



**HAL**  
open science

## Chaînes logistiques et consommation d'énergie : cas du yaourt et du jean

C. Rizet, Basile Keita

► **To cite this version:**

C. Rizet, Basile Keita. Chaînes logistiques et consommation d'énergie : cas du yaourt et du jean. 2005, 92p. hal-00546042

**HAL Id: hal-00546042**

**<https://hal.science/hal-00546042>**

Submitted on 13 Dec 2010

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Christophe RIZET (Inrets, Dest)  
Basile KEÏTA (B2K Consultants)

## **Chaînes logistiques et Consommation d'énergie :**

*cas du Yaourt et du Jean*

*Juin 2005*





## **Chaînes logistiques et consommation d'énergie :** cas du Yaourt et du Jean

### **RESUME**

Pour analyser l'efficacité énergétique et les émissions de GES des chaînes logistiques, on compare différentes chaînes aboutissant aux mêmes consommateurs. Deux produits sont étudiés : le yaourt, caractéristique de la chaîne du froid et des flux tendus et le blue jean, intégré au marché mondial, tant pour sa matière première principale (le coton) que pour les différentes étapes de sa fabrication. Les chaînes étudiées pour le jean diffèrent principalement par l'origine des approvisionnements, alors que celles du yaourt se distinguent essentiellement par les formes de distribution. La consommation d'énergie est estimée aux différentes étapes de la chaîne logistique et rapportée au kilo de produit final (yaourt ou jean) vendu, ce qui permet de comparer l'efficacité énergétique par étape (transport, plates-formes, magasins, trajet consommateur) puis l'efficacité globale de la chaîne.

Dans les cas étudiés du yaourt, le système de distribution, c'est-à-dire le format du magasin (hyper, super ou petit magasin de proximité et E-commerce avec livraisons à domicile), semble expliquer en grande partie l'efficacité énergétique de la chaîne. Si l'on laisse de côté la production dans l'usine, l'énergie consommée par kilo de yaourt rendu chez le consommateur varie entre 59 et 95 gep. Dans le cas du Jean, l'éloignement des approvisionnements est l'élément central et l'énergie consommée par kilo de jean varie entre 191 et 366 gep selon l'origine du coton. .

Les tests de sensibilité montrent que ces estimations sont très sensibles aux hypothèses de calcul et conventions retenues ; ces premiers résultats demandent à être confirmés par d'autres travaux.



# Chaînes logistiques et consommation d'énergie :

cas du Yaourt et du Jean

## NOTE DE SYNTHÈSE

### 1 Objectifs et méthode

Cette recherche, financée avec le concours de l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME) dans le cadre du Programme Interministériel sur les Transports (PREDIT), analyse l'influence de l'organisation de la chaîne logistique sur la demande de transport et la quantité d'énergie correspondante. Pour produire et amener sur le marché une certaine quantité de biens, différentes formes d'organisations logistiques sont possibles, qui peuvent entraîner des demandes de transport et des consommations d'énergie différentes. Ces différences entre filières logistiques peuvent porter notamment sur les points suivants.

- Le produit considéré peut être fabriqué localement ou importé de pays plus ou moins lointains et le fabricant peut lui-même s'approvisionner en matières premières d'origines plus ou moins lointaines.

- Le magasin de distribution peut être une petite boutique en centre ville ou un hypermarché en périphérie d'agglomération. Dans le premier cas, le consommateur s'y rend généralement à pied, alors que dans le second cas il prend le plus souvent sa voiture.

Quelle quantité d'énergie est nécessaire pour amener un kilo de produit donné jusque chez le consommateur, par les différentes chaînes étudiées ? Quels sont les principaux facteurs de consommation d'énergie identifiés des chaînes étudiées ? Quels sont les écarts de consommation d'énergie entre les différentes formes de chaînes logistiques analysées ?

Deux produits ont été sélectionnés pour cette analyse des chaînes logistiques : le yaourt et les blues jeans. Le yaourt est fabriqué en France, principalement à partir de lait produit lui-même en France. C'est un produit alimentaire ultra frais dont la durée de vie est courte, transporté sous température dirigée et en flux tendus. Le jean, en revanche, est un produit intégré au marché mondial, tant pour sa matière première principale (le coton) que pour les différentes étapes de sa fabrication et sa durée de vie est longue.

Pour obtenir des chaînes logistiques de morphologies différentes, nous partons de deux zones de consommation (région parisienne et agglomération d'Aix-en-Provence) et 'remontons' différentes chaînes logistiques. Dans chacune de ces deux zones, nous avons sélectionné, pour deux groupes de distribution, un hypermarché, un supermarché et un magasin de proximité. Pour le yaourt, nous analysons également une chaîne logistique de vente par correspondance (E-commerce) de la région parisienne dont la caractéristique essentielle, par rapport aux magasins classiques, est de livrer à domicile à partir d'un entrepôt dédié.

Trois formes d'énergie ont été rencontrées dans les enquêtes : le gazole (carburant presque exclusif pour le transport routier) et d'autres produits pétroliers ; l'électricité, aussi bien dans les usines de production que dans les entrepôts ou plates-formes logistiques ; le gaz naturel. Le tableau ci-dessous récapitule les coefficients utilisés pour convertir ces différentes formes d'énergie en une unité commune, la tonne d'équivalent pétrole (tep) ainsi que les coefficients donnant les émissions de gaz à effet de serre (GES) de ces énergies.

Tableau a : Coefficients de conversion des différentes énergies rencontrées.

Unités	tep/unité	téqCO2 / unité
1000 litre de gazole = 0,83 tonnes	0,83	3,02
1 tonne de fioul lourd (BFO : Bunker Fuel Oil )	0,952	3,42
électricité consommée en France : 1 MWh	0.086	0,055
électricité consommée hors de France : 1 MWh	0.32	0.544
gaz naturel : 1 MWh	0,077	0,25

Les étapes de cette recherche sont alors les suivantes :

- reconstituer la morphologie de différentes chaînes logistiques de ces produits, depuis la collecte des matières premières jusqu'au domicile des consommateurs en France en passant par les usines de fabrication, les entrepôts et les magasins des distributeurs ;
- estimer, à chaque étape, les consommations d'énergie et émissions de CO2 générées ;
- synthétiser ces consommations et émissions sur l'ensemble de la chaîne et analyser les écarts entre chaînes logistiques, en relation avec l'organisation de ces chaînes.

## 2 Supply chains du yaourt

Nous distinguons quatre types de chaînes logistiques du yaourt : trois pour les différents formats de magasins étudiés et la chaîne du E-commerce avec livraison à domicile. Dans chaque type, la consommation par grand poste est la moyenne des différentes chaînes aboutissant au format de magasin ou E-commerce.

L'analyse des consommations par étape (transport par mode, stockage, magasins, trajet client...) met en évidence des éléments relativement nouveaux : les magasins, les plates-formes logistiques réfrigérées et le trajet du consommateur.

- Les magasins sont de grands consommateurs d'énergie et le volume des ventes (par m<sup>2</sup> de surface de vente) est l'élément clef qui les différencie.

- Les plates-formes logistiques réfrigérées ont également une consommation d'énergie non négligeable mais moins importante que celle des magasins, malgré la très forte rotation des produits qui y restent généralement moins de 24 heures.

- Le trajet du consommateur ou dernier km constitue une autre étape importante de la consommation d'énergie par kilo de produit ; son importance dépend en partie de la méthode d'affectation retenue.

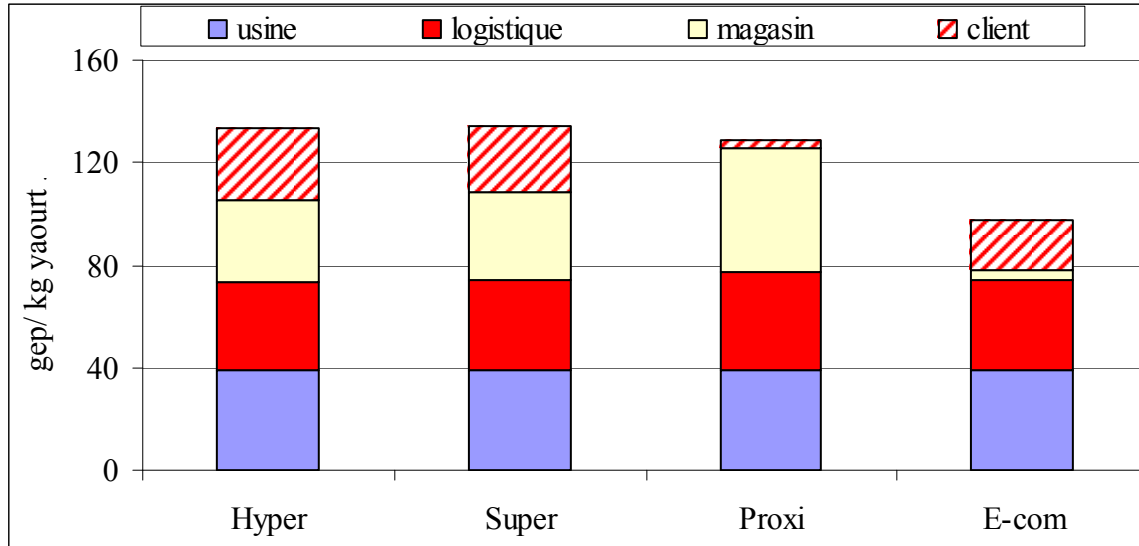
La figure a synthétise les consommations d'énergie, en moyenne par type de chaînes en distinguant l'énergie dépensée pour la production, pour la logistique, dans les magasins et pour le dernier km. Dans les quatre cas, les consommations d'énergie de la production sont identiques par construction ; celles de la logistique en amont du magasin sont proches. Les éléments de différenciation des chaînes logistiques sont les consommations d'énergie des magasins et du trajet client, entre le magasin et le domicile du consommateur, donc liées au système de distribution.

- Les écarts d'efficacité énergétique paraissent importants : si l'on laisse de côté la consommation de la production dans l'usine, la consommation par kilo de yaourt varie entre 59 et 95 gep respectivement pour le E-commerce et les grandes surfaces (super et hypermarchés), en passant par 90 gep pour les petits magasins de centre ville.

- La consommation d'énergie des magasins augmente lorsque la taille du magasin diminue : les magasins de proximité consomment plus, par kilo de yaourt vendu que les supermarchés,

qui eux-mêmes consomment plus que les hypermarchés. Dans le cas du E-commerce, cette consommation du magasin est remplacée par celle des plates-formes dédiées; elle est très faible

Figure a : Synthèse de la consommation énergétique (gep/kg) selon le type de chaîne



- La consommation du trajet terminal est plus forte dans les grands magasins que dans les petits.
- Sur l'ensemble de la chaîne logistique du yaourt, les chaînes des grandes surfaces (hyper et supermarchés) sont celles qui consomment le plus d'énergie, en raison principalement du dernier trajet.
- Les chaînes logistiques utilisant le E-commerce avec livraison à domicile sont les plus efficaces sur le plan énergétique. Entre ces deux extrêmes se situent les chaînes logistiques des supérettes de quartier.

Lorsqu'on converti la consommation d'énergie en émissions de gaz à effet de serre, la comparaison entre les types de chaînes change peu, à cette nuance près que l'énergie électrique y compte beaucoup moins que les carburants pétroliers et donc que les bâtiments, plates-formes et magasins, comptent moins. De ce fait, les petits magasins de proximité apparaissent comme les plus efficaces, dans les cas étudiés, surpassant même la livraison à domicile.

### 3 Supply chains du Jean

L'analyse porte sur la comparaison de trois types du Supply Chain, qui se distinguent par l'origine du coton : Inde (distance totale 23 400 km dont 18 000 de transport maritime), Ouzbékistan (27 200 km dont 20 000 de transport maritime) et Egypte (4300 km dont 2500 de transport maritime). La consommation de la production n'a pas pu être estimée dans le cas du Jean et les chaînes aboutissent toutes aux hypermarchés uniquement.

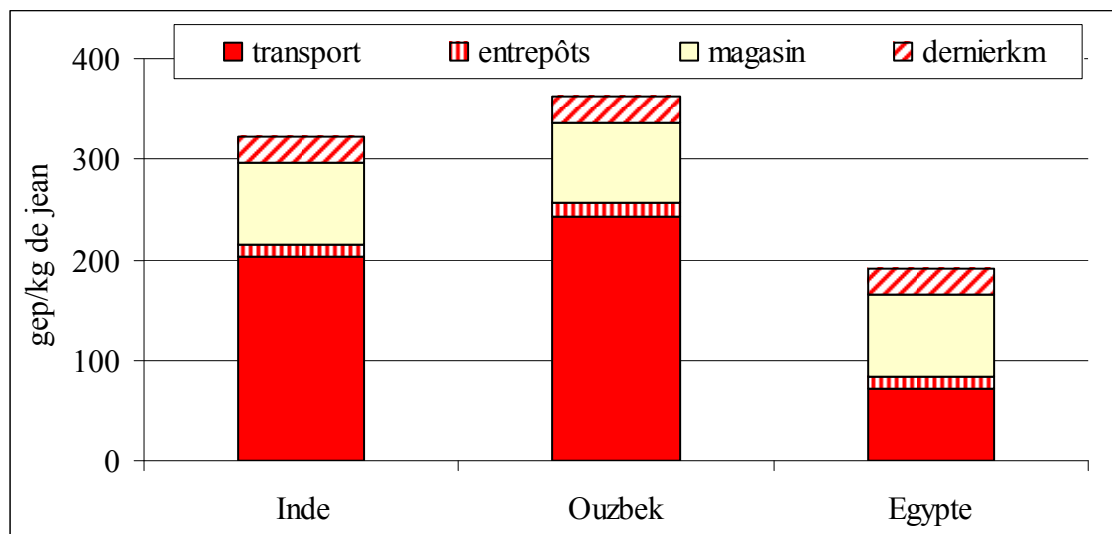
Par construction dans la figure ci-après, les consommations d'énergie du magasin et du dernier kilomètre sont identiques entre les chaînes. Celles-ci se différencient par l'origine des approvisionnements et donc principalement par la distance de transport ; la part du transport maritime, beaucoup plus efficace énergétiquement que le transport routier, joue également un



rôle important. Toutefois, l'efficacité énergétique du transport maritime ne compense pas les distances très importantes parcourues. Ces produits importés connaissent parfois de longs trajets routiers avant d'être embarqués sur des navires.

La quantité d'énergie dépensée est un peu plus de 300 gep par kilo pour les chaînes de jeans d'Asie et un peu moins de 200 pour celle d'Egypte, à comparer à la centaine de gep par kilo de yaourt trouvée précédemment. Le transport en amont du magasin (hors parcours client) est le principal responsable de cette consommation importante d'énergie surtout pour les chaînes d'Asie avec 200 à 220 gep/kg, et dans une moindre mesure pour celle d'Egypte (70 gep/kg) à comparer à un peu moins de 30 gep/kg pour celles du yaourt.

Figure b : Consommation énergétique selon la provenance du coton (en gep/kg Jean)



Les supply chains du jean consomment également beaucoup d'énergie dans les magasins et pour le dernier km : respectivement 80 et 26 gep / kg soit environ le tiers de la consommation considérée (hors production) pour les chaînes d'Asie et les deux tiers pour celles d'Egypte. En comparaison du yaourt, les jeans ont un faible taux de rotation d'où une forte consommation d'énergie en magasin au kg vendu.

Lorsque l'on considère les émissions de GES, les magasins et entrepôts perdent de l'importance et le transport prend une part tout à fait dominante.

#### 4 Perspectives et compléments de recherches

Les prolongements qui pourraient être donnés à ce travail peuvent s'articuler autour des axes suivants :

- mesurer les consommations d'énergie plutôt que les estimer pour améliorer la précision ;
- appliquer la présente méthodologie à d'autres supply chains afin d'élargir les champs d'observation et d'acquérir plus de connaissances sur les consommations d'énergie et émissions de GES en transport de marchandises ;
- analyser l'impact des relations de collaboration entre les acteurs. Le développement des relations de collaboration entre industriels, distributeurs et prestataires permet en particulier de mieux prévoir les flux d'approvisionnements des magasins et usines de production et de maîtriser finalement la consommation d'énergie.

# **I OBJECTIFS ET METHODOLOGIE**

## 1.1 CONTEXTE ET OBJECTIFS

### Contexte

Le taux élevé de croissance du transport par route est un défi, en particulier face aux engagements de Kyoto de réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES). Or, en matière de marchandises, la connaissance des déterminants de la demande de transport est beaucoup moins avancée que pour les voyageurs, alors que les enjeux environnementaux sont également très importants. Les déterminants de la demande exprimée en véhicules kilomètres ainsi que leurs conséquences en terme d'énergie et d'émissions de GES ont été peu étudiés pour les marchandises, alors qu'une intervention efficace en vue de réduire les incidences de la circulation du fret nécessite une connaissance approfondie des facteurs de choix logistiques.

Cette recherche analyse l'influence de l'organisation de la chaîne logistique sur la demande de transport et la quantité d'énergie correspondante. Pour produire et amener sur le marché une certaine quantité de biens, différentes formes d'organisations logistiques sont possibles entre les partenaires de la filière, qui peuvent entraîner des demandes de transport différentes. Ces différences entre filières logistiques, pour amener un même produit chez le consommateur peuvent porter notamment sur les points suivants.

- Le point de vente au consommateur ou magasin de distribution, peut se situer en centre ville ou en périphérie d'agglomération. Dans le premier cas, le consommateur peut se rendre dans ce magasin à pied, alors que dans le second cas il lui faut prendre un moyen de transport, le plus souvent sa voiture ; nous avons également considéré la livraison à domicile, dans le cas de la chaîne E-commerce, que nous comparons avec les différentes formes de magasins.
- Le produit considéré peut être fabriqué localement ou importé de pays plus ou moins lointains et le fabricant peut lui-même s'approvisionner dans son pays ou importer les matières nécessaires à la fabrication du produit. Pour fabriquer un produit, il peut limiter ses fournisseurs, en sélectionnant un petit nombre d'entre eux qui doivent concentrer eux-mêmes les approvisionnements ; il va ainsi massifier ses flux d'approvisionnement alors que ses fournisseurs auront diversifié les leurs ; ce fabricant peut aussi raccourcir les distances parcourues par ses approvisionnements en demandant à ses fournisseurs d'installer leurs plates-formes à proximité de son usine. Quel sera alors le résultat global en terme de consommation d'énergie et d'émission de CO<sub>2</sub> ?
- Enfin la collaboration entre les partenaires de la supply chain peut être plus ou moins poussée dans le domaine de la logistique : chacun peut chercher à optimiser ses propres flux indépendamment de ses partenaires ou, à l'opposé, l'optimisation peut être recherchée globalement sur la chaîne.

Quelle est la place de l'organisation logistique au sein d'une « supply chain » de produit, dans la relation entre l'activité économique (la production, en tonnes), le trafic marchandises émis (en tkm) et la circulation de véhicules 'marchandises' qui détermine les consommations de carburant et les émissions de CO<sub>2</sub> ? On entend par organisation de la chaîne logistique, les principaux choix des différents partenaires de la chaîne - distributeurs et industriels chargeurs et prestataires de transport et de logistique, tant en ce qui concerne leurs propres opérations (acquisition et usage d'un parc propre ou sous-traité, politique de stockage, choix modal), que pour l'intégration de la gestion logistique au long de la filière (sous-traitance à un logisticien commun, systèmes d'information et logiciels de gestion des stocks intégrés).

## Objectifs

La recherche 'Consommation d'énergie pour le transport de marchandises et choix logistique des entreprises'<sup>1</sup>, achevée en 2002, fournit une méthode d'estimation de l'énergie consommée pour transporter un envoi. Cette méthode a pu être utilisée sur un grand nombre d'observations des enquêtes chargeurs de l'INRETS, moyennant l'estimation de quelques variables ; elle a permis de lancer des pistes d'analyse de l'influence des principaux choix logistiques des entreprises sur l'énergie consommée en transport, notamment l'organisation en juste à temps ou le groupage ; cette recherche a également montré que l'établissement ou l'entreprise ne permet pas de rendre compte de l'ensemble de ce phénomène ; d'où la nécessité d'élargir l'analyse à la logistique de la Supply Chain.

Il existe de multiples définitions de la logistique dont la valeur et la conception se sont fortement modifiées au cours des dernières années. On cite traditionnellement la définition d'origine militaire : « la logistique consiste à apporter ce qu'il faut, là où il faut et quand il faut »<sup>2</sup>. La logistique, recouvre toujours des fonctions de base de transport, de stockage et de manutention dans les entreprises ; mais elle a étendu son domaine en amont vers l'achat et l'approvisionnement, et en aval vers la gestion commerciale et la distribution. La logistique est définie alors comme « la gestion des flux de produits et d'informations, depuis la livraison aux clients jusqu'à l'achat des produits, matières et composants aux fournisseurs, visant à satisfaire la demande finale sous les contraintes de délai, de flexibilité, de coût et de qualité<sup>3</sup> ». Cette définition de la logistique a ensuite évolué en poursuivant son intégration en amont et en aval de l'entreprise pour concerner la gestion de « l'ensemble des flux physiques (des produits), d'informations et financiers depuis les clients des clients jusqu'aux fournisseurs des fournisseurs<sup>4</sup> », formant ainsi la logistique globale ou Supply Chain (SC). Ce concept repose sur une vision globale et non plus partielle de l'entreprise, et vise à obtenir une optimisation de l'ensemble de la chaîne. La logistique sera donc considérée dans cette recherche sous son acception la plus large ; on définit la logistique comme l'optimisation des flux de biens matériels, de main-d'œuvre et d'informations, qui conduisent du fournisseur le plus en amont au client le plus en aval, incluant la conception, la production ou la fabrication des produits, la distribution, le service après vente, la récupération et la gestion des produits en fin de vie (déchets et emballages) (Schéma 1)<sup>5</sup>. Cette définition de la logistique, même si elle ne recouvre pas tout, constitue une logique directrice dans cette recherche. C'est autour de cette logique directrice que tendent à se structurer les choix d'organisations logistiques des entreprises. Un certain nombre de problématiques liées à cette définition de la logistique ne seront pas traitées dans cette recherche.

---

<sup>1</sup> C. Rizet et B. Keita: Consommation d'énergie pour le transport de marchandises et choix logistique des entreprises, Rapport INRETS-ADEME, 2002

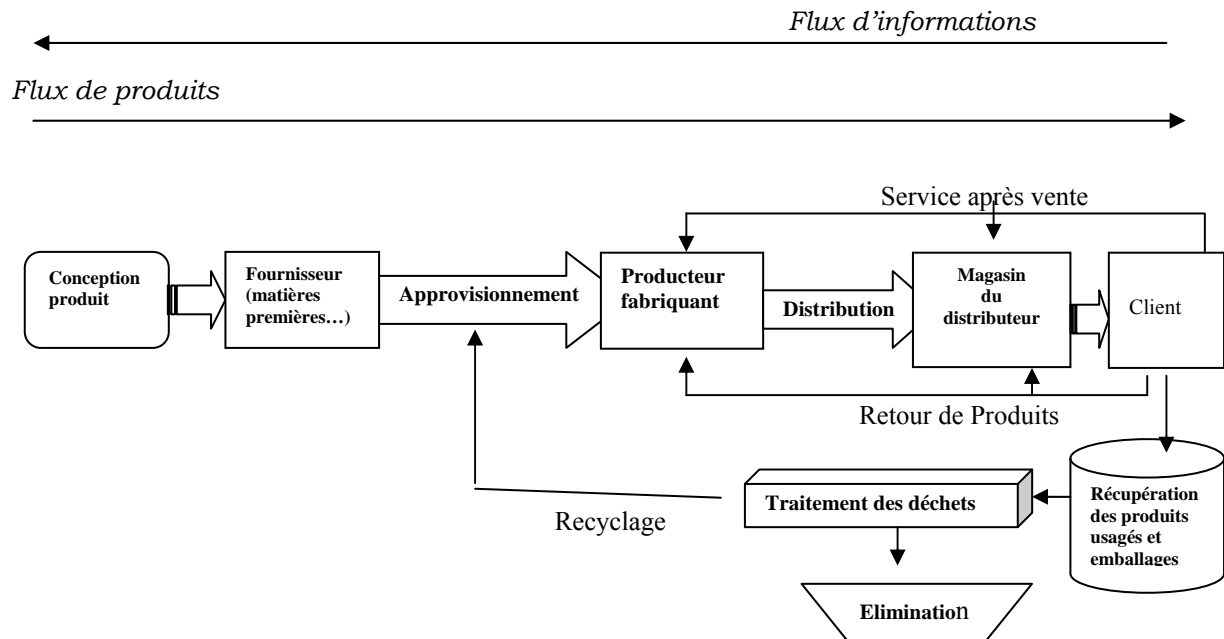
<sup>2</sup> Yves PIMOR « Logistique – Techniques et mise en œuvre » Dunod, 2 ème Edition, Paris 2001, P.3

<sup>3</sup> Alain GARREAU « E-commerce –Etat des lieux – Impact sur la gestion des entreprises », Rapport au Séminaire Conjoint OCDE/CEMT, organisé à Paris du 5-6 juin 2001, P. 11

<sup>4</sup> Alain GARREAU, déjà cité, Note n°4 P. 27

<sup>5</sup> B2K Consultants 'Evolutions logistiques et politiques publiques' Rapport pour le MELT-DRAS et l'ADEME-Direction des transports, décembre 2001, P. 14 et suivants.

Figure 1 : La Chaîne Logistique Globale



Nous n'analyserons pas la logistique du service après-vente et du retour des marchandises, c'est à dire la *Reverse Logistics* ou *logistique inversée*. Ce concept s'inscrit, en effet, dans la problématique plus globale de la distribution inversée.

Par ailleurs, une fois qu'un produit est hors d'usage, il faudra en collecter les déchets (déchets industriels, emballages, produits inutilisables) pour les traiter notamment avec la technique du recyclage et les re-injecter soit dans le circuit économique sous forme de matière première secondaire ou les détruire en respectant l'environnement (élimination). La logistique du transport des déchets ne sera pas non plus traitée dans la présente recherche.

La présente recherche porte sur l'analyse de différentes chaînes logistiques de deux produits - le yaourt et le Jean - depuis les fournisseurs en amont jusqu'au domicile des clients via les magasins des distributeurs en aval, et leur impact sur la consommation d'énergie et les émissions de CO<sub>2</sub>. Les chaînes logistiques sont mises en œuvre par une multitude d'acteurs (industriels, distributeurs, prestataires de services logistiques et de transport). A chaque étape ou nœud de la chaîne logistique (production, approvisionnement, distribution, stockage) et à chaque transport correspondent des flux de produits, des quantités consommées d'énergie et des quantités de CO<sub>2</sub> émis. Les objectifs de la présente recherche sont alors les suivants :

- reconstituer la morphologie des différentes chaînes logistiques de ces produits, depuis la collecte des matières premières jusqu'au domicile des consommateurs en France en passant par les usines de fabrication, les entrepôts et les magasins des distributeurs;
- estimer, à chaque étape et maillon de transport les consommations d'énergie et les émissions de CO<sub>2</sub> générées ;
- synthétiser ces consommations d'énergie et émissions de CO<sub>2</sub> sur l'ensemble de la chaîne et analyser les écarts entre les consommations d'énergie par chaîne logistique, en relation avec l'organisation de ces chaînes.

## 1.2 METHODOLOGIE

La méthode repose sur la comparaison, pour des chaînes logistiques d'organisations différentes, du volume de transport et de la consommation d'énergie générés par un niveau d'activité donné, c'est-à-dire du transport généré par unité de produit. Quelle quantité d'énergie est dépensée en logistique (transport, plates-formes et magasins) pour amener un kilo de yaourt (par exemple) jusque chez le consommateur, par les différentes chaînes étudiées et quelle est l'importance de la logistique d'une part et de la production d'autre part dans cette consommation d'énergie ? Ces différentes chaînes logistiques sont comparées tout d'abord pour un produit donné, avant de tirer des conclusions plus générales de la comparaison entre produits.

### **Chaînes logistiques analysées**

#### *Les régions de consommation et types de commerce*

Pour obtenir des chaînes logistiques de morphologies différentes, nous avons travaillé sur la région parisienne et sur une autre région/agglomération de 'taille moyenne' et éloignée de Paris. L'agglomération d'Aix-en-Provence a été retenue.

Dans les deux agglomérations sélectionnées (région parisienne et Aix-en-Provence), nous comparons différentes chaînes logistiques du Yaourt aboutissant aux hypermarchés, aux supermarchés et aux magasins de proximité de deux groupes de distribution. Schématiquement les hypermarchés et les supermarchés sont localisés en zones peu dense (frange d'agglomération, banlieues agglomérées, etc.) et les magasins de proximité en zones denses (centre-ville, commune centre). Pour le yaourt, nous analysons également une chaîne logistique du E-commerce de la région parisienne dont la caractéristique essentielle par rapport aux magasins classiques est de proposer de la livraison à domicile.

