans le chapitre introductif un historique de la problématique de la logistique urbaine pour mieux comprendre son développement au fil des années, permettant ainsi de déduire qu'il est fondamental d'étudier la globalité de la chaîne de distribution dans ce travail de thèse pour mieux résoudre la problématique de la logistique urbaine. En revanche, nous étions confrontés à un sujet redoutable par sa complexité et l'absence de données complètes et fiables. De plus, nous assistons dans les dernières années, à une multiplication des schémas logistiques que ce soit pour la livraison des magasins à partir des entrepôts des fournisseurs ou pour l'approvisionnement des clients à partir des surfaces de vente.

De ce fait, nous avons fixé comme objectif d'identifier toutes les organisations logistiques existantes et émergentes en France et ailleurs (deux séjours d'un an en Angleterre et en Suisse). Pour ce faire, nous avons déterminé dans le deuxième chapitre les paramètres de différenciation des modes d'organisation en amont (de l'entrepôt du fournisseur à la surface de vente) et en aval de la chaîne (de la surface de vente au domicile du client). Or il n'existe pas aujourd'hui de bilan économique et environnemental complet permettant d'arbitrer entre différentes formes de distribution classiques et à distance en tenant compte des particularités des familles des produits (non alimentaires, secs, frais, surgelés) et de la diversité de leurs modes de livraison.

Face à ces contraintes de taille, nous avons eu recours aux enquêtes de terrain dans ce travail de recherche, qui ont été l'occasion de nouer de très nombreux contacts avec les acteurs de la grande distribution, permettant ainsi de recueillir des données techniques et économiques de première main et inédites jusqu'ici. En plus de la résolution du verrou empirique dans le troisième chapitre, ce travail de thèse a permis également de lever des verrous méthodologiques relatifs à la reconstitution et à l'évaluation des coûts et des émissions logistiques (pour les entrepôts de stockage et les plateformes de transit en amont ; et pour les surfaces de vente et les plateforme de mutualisation en aval) et des coûts et des émissions des véhicules de transport (des articulés et des porteurs en amont ; et des VUL, voitures particulières, transports publics, deux roues, et marche à pied en aval). Enfin, ce travail de thèse a permis d'aboutir à la construction d'une base de données et la mise au point d'un outil d'aide à la décision permettant ainsi de déduire, dans le quatrième chapitre, les bilans économique et environnemental de la globalité de la chaîne depuis l'entrepôt du fournisseur jusqu'au domicile du ménage. Cet outil devrait se révéler très utile pour les politiques publiques, les stratégies futures des grands distributeurs et leurs prestataires logistiques afin de privilégier les modes d'organisation économes et durables, et même pour le client final afin d'estimer les coûts et les émissions de ses actes d'achat dans les différentes alternatives de vente classique et à distance.

Mots clés :

Approvisionnement des ménages, logistique urbaine, chaîne de distribution économe et durable, grands distributeurs, prestataires logistiques, client final, entrepôts de stockage, plateformes de transit, circuits de livraison en amont, modes de distribution en aval, grandes et moyennes surfaces, commerces de proximité, plateformes de mutualisation, vente classique, Drive, points relais, livraison à domicile, coûts et émissions logistiques et de transport, fuites des fluides frigorigènes, bilans économique et environnemental.

Abstract and keywords

Abstract :

Urban logistics and the last mile in particular, is a major concern for cities today. To address this concern, we have established in the introductory chapter a history of the problem of urban logistics. This allows a better understanding of its development over the years, and deducing that it's essential to study the supply chain in its entirety to better solve the problem of urban logistics. However, we were faced with a daunting task: the lack of comprehensive and reliable data. In addition, there has been a multiplication of distribution channels in recent years. This includes the delivery from warehouses to stores and further to households from the retail space.

Therefore, we intended to identify all existing and emerging logistics organizations in France and beyond (one year exchange stay in England and Switzerland for research purposes). To do this, we established in the second chapter certain parameters that differentiate the logistics modes of various organizations upstream (from manufacturers to retail stores) and downstream (from retail stores to households). Unfortunately, there does not exist any economic and environmental assessment to settle between different forms of traditional and modern electronic distribution, by taking into account the various characteristics of different products families (non-food, dry, fresh, frozen) and the diversity of their delivery modes.

Faced with constraints of such size, we conducted surveys with different actors of distribution channels, which provided the opportunity to make contacts, thus collect firsthand and so far unpublished technical and economic data.

In addition to the resolution of empirical inadequacy in the third chapter, this research also helped to develop a methodological approach related to the reconstruction and evaluation of logistics costs and emissions (in warehouses, transit platforms, retail stores and shared platforms) and also the costs and emissions of vehicles (trucks, delivery van, cars, public transport, bikes, motorbikes and walking).

Finally, this research has lead to the construction of a database and the development of a decision support tool to infer, in the fourth chapter, the economic and environmental appraisal of the entire supply chain from the supplier's warehouse to the final customer. This tool can be useful for public policy, future strategies of retailers and Third-Party Logistics providers to focus on efficient and sustainable modes of organization, and even it will benefit the customer to estimate the costs and emissions of its acts of purchase in classic and e-grocery shopping.

Keywords:

Household supply, urban logistics, efficient and sustainable supply chain, grocery retailing, Third-Party Logistics providers, customers, warehouses, transit platforms, upstream delivery modes, downstream distribution channels, hypermarket, supermarket, minimarket, sharing platforms, traditional sale, Drive, relay points, home delivery, costs and emissions of transport and logistics, leaks of refrigerants, economic and environmental balance sheet.