Les Jeans dont les supply chain sont analysées dans cette recherche sont vendus dans les hypermarchés uniquement. L'élément essentiel de différenciation entre les chaînes logistiques n'est donc plus le type de magasins mais la provenance de la matière première, à savoir le coton.

#### *Les données collectées et les enquêtes*

La présente recherche repose sur deux sources d'information.

- L'analyse bibliographique : les documents traités sont des livres, des rapports d'étude et de recherche, des thèses, des magazines et journaux spécialisés. Les sites Internet des entreprises et organismes ont également été consultés. On trouvera, en annexe, la bibliographie analysée.
- Les enquêtes auprès des entreprises impliquées dans l'organisation des chaînes logistiques étudiées : étant donnée la nouveauté du thème de la recherche, de la complexité croissante du champ de la logistique et la nécessité de comprendre ce qui se passe, il s'averrait indispensable d'effectuer simultanément des visites sur des sites logistiques et des entretiens approfondis auprès des acteurs concernés afin de collecter les données nécessaires.

La conduite des enquêtes impliquait de trouver des entreprises qui acceptent de s'associer à la démarche du programme de recherche. L'objectif est, pour chaque produit, d'obtenir des chaînes logistiques ayant des morphologies différentes : de nombreuses entreprises ont été ainsi sollicitées mais peu ont accepté de s'associer à la recherche. Celles qui nous ont aidé ont demandé à ne pas être citées : nous les remercions de leur contribution et nous présenterons

donc les résultats sous une forme suffisamment agrégée pour qu'on ne puisse pas identifier les performances de l'une ou l'autre.

La réalisation des enquêtes est fortement conditionnée à la disponibilité des acteurs concernés au sein des entreprises associées. De ce fait, la collecte des données et informations auprès des différents sites et acteurs a été plus longue que programmée initialement et, à la fin de cette recherche, presque toutes les personnes qui avaient accepté de collaborer à ce travail, avaient quitté le poste qu'elles occupaient lorsqu'elles avaient accepté cette collaboration.

Malgré ces difficultés rencontrées, inhérentes à ce type de recherche, l'information et les données collectées sur les chaînes logistiques, ont permis d'estimer la consommation d'énergie et les émissions de CO<sub>2</sub> à chaque étape, par type de chaîne logistique et de mener des analyses.

### ***Les produits sélectionnés***

Afin de permettre des comparaisons de plusieurs formes d'organisation des chaînes logistiques ou supply chain sur des produits homogènes, nous avons retenu le **Yaourt** et le **Jean**.

Le Yaourt est fabriqué en France, principalement à partir de matières premières françaises. C'est un produit alimentaire ultra frais dont la durée de vie est courte (environ un mois) ; il est transporté sous température dirigée et en flux tendus. Le Jean, en revanche, est un produit intégré au marché mondial, tant pour sa matière première principale (le coton) que pour les différentes étapes de sa fabrication et sa durée de vie est plus longue.

### **Chaînes logistiques du yaourt**

Les principaux **points structurants** les chaînes logistiques du **yaourt** sont les suivants :

1. les exploitations agricoles
2. les usines de production du yaourt
3. les entrepôts ou les plates-formes des producteurs ;
4. les entrepôts ou les plates-formes des distributeurs ;
5. les magasins.

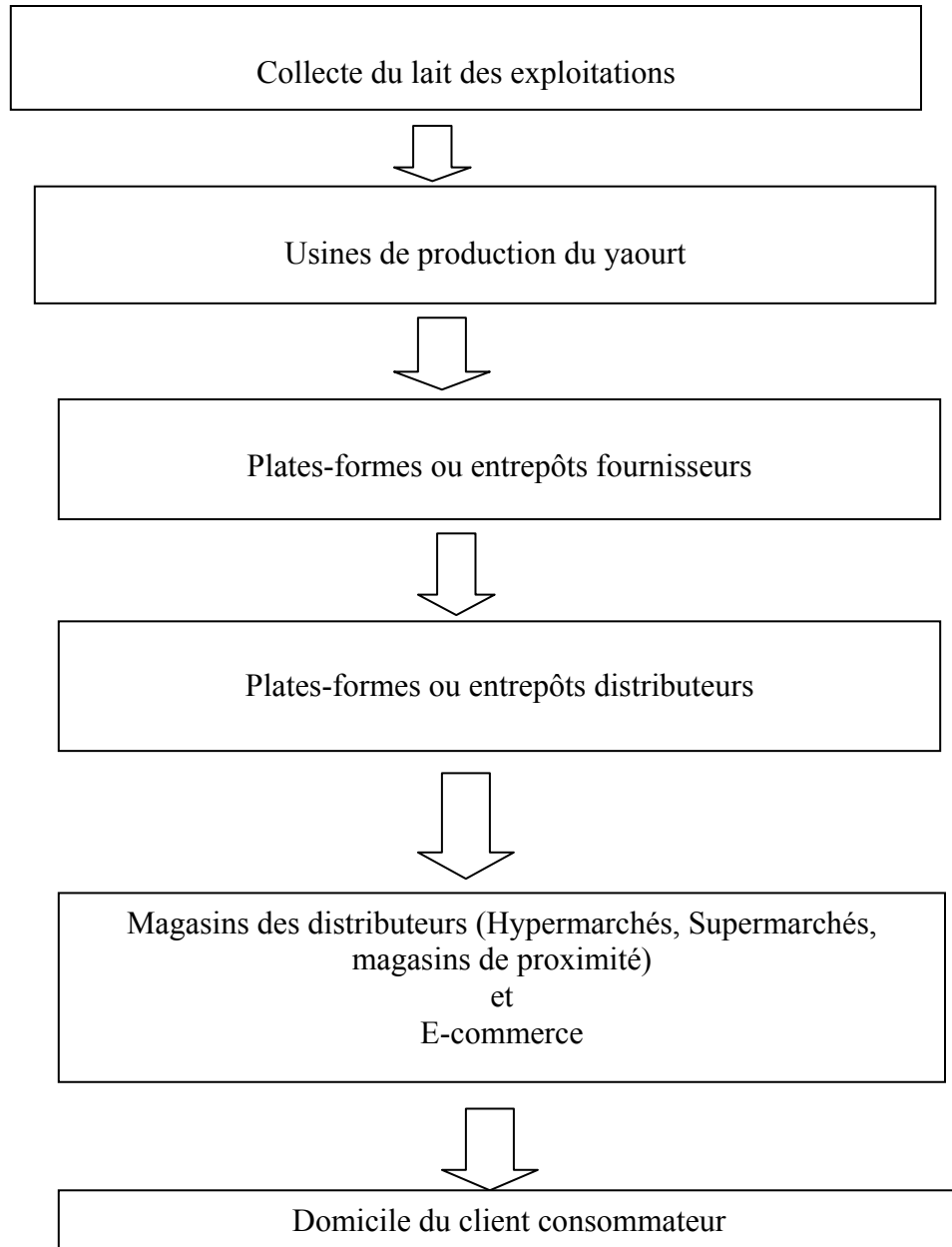
La collecte du lait et les autres approvisionnements des usines ainsi que le transport entre ces grandes étapes des chaînes logistiques du Yaourt sont effectués exclusivement par la route. La consommation d'énergie du trajet du client, du magasin à son domicile (dernier kilomètre), n'est comptabilisé que lorsque ce trajet est réalisé en voiture particulière, sauf dans les cas de la chaîne E-commerce, où les produits sont livrés à domicile. Ainsi, pour le Yaourt, les sites logistiques et acteurs ci-après ont été visités et enquêtés :

- deux usines de productions ; les entretiens ont été réalisés auprès des Directeurs d'usine, responsables techniques et d'un responsable de la collecte du lait ;
- les plates-formes de ces producteurs et celles des distributeurs ; les entretiens ont été réalisés auprès des directeurs d'entrepôt, des prestataires de transport et de logistique ;
- des magasins (hypermarchés, supermarchés, magasins de proximité) ont été visités. Les entretiens ont été réalisés auprès des directeurs de magasin, des responsables techniques ou de rayons.

Les données nécessaires à la reconstitution des chaînes logistiques du E-commerce ont également été collectées.

Le schéma ci-après est une représentation simplifiée des chaînes logistiques du Yaourt, de l'exploitation agricole au domicile du consommateur.

**SCHEMA SIMPLIFIE DES CHAINES LOGISTIQUES DU YAOURT**





### **Chaînes logistiques du Jean**

Les principales étapes de la chaîne logistique du **Jean** sont les suivantes :

1. les champs de coton;
2. les usines textiles (filature/tissage, ennoblissement, confection/lavage);
3. les ports maritimes et fluviaux d'embarquement et de débarquement des conteneurs ;
4. les entrepôts ou plates-formes textiles ;
5. les magasins.

A la différence du Yaourt, le Jean est un produit importé. Les moyens de transports rencontrés dans les chaînes logistiques étudiées sont le transport routier, le transport ferroviaire, le transport maritime et le transport fluvial. Comme pour le Yaourt, la consommation d'énergie du trajet dernier kilomètre n'est prise en compte que lorsque ce trajet est réalisé en voiture particulière.

Pour le Jean, seuls les sites logistiques et acteurs localisés en France ont été visités et enquêtés ; il s'agit :

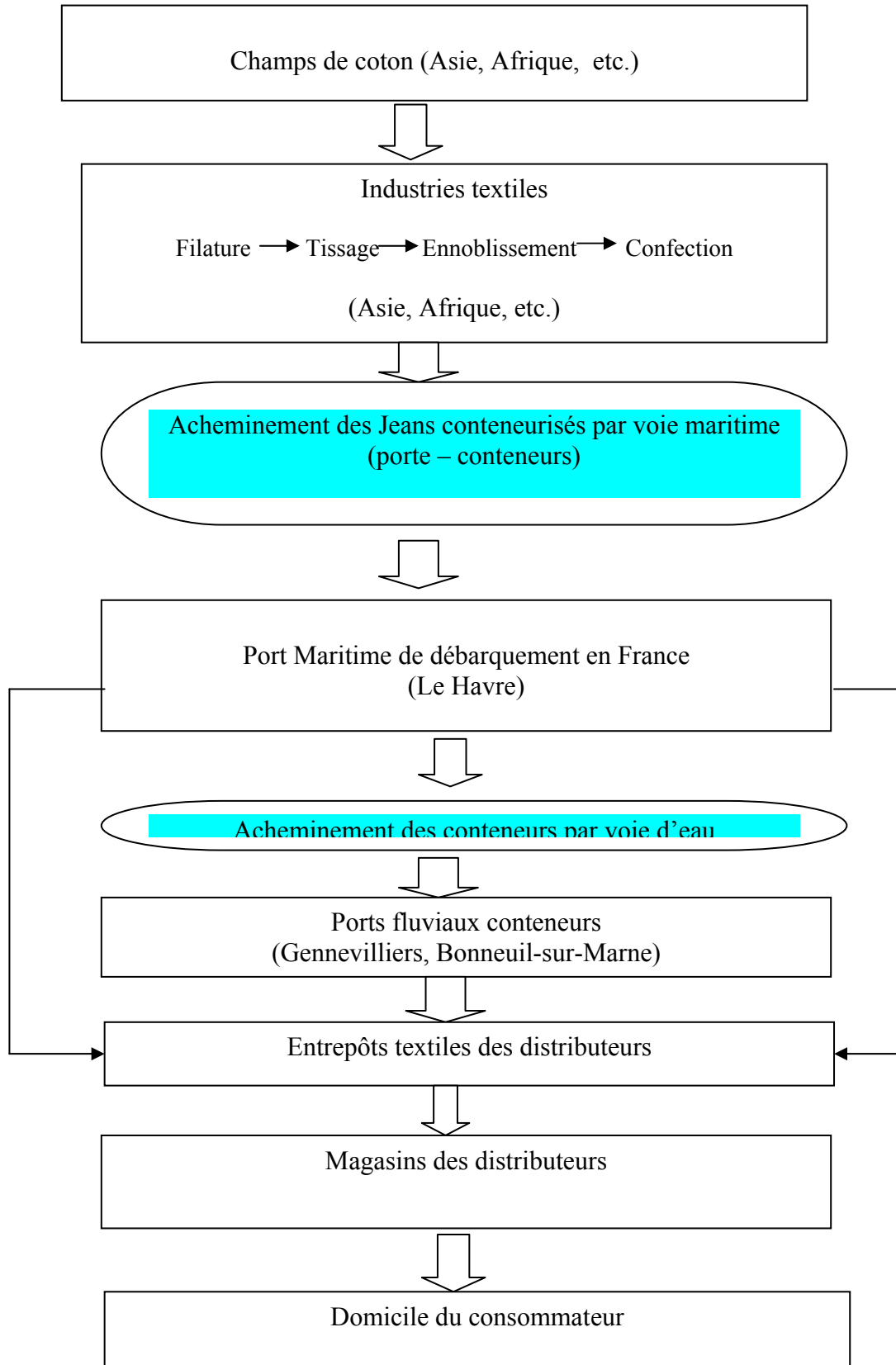
- des entrepôts ou plates-formes textiles des distributeurs. Les entretiens ont été réalisés auprès des responsables ;
- des magasins concernés par la recherche. Les entretiens ont été réalisés auprès des directeurs de magasin, des responsables techniques ou de rayons ;
- du port maritime du Havre ; les informations ont été collectées auprès du Port Autonome du Havre, et d'un terminal à conteneurs ;
- Deux ports fluviaux de la région parisienne.

Les enquêtes auprès des représentants des groupes étudiés ont permis la description du schéma des supply chain du Jean depuis les champs de coton jusqu'à l'arrivée en France.

Les données et informations nécessaires à l'estimation des consommations d'énergie et les émissions de CO<sub>2</sub> des autres étapes et maillons de transport localisés hors de France ont été obtenues à partir d'analyses bibliographiques et de consultation des sites Internet. L'estimation de la consommation des usines textiles (filature/tissage, ennoblissement, confection) dans les pays de production n'a pas été possible.

Le schéma ci-après est une représentation simplifiée des chaînes logistiques du Jean, de l'exploitation au domicile du consommateur.

SCHEMA SIMPLIFIE DES CHAINES LOGISTIQUES DES JEANS IMPORTES



Les données collectées sur les points structurants des chaînes logistiques du Yaourt et du Jean portent sur :

- l'organisation globale des chaînes logistiques étudiées ;
- les principales caractéristiques : les localisations, les surfaces et les activités (quantité totale de produits traités, quantité de Yaourt et de Jean traités, etc.);
- les dépenses d'énergie : les principales sources d'énergie utilisées (électricité, produits pétroliers, gaz naturel, charbon) et les consommations par poste.

Les données collectées sur les maillons transport des chaînes logistiques du Yaourt et du Jean portent sur :

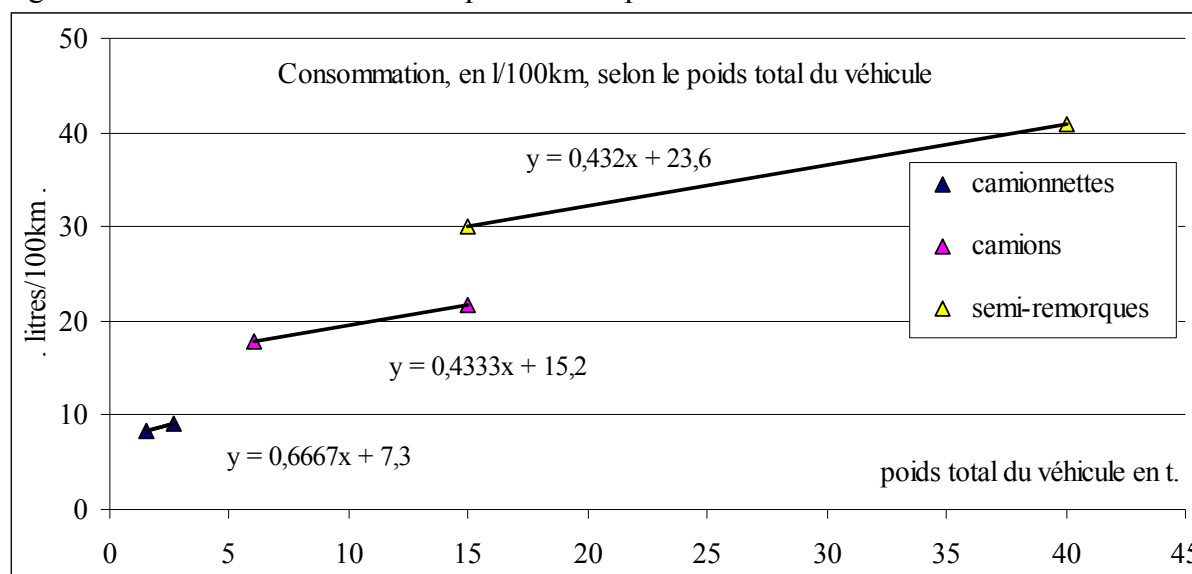
- sur les caractéristiques des véhicules utilisés : type de véhicules, charge utile, etc. ;
- sur les activités : trajets réalisés (en charge, à vide), taux de chargement, fréquences de livraisons, etc.;
- sur la consommation d'énergie des véhicules utilisés (en charge et vide).

### Estimation de l'énergie consommée en transport

Les consommations d'énergie aux différentes étapes des chaînes étudiées ont été définies au cas par cas, en fonction de l'activité et des informations disponibles mais, pour les maillons de transport, la méthode d'estimation du carburant consommé par trajet est homogène par mode.

Pour la route, la consommation est calculée comme le produit de la distance en charge (et d'une éventuelle distance de retour à vide) par la consommation au km estimée comme une fonction du poids total (poids à vide plus poids du chargement), à partir des données publiées par l'Institut finlandais de recherche sur les transports VTT ; les consommations à vide et en pleine charge, ainsi que les équations d'interpolation entre ces deux points sont synthétisées dans la figure 1 ci-dessous pour trois types de véhicules. Pour un ensemble semi-remorque de 15t. de poids à vide et transportant un chargement de poids CHAR (en tonnes), la consommation en l/100 km est estimée par  $\text{Conso} = 0,432 \text{ CHAR} + 30,08$  ; elle est de 30,1 litres pour un véhicule vide et de 40.9 l. en pleine charge et 30,1 à vide.

Figure 1 : Consommations retenues pour le transport routier



source : d'après données VTT ([http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/freight\\_road.htm](http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/freight_road.htm))

En plus de cette consommation de traction, dans la chaîne du yaourt, le compresseur consomme de l'énergie pour réfrigérer le véhicule ; cette consommation qui varie entre 2 et 2.8 litres par heure selon la taille du véhicule est multipliée par le temps total de froid.

Les chemins de fer rencontrés dans les chaînes logistiques du jean étudiées se situent à l'étranger et fonctionnent tous au diesel. En France, la consommation moyenne en 1999 est de 5,7 gep/tkm et 8,8 gep/vkm (source ADEME) : les chiffres fret et voyageurs sont donc du même ordre de grandeur. Pour le réseau diesel, la même source donne 17,4 gep/tkm et 28,9 gep/vkm, confirmant ainsi qu'une tonne consomme presque autant qu'un voyageur et montrant surtout que le diesel, qui est utilisé là où la densité de trafic est la plus faible, présente également une faible efficacité énergétique. Les pays où les chaînes étudiées ont recours au chemin de fer sont le Bangladesh, l'Ouzbékistan, l'Inde et l'Iran ; nous y avons estimé la consommation moyenne par unité kilomètre, principalement à partir de la base de données des réseaux ferroviaires de la Banque Mondiale. Cette base ne distingue pas les consommations des trains de marchandises de celles des voyageurs, nous contraignant ainsi à estimer la consommation par unité kilomètre (la production en ukm est la somme des voyageurs km et des tkm). Au Bangladesh, cette base permet d'estimer la consommation du réseau à 7,8 gep par unité kilomètre sur l'ensemble des années 1992 à 97. Dans d'autres réseaux de pays du Sud, un travail antérieur indiquait une consommation moyenne comprise entre 8 et 16 milli-litres, soit 7 à 13 gep par unité.km<sup>6</sup>. Pour les réseaux rencontrés où la consommation n'était pas indiquée dans la base de la Banque Mondiale, nous avons retenu une consommation moyenne de 8,3 gep/tkm, légèrement supérieure à celle du Bangladesh. Ces estimations sont résumées dans le tableau suivant.

Tableau 1 : consommations moyennes par réseau ferroviaire dans les pays concernés

	Bangladesh *	Ouzbékistan	Inde	Iran
années observées	1992-97	1994-1999	1990-1999	1990-1999
Consom. du réseau (millions de l/an)	45			
production fret (millions tkm)	720	16 901	265 572	10 615
production pass. (millions vkm)	4 110	2 694	342 391	5 901
production totale (millions ukm)	4 830	19 595	607 963	16 516
cons moyenne ml/ukm	9,4			
cons moyenne gep/ukm	7,8	(8,3)	(8,3)	(8,3)

source : d'après WB railways database

Pour le transport maritime, la consommation d'énergie d'un porte-conteneurs est estimée comme le produit d'une consommation journalière par la durée du trajet qui dépend lui-même de la distance et de la vitesse du navire. Les distances ont été estimées à partir du site <http://www.maritimechain.com/> ; les consommations journalières et vitesses des navires ont été estimées à partir de régressions menées sur les données publiées dans 'containerisation international'. La consommation d'un navire porte-conteneurs par EVP et par jour est calculée comme une fonction décroissante de la capacité de ce navire :

Conso en kg de BFO par EVP et par jour =  $81,585 \times \text{Capacité}^{-0,1258}$  soit une consommation comprise entre 28 et 35 kg/EVP/jour, qui correspond à une consommation par navire comprise entre 34 et 140 tonnes/jour. La vitesse, en nœuds est calculée :  $V = 4,1115 \times \text{capacité}^{0,2105}$ , ce qui correspond à une vitesse comprise entre 17 et 25 nœuds.

<sup>6</sup> C. Rizet, B. Keïta, F. Kühn et A.T. Lorougnon (2004) : Effet de serre et financement du chemin de fer en Afrique ; communication au Colloque 'Le rôle du chemin de fer en Afrique', Paris Septembre 2004.

Pour le transport fluvial, nous avons obtenu les consommations des trajets concernés et n'avons donc pas eu besoin d'avoir recours à une méthode d'estimation.

### **Les coefficients de conversion énergie/co2 utilisés**

Trois formes d'énergie ont été rencontrées dans les enquêtes : le gazole, carburant presque exclusif pour le transport routier et d'autres produits pétroliers (fioul, notamment); l'électricité aussi bien dans les usines de production que dans les entrepôts ou plates-formes logistiques; le gaz naturel. Le tableau 2 ci-dessous récapitule les coefficients utilisés pour convertir ces différentes formes d'énergie en une unité commune, la tonne d'équivalent pétrole (tep) ainsi que les coefficients donnant les émissions de gaz à effet de serre (GES) de ces énergies. D'autre part, le dernier paragraphe précise les émissions de GES retenues pour les véhicules frigorigènes utilisés notamment dans les camions réfrigérés.

Les coefficients de conversion des différentes formes d'énergie rencontrées en tonne d'équivalent pétrole (tep) proviennent de l'Observatoire de l'Energie<sup>7</sup>. Pour les émissions de GES, différentes sources ont été utilisées, en particulier l'ADEME<sup>8</sup>, les travaux du LTE de l'INRETS<sup>9</sup> ; pour les gaz à effet de serre autres que le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), que la France, l'Union Européenne et les autres parties signataires se sont engagées à surveiller et à réduire dans le protocole de Kyoto, nous avons utilisé les calculs d'émissions des véhicules utilitaires du CITEPA ; les gaz qui ne font pas partie des accords internationaux ne sont pas considérés.

#### **L'électricité**

L'électricité consommée en France est principalement produite par EDF, très majoritairement à partir du nucléaire (près de 80 %) et partiellement à partir d'énergie hydraulique (près de 15 %) et de combustibles fossiles (un peu plus de 5 %). Cette dernière part, qui est beaucoup plus importante dans d'autres pays, est celle qui émet significativement des gaz à effet de serre. Nous retenons la valeur du 'suivi d'indicateur de CO<sub>2</sub>' publié par EDF<sup>10</sup> pour 2003 soit 51 géqCO<sub>2</sub>/kWh. Ces chiffres résultent des études en Analyse de Cycle de Vie (norme ISO 14040) d'EDF R&D ; *ils prennent en compte les émissions directes pendant l'exploitation des centrales (combustion du charbon par exemple), mais aussi celles entraînées par les autres étapes du cycle de vie (construction et déconstruction des installations industrielles, fabrication et transport des combustibles, élimination des déchets, etc.)*. Pour être homogène avec les autres sources, en particulier le gazole, nous rajoutons 8% de pertes estimées en ligne, ce qui donne un total de 55 géqCO<sub>2</sub>/kWh à la prise. Hors de la France les chiffres retenus sont respectivement 0,32 gep/kWh et 544 géqCO<sub>2</sub>/kWh (Source CLIP n°13, avril 2001)

#### **Le gazole et les autres produits pétroliers**

- Le gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) est le principal résidu de la combustion des carburants. La masse d'un hydrocarbure est composée de carbone et d'hydrogène. On peut alors écrire la combustion d'un hydrocarbure sous la forme :  $C_xH_y + (2x+y/2) O$  donne  $xCO_2 + y/2 H_2O$ .

<sup>7</sup> Observatoire de l'énergie ( 2002) : La nouvelle méthodologie d'établissement des bilans énergétiques de la France, note DGEMP/OE, 1p.

<sup>8</sup> Chêne-Pezot A. (2004) : facteurs d'émission de dioxyde de carbone pour les combustibles- les chiffres ADEME à utiliser, note ADEME, 3p.

<sup>9</sup> en particulier - Antoine L., E. Martorana & F. Badin (2003) : Évaluation du bilan en émissions de gaz à effet de serre d'un autobus à pile à combustible. Rapport Inrets, Bron, France, n°LTE 0330, 262 p.

<sup>4</sup> EDF (2004) : suivi d'indicateur de co2 [http://www.edf.fr/index.php4?coe\\_i\\_id=53185#engagement8](http://www.edf.fr/index.php4?coe_i_id=53185#engagement8)

Dans le cas du gazole, le rapport y/x (ou H/C) vaut 1,86. Etant données les masses molaires respectives du carbone (C : 12) de l'hydrogène (H : 1), la masse de carbone contenue dans le gazole n'est que de  $12/13,86 = 86,6\%$  de la masse de gazole. Un litre de gazole pèse 0.83 kg ; il contient donc 0.72 kg de carbone.

Compte tenu de la masse molaire de l'oxygène (O : 16), le gaz carbonique CO<sub>2</sub> a une masse de  $12 + 2 \times 16 = 44$  (CO<sub>2</sub> : 44). Un kg de carbone en brûlant donne une masse de CO<sub>2</sub> de  $(44/12) = 3,67$  kg de CO<sub>2</sub><sup>11</sup> et, un litre de gazole émet  $3.67 \times 0.72 = 2,64$  kg de CO<sub>2</sub>.

- Les autres émissions des véhicules considérées ici sont estimées à partir des résultats du modèle COPERT III ; les gaz qui sont à la fois émis par les véhicules de transport selon COPERT et qui font partie des gaz à effet de serre sont, outre le CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O. Le méthane (CH<sub>4</sub>) et l'oxyde nitreux (N<sub>2</sub>O) sont émis en faibles quantités par les moteurs à combustion mais leur PRG100 est très élevé (respectivement 23 et 296). Les quantités émises par les véhicules utilitaires, estimées à partir des résultats du modèle COPERT III pour 1998<sup>12,13</sup>, et transformées en équivalent CO<sub>2</sub> par leur PRG100 conduisent à majorer les émissions directes de CO<sub>2</sub> du gazole de 4%, soit 2,746 kg d'équivalent CO<sub>2</sub> par litre de gazole, en 'émissions directes'.

- Enfin cette valeur d' 'émission directe' est majorée de 10 % dans le cas du gazole pour tenir compte de la consommation et émission de la filière énergétique pour extraire, raffiner et transporter le carburant (du puits à la roue), soit 3,02 kg éqCO<sub>2</sub> par litre de gazole.

### **Bunker Fuel Oil (BFO : carburants des navires)**

Les carburants des grands navires sont de deux types : les distillats marins (principalement le Marine Diesel Oil) sont utilisés principalement pour les moteurs auxiliaires des grands navires et aussi pour les moteurs principaux des petits bateaux. Les navires de mer concernés par cette recherche consomment très généralement un carburant connu sous le nom de Bunker Fuel Oil, classifié selon sa viscosité. La viscosité la plus courante est de 380 CST à 50°. Le BFO est constitué des résidus les plus lourds du processus de raffinage. Les chiffres repris dans le tableau 2 ci-dessous ont été calculés à partir des données 'fuel lourd' de l'ADEME<sup>14</sup>.

### **Gaz naturel**

Pour le gaz, il faut noter que le méthane, constituant quasi-exclusif du gaz naturel, est lui-même un puissant gaz à effet de serre, avec un pouvoir réchauffant de 23 fois celui du gaz carbonique. Ici les consommations de la filière et les fuites, du puit à la consommation finale, n'ont pas été prises en compte, faute d'informations fiables. Les émissions de GES du gaz sont donc sous-estimées, notamment par comparaison avec les autres sources d'énergie. Pour le gaz, l'équivalence MWh /tep reprise ci-dessous est issue de l'Observatoire de l'énergie<sup>15</sup>

---

<sup>11</sup> Il s'agit pour ce composé du poids de l'atome de carbone (le carbone a une masse atomique de 12) au sein de la molécule de gaz carbonique (en négligeant aussi O<sub>18</sub> et O<sub>17</sub>, l'oxygène a une masse atomique de 16, ce qui donne pour le CO<sub>2</sub> une masse atomique de  $12+16*2$ , soit 44), soit  $44/12^{\text{èmes}}$ .

<sup>12</sup> - N. Allemand (2002) : Estimation des émissions de polluants du trafic routier en 2010 et 2020 CITEPA / METL, 149p.

<sup>13</sup> Les chiffres de 2010 conduiraient à une majoration légèrement plus élevée (4,7 au lieu de 3.6 %) car les émissions de N<sub>2</sub>O augmentent plus vite dans le scénario 'moyen' que celles de CO<sub>2</sub>.

<sup>14</sup> A. Chêne-Pezot : Facteurs d'émissions de dioxyde de carbone pour les combustibles-Les chiffres ADEME à utiliser, note du service économie du 26/01/2004, 3p.

<sup>15</sup> (note DGEMP/OE mai 2002 : La nouvelle méthodologie d'établissement des bilans énergétiques de la France.

Tableau 2 : Coefficients de conversion des différentes énergies rencontrées.

Unités	tep/unité	t.éqCO2 / unité
1000 litre de gazole = 0,83 tonnes	0,83	3,02
1 tonne de fioul lourd (BFO : Bunker Fuel Oil )	0,952	3,42
électricité consommée en France : 1 MWh	0,086	0,055
électricité consommée hors de France : 1 MWh	0,32	0,544
gaz naturel : 1 MWh PCI	0,077	0,25

- Dans le cas particulier de la chaîne du froid, les systèmes de réfrigération utilisent des fluides frigorigènes qui ont un effet de serre lorsqu'ils sont émis dans l'atmosphère, soit en raison de fuites dans l'installation, soit de la maintenance ou par absence de recyclage du fluide en fin de vie de l'équipement.

### Emissions de GES dans la chaîne du froid (liquides frigorigènes)

Une installation frigorifique comprend un compresseur et un circuit dans lequel circule un fluide réfrigérant. En s'évaporant dans l'enceinte à refroidir, le fluide en absorbe la chaleur ; le tuyau conduit ce fluide en état de vapeur jusqu'au compresseur et la recondensation libère la chaleur qui est évacuée à l'extérieur. Le fluide, de nouveau à l'état liquide, est prêt pour un nouveau cycle. L'impact des installations frigorifiques résulte à la fois de leur consommation d'énergie et de l'émission fortuite de fluides réfrigérant.

- Consommation d'énergie : les installations frigorifiques fixes (dans les entrepôts, les magasins ou les usines) consomment de l'électricité ; les camions réfrigérés consomment du gazole ou du fioul.

- Emissions de fluides frigorigènes : l'émission de ces fluides dans l'atmosphère résulte de fuites dans l'installation, de la maintenance, de la réparation et de l'absence de recyclage du fluide en fin de vie de l'équipement ; elle peut aussi se produire lors de la production ou de la manipulation des fluides. L'émission est toujours accidentelle mais on peut l'estimer à partir des recharges réalisées pour compenser les fuites. Dans le présent rapport, ces fuites ont été estimées pour les camions réfrigérés mais non pour les magasins et les plates-formes, fautes d'éléments fiables.

Le choix du fluide frigorigène<sup>16</sup> se fait sur l'efficacité à transmettre la chaleur et sur la facilité d'emploi, en particulier la sécurité. Les principaux fluides frigorigènes sont :

- L'ammoniac et les hydrocarbures sont des liquides frigorigènes efficaces mais très inflammables et toxique pour l'ammoniac, ce qui impose la mise en œuvre de précautions qui viennent en réduire l'efficacité énergétique et en augmenter le coût. L'ammoniac est utilisé dans les laiteries ; les hydrocarbures sont très peu utilisés.

- Les hydro chlorofluorocarbures (HCFC) : leur production est progressivement interdite par le protocole de Montréal, en raison de leur impact sur la couche d'ozone.

- Les hydro fluorocarbures HFC, pratiquement non toxiques et ininflammables, sont les plus utilisés mais ils font partie des GES. Leur pouvoir de réchauffement global à 100 ans (PRG100) varie entre 12 et 12000 ; le PRG100 du HFC134a couramment utilisé, est de 1300 mais, compte tenu du faible volume d'émissions, ce gaz compterait pour 2,1 % des émissions françaises de GES en 2000, selon le Citepa. Dans le tableau 3 ci-dessous le fluide retenu est du R22, l'un des plus courants aujourd'hui, dont le PRG100 est de 1700.

<sup>16</sup> Notons également qu'une recherche est en cours à l'INRETS/LTE pour mieux connaître les émissions de GES des systèmes de climatisation des véhicules.

Les camions sous température dirigée sont de trois types ; isothermes, réfrigérants (par accumulation de froid) et frigorifiques ; ces derniers, qui produisent eux même le froid, se répartissent entre réfrigérants autonomes, qui ont un moteur spécifique pour le compresseur de froid et non autonomes, dont le compresseur est entraîné par le moteur de traction. Les émissions de GES liées au froid relève d'une part de la consommation d'énergie (gazole), qui entre dans notre estimation générale des consommations d'énergie et des émissions du liquide frigorigène utilisé pour faire du froid. La charge moyenne de fluide frigorigène pour les véhicules à froid autonome, est estimée à 6,14 kg par camion porteur et 8,14 kg pour une semi-remorque. Compte tenu d'un taux de fuite annuelle estimé à 30% de la charge pour un porteur et 25% pour une semi-remorque, les émissions de GES reviennent à 3.1 et 3.5 tonnes d'éqCO2 par an soit, pour une utilisation annuelle de 2666 heures/an, à 1.18 et 1.3 kg de CO2 par heure d'utilisation, respectivement pour un porteur et une semi-remorque<sup>17</sup>.

Tableau 3 : émissions de fluides frigorigènes et de GES des véhicules routiers

type de véhicules	Charge de fluide		Emission		
	kg/véh.	% de perte /an	kg fluide /an	kg eq CO2 /veh / an	kg eq CO2 veh/ heure
Porteur	6,14	30	1,842	3,13	1,18
Semi-rem	8,14	25	2950	3459	1,30

Source : Clodic et Rousseau (1996)

### 1.3. CONTENU DU RAPPORT

Outre ce Chapitre introductif, qui décrit le contexte, les objectifs et la méthodologie, le présent rapport comporte les chapitres successifs suivants :

Le Chapitre II analyse les consommations et les émissions de GES des supply chain du Yaourt, par étape et par type de chaînes logistiques.

Le Chapitre III analyse les consommations et les émissions de GES des supply chain du Jean, par étape et par type de chaînes logistiques.

Le Chapitre IV fait la synthèse des principaux résultats et suggère des compléments de recherche.

<sup>17</sup> Clodic D. et C Rousseau - Armines (1996) : Utilisation des frigorigènes et consommation d'énergie dans les transports frigorifiques ; Armines - ADEME (Direction des transports) 1996, 63 p. et Clodic D, Lionel Palandre (2001) : Inventaires des émissions des fluides frigorigènes pour l'année 2000, Ecole des Mines de Paris, ([http://www.afce.asso.fr/stock\\_images/actus/n3/Invent.fluide2000.pdf](http://www.afce.asso.fr/stock_images/actus/n3/Invent.fluide2000.pdf))

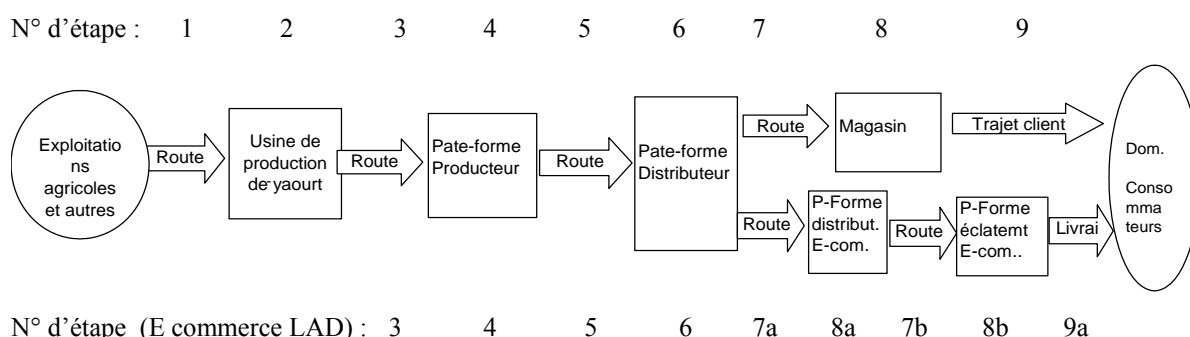


## **II SUPPLY CHAINS DU YAOURT**

Nous commençons l'analyse de la chaîne avec la collecte du lait et les autres approvisionnements nécessaires à la production de yaourt, sans prendre en compte les consommations et émissions dans l'exploitation agricole ; et nous l'arrêtons à la porte du domicile du consommateur, sans tenir compte par exemple de la consommation de son réfrigérateur. La figure 2 ci-après indique les différentes étapes des supply chains du yaourt étudiées.

## 2.1 LES CHAINES LOGISTIQUES DU YAOURT ETUDIEES

Figure 2 : la morphologie des chaînes logistiques du Yaourt, dans le cas général des magasins et dans le cas particulier du E-commerce avec livraisons à domicile



Ce schéma est identique pour toutes les chaînes étudiées dans sa première partie, jusqu'aux plates-formes des distributeurs : Les différentes étapes sont :

- 1) la collecte du lait et les autres approvisionnements
- 2) l'usine de production du yaourt
- 3) le transport jusqu'aux plates-formes du producteur, pour l'approvisionnement des clients distributeurs.
- 4) l'entrepôt ou plate-forme du producteur
- 5) un transport jusqu'à l'entrepôts ou à la plate-forme du distributeur
- 6) l'entrepôt ou la plate-forme distributeurs
- 7) le transport jusqu'au magasin
- 8) le magasin
- 9) le trajet du client du magasin à son domicile

Dans le cas de la chaîne logistique du E-commerce, l'organisation est légèrement différente à partir de l'étape 7 où la plate-forme distributeur dédiée au E-commerce remplace le magasin :

- 7a) le transport de l'entrepôt distributeur (6) à plate-forme dédiée au E-commerce ;
- 8a) la plate-forme dédiée au E-commerce, où se font les colis en fonction des commandes reçues par Internet ;
- 7b) le transport vers une plate-forme d'éclatement. La consommation en transport vers le magasin de la chaîne 'classique' (point 7 ci-dessus) doit alors être comparée, dans le cas du E-commerce, à la somme des consommation des trajets (7a + 7b).

8b) La plate-forme d'éclatement, à partir de laquelle partent les livraisons soit au domicile (LAD) soit vers un point service (PS) où les clients viennent chercher leurs colis; la consommation du magasin dans les chaînes 'classiques' (point 8 ci-dessus) doit alors être comparée à la somme des deux plates formes (8a + 8b) dans le cas du E-commerce.

9b) La livraison remplace le trajet client (magasin – domicile); nous pouvons distinguer la livraison à domicile, qui représente près de 95% de la masse des achats dans le cas étudié, de la livraison au point service. Dans ce dernier cas, nous avons ajouté un km de parcours client, pour tenir compte du fait que, même s'il choisit un point service sur son itinéraire, le client peut avoir besoin de faire un léger détour pour passer au point service.

## 2.2 CONSOMMATIONS D'ENERGIE EN TRANSPORT

Dans les chaînes logistiques étudiées pour le yaourt, tous les transports se font par la route. Comme indiqué précédemment, l'estimation de l'énergie consommée aux différentes étapes tient compte de traction et de la consommation d'énergie utilisée pour réfrigérer le chargement : le poids moyen du chargement a été estimé pour chacun des trajets étudiés, en fonction des indications données par les responsables logistiques. Il varie principalement en fonction de la variété des produits sur une palette : en sortie d'usine, les palettes sont chargées de produits parfaitement homogènes dont le conditionnement a été étudié pour optimiser le chargement par palette (558 kg net / palette en sortie d'usine). Chacune des plates-formes a pour fonction de combiner les chargements de produits différents, le plus souvent en recomposant les palettes. A mesure que l'on progresse dans les étapes de la chaîne logistique, les palettes sont constituées de produits de moins en moins homogènes et sont, en conséquence, de moins en moins lourdes, même si les logisticiens ont recours à différentes techniques pour limiter cette perte de poids.

### Les trajets en amont de l'usine (étape 1)

La matière première la plus importante est le lait mais les usines de fabrication du yaourt reçoivent également de nombreux intrants nécessaires à leur production.

Les usines sont approvisionnées en lait par la collecte du lait dans les fermes alentour et, lorsque la production locale ne suffit pas, par du lait venant de plus loin. En 2002, 487 producteurs 'locaux' approvisionnaient en lait le site de production visité. La collecte est faite tous les 3 jours et une tournée concerne en moyenne, 12 producteurs situés dans un rayon de 100 km environ autour de l'usine, pour 21,5 tonnes (20 800 l.). Le lait ainsi collecté dans la zone de l'usine représente par an 124 millions de litres pour 1,2 millions de véhicule kilomètres, soit 107 litres / km. Les véhicules utilisés pour le ramassage du lait sont isothermes (non réfrigérants) : camions avec remorques et semi-remorques. L'usine de référence utilise 149 millions de litres de lait par an, alors que la quantité de lait ainsi collectée ne représente que 124 millions de litres, d'où un déficit de 25 millions de litres. Le complément de lait est obtenu en allant chercher le lait excédentaire dans d'autres centres de collecte ou en l'achetant sur le marché national. Les principaux points d'approvisionnement se trouvent, en moyenne pondérée par les tonnages, à 354 km de l'usine. Compte tenu que les véhicules sont très spécialisés, ils retournent systématiquement à vide.

Outre le lait, l'usine s'approvisionne également en emballages et autres ingrédients nécessaires à la production du yaourt (contenants, fruits, Opercules / banderole, produits de nettoyage, sucre, etc.). Ces produits proviennent de différentes régions de France et de l'étranger (Allemagne, Pologne, Espagne). Tous ces intrants sont livrés par la route, avec des véhicules adaptés et représentent près de 2500 livraisons par an pour une consommation estimée à 276 000 litres de gazole.

D'autre part, la production de yaourt produit également un résidu, le sérum, qui est expédié à un autre site situé à près de 250 km de l'usine de yaourt, à raison de 6 citernes de 22 tonnes en moyenne par semaine. La consommation d'énergie de ce transport, que nous comptons ici avec celui des approvisionnements, est estimée à 51000 l. de gazole par an.

### **Les trajets en aval de l'usine (étapes 3, 5, 7, 7a + 7b)**

Les livraisons des plates-formes producteurs, puis distributeurs sont faites par des semis remorques réfrigérés de 21.5 tonnes de charges utiles qui peuvent contenir 33 palettes (standard européen de 80 x 120 cm). Ce transport est réalisé en compte d'autrui et les retours des véhicules ne sont généralement pas pris en compte dans le contrat. Toutefois, lorsque ses trafics le permettent, les chargeurs s'entendent pour organiser des boucles.

En terme d'approvisionnements des magasins, on peut regrouper les plates-formes logistiques distributeurs concernées par l'étude en deux catégories ; celles qui approvisionnent exclusivement les hypermarchés d'une part et celles qui approvisionnent les supermarchés et les magasins de proximité. Les expéditions vers les hypermarchés sont assurées par des semi-remorques réfrigérés remplis des palettes standards; alors que celles vers les supermarchés ou les magasins de proximité sont assurées par des porteurs réfrigérés remplis de palettes et de 'rolls'. Les magasins de proximité sont généralement livrés en 'rolls' dans lesquels sont mis l'ensemble des produits.

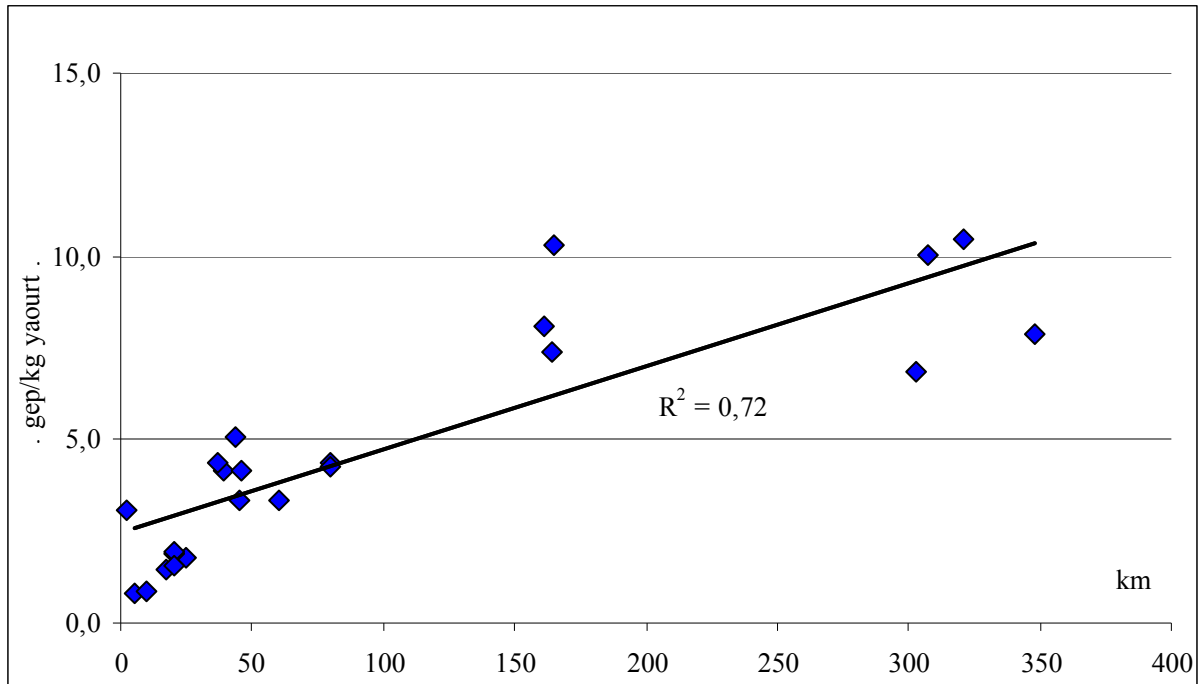
Le transport du Yaourt des usines jusqu'aux entrepôts ou plates-formes distributeurs est maîtrisé par les producteurs. Cette partie des chaînes logistiques est donc organisée par les industriels et leurs prestataires de transport et de logistique.

Le transport vers les magasins (hypermarchés, supermarchés, magasins de proximité), en revanche, est contrôlé par les distributeurs et les prestataires de transport et de logistique. Le transport vers les hypermarchés est sous-traité à des transporteurs professionnels ou des prestataires logistiques alors que celui vers les supermarchés ou les magasins de proximité est souvent géré en interne.

### **Distances des maillons de transport, consommations et émissions**

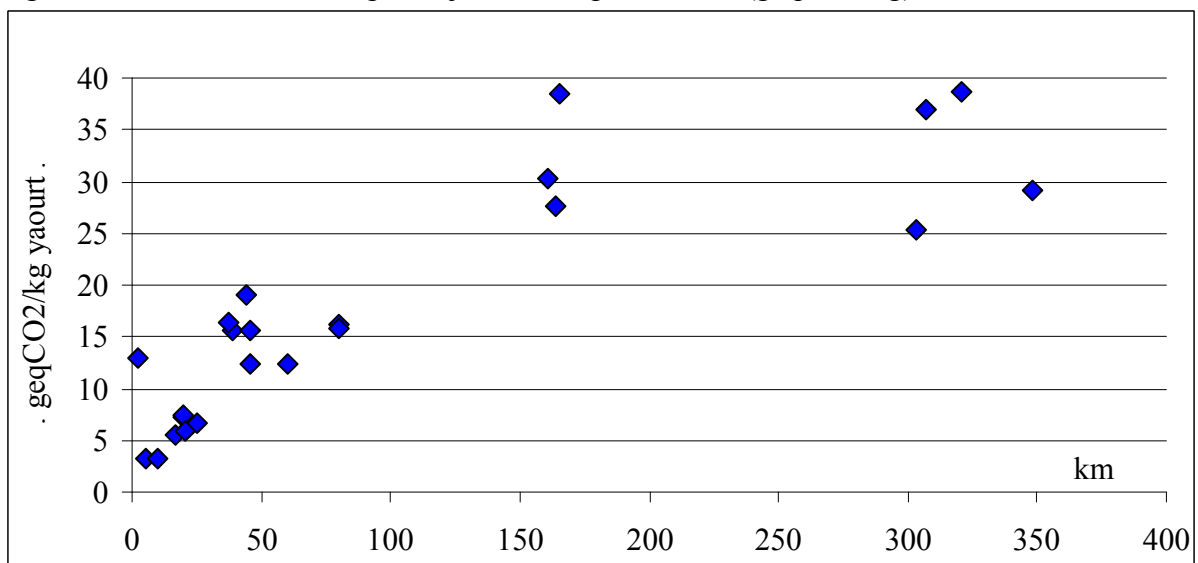
Dans le graphe suivant, chaque point représente l'un des trajets routiers de nos chaînes logistiques observées avec, en abscisse, la distance de transport et en ordonnée la consommation d'énergie en gramme d'équivalent pétrole par kilo de yaourt (gep/kg).

Figure 3: consommation énergétique par trajet de transport routier (gep/kg), selon la distance



Pour un kilo de yaourt, l'énergie consommée pour un trajet routier est comprise entre 1 et 11 gep. Comme expliqué plus haut, la consommation dépend aussi du type de véhicule utilisé, du poids du chargement et de la durée de mise en froid qui détermine la consommation pour faire du froid. Notons que l'énergie dépensée pour faire du froid représente en moyenne 16 % de la consommation totale. Exprimée dans une unité plus habituelle, l'efficacité énergétique du transport est comprise entre 27 et 193 gep/tkm. Si la distance reste le principal paramètre explicatif de la consommation, on voit qu'elle est loin d'expliquer à elle seule la dispersion des consommations.

Figure 4: Emissions de GES par trajet de transport routier (geqCO2/kg), selon la distance



Sur la Figure 4, les trajets routiers de nos chaînes logistiques sont positionnés en fonction de leur distance de transport en abscisse et, en ordonnée, de leurs émissions, en gramme d'équivalent CO<sub>2</sub> par kilo de yaourt (géqCO<sub>2</sub>/kg). De par la méthode de calcul utilisée la grande majorité de ces émissions est proportionnelle à la quantité d'énergie consommée ; les émissions des liquides frigorigènes, qui ne sont pas directement liées à l'énergie, représentent 2,6% de l'ensemble des émissions de GES. Les émissions de GES par trajet sont comprises entre 3 et 39 géqCO<sub>2</sub> par kilo de yaourt.

### Localisation, consommation et émissions

L'usine de yaourt a été localisée au centre de sa zone de collecte de manière à minimiser le transport du lait même si, au fil des ans, cette zone s'est légèrement déformée. Pour le reste de la chaîne, en aval de l'usine, le tableau 4 s'efforce de faire ressortir une certaine logique en indiquant, par étape, les principales caractéristiques moyennes des maillons de transport de l'usine jusqu'aux magasins :

le poids moyen des chargements décroît, en raison de l'hétérogénéité des produits ;(de 17,5 à 4,1 tonnes par chargement) et, par conséquent,

la consommation d'énergie rapportée à la tkm est de plus en plus importante (l'efficacité énergétique décroît) ;

mais les distances parcourues sont, en moyenne, de plus en plus courtes, ce qui indique, pour les cas étudiés, que la localisation des plates-formes entre l'usine et les magasins correspond bien à une certaine optimisation du transport, optimisation qui a probablement été voulue pour réduire les coûts mais qui conduit aussi à en réduire la consommation d'énergie.

Tableau 4 : caractéristiques des maillons transport des chaînes logistiques du Yaourt

étape	Origine	Destination	Distance moyenne (km)	Type de véhicule	Tonnes / chargement	Efficacité (gep/tkm)
3	Usine	PF producteurs	303	Semi-rem	17,5	27
5	PF producteurs	PF distributeurs	192	Semi-rem	11,5	53
7	PF distributeurs	Hypermarchés	51	Semi-rem	8,8	109
7	PF distributeurs	Supermarchés	66	Camion	4,9	103
7	PF distributeurs	Magasins de proximité	66	Camion	4,1	119

## 2.3 AUTRES CONSOMMATIONS (NON TRANSPORT)

### Production du Yaourt (étape 2)

L'énergie nécessaire à la production de yaourt a été estimée à partir d'une seule usine. Ce site produit presque exclusivement du yaourt et sa production s'élève à un peu plus de 100 000 tonnes nettes de produits finis. Les deux principales sources d'énergie utilisées sont le gaz pour chauffer (pasteurisation, concentration du sérum et stérilisation) et l'électricité pour faire fonctionner les moteurs et pour le refroidissement. La consommation totale d'énergie rapportée à la production est de 39 gep/kg de yaourt et les émissions de 95 geqCO<sub>2</sub>/kg de yaourt.

## **Entrepôts ou plates-formes logistiques (étapes 4 et 6)**

Les plates-formes logistiques ont pour rôle de gérer les flux et notamment de permettre le tri, l'éclatement et la consolidation des produits, parfois le stockage sur une très courte durée. De toutes les plates-formes concernées par la recherche, une seule n'a pas pu être visitée mais les chiffres essentiels nous ont été fournis. Elles utilisent principalement comme énergie l'électricité, parfois le gaz pour les chariots élévateurs et du gazole, notamment pour produire de l'électricité les jours de pointe, afin de bénéficier d'un tarif plus avantageux sur le reste de l'année. Les postes de consommation d'énergie sont le froid, positif pour les produits frais et négatif pour les surgelés, les chariots de manutention, électriques ou au gaz, l'éclairage, les bureaux et parfois les groupes électrogènes destinés à produire de l'électricité. Il y a des plates-formes producteurs et des plates-formes distributeurs.

### Plates-formes producteurs (étape 4)

Le fabricant de yaourt dispose actuellement de ses plates-formes logistiques où il rassemble les produits venant de ses différentes usines et prépare les expéditions vers les clients. Deux de ses plates-formes font partie de cette analyse : l'une destinée aux clients de la région parisienne et l'autre à ceux de Provence: l'une est prestée à un logisticien alors que l'autre est exploitée en propre. La durée moyenne de stockage sur les plates-formes est de 4 jours. Externalisées ou intégrées, les plates formes logistiques ont la même organisation : elles utilisent le même logiciel de prévision qui donne, chaque mercredi, les commandes aux usines pour la semaine S+1 et les usines retournent les volumes à charger (besoins en camions à mettre à disposition) ; c'est le producteur qui traite avec les transporteurs et non le prestataire logistique ; les plates-formes travaillent en flux tendus, 6 jours sur 7 et ne traitent que des produits de ce fabricant ; les réceptions se font de nuit et les expéditions commencent le matin. On observe une différence entre les palettes rentrant sur la plate-forme, qui arrivent des usines chargées de produits homogènes et parfaitement optimisées et celles qui en sortent, composées selon les commandes des clients, donc plus hétérogènes, inégalement remplies et nettement moins lourdes.

### Plates-formes distributeurs (étape 6)

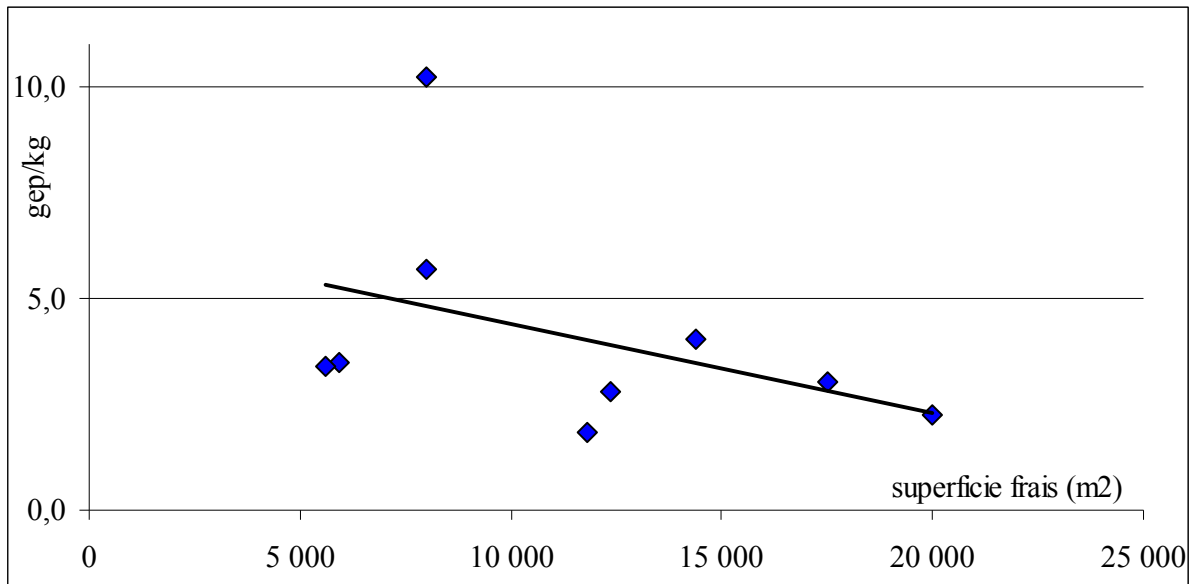
La fonction des plates-formes des distributeurs consiste à réceptionner les produits livrés par les industriels et à refaire des palettes par magasin destinataire selon les commandes de ces magasins. Certaines sont prestées à des logisticiens, d'autres sont intégrées ; certaines sont spécialisées par type de magasins (par exemple les hypers ou les magasins de proximité). Elles utilisent les mêmes sources d'énergie que celles du producteur (principalement l'électricité) et pour les mêmes postes de consommation (le froid, les appareils de manutention, l'éclairage et les bureaux et parfois les groupes électrogènes).

### Consommation d'énergie des plates-formes

Les données collectées auprès des gestionnaires (surfaces, activités et consommation d'énergie) permettent d'avoir une vision d'ensemble des plates-formes. La consommation d'énergie destinée aux produits ultra frais (dont les yaourts) a été estimée avec les responsables locaux, puis divisée par la quantité de produits qui transite par cette partie de la plate-forme. Les valeurs par m<sup>2</sup> (tonnage, consommation, émissions) permettent un contrôle de cohérence, ainsi que l'efficacité énergétique moyenne (tous produits) par site.

Sur la figure 5, chaque plate-forme est figurée par un point dont l'abscisse est la superficie totale de la plate-forme et l'ordonnée la consommation d'énergie par kg de yaourt ou efficacité énergétique de la plate-forme pour ce type de produit.

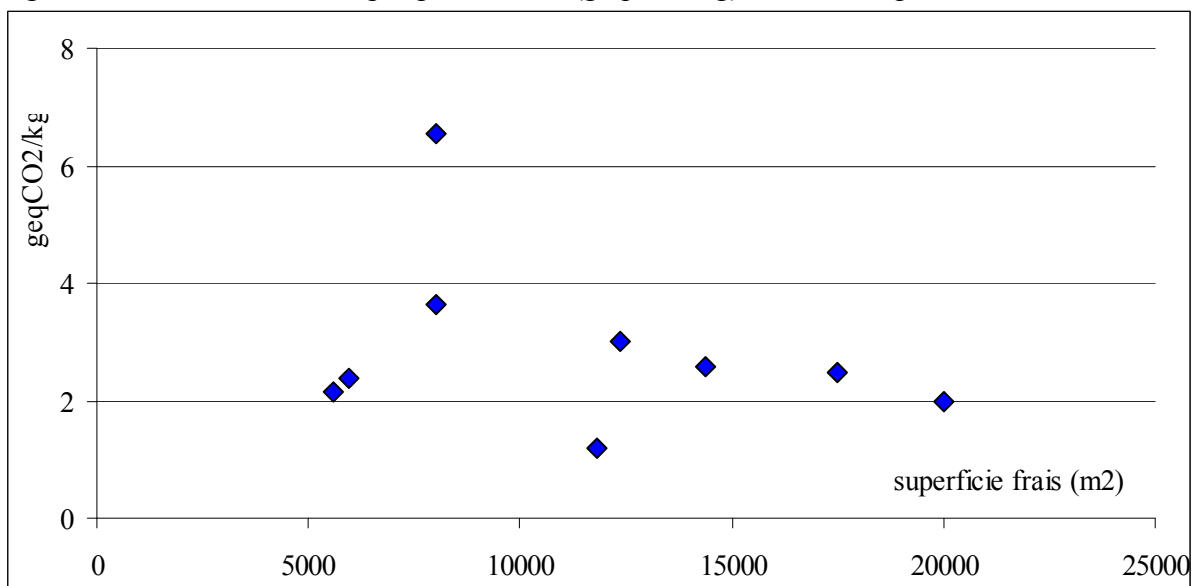
Figure 5: consommation énergétique par plate-forme (gep/kg), selon sa superficie de frais



Pour un kilo de yaourt, l'énergie consommée par passage sur une plate forme est comprise entre 2 et 10 gep. On note que ces valeurs sont du même ordre de grandeur que celles par trajet routier (entre 1 et 11 gep/kg). Toutefois une chaîne logistique compte habituellement deux plates-formes mais trois trajets (au sens étudié au paragraphe précédent). Enfin les plates-formes observées dans cette étude font apparaître une certaine économie d'échelle (avec une très faible corrélation il est vrai) : plus la partie de la plate-forme sous température dirigée est importante, plus elle semble efficace au plan de la consommation énergétique par kilo de produit traité.

Contrairement aux trajets routiers qui utilisent du gazole, les plates-formes consomment presque exclusivement de l'électricité aussi, lorsque ces données sont converties en GES, les plates-formes logistiques pèsent beaucoup moins : de 1 à 5 géqCO<sub>2</sub>/kg contre 3 à 39 pour les trajets routiers.

Figure 6: Emissions de GES par plate forme (geqCO<sub>2</sub>/kg), selon sa superficie de froid



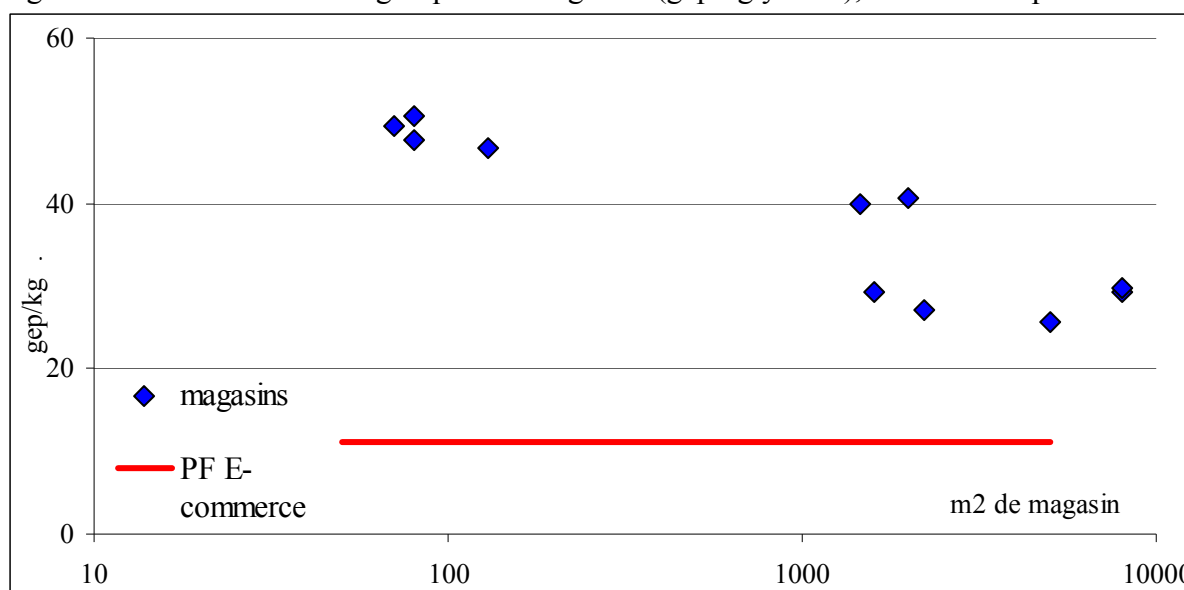


### Les magasins (étape 8, 8a et 8b)

Douze magasins ont été visités et analysés : trois formats de magasins (hypermarchés, supermarchés et magasins de proximité) par deux régions (région parisienne et Provence) par deux distributeurs. Les postes de consommation d'énergie peuvent être très différents selon les magasins : outre la consommation générale destinée au chauffage, à la climatisation dans les grandes surfaces, à l'éclairage, aux bureaux et caisses enregistreuses, certains magasins disposent en plus d'équipements spécifiques tels qu'une boulangerie ou une cafétéria qui sont de gros consommateurs d'énergie. La consommation annuelle a été relevée sur la facture EDF et la consommation générale d'énergie par m<sup>2</sup> de surface de vente a été estimée à partir de valeurs moyennes relevées dans la littérature ; après contrôle de cohérence sur la consommation totale du magasin, cette consommation 'de base' s'établit entre 250 et 300 kWh/m<sup>2</sup>/an. Nous avons également estimé, à partir de la bibliographie, une consommation par mètre linéaire pour les présentoirs à yaourt, d'un peu plus de 3000 kWh /m/an, selon le type d'appareil.

La consommation du rayon de yaourt est estimée en multipliant la superficie de ce rayon par la consommation générale 'de base' et en y ajoutant la consommation des présentoirs. La consommation par kg de yaourt est obtenue en divisant cette consommation du rayon par le tonnage annuel de yaourt vendu dans ce rayon. Les tableaux de calculs sont reproduits en annexe. Les résultats sont synthétisés sur la figure 7 ci-dessous. La chaîne du E-commerce se caractérise par l'absence de magasin : la livraison à domicile ou dans les points services est directement assurée à partir des plates-formes d'éclatement. L'équivalent du magasin est donc constitué de la plate forme centrale de constitution des colis et de la plate-forme d'éclatement. Notons que le transport entre ces deux plates-formes, plutôt que d'être considéré comme faisant partie du 'magasin', a été analysé avec les autres maillons de transport pour conserver l'homogénéité des moyens et des énergies, notamment pour la relation gep-géqCO<sub>2</sub>. Dans les graphes 5 et 6 ci-dessous, le niveau de consommation et d'émission du E-commerce, auquel on ne peut affecter une surface comparable à celle d'un magasin, est figuré par un trait horizontal.

Figure 7: consommation énergétique des magasins (gep/kg yaourt), selon leur superficie

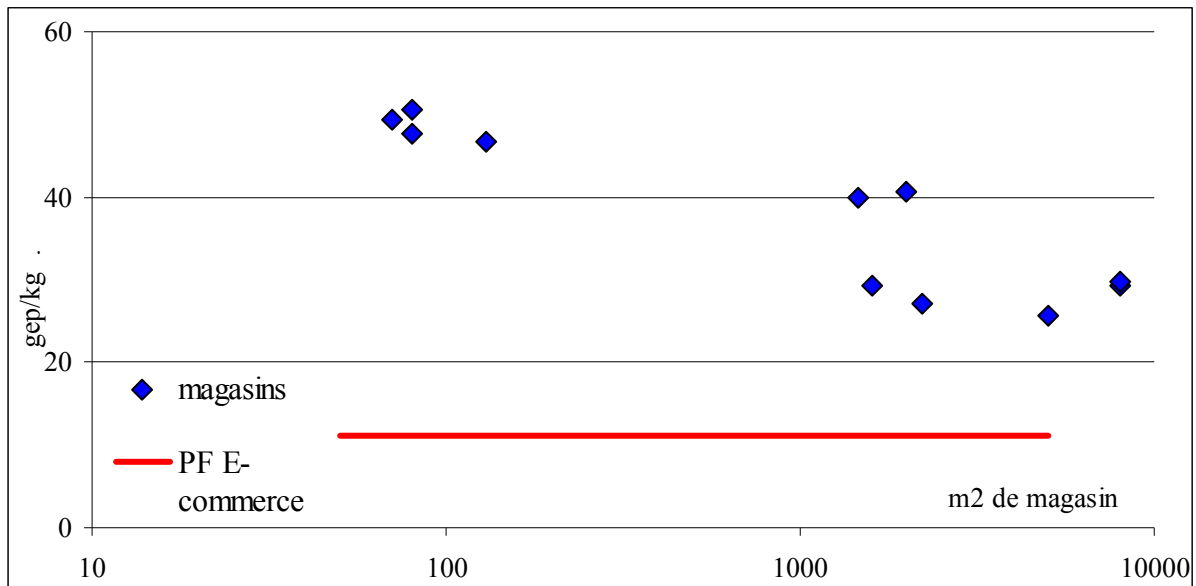


Les magasins consomment beaucoup d'énergie : entre 20 et 50 gep/kg de yaourt contre moins de 10 généralement par trajet routier. Dans le cas du E-commerce, le couple de plates-formes, avec 11 gep/kg, apparaît plus efficace énergétiquement que n'importe quelle forme de magasin. Ceci se comprend si l'on pense aux quantités d'électricité dépensées dans les magasins, notamment pour chauffer les allées et refroidir les présentoirs de produits frais.

Entre les différents formats de magasins, une certaine économie d'échelle semble se dessiner : plus les magasins sont grands et moins ils consomment d'énergie par kilo de yaourt et ceci est dû principalement au volume des ventes par m de linéaire, qui augmente avec la taille du magasin.

Comme l'énergie consommée est exclusivement de l'électricité, les émissions de GES sont en revanche moins importantes que celles des trajets routiers : entre 16 et 32 géqCO<sub>2</sub>/kg pour les magasins et 7 pour le E-commerce.

Figure 8: Emissions de GES par magasin (geqCO<sub>2</sub>/kg), selon sa superficie



Le magasin est l'un des points qui différencient le plus l'efficacité énergétique de la chaîne E-commerce des formes habituelles de commerce via les magasins.

### Le dernier km (étape 9 ou 9 a)

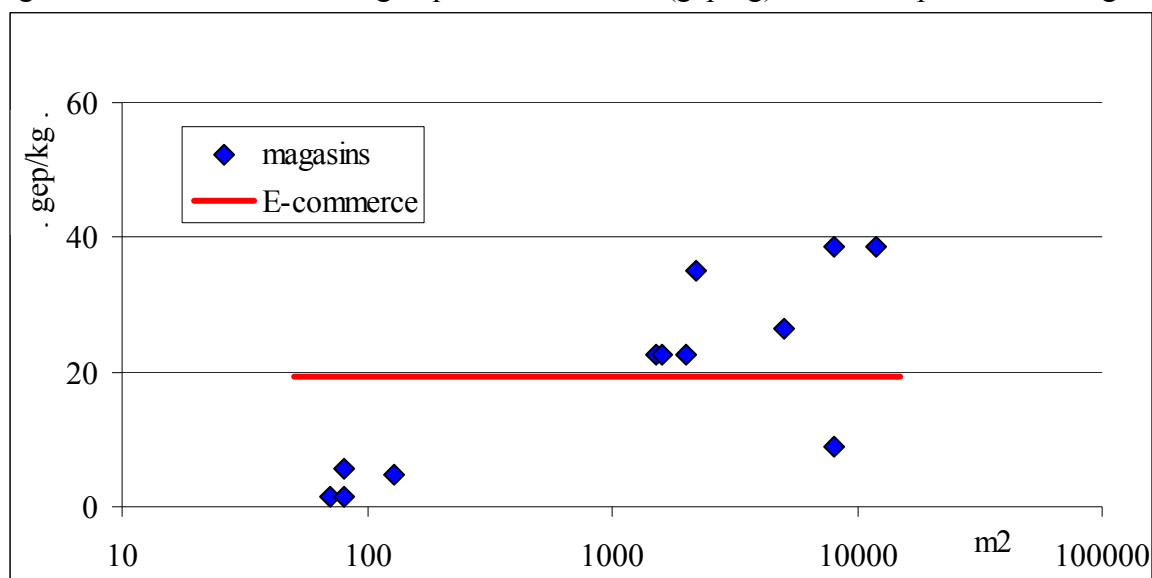
La consommation d'énergie du dernier km est estimée en tenant compte du pourcentage de clients qui viennent en voiture (pour les autres modes on néglige l'énergie consommée), de la distance parcourue et du poids moyen d'achat correspondant à ce déplacement. Ces trois paramètres sont très liés à la taille du magasin : selon ce critère, les petits magasins sont beaucoup plus efficaces énergétiquement que les grands. Dans le cas du E-commerce le dernier km comprend les transports de livraison à partir de la plate-forme d'éclatement, soit au domicile (LAD), qui représente près de 95% de la masse des achats dans le cas étudié, soit vers un point service (PS) où les clients viennent chercher leur colis. Dans ce dernier cas, nous avons ajouté un km de parcours client, pour tenir compte du fait que, même s'il choisit un point service sur son itinéraire, le client doit faire un léger détour pour passer au point service.

- La distance moyenne des trajets des consommateurs qui viennent en voiture a été estimée en s'aidant des données nationales (cf. annexe 2) et des informations collectées dans chaque magasin ; en moyenne par type de magasins, elle est de 14 km pour les hypermarchés, 9 pour les supermarchés et 3 km pour les petites boutiques. La distance moyenne entre deux livraisons à domicile est de 5 km.

- La consommation retenue pour les trajets des consommateurs est la consommation moyenne en 2003 des voitures particulières avec une surconsommation de 31% pour cycle urbain soit 9,5 l/100km, sauf pour les hypermarchés de Provence où cette surconsommation a été limitée à 15% (soit 8,4 l/100km). Pour les camionnettes qui font la livraison à domicile, la consommation est de 11,8 l/100km.

- Le poids des achats a été estimé en tenant compte des rares données publiées<sup>18</sup> et des données estimées par les magasins (poids total des ventes et nombre de passages en caisse). Le poids moyen des achats retenu est de 30 kg pour les hypermarchés, 15 kg pour les supermarchés et 5 kg pour les supérettes. Pour les livraisons à domicile, il est en revanche de 60 kg par livraison.

Figure 9 : consommation énergétique du dernier km (gep/kg) selon la superficie du magasin



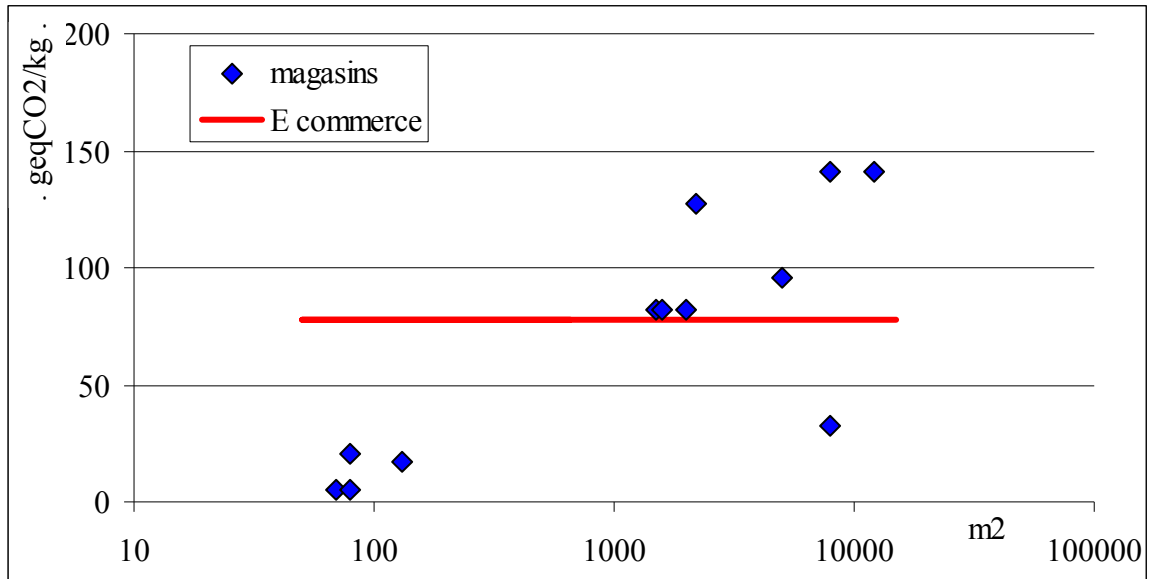
Le dernier kilomètre est souvent plus consommateur d'énergie que les autres parcours routier, bien que portant sur des distances généralement plus faibles : entre 1 et 40 gep/kg pour les magasins traditionnels.

Comme prévu les 'déséconomies d'échelle' sont importantes : la consommation d'énergie du dernier km croît avec la superficie du magasin. Et il apparaît que les livraisons à domicile du cas de E-commerce étudié, qui sont bien regroupées en tournées optimisées, sont efficaces, avec 19 gep/kg, comparées aux déplacements individuels des consommateurs vers les hyper ou supermarchés.

Les résultats en terme d'émissions de GES sont très comparables : entre 5 et 150 géqCO<sub>2</sub>/kg pour les magasins et 78 géqCO<sub>2</sub>/kg pour la livraison à domicile étudiée. Les petites supérettes de proximité, dont la grande majorité des clients viennent à pied, apparaissent plus efficaces que ces livraisons à domicile ; c'est aussi le cas de l'un des hypermarchés, situé en centre-ville et dont la majorité des clients viennent également à pied.

<sup>18</sup> En particulier JM Beauvais « Grande distribution : impact sur l'emploi, impact sur l'environnement », rapport pour la MIES mai 1996

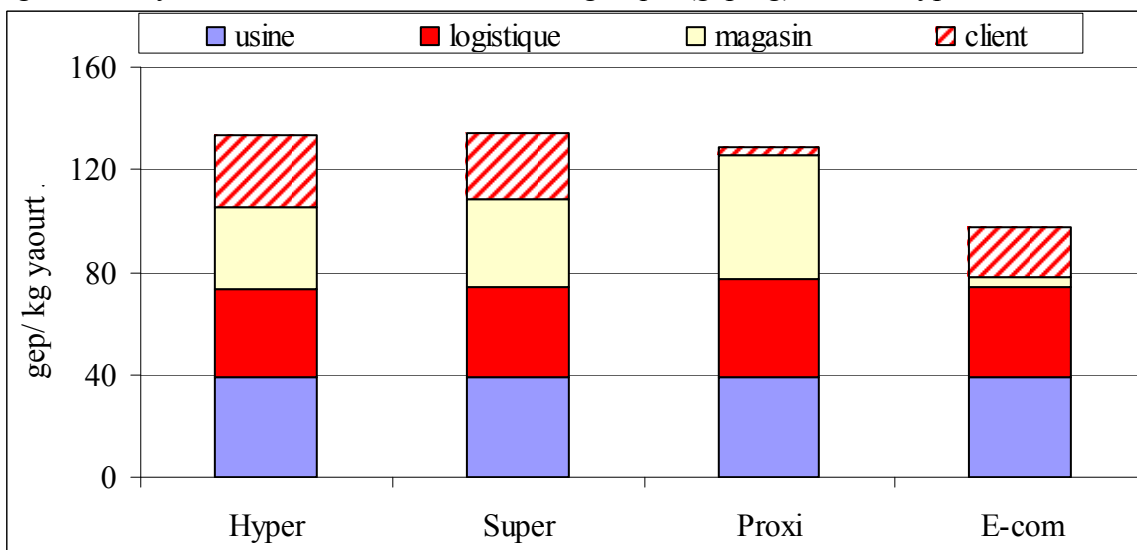
Figure 10 : émission de GES du dernier km (gep/kg) selon la superficie du magasin



## 2.4. ANALYSE DES RESULTATS PAR TYPE DE CHAINE

Nous distinguons quatre types de chaînes logistiques du yaourt : trois pour les différents formats de magasins étudiés et la chaîne du E-commerce avec livraison à domicile. Dans chaque type, la consommation par grand poste est la moyenne des différentes chaînes aboutissant au format de magasin ou E-commerce. Les figures 11 et 14 synthétisent les consommations d'énergie et les émissions de CO<sub>2</sub> de l'ensemble de ces chaînes, en moyenne par type de chaînes en distinguant l'énergie dépensée pour la production (usines, étape 2), pour la logistique (transport et plates-formes, étapes 1, 3, 4, 5, 6 et 7), dans les magasins (étape 8 ou 8a + 8b dans la colonne E-com) et pour le dernier km (parcours client, étape 9 ou livraison, 9a, dans le E-com).

Figure 11 : Synthèse de la consommation énergétique (gep/kg) selon le type de chaîne



Dans les quatre cas, les consommations d'énergie de la production sont identiques par construction ; celles de la logistique en amont du magasin sont proches. Les éléments de

différenciation des chaînes logistiques sont les consommations d'énergie des magasins et du trajet client, entre le magasin et le domicile du consommateur, donc liées au système de distribution.

- Très faible dans le cas de E-commerce, la consommation d'énergie des magasins, dans les cas étudiés, augmente lorsque la taille du magasin diminue : les magasins de proximité consomment plus, par kilo de yaourt vendu que les supermarchés, qui eux-mêmes consomment plus que les hypermarchés.

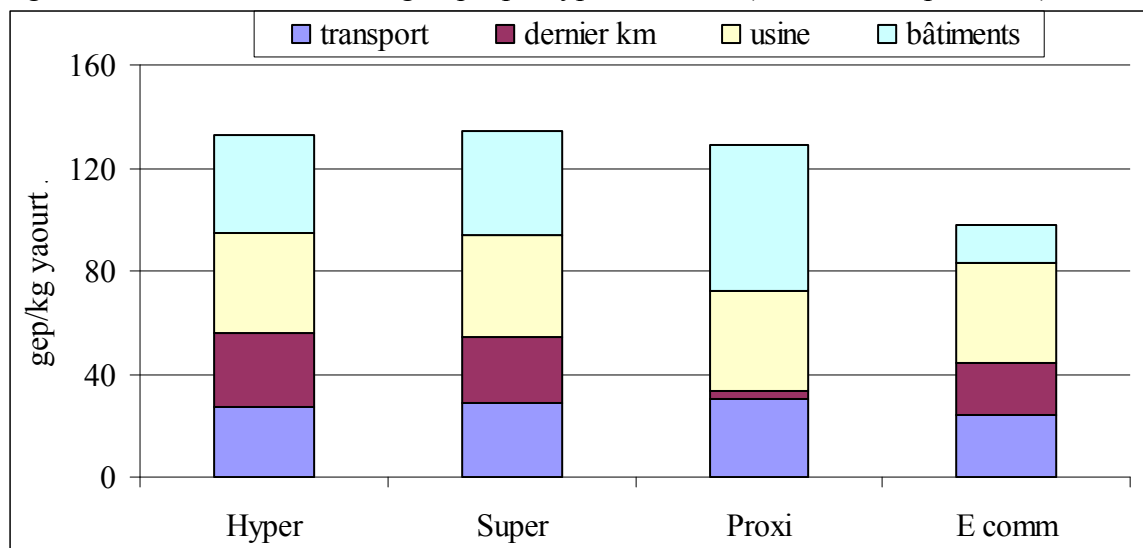
- Le trajet terminal compense largement cette consommation énergétique unitaire plus forte des petits magasins compte tenu du système d'imputation retenu.

- Sur l'ensemble de la chaîne logistique du yaourt, les chaînes 'hyper et supermarchés' sont celles qui consomment le plus d'énergie, 133 gep/kg de yaourt, en raison principalement du dernier trajet. Des différences sensibles de consommation du dernier trajet apparaissent selon la localisation des hypermarchés, en ville ou hors agglomération. Compte tenu du nombre limité de chaînes observées nous n'avons pas détaillé davantage les comparaisons mais le choix de nos supermarchés, situés pour moitié en ville et pour moitié hors agglomération, a un impact sur le résultat de cette comparaison entre chaînes.

- Les chaînes logistiques utilisant le E-commerce avec livraison à domicile sont les plus efficaces sur le plan énergétique ; elles n'utilisent que 98 gep/kg. Entre ces deux extrêmes se situent les chaînes logistiques des boutiques de quartier avec 129 gep/kg de yaourt.

Dans la figure 12 suivante, les plates-formes logistiques ont été regroupées avec les magasins dans une rubrique 'bâtiments' (étapes 4 et 6 et étape 8 ou 8a+8b); les autres rubriques sont alors transport (étapes 1, 3, 5, 7 ou 7a + 7b), dernier km (parcours client, étape 9 ou livraison, 9a) et usine (étape 2).

Figure 12 : consommation énergétique par type de chaîne (autres décompositions)

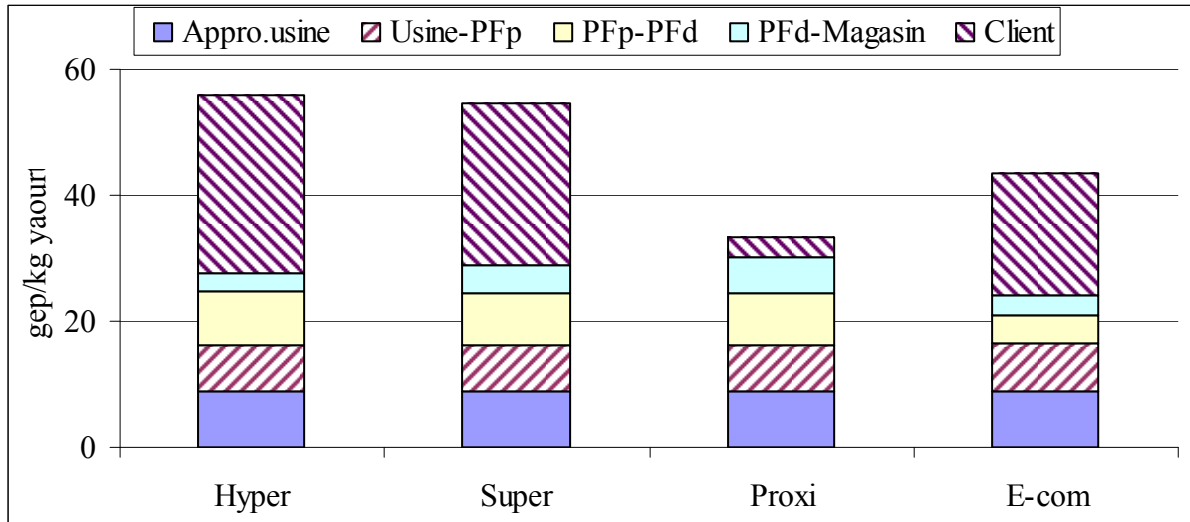


Le total par type est identique. Avec cette décomposition, c'est dans le cas des supérettes que la consommation d'énergie des bâtiments (magasins et plates-formes) est la plus importante ; elle compense en partie celle des trajets clients dans les autres formats de magasins. Et c'est dans la chaîne E-commerce que la consommation d'énergie des bâtiments est la plus faible.

La figure 13 indique par types de chaînes, l'importance des différents maillons de transport, y compris le trajet des clients : approvisionnement de l'usine (étape 1), usine –plate-forme producteur (étape 3), plate-forme producteur – plate-forme distributeur (5), plate-forme

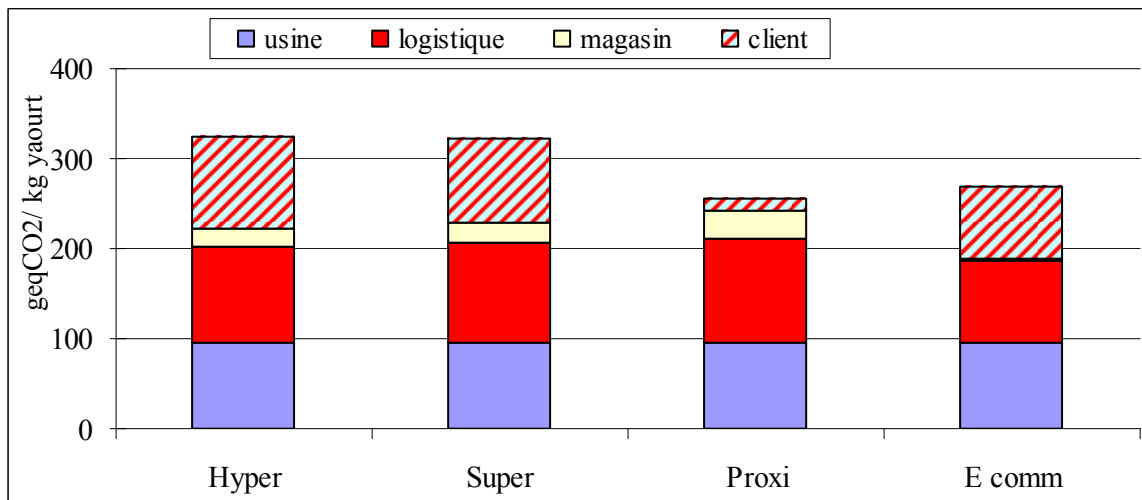
distributeur - magasin (7 ou 7a + 7b) et dernier km (9 ou 9a). C'est clairement le dernier km qui différencie alors les différentes formes de distribution et les supérettes apparaissent comme les plus efficaces du point de vue de l'énergie dépensée en transport strictement.

Figure 13 : consommation énergétique des différentes étapes transport par type de chaîne



La figure 14 synthétise les émissions de GES par grand poste en moyenne pour les différents types de magasins, avec la même décomposition que dans la figure 11 : pour la production (usines, étape 2), pour la logistique (transport et plates-formes, étapes 1, 3, 4, 5, 6 et 7), dans les magasins (étape 8 ou 8a + 8b dans la colonne E-com) et pour le dernier km (parcours client, étape 9 ou livraison, 9a, dans le E-com).

Figure 14 : Synthèse des émissions de GES (geqCO2/kg) selon le type de chaîne



La comparaison entre les types de chaînes est proche de celle qui apparaît sur la figure 11 à cette nuance près que l'énergie électrique y compte beaucoup moins que les carburants pétroliers et donc que les bâtiments comptent moins, ce qui est favorable aux supérettes de quartier. De ce fait, les petits magasins de proximité apparaissent comme les plus efficaces, dans les cas étudiés, surpassant même la livraison à domicile.

## 2.5. TESTS DE SENSIBILITE

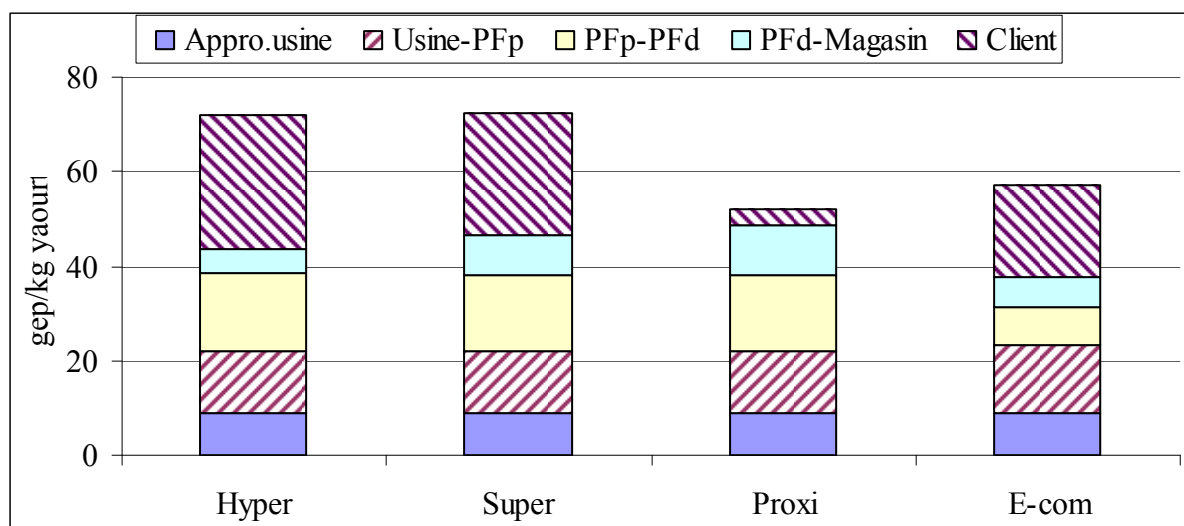
Ces résultats reposent sur l'observation d'un nombre très limité de chaînes et, en partie, sur des estimations, des hypothèses ou des conventions, adoptées faute d'information précise. L'objet de ce paragraphe est de montrer la sensibilité des résultats c'est-à-dire principalement l'incidence des principales variables estimées sur l'efficacité énergétique des différents types de chaînes. Ces tests portent sur des variations très importantes de ces variables d'entrée.

Pour les étapes d'approvisionnement de l'usine et de fabrication du yaourt (étapes 1 et 2), les consommations unitaires d'énergie sont considérées comme précises puisqu'elles résultent des données d'un opérateur ; en revanche elles viennent d'une seule source et ne peuvent donc pas prétendre rendre compte de la diversité des usines françaises. Toutefois, comme ces consommations sont reprises à l'identique dans toutes les chaînes étudiées elles n'ont pas d'influence sur la comparaison entre les types de chaînes. Nous n'avons pas fait de test sur ces étapes.

### Transports routiers en aval de l'usine (étapes 3, 5, 7, 7a + 7b)

Pour ces transports, les distances et les types de véhicules sont fiables et l'incertitude qui pèse sur les consommations unitaire d'énergie a une faible influence sur le résultat de la comparaison. En revanche, une incertitude importante pèse sur les taux de remplissage en aval de la plate-forme distributeur qui ont souvent été déclarés à des valeurs proche du maximum de ce que permet le poids moyen par palette, soit des poids moyens compris entre 17,5 tonnes pour l'étape 3 entre l'usine et les plates-formes producteur et 3,6 tonnes pour l'étape 7 de livraison à une supérette. Dans la figure 15, tous les chargements ont été systématiquement divisés par deux, c'est à dire qu'on a fait l'hypothèse que le chargement moyen était, à chaque étape, moitié moins que ce qu'il était dans les calculs précédents.

Figure 15 : consommation énergétique du transport (chargements divisés par deux)

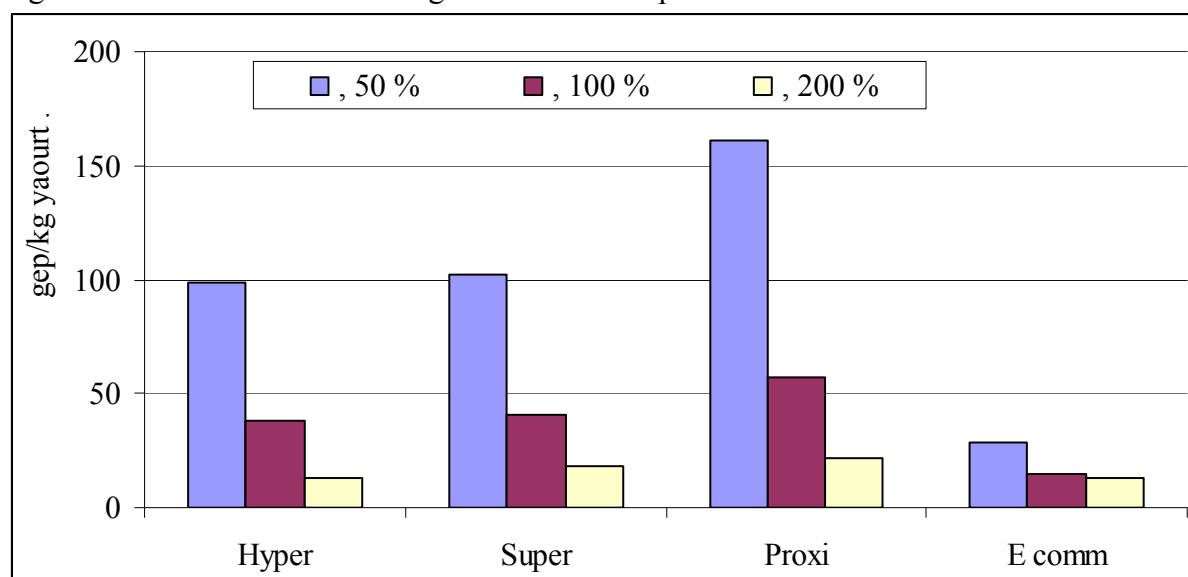


Rapporté au kilo de yaourt la consommation énergétique du transport est alors sensiblement augmentée par rapport à la figure 13 : de 29 % pour les hypermarchés, 32 % pour les super, 56 % pour les supérettes et 31 % pour le E commerce. Ce test est 'défavorable' à tous les types de chaînes mais il l'est davantage pour les petites surfaces.

### Plates-formes logistiques (étapes 4 et 6) et magasins (8 ou 8a et 8b)

L'estimation de la consommation des plates-formes et des magasins est surtout sensible au volume annuel de yaourt qui passe par ces bâtiments. Nous avons donc mené deux tests par rapport aux volumes annuels estimés précédemment (100 %) : dans le premier test ces volumes sont doublés (200 %) et dans le second ils sont divisés par deux (50 %) ; la figure 16 synthétise ces résultats.

Figure 16 : consommation d'énergie des bâtiments pour 3 volumes de flux



Il apparaît que les consommations par kilo de yaourt des bâtiments sont très sensibles à une réduction importante du volume traité par bâtiment, en particulier les petits commerces, dont les volumes sont déjà faibles relativement aux autres commerces.

### Dernier kilomètre (étape 9 ou 9 a)

La consommation d'énergie du dernier km est très sensible au pourcentage de clients qui viennent en voiture et au poids moyen d'achat ; par comparaison, la marge d'erreur semble relativement faible sur la distance parcourue ou sur la consommation unitaire des voitures. Pour tester la sensibilité à ces paramètres, nous avons construits deux scénarios, à comparer au scénario estimé qui récapitule les valeurs moyennes déjà utilisées : un scénario très favorable aux grandes surfaces (Hyper-Super) et plutôt défavorable aux petites surfaces et au E-commerce, et un scénario (Proxi-L.à D.) favorable aux petits commerces et E-commerce et défavorable aux grandes surfaces. Les pourcentages de clients qui viennent en voiture et le poids moyens des paniers d'achat dans les différents scénarios sont récapitulés dans le tableau 6 ci-dessous et la figure 17 synthétise les résultats de ces tests.

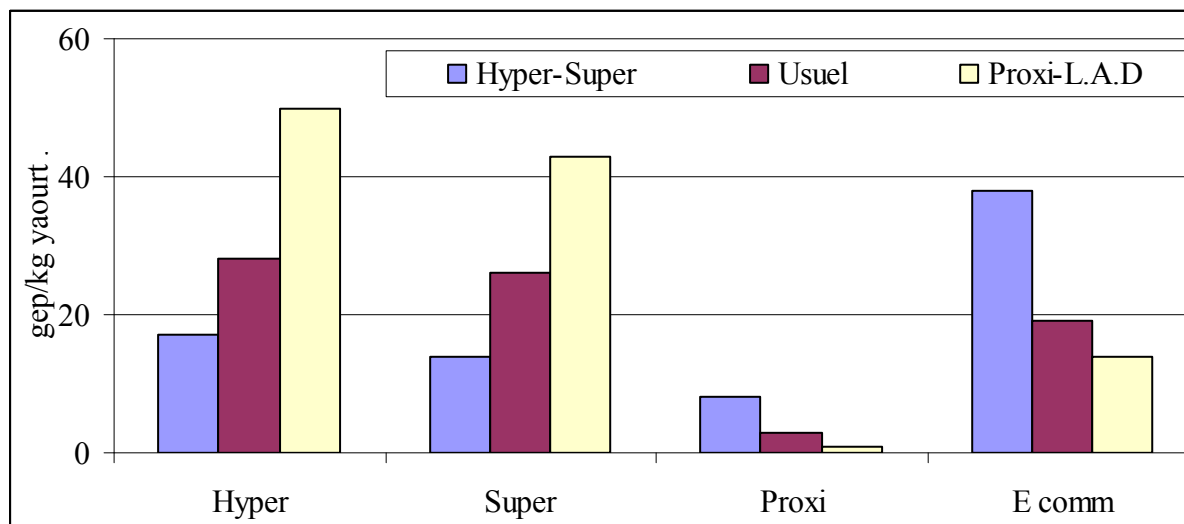
Tableau 5 : pourcentage de clients en voiture et poids moyens d'achat dans les scénarios

	Scénario Hyper-Super		Scénario estimé		Scénario Proxi-L.à D.	
	% voiture	kg achats	% voiture	kg achats	% voiture	kg achats
Hyper	70	45	80	30	95	20
Super	50	15	50	15	60	10
Proxi	7	5	7	5	5	10
E comm	-	30	-	60	-	80



Pour chaque type de chaîne, la figure 17 permet de comparer la consommation énergétique moyenne du dernier km dans le scénario 'usuel' ou 'estimé' (dont les valeurs sont celles que nous avons estimé et qui ont déjà été utilisées dans les calculs précédents) avec la consommation calculée dans le scénario favorable aux hyper et supermarchés d'une part et dans le scénario favorable aux petites surfaces et E-commerce d'autre part.

Figure 17 : consommation énergétique du dernier km (gep/kg) selon la superficie du magasin



Les variations relatives sont très importantes pour les différents types de chaînes ; en valeur absolue, l'impact de ces scénarios est peu important pour les petites surfaces moins de 10 gep/kg) ; il est en revanche important pour les grandes surfaces et aussi pour le E-commerce.

### Récapitulation des tests de sensibilité

La consommation d'énergie par type de chaînes présentée dans la figure 11 varie entre 133 et 98 gep/kg de yaourt ; or chacun des tests présentés ci-dessus montre des variations maximums qui se comptent en dizaines de gep / kg. Il est donc clair que l'incertitude sur les résultats en valeur absolue par type de chaîne est importante et que, par conséquent, l'importance relative des différents types de chaînes ne peut pas être considérée comme généralisable. Il ne s'agit là que d'une première ébauche qui nécessite d'être confirmée par des travaux comparables.

### **III SUPPLY CHAINS DU JEAN**

Dans le cas des chaînes du Jean, il ne nous a pas été possible d'estimer l'énergie consommée par la production du textile et la confection, opérations qui se passent dans des pays lointains. L'analyse ici est donc limitée à l'énergie consommée en logistique (transport, entrepôts et passages portuaires) et dans les hypermarchés (les mêmes que pour le yaourt) ; en aval, nous n'avons pas non plus cherché à estimer l'énergie dépensée par le consommateur, notamment en lavage<sup>19</sup>. Nous nous limitons, comme pour le yaourt, à la porte du consommateur.

### **3.1. LES CHAINES LOGISTIQUES DU JEAN ETUDIEES**

Nos analyses portent sur trois types du Supply Chain des Jeans qui se distinguent surtout par le lieu d'origine de la matière première (le coton) : l'Inde (région de Chennai), l'Ouzbékistan (région de Samarkand) et l'Egypte (Delta du Nil en Haute Egypte).

Le schéma page suivante présente les différentes étapes des supply chain de Jeans analysées dans cette recherche. Les principaux points structurants de ces chaînes sont les suivants :

- les champs du coton ;
- les usines textiles (filature/tissage, ennoblissement, confection/lavage) ;
- les ports (maritimes et fluviaux) d'embarquement et de débarquement ;
- les entrepôts ou plates-formes textiles ;
- les magasins, (hypermarchés).

A la différence du Yaourt, les chaînes logistiques du Jean n'utilisent pas exclusivement le transport routier entre ces différents points structurants. Les moyens de transports rencontrés sont, outre le transport routier, le ferroviaire, le transport conteneurisé par voie maritime et le transport conteneurisé par voie fluviale.

Pour les Jeans importés d'Asie, la principale différence entre les chaînes logistiques étudiées concerne la première partie, à savoir des champs de coton jusqu'au port de Dhaka au Bangladesh, d'où ces jeans prennent un navire pour le Havre. Ensuite, les étapes sont identiques depuis jusqu'au domicile du consommateur : mêmes ports maritimes et fluviaux, mêmes types de navire ou de convois fluviaux, mêmes entrepôts textiles centralisés des distributeurs, magasins et domicile du consommateur.

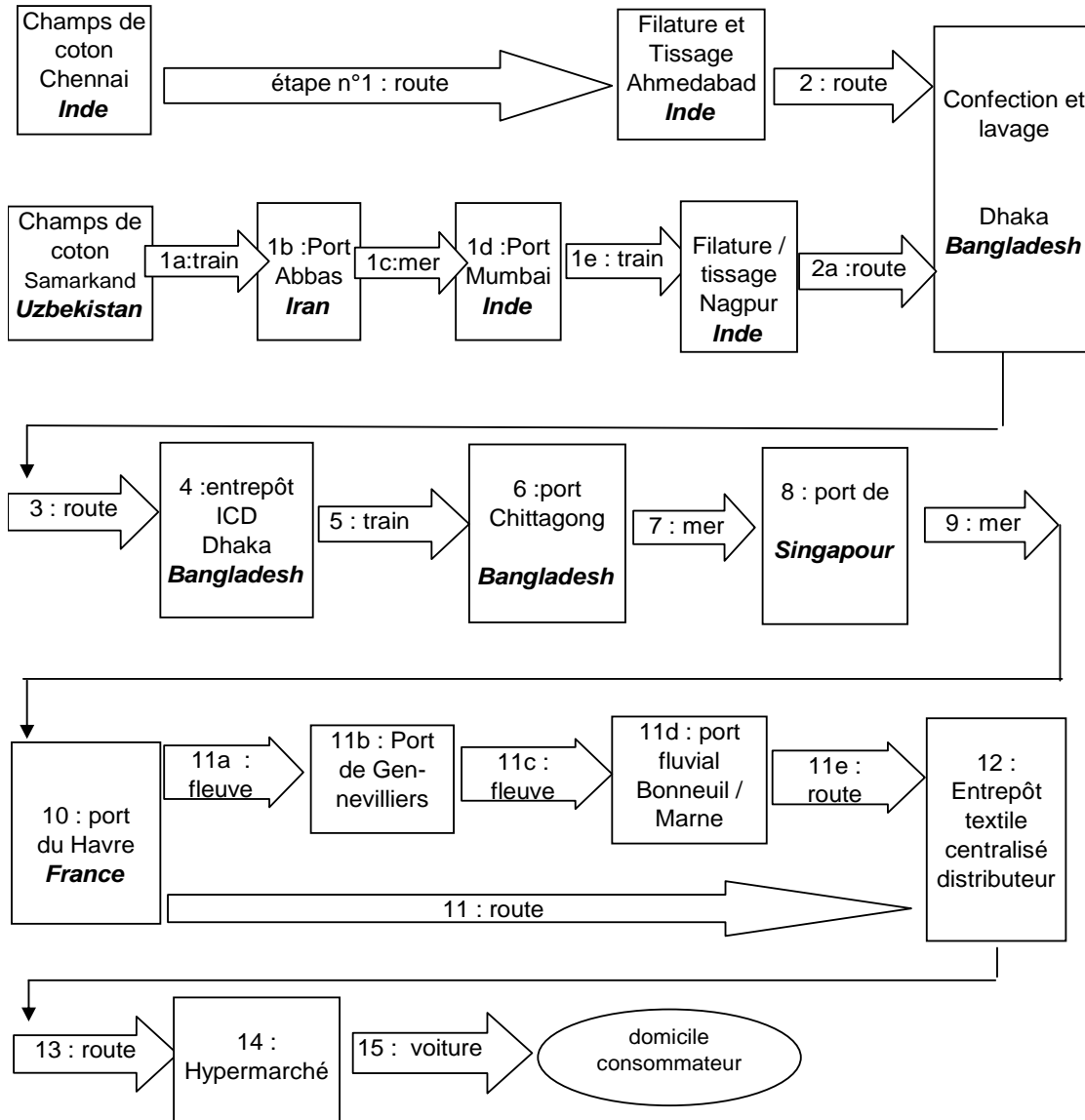
Le schéma de la chaîne logistique du Jean importé d'Egypte se différencie des autres par le fait qu'ils transitent par un entrepôt central du fournisseur, situé dans le Nord de l'Italie.

---

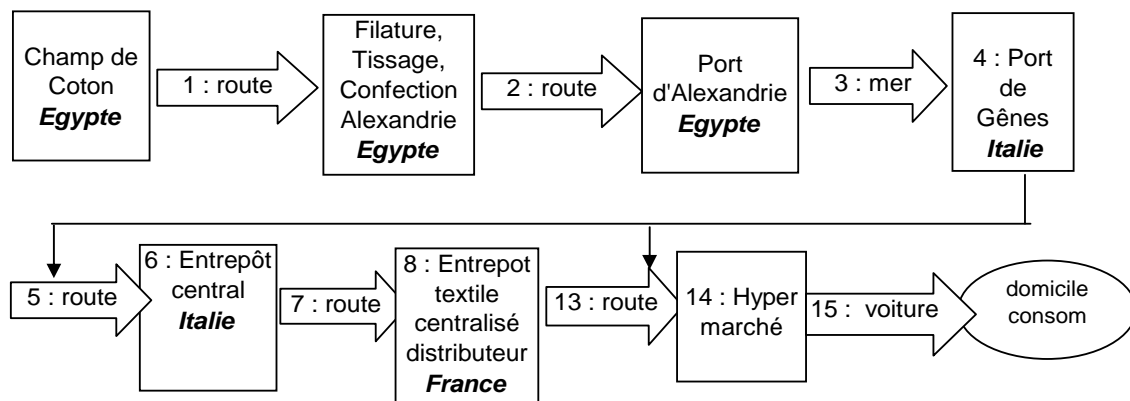
<sup>19</sup> Sur ce point de savoir où doit s'arrêter l'analyse de la chaîne logistique par rapport à l'analyse du cycle de vie, cf Browne et al.2005.

Figure 18 : les chaînes du jean étudiées

**CHAINES LOGISTIQUES JEAN - ASIE**



**CHAINES LOGISTIQUES JEAN - AFRIQUE DU NORD**



## 3.2. LES CONSOMMATIONS D'ENERGIE EN TRANSPORT

### L'approvisionnement des usines textiles

Le coton, qui sert de matière première pour la fabrication du Jean, est cultivé dans les pays tropicaux, subtropicaux et tempérés. La culture du coton est majoritairement pluviale (Afrique subsaharienne, une grande partie des USA, Inde et Chine). Dans les pays à faible pluviométrie, le coton doit être irrigué. C'est le cas de 40% des surfaces cultivées en Egypte, en Ouzbékistan, au Pakistan et en Syrie. Le coton est cultivé principalement pour sa fibre, bien qu'une petite quantité des graines soit utilisée comme source de nourriture et d'huile tant pour les hommes que pour les animaux. La qualité du coton est fonction de la longueur et de la résistance des fibres (exemple du coton égyptien à longues fibres). La fibre est séparée des graines durant la transformation à la filature. Cette fibre est généralement transformée en fil qui est tissé pour fabriquer des tissus. Depuis le XIX<sup>ème</sup> siècle, le coton constitue, grâce aux progrès de l'industrialisation et de l'agronomie, la première fibre textile végétale du monde (près de la moitié de la consommation mondiale de fibres textiles). Le tableau 5 indique, parmi les dix premiers producteurs mondiaux de fibres, la place des trois origines rencontrées dans les supply chains étudiées.

Tableau 5 : les principaux pays producteurs de fibres 2001-2002

Pays	Milliers de tonnes	Rendements en fibres (Kg/Ha)
1. Chine	5 320	1 103
2. USA	4 420	790
<b>3. Inde</b>	<b>2 508</b>	<b>287</b>
4. Pakistan	1 853	593
<b>5. Ouzbékistan</b>	<b>1 055</b>	<b>726</b>
6. Turquie	880	1 345
7. Brésil	750	999
8. Australie	670	1 658
9. Syrie	335	1 303
<b>10. Egypte</b>	<b>314</b>	<b>994</b>
<b>Sous total</b>	<b>18 105 (85%)</b>	<b>980</b>
Autres pays	3 132	635
<b>Total mondial</b>	<b>21 237</b>	<b>635</b>

Source : International Cotton Advisory Committee (ICAC) « Cotton : Review of the world situation » Vo.55, N° 5, , Washington DC, 2002 a

Le coton récolté dans les champs de Samarkand (Ouzbékistan) est acheminé d'abord par train (1 600 km) jusqu'au port Abbas (Iran), puis par bateau (1 985 km) jusqu'au port de Bombay (Inde), d'où il est acheminé vers les industries de filature/tissage de Nagpur (Inde) par train (700 miles). Le transport des fils et tissus entre ces industries de filature/tissage de Nagpur et les industries de confection de Dhaka (Bangladesh) est assuré par la route sur 3 200 km.

L'acheminement du coton entre les champs de Chennai (Inde) et les industries de filature/tissage situées à Ahmedabad (Inde) est assuré par des semi-remorques sur 1 600 km. Le transport des fils et tissus entre ces industries de filature/tissage de Ahmedabad et les industries de confection de Dhaka (Bangladesh) est assuré par des semi-remorques sur 2 500 km.

Le transport du coton entre les champs du delta du Nil (Egypte) et les industries de filature/tissage/confection d'Alexandrie (Egypte) est assuré par des semi-remorques sur 200 km. Les industries textiles en Egypte, sont concentrées à Alexandrie.

### **Des usines textiles au port du Havre**

Les Jeans confectionnés dans les usines textiles de Dhaka (Bangladesh), à partir du coton venant de l'Inde et d'Ouzbékistan, sont ensuite traités et conteneurisés dans l'entrepôt sous douane de Dhaka (Bangladesh) et expédiés ensuite vers le port du Havre (France) à partir du port de Chittagong (Bangladesh) via Singapour. Le transport est assuré d'abord par route jusqu'à l'entrepôt (24 km), puis par rail (485 km) jusqu'au Port de Chittagong (Bangladesh) et par voie maritime du port de Chittagong jusqu'au port du Havre, en passant par Singapour, sur plus de 17 000 km.

Les Jeans confectionnés dans les usines textiles d'Egypte (Afrique du Nord) sont conteneurisés puis expédiés vers le port de Gênes (Italie) à partir du port d'Alexandrie. Ils sont ensuite stockés dans un entrepôt textile du fournisseur situé en Italie du Nord où ils sont traités avant d'être acheminés vers les entrepôts des distributeurs en la France.

Le transport maritime est assuré par des navires porte-conteneurs. Il s'agit des conteneurs de 20 pieds et de 40 pieds. Le taux de remplissage des navires en conteneurs pleins, en moyenne sur l'ensemble de la boucle du navire est estimé à 85%.

### **Du port du Havre aux plates-formes distributeurs**

Les conteneurs de Jeans provenant d'Egypte via l'Italie et à destination des entrepôts textiles centraux des entreprises de distribution en France sont acheminés exclusivement par des semi-remorques.

Les conteneurs de Jeans provenant d'Asie transitent par le port du Havre et, à partir de là, sont acheminés par différents modes de transport vers les entrepôts ou plates-formes textiles des entreprises de distribution. L'un des entrepôts concernés par notre recherche est situé dans l'Ouest de la France ; les conteneurs y sont acheminés uniquement par la route. L'autre se situe en région parisienne et les conteneurs de Jeans y sont acheminés soit par transport combiné voie d'eau – route, soit entièrement par la route.

#### **Transport par voie d'eau**

Le service fluvial conteneurisé régulier entre le port du Havre et les ports fluviaux de Gennevilliers et de Bonneuil-sur-Marne (région parisienne) est assuré par un même opérateur. Ce service, entre Le Havre et Gennevilliers, comprend cinq convois par semaine pour les conteneurs. Un convoi est composé d'un pousseur de 1800 CV et de deux barges (180 m de long). Les barges peuvent contenir 132 EVP<sup>20</sup> (4 en large x 11 en long x 3 en hauteur). Depuis 2004, de nouveaux matériels (4 barges ballastables et 2 pousseurs à cabine télescopique) sont mis en service ; ils permettent de charger 4 hauteurs de conteneurs, soit 176 EVP. Ces nouveaux convois ne peuvent circuler à plein que 10 mois par an ; pendant les deux

---

<sup>20</sup> EVP = Equivalent Vingt Pieds

autres mois ils circulent avec 3 niveaux de conteneurs soit 132 EVP par barge. Les nouvelles barges font 4 voyages par semaine ; le cinquième convoi utilise encore le matériel ancien.

La distance fluviale entre le port du Havre et Gennevilliers est de 330 km. La consommation d'un convoi est de 8 000 litres de fuel pour un aller-retour. Selon l'opérateur, compte tenu de sa part minimale dans le marché (moins de 10%) et des besoins des armateurs, la compagnie ne connaît pas de déséquilibre de fret selon le sens : la part de conteneurs vides est sensiblement équivalente dans les deux sens. Le taux de conteneurs pleins est estimé à 85% de la capacité (dans chaque sens).

De Gennevilliers à Bonneuil l'automoteur fait 3 allers-retours par semaine. En période de hautes eaux, ce trafic est arrêté (un mois par an). La consommation sur ce trajet fluvial Gennevilliers Bonneuil est de 400 litres de fuel aller-retour. Pour le trajet retour, les conteneurs sont vides.

#### Transport routier

Le transport terminal entre le port de Bonneuil et l'entrepôt du distributeur est assuré par route par semi-remorque.

Le transport routier entre le port du Havre et l'entrepôt du distributeur situé en région parisienne est assuré par semi-remorque sur 246 km.

#### **Des plates-formes distributeurs aux hypermarchés**

Les conteneurs Jeans une fois traités dans les entrepôts sont acheminés, non plus par conteneurs mais sur cintre ou en carton, directement par semi-remorque vers les hypermarchés à travers la France. Quatre hypermarchés sont concernés par la recherche, dont deux en région parisienne et deux en région Provence. Chaque livraison correspond à 12 à 15 palettes par magasin, en moyenne 30 palettes par chargement. Le poids brut moyen par chargement est de 5 tonnes ; le taux de retour à vide est de 10 à 15 %. Compte tenu du faible poids du chargement, la consommation moyenne est faible, environ 32 litres/100km.

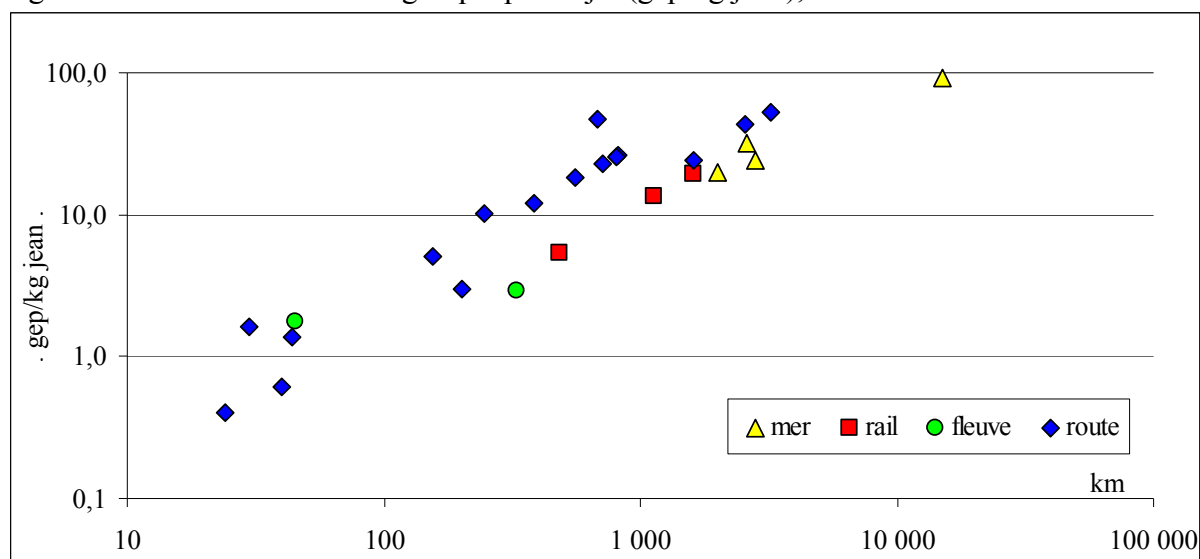
### 3.3 RECAPITULATION ET ANALYSE DES CONSOMMATIONS EN TRANSPORT

Tableau 6 : distances des maillons transport des chaînes analysées du Jean

Origine	Destination	Distance	Type de véhicule
Champs de coton (Inde)	Filature Tissage (Inde)	1 609 km	Semi-remorque
Filature Tissage (Inde)	Confection (Bangladesh)	2 574 km	Semi-remorque
Champs de coton (Ouzbékistan)	Port Abbas (Iran)	1 609 km	Train
Port Abbas (Iran)	Port de Bombay (Inde)	1 985 km	Porte-conteneurs
Port Bombay (Inde)	Filature – Tissage (Inde)	1 127 km	Train
Filature – Tissage (Inde)	Confection (Bangladesh)	3 219 km	Semi-remorque
Confection (Bangladesh)	Entrepôt ICD (Bangladesh)	24 km	Semi-remorque
Entrepôt ICD (Bangladesh)	Port de Chittagong (Bangladesh)	485 km	Train
Port de Chittagong (Bangladesh)	Port de Singapour	2 807 km	Porte-conteneurs
Port de Singapour	Port du Havre	15 110 km	Porte-conteneurs
Port du Havre	Entrepôt distributeur	246 km	Semi-remorque
Port du Havre	Port de Gennevilliers	330 km	Convoi poussée
Port de Gennevilliers	Port de Bonneuil	45 km	Automoteur
Port de Bonneuil	Entrepôts distributeurs	30 km	Semi-remorque
Entrepôts distributeurs	Hypermarchés	458 km	Semi-remorque
Champs coton (Egypte)	Industries textiles (Egypte)	200 km	Semi-remorque
Industries textiles (Egypte)	Port Alexandrie	40 km	Semi-remorque
Port Alexandrie	Port de Gènes	2 600 km	Navire porte-
Port de Gènes	Entrepôt producteur en Italie	155 km	Semi-remorque
Entrepôt producteur	Entrepôt distributeur	810 km	Semi-remorque
Entrepôts distributeur	Hypermarchés	460 km	Semi-remorque

La distance totale entre le champ de coton en Inde et les hypermarchés en France s'élève à 23 400 km dont 18 000 km de transport maritime (77%). Dans le cas du coton en provenance d'Ouzbékistan, la distance totale ressort à 27 200 km, dont 20 000 km par voie maritime et 2 800 km par rail. Dans le cas du coton d'Egypte, la distance totale entre le champ de coton et les hypermarchés en France s'élève à 4 267 km dont 2 467 km de transport maritime (58%).

Figure 19 : consommation énergétique par trajet (gep/kg jean), selon la distance et le mode

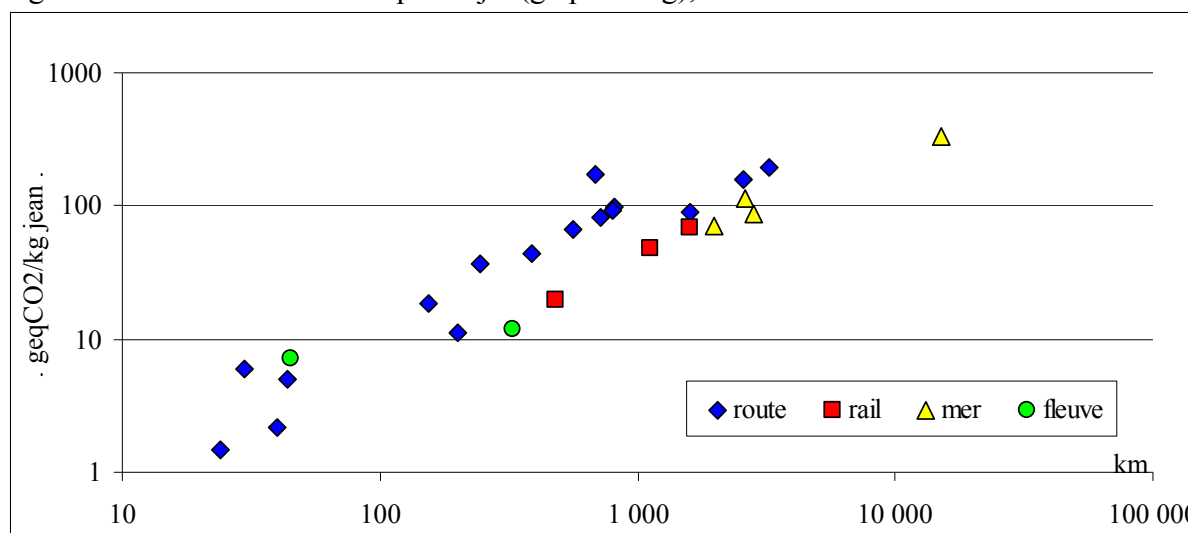




L'efficacité énergétique des différents modes qui apparaît sur ce graphique est très liée au chargement des engins de transport. Les conteneurs de 40' ne contiennent que 10,5 t. de jeans, ce qui augmente la consommation de l'ensemble des modes : dans les trajets situés avant la conteneurisation, l'efficacité énergétique de la route est d'environ 17 gep/tkm nette contre 30 à 60 gep/tkm après la conteneurisation. Pour le transport maritime elle est comprise entre 6 et 12 gep/tkm et, pour la voie navigable, entre 9 et 39 gep/tkm. Dans ce dernier cas, il s'agit d'un petit tronçon réalisé en automoteur et sur lequel les conteneurs sont systématiquement ramenés à vide. Pour le rail enfin, les consommations ont été estimées avec une méthode très différente qui a été indiquée au paragraphe 2.2 (cf. aussi annexe) ; elles s'établissent entre 7 et 8 gep/unité.km (voyageurs et marchandises confondus) selon le réseau .

Tous ces modes de transport fonctionnent aux produits pétroliers (trains compris dans les cas rencontrés) aussi le graphe des émissions de GES est presque identique à celui des consommations.

Figure 20 : Emissions de GES par trajet (geqCO<sub>2</sub>/kg), selon la distance et le mode



### Efficacité énergétique voie d'eau / route entre le Havre et la région parisienne

Il s'agit de la comparaison entre les voies possibles d'acheminement d'un conteneur 40' de textile, du Havre à un entrepôt de la région parisienne, par la voie navigable d'une part et par la route d'autre part, du point de vue de l'efficacité énergétique.

Voie navigable : le conteneur parcourt trois tronçons : du Havre à Gennevilliers, puis de Gennevilliers au port de Bonneuil (sur une voie à gabarit plus faible) et enfin du port de Bonneuil à l'entrepôt en région parisienne. Entre les deux trajets fluviaux, une manutention de conteneur est nécessaire dont la consommation est estimée à 0,53 gep - ou 1,76 géqCO<sub>2</sub> - par kg de jean et par port (cf. infra). La consommation totale de cette chaîne est estimée à 7,3 gep/kg (ou 28,4 géqCO<sub>2</sub>/kg).

Route de bout en bout : l'énergie consommée en transport de conteneurs sur une semi-remorque sur le tronçon Port du Havre-entrepôt région parisienne est estimée à 9,9 gep/kg (ou 36,1 géqCO<sub>2</sub>/kg).

Dans la voie fluviale, par rapport à la voie entièrement routière :

- la distance est 65% plus longue (405 km contre 246), principalement en raison des étapes par Gennevilliers et Bonneuil mais aussi du fait des méandres de la voie Seine et, dans une moindre mesure, des transbordements ;
- la consommation d'énergie est 27% plus faible, du fait de l'efficacité énergétique très supérieure sur le tronçon en convoi poussé. On note en revanche que l'efficacité énergétique (en gep/tkm) d'un automoteur est comparable à celle de la route dans les conditions actuelles, c'est-à-dire avec un retour à vide systématique pour la voie d'eau et seulement dans 50% des cas pour la route.
- Les émissions de gaz à effet de serre sont 21% moins importantes.

Ces résultats sont très sensibles aux hypothèses retenues, en particulier sur les retours des conteneurs à vide.

### **3.4 AUTRES CONSOMMATIONS (NON TRANSPORT)**

#### **Ports maritimes**

Les conteneurs de Jeans, en provenance de l'Asie, sont embarqués au port de Chittagong (Bangladesh), transitent par celui de Singapour avant d'être débarqués au port du Havre. Ceux provenant d'Egypte sont embarqués au port d'Alexandrie et débarqués au port de Gênes avant d'être acheminés vers la France.

Les informations sur les consommations au Port du Havre ont été obtenues auprès du Port Autonome et d'un opérateur terminal à conteneurs. Les données des autres ports maritimes (Chittagong, Singapour, Bandar Abbas, Bombay, Alexandrie, Gênes) ont été estimées à partir d'analyses bibliographiques et des données recueillies sur le port du Havre.

Les postes de consommation énergétique d'un terminal à conteneurs sont la manutention, l'éclairage, le bâtiment administratif et l'alimentation des prises. La manutention des conteneurs de Jeans est assurée par des portiques, des tracteurs, des chariots. Les portiques consomment de l'électricité et les chariots du gazole. La consommation annuelle totale d'électricité du terminal étudié est de 23,4 millions de kWh dont 10,6 millions de kWh pour les portiques. Le nombre total de conteneurs manutentionnés sur ce terminal est de 1,3 millions de boîtes par an, soit une consommation moyenne de 8 kWh par conteneur.

La consommation d'un chariot s'élève à 25 litres de fuel par heure pour 5 mouvements pendant cette durée. La consommation au sol est estimée à 5 litres par conteneur et par mouvement.

Les consommations d'énergie et des émissions du port du Havre sont estimées à 0,92 gep/kg de jean et 2,91 geqCO<sub>2</sub>/kg jean. Pour les autres ports, en moyenne les consommations s'élèvent à 1,35 gep/kg jean et les émissions de CO<sub>2</sub> à 3,82 geqCO<sub>2</sub>/kg de Jean.

#### **Ports fluviaux**

Deux ports fluviaux sont concernés par la recherche : Gennevilliers, port de transbordement du conteneur sur un navire de moindre capacité, et un port situé sur une voie à gabarit moins important. Les consommations d'énergie nous ont été fournies par l'opérateur du terminal à

conteneur de Gennevilliers. L'énergie consommée par ce terminal en 2003 s'élève à 488 000 kWh, et le nombre de conteneurs manutentionnés à 39 000 EVP soit une consommation moyenne de 3 kWh par EVP, auxquels nous ajoutons l'énergie des chariots élévateurs. La consommation d'énergie d'un port fluvial est estimée à 0,53 gep/kg de jean et les émissions à 1,76 geqCO<sub>2</sub>/kg de jean.

### **Entrepôts textiles**

Deux des entrepôts textiles centralisés ou plates-formes ont été visités et analysés. Tous deux sont localisés en France ; leur consommation rapportée à la production est très faible comparée à celle des autres maillons de la chaîne. Les autres plates-formes textiles concernées par les chaînes logistiques étudiées sont localisées à l'étranger ; leurs consommations ont été supposées identiques aux plates-formes françaises.

Les deux entrepôts visités centralisent l'ensemble du textile habillement, dont le Jean, de ces distributeurs. L'entrepôt textile central est plus qu'un lieu de stockage ; les conteneurs y sont dépotés, les produits contrôlés, parfois défroissés, étiquetés, pose d'antivols, et les expéditions y sont préparées en fonction des commandes des magasins. De tailles importantes, ces plates-formes sont fortement mécanisées et leur couverture géographique est très large (national/mondial). Elles reçoivent l'ensemble du textile habillement de tous les fournisseurs du groupe concerné et approvisionnent les rayons 'textiles' des hypermarchés de toute la France. Ils traitent 10,4 millions de colis par an pour l'un et 8 millions de colis pour l'autre. Leurs consommations d'énergie sont estimées à 8,6 et 4,1 gep/kg de Jean respectivement. Les consommations des autres entrepôts à l'étranger ont été estimées entre 4 et 6 gep/kg de jean.

Les émissions de CO<sub>2</sub> des entrepôts textiles de la région parisienne et de la région du Limousin sont estimées à 14,6 et 7,0 geqCO<sub>2</sub>/kg Jean respectivement ; celles des autres entrepôts entre 7,0 et 11 geqCO<sub>2</sub>/kg jean.

### **Hypermarchés**

Les superficies occupées par les Jeans varient entre 20 m<sup>2</sup> et 40 m<sup>2</sup>. Le principal type d'énergie utilisé est l'électricité. Les Hypermarchés vendent entre 5 000 et 8 500 Jeans par an, ce qui établit la consommation moyenne entre 74 et 90 gep/kg ; dans la mesure où la source d'énergie est principalement l'électricité, les émissions de CO<sub>2</sub> sont moins importantes : entre 47 et 58 geqCO<sub>2</sub>/kg selon le magasin.

On note que, bien que le rayon du textile ne consomme pas d'autre énergie que la consommation 'de base', les consommations en magasins du jeans sont très importantes comparées à celles du yaourt car les quantités de Jean vendues par m<sup>2</sup> sont plus faibles, en raison d'un taux de rotation beaucoup plus faible que celui du yaourt.

### **Le dernier kilomètre**

Les hypermarchés sont, sauf rares exceptions, situés en périphérie ou à l'extérieur des agglomérations. Ils disposent de ce fait des parkings gratuits pour les clients qui viennent en voiture. Faute de pouvoir différencier le client acheteur de jeans du client acheteur de yaourt, les consommations d'énergie du dernier kilomètre par kg de produits achetés sont identiques

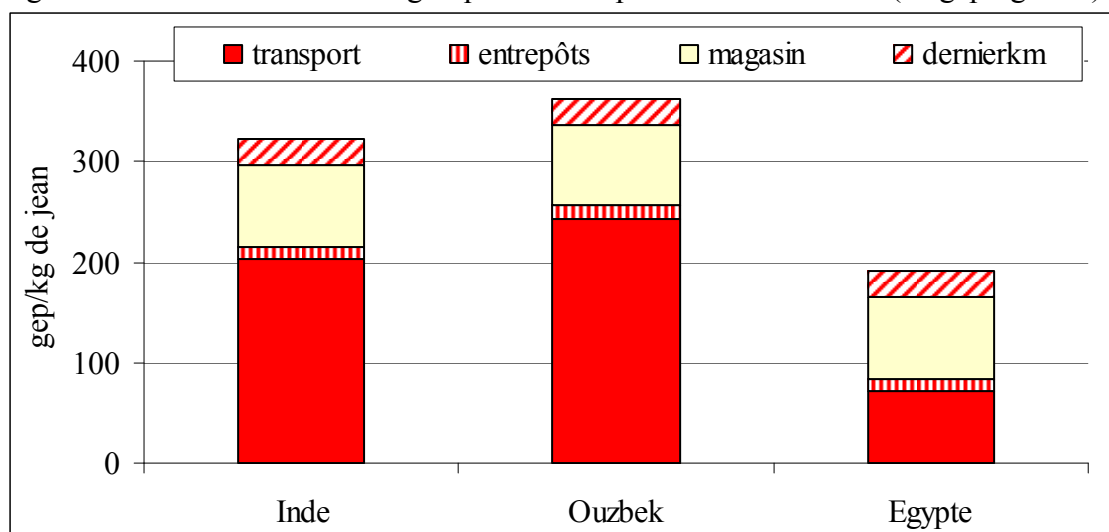
pour le jean à celle du yaourt dans les mêmes hypermarchés. L'énergie consommée par le dernier kilomètre est estimée entre 9 et 38 gep/kg selon l'hypermarché et les émissions de GES entre 33 et 138 géqCO<sub>2</sub>/kg.

### 3.5 ANALYSES DES RESULTATS PAR TYPE DE CHAÎNE

Cette comparaison porte sur les trois types de Supply Chain mentionnés, qui se distinguent par le lieu d'origine de la matière première : la chaîne du coton d'Inde (distance totale 23 400 km dont 18 000 de transport maritime), celle de l'Ouzbékistan (27 200 km dont 20 000 de transport maritime) et celle d'Egypte (4300 km dont 2500 de transport maritime).

Par construction dans ce graphique, les consommations énergétiques du magasin et du dernier kilomètre sont identiques entre les chaînes. Celles-ci se différencient par l'origine des approvisionnements et donc par le transport (y compris passages portuaires) et, dans une moindre mesure, par les entrepôts.

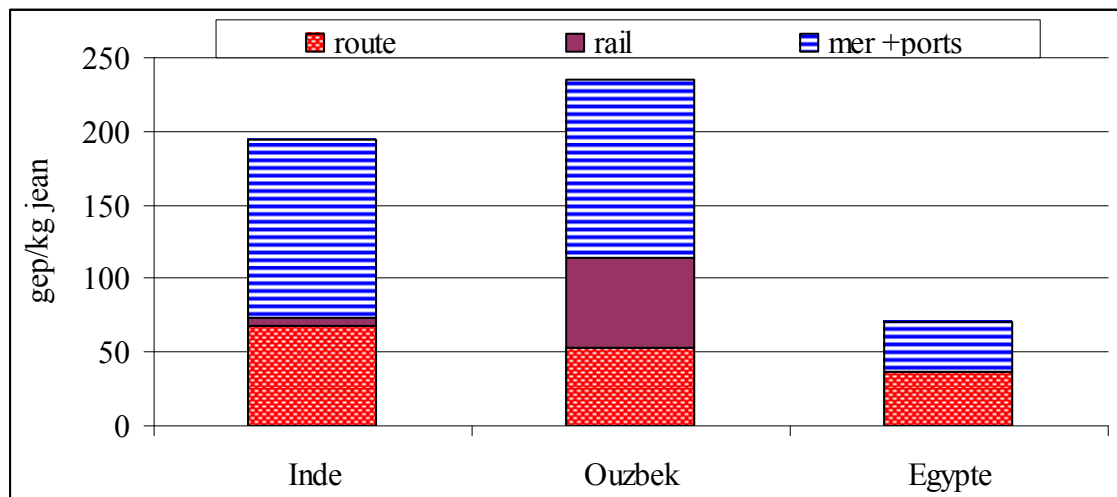
Figure 21 : Consommation énergétique selon la provenance du coton (en gep/kg Jean)



La quantité d'énergie dépensée est un peu plus de 300 gep par kilo pour les chaînes de jeans d'Asie et un peu moins de 200 pour celle d'Egypte, à comparer à la centaine de gep par kilo de yaourt trouvée précédemment. Le transport en amont du magasin (hors parcours client) est le principal responsable de cette consommation importante d'énergie surtout pour les chaînes d'Asie avec 200 à 220 gep/kg, et dans une moindre mesure pour celle d'Egypte (70 gep/kg) à comparer à un peu moins de 30 gep/kg pour celles du yaourt. La figure 22 ci-après décompose ce transport en amont du magasin par chaîne.

Les supply chains du Jean consomment également beaucoup d'énergie dans les magasins et pour le dernier km : respectivement 80 et 26 gep / kg soit environ le tiers de la consommation considérée (hors production) pour les chaînes d'Asie et les deux tiers pour celles d'Egypte. En comparaison du Yaourt, les Jeans ont un faible taux de rotation d'où une forte consommation d'énergie en magasin au kg vendu.

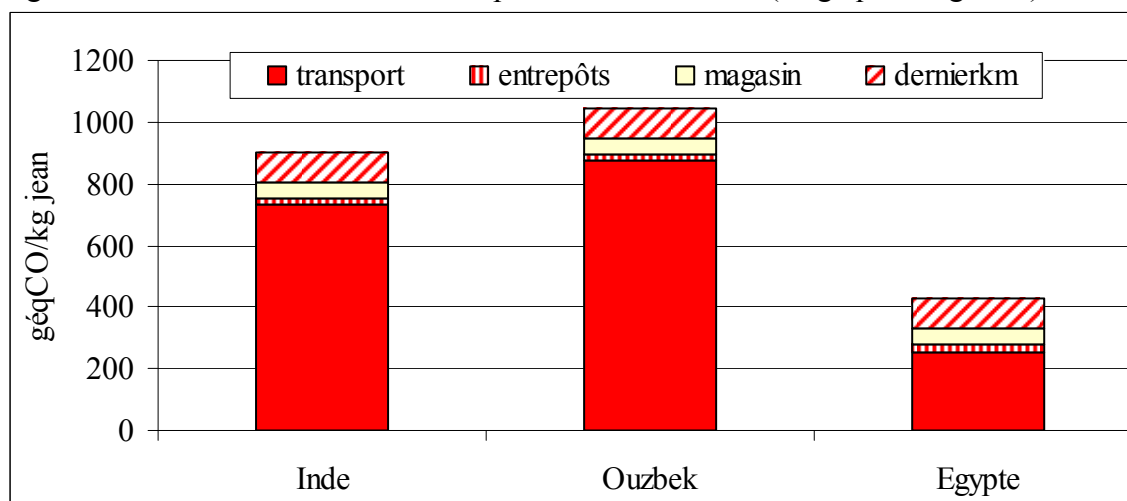
Figure 22 : décomposition par mode de l'énergie dépensée en transport selon la chaîne



Le transport maritime a une part dominante dans ces chaînes du Jean et on sait qu'il est beaucoup plus efficace énergétiquement que le transport routier (surtout que le transport routier réfrigéré dans le cas du yaourt). Cette efficacité du maritime est toutefois insuffisante pour limiter l'impact de ces très grande distances des chaînes du Jean : surtout pour les jeans importés d'Asie, l'efficacité énergétique du maritime ne compense pas les distances parcourues, beaucoup plus importantes.

Lorsque l'on considère les émissions de GES, les magasins et entrepôts perdent de l'importance et le transport prend une part tout à fait dominante.

Figure 23: Emissions de GES selon la provenance du coton (en géqCO2/kg Jean)

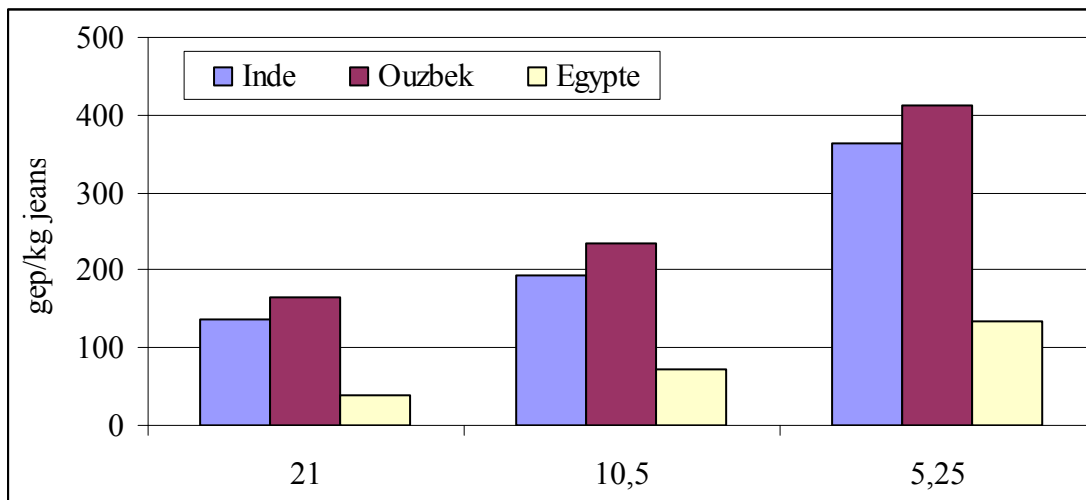


### 3.6. TESTS DE SENSIBILITE

Plus encore que pour les chaînes du yaourt, les résultats portant sur les jeans reposent sur des observations de chaînes en nombre limité et sur des estimations, des hypothèses et des conventions, dont il convient de montrer ici l'impact sur les principaux résultats. Nous ne traiterons pas ici de ce qui concerne le dernier km, identique pour les chaînes du jean étudiées au parcours client des yaourts achetés en hypermarchés.

La consommation d'énergie des différentes chaînes qui apparaît sur la figure 21 est très liée aux transports et les principales incertitudes portent sur le taux de chargement des véhicules ; les consommations unitaires des transports ferroviaires ou maritimes sont certes moins bien connues que celles de la route mais l'impact potentiel est moins important, de même que celui des distances. Dans les calculs d'énergie présentés jusqu'ici, les conteneurs de 40' contiennent 10,5 t. de jeans. La figure 24 permet de comparer la consommation d'énergie en transport des trois chaînes selon qu'un conteneur de 40 pieds est chargé à 10,5 tonnes ou à deux fois 10,5 t. ou à la moitié de 10,5 t.

Figure 24 : consommation d'énergie en transport des trois chaînes de jeans étudiées selon le poids chargé par conteneur de 40 pieds



Comme nous pouvions nous y attendre, la consommation d'énergie par kilo est très sensible au chargement des conteneurs, d'autant plus que, pour le transport maritime, la consommation du navire n'est pas sensible au chargement de notre conteneur de jeans qui intervient seulement comme dénominateur dans le ratio gep/kg. Pour la route, la consommation du véhicule est sensible au poids du chargement, mais avec une ordonnée à l'origine (consommation pour transporter un conteneur vide) très importante.

## **IV SYNTHÈSE GÉNÉRALE ET PERSPECTIVES**

La présente recherche fait suite à un travail publié en 2002<sup>21</sup> qui aborde la consommation d'énergie en transport de marchandises sous l'angle des choix logistiques des chargeurs. Après une première analyse menée sur deux 'petits' échantillons, cette approche va pouvoir prendre de l'ampleur grâce à la réalisation d'une nouvelle enquête auprès des chargeurs dont les données sont en cours d'élaboration. Parallèlement à cette approche statistique centrée sur les chargeurs, il nous a paru intéressant d'analyser l'impact sur la consommation d'énergie des choix logistiques non plus au niveau du seul chargeur mais en élargissant à la logistique de la supply chain. Pour cela il nous a fallu définir une nouvelle méthodologie très différente.

#### 4.1. LES ACQUIS METHODOLOGIQUES

Cette méthodologie est fondée sur la reconstitution physique des chaînes logistiques des produits étudiés (ici le yaourt et le jean), depuis le fournisseur de matière première en amont et jusqu'au domicile du consommateur en aval, et l'analyse de leurs consommations d'énergie et émissions de GES par unité de production. Elle nécessite des visites et observations des sites logistiques et des enquêtes de terrain auprès de multiples acteurs pour comprendre le fonctionnement des chaînes logistiques des produits étudiés et se poursuit avec *la mise en évidence des différents types de sources d'énergie utilisée*. Enfin, l'analyse des consommations comprend d'une part la comparaison entre les mêmes fonctions des différentes chaînes (le transport routier, les plates-formes, les magasins, etc.) et d'autre part l'analyse des consommations par type de chaînes selon leur organisation. La mise au point de cette méthode est le premier résultat de cette recherche.

Les conclusions que l'on peut tirer de ces analyses de consommation d'énergie sont très sensibles au périmètre retenu. Dans la consommation d'énergie des chaînes du yaourt, la production représente un peu moins de 100 gep/kg sur un total compris entre 200 et 400 gep/kg ; le reste, soit 100 à 300 gep/kg peut être considéré comme sensible aux choix logistiques ou à l'organisation de la chaîne logistique. Une question qui se pose encore est de savoir dans quelle mesure la consommation d'énergie de la production, qu'il ne nous a pas été possible d'estimer dans le cas du jean, est sensible aux économies d'échelle, et donc si la concentration des usines en quelques régions ou pays du monde, qui entraîne un allongement des distances et donc des consommations en transport, n'est pas compensée au moins en partie, par une réduction de l'énergie consommée en production, du fait des économies d'échelle.

L'autre question importante dans la définition du périmètre est la limite en aval : dans la chaîne du yaourt, si l'on considère uniquement l'énergie consommée de l'exploitation agricole jusqu'aux magasins (sans compter le dernier km), les chaînes des hypermarchés (105 gep/kg yaourt) sont plus efficaces énergétiquement que celles des supermarchés (109 gep/kg yaourt) et que celles des magasins de proximité (126 gep/kg yaourt). Mais le type de magasin ou de distribution (format de magasin ou livraison à domicile) permet de rendre compte non seulement de l'énergie dépensée dans le magasin mais aussi de celle du dernier km. Si ce dernier kilomètre est pris en compte, c'est la chaîne du E-commerce, dans la configuration étudiée c'est-à-dire notamment avec livraison à domicile, qui devient la plus efficace avec 98

---

<sup>21</sup> C. Rizet et B. Keïta 'Consommation d'énergie pour le transport de marchandises et choix logistiques des entreprises' Rapport INREST-ADEME, 2002



gep/kg, contre 133 gep/kg yaourt pour les hypermarchés. Les économies d'échelle que permettent les grandes surfaces commerciales sur la logistique et le volume des ventes sont plus que compensées par le dernier kilomètre lorsqu'on élargit le périmètre jusqu'au domicile du consommateur.

## 4.2 CONSOMMATIONS PAR ETAPE

Cette approche par étape ou par grande fonction des chaînes logistiques (transport par mode, stockage, magasins, ...) permet de bien analyser la consommation d'énergie de ces étapes selon leur fonctionnement. Deux éléments relativement nouveaux sont apparus importants pour la consommation d'énergie des chaînes logistiques : les magasins et les plates-formes logistiques lorsqu'elles sont réfrigérées.

- Les magasins sont de grands consommateurs d'énergie et le volume des ventes (par m<sup>2</sup> de surface de vente) est l'élément clef qui différencie les magasins, comme le montre en particulier la comparaison entre les cas du yaourt et des jeans. Les yaourts consomment l'énergie de réfrigération des présentoirs, en plus de l'énergie 'générale' qui est également consommée dans le rayon des jeans ; pourtant, rapportée au kilo de produit vendu, le yaourt consomme moins que le jean en raison de la quantité beaucoup plus importante de produit vendue par m<sup>2</sup>. Notons que le rapport entre les consommations en magasins de ces deux produits serait différent si l'on rapportait l'énergie au chiffre d'affaire plutôt qu'au poids des ventes.

- Les plates-formes logistiques réfrigérées ont également une consommation d'énergie non négligeable (mais moins importante que celle des magasins), malgré la très forte rotation des produits qui y restent généralement moins de 24 heures. Plates-formes logistiques et magasins consomment principalement de l'électricité et lorsque la consommation d'énergie est convertie en Gaz à Effet de Serre (CO<sub>2</sub>), ces consommations pèsent relativement peu par rapport aux transports.

- La consommation en transport a été largement analysée et commentée pour la route ; elle est encore insuffisamment connue pour les autres modes.

- Le trajet du consommateur ou dernier km constitue une autre étape importante (mais déjà plus analysée par ailleurs) de la consommation d'énergie par kilo de produit ; son importance dépend en partie de la méthode d'affectation retenue.

## 4.3 CONSOMMATIONS PAR TYPE DE CHAINES

### Yaourt : importance du système de distribution

Dans l'analyse menée sur le Yaourt, c'est le système de distribution principalement qui détermine l'ampleur de la consommation. Et par système de distribution (ou de mise en marché) nous entendons ici le format du magasin (hyper, super ou petit magasin de proximité et E-commerce avec livraisons à domicile) et sa localisation par rapport à l'agglomération. En effet les écarts de consommations paraissent plus importants entre Hyper et proximi qu'entre deux magasins de même format, gérés par des distributeurs différents. Si l'on laisse de côté la consommation de la production dans l'usine, la consommation par kilo de yaourt varie entre 59 et 95 gep respectivement pour le E-commerce et les grandes surfaces (super et hypermarchés), en passant par 90 gep pour les petits magasins de centre ville.

L'efficacité énergétique de la chaîne E-commerce étudiée s'explique par l'absence de magasin et de parcours client, et non par le fait que les commandes soient prises par internet (savoir si internet permet par ailleurs une organisation plus rentable que la chaîne de commande 'classique' était hors sujet). Les plates-formes logistiques dédiées et les livraisons à domicile, sont plus efficaces énergétiquement que les magasins et les trajets clients qu'elles remplacent.

### **Textile : l'origine des approvisionnements**

Dans l'analyse menée sur les chaînes logistiques du Jean, l'accent a été mis sur l'impact de l'origine des approvisionnements en coton ; l'éloignement des approvisionnements est l'élément central ainsi que la part du transport maritime dont on sait qu'il est beaucoup plus efficace énergétiquement que le transport routier. L'efficacité énergétique du transport maritime ne compense pas les distances très importantes parcourues, d'autant que ces produits importés connaissent parfois de longs trajets routiers avant d'être embarqués sur des navires.

## **4.4. PERSPECTIVES : COMPLEMENTS DE RECHERCHE**

Les prolongements qui pourraient être donnés à ce travail peuvent s'articuler autour des axes suivants :

### **Mesurer les consommations d'énergie plutôt que les estimer**

Différents travaux de benchmarking de la consommation d'énergie ont été menés à partir d'un relevé des consommations réelles, notamment au Royaume-Uni (Mc Kinnon 2003) et en Allemagne (Leonardi 2004). Cette approche donne une précision supérieure aux estimations qui ont été conduites ici.

### **Appliquer la présente méthodologie à d'autres supply chain**

La même méthodologie pourrait être appliquée à d'autres chaînes, soit des mêmes produits pour enrichir la gamme des chaînes observées par produit, soit à de nouveaux produits afin d'élargir les champs d'observation et d'acquérir plus de connaissances sur les problématiques de consommation d'énergie et d'émission de GES en transport de marchandises. Le cas des fruits et légumes permettrait par exemple d'analyser simultanément les impacts de la chaîne du froid et de l'origine plus ou moins lointaine des produits. On pourrait aussi penser à des produits plus contrastés tels que certains matériaux de construction de valeur limitée à la tonne, tels que des carrelages, qui supporteraient difficilement une augmentation de leurs coûts de transport.

### **Impact des relations de collaboration entre les acteurs**

Le développement des relations de collaboration entre industriels, distributeurs et prestataires permet en particulier de mieux prévoir les flux d'approvisionnements des magasins et usines de production et de maîtriser finalement la consommation d'énergie. Les acteurs enquêtés qui ont évoqué les outils de collaboration déployés dans leur entreprise, soulignent l'insuffisance actuelle de collaboration entre acteurs : une meilleure collaboration permettrait d'avoir des chaînes logistiques mieux optimisées et les recherches sur cet aspect de collaboration entre acteurs au sein des Supply Chains méritent d'être poursuivies. Après avoir fait l'état des lieux des relations de collaborations entre industriels, distributeurs et prestataires, il s'agirait

- d'une part de mesurer l'efficacité énergétique des différentes formes de relation (analyse instantanée)
- et d'autre part de mesurer l'efficacité énergétique d'une (ou de quelques) chaînes avant et après la mise en œuvre d'un nouvel outil ou d'une nouvelle forme de collaboration.

## **ANNEXES**

**A1 : Analyse de la consommation énergétique des porte-conteneurs**

**A2 : Distances des déplacements pour achats dans l'enquête nationale transport INSEE**

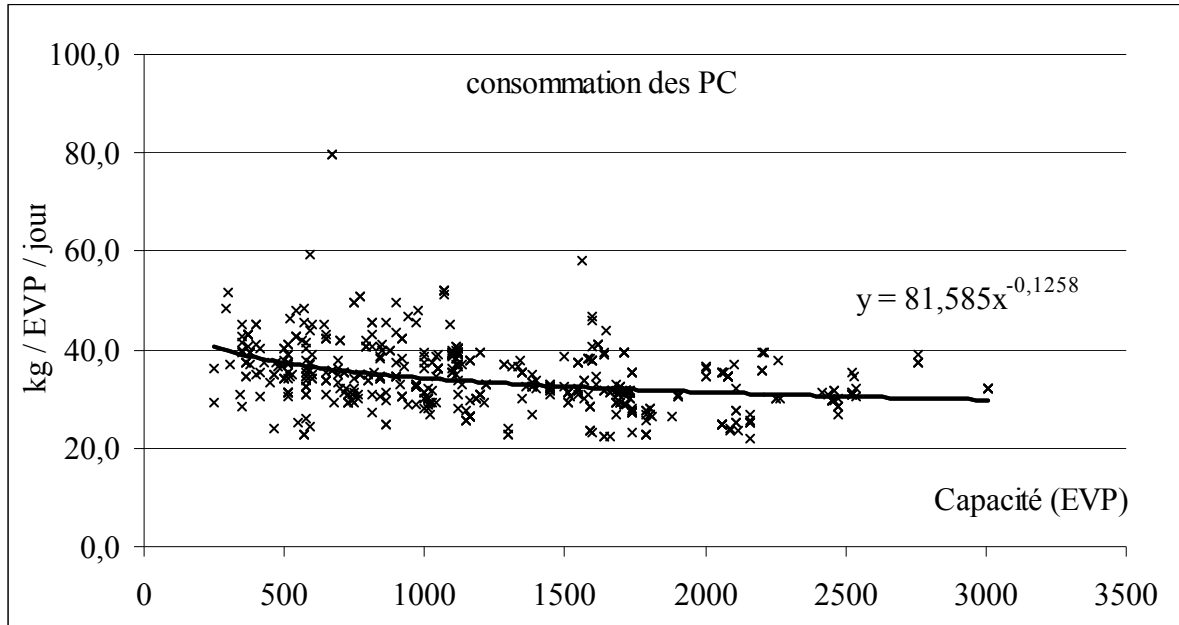
**A3 : Calculs des consommations d'énergie des chaînes du yaourt**

**A4 : Calculs des consommations d'énergie des chaînes du Jean**

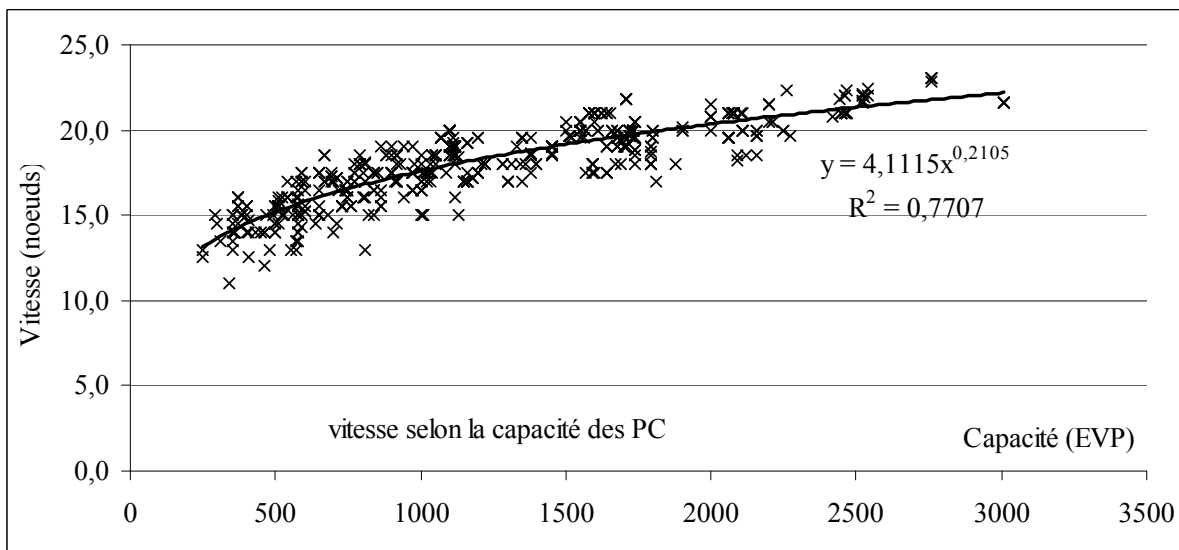
**A5 : Analyse bibliographique.**

### Annexe1 : Analyse de la consommation énergétique des porte-conteneurs

L'énergie dépensée en transport maritime est estimée en kg de carburant par conteneur de 20' et par jour en mer. Cette estimation repose sur l'analyse de 580 navires dont on connaît la capacité, la vitesse et la consommation journalière (données publiées par 'Contenairisation internationale en 2002).



Les données font apparaître une consommation presque stable lorsqu'elle est exprimée en carburant par EVP et par jour. Mais la vitesse est sensiblement croissante avec la taille du navire, tant pour des raisons techniques (longueur du navire) qu'économique (coût d'immobilisation). Pour un trajet donné, un grand navire restera moins longtemps en mer et, comme sa consommation par EVP est (presque) la même que celle d'un petit navire, sa consommation par EVP rapportée à la distance sera plus faible.



## Annexe 2 : Distances des déplacements pour achats : enseignements des enquêtes transport

Les enquêtes transport voyageurs fournissent des indications sur les déplacements des français qui vont faire leurs courses, en particulier sur les distances moyennes de ces déplacements, sur la part des différents modes dans ces déplacements d'achats et sur les évolutions. Des enquêtes nationales transport INSEE ont eu lieu en 1982, 1994 et la prochaine sera en 2007.

### Distance moyenne parcourue pour aller faire ses courses

Le tableau suivant synthétise quelques résultats publiés<sup>22</sup> des enquêtes nationales 82 et 94

Tableau 1 : Mobilité les jours de semaine

	1982			1994		
	Domicile affaires	Affaires Domicile	Ensemble	Domicile affaires	Affaires Domicile	Ensemble
Mode principal (%)						
Marche à pied	38,1	37,1	37,6	25,7	24,9	25,3
Transports collectifs	4,6	4,4	4,5	5,0	5,0	5,0
Voiture	48,9	50,2	50,1	64,7	65,5	65,1
2 roues	8,3	8,2	8,2	4,4	4,3	4,3
autres	0,1	0,1	0,1	0,3	0,3	0,3
Dist. moyenne par déplacement (km)						
tous modes	4,8	5,0	4,9	7,0	7,0	7,0
hors marche à pied	7,4	7,5	7,4	9,1	9,0	9,0

On note que la moitié environ des déplacements d'achats (et affaires en général) se font en voiture particulière en 1982 et que cette part monte à 65 % en 1994. D'autre part la distance moyenne par déplacement pour 'affaires' passent de près de 5 km en 82 à 7 km en 94 lorsque l'on considère tous les modes mais, si l'on exclu la marche à pied, cette distance moyenne passe alors de 7,4 à 9km.

De nouvelles exploitations spécifiques ont été réalisées<sup>23</sup> pour exploiter au mieux la richesse des enquêtes nationales transport,

d'une part pour tenir compte d'une nomenclature plus fine de destination, en distinguant parmi les déplacements de ou vers un lieu d'achats, les Grandes Surfaces et centre commercial d'une part et les Commerces de proximité, services et autres achats d'autre part. et en distinguant 'jours de semaine', 'samedi & dimanche' et 'ensemble de la semaine'

d'autre part pour distinguer, dans la répartition modale, les déplacements 'voiture chauffeur' et 'voiture passager' et calculer les distances moyennes pour les 'voiture chauffeur'

<sup>22</sup> Madre et Maffre (1997): la mobilité régulière et la mobilité locale en 1982 et 1994 INSEE Résultats

<sup>23</sup> merci à Valérie Céri qui a bien voulu faire ces exploitations.

Tableau 2 : Enquête nationale INSEE 1994 : répartition modales et distance moyenne en voiture des déplacements selon le lieu d'achat

	Grande surface et centre commercial	Commerce de proximité, service et autre achat
Mode principal		
Marche à pied	13,1	43,8
Transports collectifs	3,9	4,3
Voiture chauffeur	58,9	38,1
Voiture passager	21,5	9,9
2 roues	2,2	3,6
autres	0,4	0,3
km moyen / déplac. en voiture	8,2	5,3

NB : les déplacements de week-end ne sont saisis que s'ils ne sont pas effectués à pieds  
 Les déplacements comptés ici ont pour origine un lieu d'achat et pour destination le domicile  
 (Nombre brut d'observations = 7 856 avec la marche à pied)

L'un des problèmes majeurs pour affecter une distance à un achat est de connaître la succession des déplacements du consommateur. L'enquête nationale fournit un carnet de déplacements, c'est-à-dire, pour un échantillon de français, la succession des déplacements d'une journée (origine, destination, distance et mode de transport). La règle que nous avons suivie ici est la suivante : si le consommateur fait l'aller-retour à partir de son domicile, on peut affecter les deux déplacements à ses achats, alors que s'il vient d'autre part que son domicile, nous ne comptons que le trajet magasin - domicile à ces achats. L'enquête nationale INSEE de 1994 donne les résultats suivants

Tableau 3 : Enquête nationale INSEE 1994 : distance moyenne parcourue en voiture selon le lieu d'achat

Tous les jours, Voiture conducteur	Grande surface et centre commercial		Commerce de proximité, service et autre achat	
	Nombre	Distance	Nombre	Distance
Aller-retour	5,7 millions	7,9 km	7,2 millions	5,1 km
Retour	1,7 million	9,5 km	1,6 million	6,3 km
km moyen parcouru		14,4		9,5

Ce tableau indique les distances moyennes par trajet. Dans le cas où le consommateur a fait une chaîne domicile-magasin-domicile, cette distance devrait donc être multipliée par deux et la distance moyenne doit alors être pondérée par le nombre de ceux qui font le trajet aller-retour et de ceux qui ne partaient pas de chez eux lorsqu'ils ont fait leurs courses. Cette distance moyenne parcourue est alors de 14.4 et 9.5 km respectivement pour les grandes surfaces et commerce de proximité.

Dans cette enquête, les destinations hyper et supermarchés ne sont pas distinguées. On peut alors estimer ce que seraient ces distances moyennes (hyper et super) sachant que les distances pour le supermarché sont intermédiaires entre l'hyper et le commerce de proximité et que la moyenne des deux est celle des grandes surfaces, indiquée au tableau précédent. C'est ce que présente le tableau suivant.

Tableau 4 : distance moyenne 94 parcourue en voiture hyper et supermarché

	Hyper		Super	
	nombre	km	nombre	km
Aller-retour	3,35	9	3,35	6,5
Retour	1	11	1	9
Km parcouru		16,4		12,1

### Evolution

La distance moyenne pour les déplacements affaires-domicile, (hors marche à pied et en semaine) passe de 7,5 km en 1982 (première enquête nationale) à 9.0 km en 1994, soit une augmentation de 20% en 12 ans. 1994, dernière année connue de cette enquête nationale avant son renouvellement prévu pour 2007, est à 9 ans de l'année 2003. L'enquête déplacements Ile-de-France (EGT) pour un jour de semaine en hiver hors vacances scolaires permet de combler ce trou puisqu'elle est disponibles pour les années - 1976-77, 1983-84, 1991-92, 1997-98 (petit échantillon) et 2001-2002. Nous retenons alors une augmentation moyenne de 10% des distances entre 1994 et 2003.

Finalement, les parcours moyens retenus dans les calculs d'énergie sont les suivants :

Hypermarchés				Supermarchés				Supérettes proxi			
R Parisienne		Provence		R Parisienne		Provence		R Parisienne		Provence	
Distr1	Distr2	Distr1	Distr2	Distr1	Distr2	Distr1	Distr2	Distr1	Distr2	Distr1	Distr2
8	12	18	18	8	8	8	12	2,5	2,5	3,0	2,5



### A3 : Calculs des consommations d'énergie et émissions de GES des chaînes du yaourt

#### A3.1 Etapes de transport routier, de l'usine jusqu'au magasin (étapes 3, 5, 7 ou 7a et 7b)

Les quatre dernières colonnes ne concernent que le E-commerce

étape n°:	Usine		PF prod		PF prod		PF distr2		PF distr2		PF distr2		PF distr1		PF distr1		PF distr1		PF distr		PF Ecom		PF Ecom		PF Ecom	
	3	3	5	5	5	5	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7a	7b	7b	7b	7b	
Type de véhicule	semi rem	semi rem	semi rem	semi rem	semi rem	semi rem	semi rem	semi rem	camion	camion	camion	camion	semi rem	Camion	Camion	semi rem	Camion	Camion	19	semi rem	semi rem	semi rem	porteur			
Charge Utile (tonnes)	21,5	21,5	21,5	21,5	21,5	21,5	21,5	21,5	8,5	8,5	8,5	8,5	21,5	8,5	8,5	21,5	8,5	8,5		21,5	21,5	21,5	15,0			
Consommation froid (l/heure)	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,3	2,3	2,3	2,3	2,7	2,3	2,3	2,7	2,3	2,3		2,7	2,7	2,7	2,3			
Distance en charge (km)	303	348	307	321	80	60	25	5	39	44	46	37	10	20	20	164	161	165		80	17	45	20			
Dist retour à vide (km)	45	52	46	48	80	60	25	5	39	44	45	37	10	20	20	30	30	45		80	17	45	20			
temps mise en froid (h)	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3		0,3	0,3	0,3	0,3			
temps de chargement (h.)	0,5	0,5	0,8	0,8	0,8	0,8	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5		0,5	0,5	0,5	0,3			
temps transport en charge (h.)	4,1	4,7	4,1	4,3	1,4	1,1	0,8	0,2	0,7	0,8	0,8	0,7	0,3	0,5	0,5	3,5	3,0	3,0		1,4	0,5	1,0	0,2			
vitesse moyenne (km/h)	74,8	74,8	74,9	74,7	57,1	54,5	31,3	25,0	60,0	55,0	57,5	56,9	33,3	44,4	44,4	46,9	53,7	55,0		57,1	34,0	45,4	102,0			
temps de déchargement (h.)	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3		0,3	0,3	0,3	0,3			
temps total de froid (h.)	5,1	5,7	5,5	5,7	2,8	2,5	2,0	1,3	1,7	1,9	1,9	1,7	1,4	1,5	1,5	4,6	4,1	4,1		2,5	1,6	2,1	1,0			
poids brut par palette (t.)	0,56	0,56	0,42	0,42	0,42	0,42	0,36	0,36	0,28	0,22	0,28	0,22	0,36	0,30	0,30	0,36	0,28	0,22		0,42	0,42		0,36			
poids maxi chargement (t.)	21,2	21,2	13,9	13,9	13,9	13,9	11,9	11,9	5,6	4,4	5,6	4,4	11,9	6,0	6,0	11,9	5,6	4,4		13,9	13,9	0,0	11,9			
poids brut chargement (tonnes)	20,1	20,1	13,2	13,2	13,2	13,2	11,6	7,8	5,3	4,2	5,3	4,2	11,3	6,0	5,7	10,0	6,0	5,0		13,2	10,0	10,0	7,0			
poids net chargement (tonnes)	17,5	17,5	11,5	11,5	11,5	11,5	10,1	6,8	4,6	3,6	4,6	3,6	9,8	5,2	5,0	8,7	5,2	4,3		11,5	8,7	8,7	6,1			
Conso traction en charge (l/100 km)	38,8	38,8	35,8	35,8	35,8	35,8	35,1	33,4	21,8	21,3	21,8	21,3	35,0	22,1	22,0	34,4	22,1	21,7		35,8	34,4	34,4	22,6			
Conso traction à vide (l/100 km)	30,1	30,1	30,1	30,1	30,1	30,1	30,1	30,1	19,5	19,5	19,5	19,5	30,1	19,5	19,5	30,1	19,5	19,5		30,1	30,1	30,1	19,5			
<b>CONSUM. ET EMISSION</b>																										
Consom. l de gazole / voyage	144,8	166,0	138,4	144,6	60,1	46,1	21,6	6,6	20,0	22,2	23,1	19,0	10,1	11,8	11,8	77,7	50,8	53,9		59,3	15,1	34,8	10,9			
Consom. en l de gazole /t.nette	8,3	9,5	12,1	12,6	5,2	4,0	2,1	1,0	4,3	6,1	5,0	5,2	1,0	2,3	2,4	8,9	9,7	12,4		5,2	1,7	4,0	1,8			
dont froid (en l. de gazole /t. nette)	0,8	0,9	1,3	1,3	0,6	0,6	0,5	0,5	0,8	1,2	0,9	1,1	0,4	0,7	0,7	1,4	1,8	2,1		0,6	0,5	0,6	0,4			
Consom. énergie (gep/kg de yaourt)	6,9	7,9	10,0	10,5	4,3	3,3	1,8	0,8	3,6	5,1	4,1	4,3	0,9	1,9	2,0	7,4	8,1	10,3		4,3	1,4	3,3	1,5			
Consom. énergie (gep/tkm)	27,3	27,3	39,3	39,2	65,5	67,0	85,5	193,4	111,1	139,0	108,5	141,5	103,4	112,9	118,6	54,5	60,5	75,1		64,6	102,5	88,2	87,7			
Emission g,eqCO2 /kg de yaourt	25,4	29,1	37,0	38,7	16,1	12,4	6,7	3,2	13,5	19,1	15,5	16,4	3,3	7,2	7,5	27,6	30,3	38,5		15,9	5,5	12,4	5,6			
dont liquide frigorigène	0,4	0,4	0,6	0,6	0,3	0,3	0,3	0,2	0,5	0,7	0,5	0,6	0,2	0,4	0,4	0,7	1,0	1,2		0,3	0,2	0,3	0,2			
efficacité énergétique (gep/tkm)	22,7	22,6	32,6	32,6	54,3	55,6	71,0	160,5	92,2	115,4	90,0	117,5	85,8	93,7	98,4	45,2	50,2	62,4		53,6	85,0	73,2	72,8			

**A3.2 Energie et GES des plates-formes du producteur (étapes 4) des distributeurs (6) et du E-commerce (8a et 8b)**

étape n°	PF prod	PF prod	PF dist2	PF dist2	PF dist2	PF dist1	PF dist1	PF dist1	PF dist1	PF Ecom	PF écl	PF écl	PF écl
	4	4	6	6	6	6	6	6	6	8a	8b	8b	8b
<b>Ensemble Plate-forme</b>													
Superficie totale (en m²)	6500	5 600	21 000	12360	14000	28000	20 000	46 000	29 000				
Superficie produits frais (en m²)	5942	5 600	8 000	12360	11810	14400	20 000	17 500	8 000				
Consommation totale d'électricité (en MkWh/a)	4,4	3,6	5,3	3,2	2,3	4,4	5,4	8,7	4,8	1,4	0,22	0,20	0,06
Consommation totale de fuel (1000 litres/an)							49,2	56,6					
consommation totale de gaz (MWh/an)	98												
Consommation totale énergie en tep/an	383,4	309,6	455,8	276,6	193,7	379,1	504,5	792,1	410,3	120,4	18,9	17,2	5,4
émission totale CO2 en t.eqCO2	264,9	198,0	291,5	176,9	123,8	242,4	445,0	647,4	262,4	77,0	12,1	11,0	3,4
Tonnage brut total tous produits (tonnes/an)	136 351	102 500	249 000	92 079	155 000	146 783	134 000	346 257	53 176				
Tonnage net total tous produits (tonnes/an)	110 604	91 518	222 321	82 213	138 393	131 056	119 643	309 158	47 479	15 414	6 211	3 824	2 084
Tonnage total brut par m2 total (t/m2)	21	18	12	7	11	5	7	8	2				
<b>Yaourts</b>													
Surperficie yaourt (flux tendus) en m²	5942	5 600	4 000	6760	4400	7200	1 300	17 500	8 000				
Consommation d'énergie yaourts tep/an:	383,4	309,6	227,9	207,4	125,9	189,5	32,8	475,2	246,2	120,4	18,9	17,2	5,4
Emissions yaourts en t.eqCO2	264,9	198,0	145,8	132,7	80,5	121,2	28,9	388,5	157,4	77,0	12,1	11,0	3,4
Tonnage brut d' 'équivalent yaourt' par an (en t)	136 351	102 500	45 000	82 937	76 100	52 749	16 327	175 649	26 975				
Tonnage net d' 'équivalent yaourt' par an (en t)	110 604	91 518	40 179	74 051	67 946	47 097	14 578	156 830	24 085	1 233	497	306	167
Tonnage net yaourt par m2 (t/m2)	19	18	11	12	17	7	13	10	3				
<b>CONSOMMATION D'ENERGIE ET EMISSION</b>													
Conso Energie tous produits en kgep/ m2	59	55	22	22	14	14	25	17	14				
Conso Energie yaourt en kgep/ m2	65	55	57	31	29	26	25	27	31				
Conso Energie tous produits, en gep / kg	3,5	3,4	2,1	3,4	1,4	2,9	4,2	2,6	8,6	7,8	3,0	4,5	2,6
Conso Energie 'yaourts' en gep/ kg de yaourt	3,5	3,4	5,7	2,8	1,9	4,0	2,2	3,0	10,2	7,8	3,0	4,5	2,6
Emission g.eqCO2 /kg tous produits	2,4	2,2	1,3	2,5	0,9	1,8	3,7	2,1	5,5	5,0	1,9	2,9	1,6
Emission g.eqCO2 /kg de yaourt	2,4	2,2	3,6	3,0	1,2	2,6	2,0	2,5	6,5	5,0	1,9	2,9	1,6

## A3.3 Energie des magasins (étape 8)

Type de magasin :	Hypermarchés				Supermarchés				Supérettes proxi			
	R Parisienne		Provence		R Parisienne		Provence		R Parisienne		Provence	
	distr1	distr2	distr1	distr2	distr1	distr2	distr1	distr2	distr1	distr2	distr1	distr2
<b>Ensemble magasin</b>												
Superficie de vente(m <sup>2</sup> )	8000	5000	8000	12000	2000	1450	1600	2200	130	70	80	80
Superficie de réserve (m <sup>2</sup> )	1000		6000		600	1000		600	70	65		
Surperficie rayon blue jeans (m <sup>2</sup> )	31		25		-	-	-	-	-	-	-	-
Nombre de places de stationnement	691	400	1250	1800	300	194		450	0	0	0	0
Consom. électricité (1000 kwh/an)	4275	2900	5865	8659	1528	610	1536	866	110	70	80	73
Consom. Gazole (1000 litres/an)			100									
Consom. de gaz												
Consommation totale énergie (tep/an)	368	928	1962	2771	489	195	492	277	35	23	26	23
émission totale en t.eqCO <sub>2</sub> /an	235	160	625	476	84	34	84	48	6	4	4	4
Tonnage total produits vendus (en t./an)	15700	12000	16000	24816	6000	4350	4800	7260	325	229	250	250
tonnage vendu (t./m <sup>2</sup> )	2,0	2,4	2,0	2,1	3,0	3,0	3,0	3,3	2,5	3,3	3,1	3,1
Conso générale électricité (kWh/m <sup>2</sup> /an)	250	300	300	300	300	280	300	270	250	280	280	280
conso énergie générale/conso totale (%)	47	52	41	42	39	67	31	69	45	28	28	31
<b>Yaourt</b>												
conso électr présentoir (kWh/m/an)	3300	3300	3400	3400	3300	3300	3400	3400	3300	3300	3400	3400
linéaire de présentoir yaourt (m.)	45	42	57	60	11,2	13	18	14	2,6	1,5	1,6	1,7
superficie du rayon yaourt (m <sup>2</sup> )	155	105	253	288	66	65	65	42	3,4	1,6	1,8	1,9
Consom. électricité yaourt (1000 kwh/an)	187	170	270	290	57	61	81	59	9,4	5,4	5,9	6,3
Tonnage total de produits frais (en t./an)	2721	1529	3744	2800	550	568	948	1149	12,0	46,8	42,8	35,7
Tonnage net 'yaourt' vendu (t./an)	552	573	780	583	120	131	237	187	17,4	9,4	10,7	10,7
Yaourt /produits frais	20	37	21	21	22	23	25	16	145	20	25	30
Tonnage yaourt vendu (t./ m <sup>2</sup> )	3,6	5,5	3,1	2,0	1,8	2,0	3,6	4,5	5,1	5,7	6,1	5,7
<b>CONSOMMATION D'ENERGIE ET EMISSION</b>												
Conso Energie magasin (kgep/m <sup>2</sup> )	46	186	245	231	245	135	307	126	271	322	320	291
Conso Ener. rayon yaourt (kgep/ m <sup>2</sup> )	66	89	59	55	47	52	68	77	153	180	185	185
Conso Energie tous produits (gep/kg)	23	77	123	112	82	45	102	38	108	98	102	93
Conso Energie yaourt (gep/kg yaourt)	29	26	30	43	41	40	29	27	47	49	48	51
Emission tous produits (g.eqCO <sub>2</sub> /kg)	15	13	39	19	14	8	18	7	19	17	18	16
Emission yaourt (g.eqCO <sub>2</sub> /kg)	19	16	19	27	26	26	19	17	30	32	30	32

**A3.4 Energie du dernier kilomètre (étape 9)**

	<b>Hypermarchés</b>				<b>Supermarchés</b>				<b>Supérettes proxi</b>			
	R Parisienne		Provence		R Parisienne		Provence		R Parisienne		Provence	
	distr1	distr2	distr1	distr2	distr1	distr2	distr1	distr2	distr1	distr2	distr1	distr2
Superficie de vente(m <sup>2</sup> )	8000	5000	8000	12000	2000	1450	1600	2200	130	70	80	80
Proportion de clients en voiture	40	80	90	90	50	50	50	60	10	3	10	3
distance moyenne en voiture	8,0	12,0	18,0	18,0	8,0	8,0	8,0	12,0	2,5	2,5	3,0	2,5
Consommation l/100km	9,5	9,5	8,4	8,4	9,5	9,5	9,5	8,4	9,5	9,5	9,5	9,5
poids moyen achats kg	30,0	30,0	30,0	30,0	15,0	15,0	15,0	15,0	5,0	5,0	5,0	5,0
<b>CONSOMMATION D'ENERGIE ET EMISSION</b>												
consommation gazole l./voyage	0,32	0,95	1,40	1,40	0,41	0,41	0,41	0,63	0,03	0,01	0,03	0,01
consommation énergie gep/kg	9	26	39	39	22	22	22	35	5	1	6	1
Emission g de CO2 / kg de yaou	33	96	141	141	82	82	82	127	17	5	20	5

## A4 : Calculs des consommations d'énergie des chaînes du Jean

### A4.1 Transport routier, du champs de coton jusqu'au magasin

(les numéros d'étapes se réfèrent au schéma page 36) :

Etapes I-1 à I-2 pour la chaîne d'Inde,

U-1a à U-2a pour la chaîne d'Ouzbékistan,

IU-3 à IU-11<sup>e</sup> pour les chaînes d'Asie (Inde et Ouzbékistan)

E-1 à E-13 pour la chaîne d'Egypte.

Origine	Chenai	Ahmedabad	Dhaka	Nagpur	Le Havre	Port Bonneuil	Entrepôt	Entrepôt	Le Havre	Entrepôt Limog	Entrepôt	Champs	Alexandrie	Gènes	Entrepôt	Entrepôt
Pays d'origine	Inde	Inde	Bangladesh	Inde	France	France	France RP	France RP	France	Fr Ouest	Fr Ouest	Egypte	Egypte	Italie	Italie	Italie
Destination	Ahmedabad	Dhaka	Dhaka	Dhaka	Entrepôt	Entrepôt	Hyper	Hyper	Entrepôt	Hyper	Hyper	Alexandrie	Alexandrie	Entrepôt	Entrepôt	Entrepôt
Pays de destination	Inde	Bangladesh	Bangladesh	Bangladesh	RParis	RParis	RParis	Provence	Fr Ouest	RParis	Provence	Egypte	Egypte	Italie	RParis	Fr Ouest
étape n°	I-1	I-2	IU-3	U-2a	IU-11	IU-11e	IU-13	IU-13	IU-11	IU-13	IU-13	E-1	E-2	E5	E-7	E-7
Type de véhicule	semi remorque	semi remorque	semi remorque	semi remorque	semi remorque	semi remorque	semi remorque	semi remorque	semi remorque	semi remorque	semi remorque	semi remorque	semi remorque	semi remorque	semi remorque	semi remorque
Charge utile (tonnes)	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25	25	25	25	25	25	25	25
<b>Distance (km)</b>	<b>1 609</b>	<b>2 574</b>	<b>24</b>	<b>3219</b>	<b>246</b>	<b>30</b>	<b>44</b>	<b>718</b>	<b>560</b>	<b>387</b>	<b>684</b>	<b>200</b>	<b>40</b>	<b>155</b>	<b>816</b>	<b>805</b>
Retour à vide (by default : 15%)	241	386	4	386,0	123	30	7	108	77	47	119	30	6	23	122	121
Poids brut de chargement (tonnes)	25,0	25,0	25,0	25,0	15,0	15,0	12,0	12,0	15	12,0	5,0	25	25	15	15	11,6
Poids net de chargement (tonnes)	25,0	22,5	22,5	22,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	4,5	25	25	10,5	10,5	10,5
Consom. traction en charge (l/100 km)	40,9	40,9	40,9	40,9	36,6	36,6	35,3	35,3	36,6	35,3	32,2	40,9	40,9	36,6	36,6	35,1
Consom. traction à vide (l/100 km)	30,8	30,8	30,8	30,8	32,0	32,0	30,8	30,8	30,8	30,8	30,8	30,8	30,8	30,8	30,8	30,8
<b>Cons.énergie traction</b>																
Conso. L. Gazole/voyage	732,1	1 171,2	10,9	1 434,8	129,3	20,6	17,5	286,4	228,5	150,9	257,2	91,0	18,2	63,8	336,0	319,5
Conso. L. Gazole/tonne nette	29,3	52,1	0,5	63,8	12,3	2,0	1,7	27,3	21,8	14,4	56,6	3,6	0,7	6,1	32,0	30,4
Conso. L. Gazole/Jean	0,033	0,058	0,001	0,071	0,014	0,002	0,002	0,030	0,024	0,016	0,063	0,004	0,001	0,007	0,036	0,034
<b>CONSOMMATION ET EMISSION</b>																
<b>consommation (gep/kg jean)</b>	<b>24</b>	<b>43</b>	<b>0,40</b>	<b>53</b>	<b>10,2</b>	<b>1,6</b>	<b>1,4</b>	<b>22,6</b>	<b>18,1</b>	<b>11,9</b>	<b>47,0</b>	<b>3,0</b>	<b>0,6</b>	<b>5,0</b>	<b>26,6</b>	<b>25,3</b>
consommation (gep/tkm nette)	15	17	17	16	42	54	32	32	32	31	69	15	15	33	33	31
<b>Emission geqCO2 /kg jean</b>	<b>88</b>	<b>157</b>	<b>1,47</b>	<b>193</b>	<b>37,2</b>	<b>5,9</b>	<b>5,0</b>	<b>82,4</b>	<b>65,7</b>	<b>43,4</b>	<b>170,9</b>	<b>11,0</b>	<b>2,2</b>	<b>18,4</b>	<b>96,6</b>	<b>91,9</b>

NB : le poids moyen d'un jean est de 0,78 kilo

## A4.2 CONSOMMATION TRAJETS MARITIMES

Origine Pays d'origine Destination Pays de destination	Port- Chittagong Bangladesh Port-Singapour Singapour	Port-Singapour Singapour Port du Havre France	Bandar Abbas Iran Port Bombay Inde	Port- Alexandrie Egypte Port de Gênes Italie
---	---	--	---	---

Type de bateau	Conteneurs	Conteneurs	Conteneurs	Conteneurs
Capacité (en EVP)	1500	5000	1000	1500
Consommation en Kg BFO/EVP/Jour	32,5	27,9	34,2	32,5
Vitesse (en noeuds)	19,2	24,7	17,6	19,2
Distance (NM)	1 516	8 159	1 072	1 406
Taux de chargement (% conteneurs pleins)	0,80	0,75	0,80	0,75
Poids net par EVP (tonnes/EVP)	5,25	5,25	5,25	5,25
Nb jeans par EVP	6058	6058	6058	6058
Conso d'énergie (Bunker Fuel Oil)				
Consom. en Kg BFO / conteneur plein	134	385	87	132
Consom. en Kg BFO / tonne nette	25,5	97,7	20,7	33,6
Conso en g BFO / jean	32,7	125,2	26,5	43,1
<b>CONSOMMATION ET EMISSION</b>				
consommation (gep/kg jean)	24	93	20	32
Emission geqCO2 /kg jean	87	334	71	115

## A4.3 COMPARAISON DES VOIES FLUVIALE ET ROUTIERE

Acheminement des conteneurs par :	voie d'eau et route			route
	Port Le Havre	Port Genevilliers	Port Bonneuil	Port Le Havre
Origine	Port Le Havre	Port Genevilliers	Port Bonneuil	Port Le Havre
Destination	Port Genevilliers	Port Bonneuil	Entrepôt	Entrepôt
Mode	Fleuve	Fleuve	Route	Route
Type de véhicule	convoi poussé	Automoteur	semi remorque	semi remorque
Capacité (en EVP/convoi)	257	36	25,0	25,0
<b>Distance (km)</b>	330	45	<b>30</b>	<b>246</b>
Taux de chargement (% conteneurs pleins)	0,85	0,50	0,50	0,75
Poids brut par conteneur 40' (tonnes)	15,0	15,0	15,0	15,0
Poids net par conteneur (tonnes)	10,5	10,5	10,5	10,5
<b>Conso énergie Traction (litre de gazole)</b>				
Conso. (l. / voyage aller-retour)	8 000	400	19,7	125,7
Conso. (l. / cont. 40' en charge)	36,7	22,2	19,7	125,7
Conso. (L. /tonne nette)	3,5	2,1	1,9	12,0
<b>Consommation et émission par tronçon</b>				
consommation (gep/kg jean)	2,9	1,8	1,6	9,9
consommation (gep/tkm)	8,8	39,0	52,0	40,4
Emission geqCO2 /kg jean	11,9	7,2	5,7	36,1
<b>Consommation et émission sur le parcours</b>				
consommation (gep/kg jean)				<b>9,9</b>
Emission geqCO2 /kg jean				<b>36,1</b>

#### A4.4 CONSOMMATION DES PLATES-FORMES TEXTILES CENTRALISEES

<b>DONNEES DE BASE</b>	Plate-forme dist. 2	Plate-forme dist. 1
Superficie (m <sup>2</sup> )	90 000	32 000
Nb total de colis / an	10 421 238	8 116 008
Nb jeans par colis	24	15
Nb total de pieces / an		36 400 000
Consommation totale électricité (kWh/an)	4 996 094	1 218 000
Consommation d'électricité par m <sup>2</sup> (kWh/ m <sup>2</sup> /an)	56	38
consommation d'électricité par colis (kWh / colis)	0,48	0,15
Consom. par jean (kWh /jean)	0,021	0,010
Consom. par kg de jean (kWh /kg jean)	0,027	0,013
<b>CONSOMMATION D'ENERGIE ET EMISSION</b>		
Conso énergie en gep/ kg jean	<b>8,6</b>	<b>4,1</b>
Emission en g de CO <sub>2</sub> / kg jean	<b>14,6</b>	<b>7,0</b>

#### A4.5 CONSOMMATION DES MAGASINS CHÂÎNES JEAN

<b>DONNEES DE BASE</b>	Hyper Distrib 2 R Paris	Hyper Distrib 2 Provence	Hyper Distrib 1 RParis	Hyper Distrib 1 Provence
Surface totale (en m <sup>2</sup> )	5000	12000	8000	8000
Surface occupées pars les Jeans (m <sup>2</sup> )	20	38	31	25
Conso. d'électricité (1000 khw/year)	2900	8659	4275	5865
Conso. électricité par surface (kWh/m <sup>2</sup> )	580	722	534	733
Total produits vendus (tonnes/an)	12000	24816	15700	16000
Produits vendus (tonnes/m <sup>2</sup> )	2,4	2,1	2,0	2,0
Nb Jeans vendus par an	5000	8500	7000	5800
Electricité générale (kWh/m <sup>2</sup> /an)	300	300	250	300
Elect. générale / total energie (%)	52	42	47	41
<b>CONSOMMATION ET EMISSION</b>				
consommation (gep/kgjean)	<b>80</b>	<b>90</b>	<b>74</b>	<b>87</b>
Emission geqCO <sub>2</sub> /kg jean	<b>51</b>	<b>58</b>	<b>47</b>	<b>55</b>

#### A4.6 CONSOMMATION DU DERNIER KM (Trajet clients)

<b>DONNEES DE BASE</b>	Hyper Distrib 2 R Paris	Hyper Distrib 2 Provence	Hyper Distrib 1 RParis	Hyper Distrib 1 Provence
% consommateurs en voiture	80	85	38	85
distance moyenne par voiture	12	18	8	18
Consommation carburant (l/100km)	9,5	8,4	9,5	8,4
Consommation par voyage (l./trip)	0,95	1,37	0,32	1,37
Poids moyen du panier (kg, en valeur)	30	30	30	30
Consommation en millilitre /kg jean	31,8	45,6	10,8	45,6
<b>CONSOMMATION ET EMISSION</b>				
consommation (gep/kg jean)	<b>26</b>	<b>38</b>	<b>9</b>	<b>38</b>
Emission geqCO <sub>2</sub> /kg jean	<b>96</b>	<b>138</b>	<b>33</b>	<b>138</b>

## Annexe 5 : Analyse bibliographique

Du plus récent au plus ancien

Browne M., Rizet Ch., Anderson S. Allen J. and Keita B. (2005) : **Life Cycle Assessment in the Supply Chain: a review and case study**, à paraître dans *Transport Review*,

Quelle est l'utilité de la méthode 'analyse du cycle de vie' (Life Cycle Assessment) pour rendre compte de l'efficacité énergétique du transport dans la chaîne logistique (supply chain). Cet article présente les résultats des publications qui se sont efforcées d'évaluer l'énergie consommée dans la chaîne logistique puis analyse le cas des blues jeans vendu en France et au Royaume Uni. Il apparaît que l'origine du coton a un impact majeur sur l'énergie consommée en logistique mais peu d'influence sur le total de l'énergie dépensée dans la chaîne logistique. En effet la grande majorité de l'énergie est consommée pour produire le coton puis le tissu et confectionner les pantalons. L'énergie dépensée par les consommateurs qui vont acheter leurs jeans en voiture peut dépasser, par kilo de jean, l'énergie consommée par la logistique de la chaîne.

**Rapport du groupe d'experts constitué sur les rapports entre industrie et commerce**, présidé par Guy Canivet - Ministère des l'économie et des finances, 18 octobre 2004

Diagnostic sur le dispositif législatif relatif aux rapports entre l'industrie et le commerce, notamment à l'interdiction de la revente à perte. Le rapport préconise le renforcement des conditions d'application de la loi, la soumission des opérateurs aux règles qui gouvernent leurs relations, l'abandon progressif de l'encadrement de la négociation commerciale tel qu'il a été mis en place avec le temps, le contrôle de la concentration du secteur de la distribution.

Fulton L (2004) : **Reducing oil consumption in transport : Combining three approaches** ; IEA/EET working paper 01, 24 p.

Ce papier analyse l'impact de certaines mesures à l'aide d'un modèle. Dans le scénario 'au fil de l'eau' la demande de pétrole double presque entre 2000 et 2030 ; les pays non OCDE comptent pour les deux tiers de cette augmentation mais la croissance de pays OCDE est encore de 50%. Une réduction de consommation des véhicules utilitaires légers (VUL, jusqu'à -25%) pourrait être obtenue notamment par les propulsions hybrides mais la montée en gamme, vers des VUL plus grands et plus lourds pourrait effacer la majorité de ce gain. Une politique agressive de développement des biocarburants pour tous les transports routiers dans le monde pourrait leur permettre d'atteindre jusqu'à 20% du marché du transport routier. Enfin les moteurs à hydrogène (fuel cell) pourraient, dans l'hypothèse la plus favorable, équiper la moitié des VUL neufs vendus dans les pays de l'OCDE en 2030. Une politique volontariste dans ces trois domaines simultanément pourrait d'ici 2030, réduire la consommation de 30% par rapport au scénario de référence.

J. Léonardi, M. Baumgartner and O. Krusch (2004) : **CO2-Reduktion und Energieeffizienz im Stassengüterverkehr**, Max-Planck-Institut für Meteorologie, Hamburg juli 2004, 156 p.

L'objectif est d'analyser les facteurs pertinents de la logistique qui influencent le transport routier de marchandises, et d'évaluer le potentiel de réduction des émissions de CO2. Des enquêtes auprès de 50 compagnies de transport routier durant l'année 2003 ont permis de relier la consommation d'énergie aux performances du transport. L'efficacité énergétique varie de 0.04 à 1.25 kg CO2/tkm. Le résultat montre un grand potentiel d'amélioration, étant donné le niveau bas d'efficacité dans l'usage des véhicules et le taux de chargement, l'utilisation rare des véhicules légers, la sélection incorrecte de type de véhicule et la grande proportion de trajets à vide. Les mesures d'efficacité sont donc peu appliquées. Les mesures visant à améliorer l'efficacité énergétique peuvent se classer comme suit:

- Les mesures logistiques visent à augmenter le chargement, en choisissant la catégorie de véhicule optimum et à optimiser la chaîne logistique de l'origine jusqu'à la distribution.
- Le choix du véhicule vise l'amélioration technologique de la consommation de carburant.
- L'efficacité du conducteur par la formation ou l'assistance d'équipements à bord, permettant de mesurer les caractéristiques du comportement du conducteur.
- Le choix de l'itinéraire peut être optimisé par une l'information sur les conditions de la route ou du trafic.

Les différentes 'mesures' effectivement prises par les entreprises :



Type de mesures	% des entreprises
Les améliorations techniques	53.8
Formation de conducteur	51.9
Coopération informelle (improvisée)	40.4
Programmation avec TI24	23.1
Systèmes à bord	17.3
Autres	15.4
Changement train/bateau	15.4
Programmation avec TI ou télématique 25	9.6
Logiciel d'optimisation de la zone de stockage	5.8
Coopération formelle	3.8

Plus de la moitié des compagnies ont implémenté au moins une technologie bon marché, et entraînent le personnel à l'économie de carburant dans leur conduite ; 26.6% n'ont adopté aucune mesure d'efficacité ; moins de 20% des compagnies confirment l'utilisation des technologies sensées avoir un fort impact sur l'efficacité énergétique, comme les équipements de bord pour enregistrer la consommation d'énergie, les technologies de l'information, systèmes de programmation et applications télématiques.

- C. Rizet, B. Keïta, F. Kühn et A.T. Lorougnon (2004) : **Effet de serre et financement du chemin de fer en Afrique** ; communication au Colloque 'Le rôle du chemin de fer en Afrique', Paris Septembre 2004.

Le Mécanisme de Développement Propre (MDP) décidé dans le cadre des Accords de Kyoto pourrait relancer l'intérêt des solutions de transport les moins émettrices de gaz à effet de serre. Dans une première partie, nous rappelons l'impact des transports sur l'effet de serre et le principe du mécanisme de développement propre. Nous comparons ensuite, l'efficacité énergétique du chemin de fer et de la route sous les conditions particulières à l'Afrique afin d'apprécier l'intérêt de développer les chemins de fer en Afrique. Nous comparons les réductions d'émissions de gaz à effet de serre de deux types de projet ferroviaires :

- Un transport ferroviaire à traction Diesel qui se substitue à la route : c'est le cas d'une mise en exploitation d'un nouveau service ferroviaire,
- L'électrification d'une ligne de chemin de fer en remplacement de la traction Diesel.

En conclusion il apparaît que, du point de vue de l'effet de serre comme du point de vue du MDP, il est plus intéressant de réhabiliter un chemin de fer Diesel pour lui permettre de prendre du trafic à la route plutôt que d'électrifier un chemin de fer existant si cette électrification ne lui permet pas de détourner d'autre trafic.

- Kallbekken, Steffen, 2004. **The cost of sectoral differentiation: The case of the EU emissions trading scheme**. **CICERO** Working Paper 2004:08.

En littérature économique, on pense souvent que le Protocole de Kyoto va servir à trouver les coûts efficaces et un système compréhensif d'échange des émissions. Cependant, les expériences de politiques environnementales suggèrent que les gouvernements pourront adopter une approche plus différenciée. Les différentes formes de mise en œuvre du protocole de Kyoto confirme cela : les engagements relatifs aux climats peuvent être différents selon les secteurs. Ce papier estime les effets sur le bien-être associé à la mise en place des directive européenne sur les échanges d'émission ou pour des cas similaire dans d'autre région. Cela revient à analyser comment les différenciations d'engagement affectent les secteurs qui ont des permis obligatoires et ceux qui en sont exempté.

Le résultat est que la différenciation sectorielle amène des coûts du bien-être très élevés. Dans tous les scénarios le coefficient, implémenté par l'étude des politiques climatiques, fait plus que de tripler, avec seulement un bénéfice limité pour les secteurs qui ont des concessions garanties.

- Rafael Martinez Castillo (2004) : **Modélisation des Consommations d'Energie et des Emissions de Polluants Atmosphériques pour une Autoroute Française pendant sa Durée de Vie** ; mémoire de DEA, ENPC-IUP-LCPC-INRETS, 83 p.

Les analyses de consommation d'énergie et d'émission de polluants ont été faites avec le logiciel HDM-4 selon les critères de l'Analyse du Cycle de Vie. De ce point de vue, on regarde les contributions des étapes de construction, d'exploitation et d'entretien sur l'ensemble des consommations et des émissions. Des analyses spécifiques ont été développées pour simuler les conditions de circulation sur la voie pendant sa durée de vie, en particulier pour la circulation dans les zones en travaux d'entretien. On a étudié les paramètres de l'état de chaussée tels que l'uni, la pente et la sinuosité, et leur influence sur les comportements des flux de véhicules par

rapport aux consommations et aux émissions. L'étude s'appuie sur des analyses des relations entre les variables du trafic et l'état de la surface de roulement de chaussée.

- Pierre Radanne (2004) : **La division par 4 des émissions de CO2 d'ici 2050 - Introduction au débat** ; MIES, 40 p.

A travers une simulation à 2050 des consommations d'énergie et des émissions de gaz carbonique par secteurs et usages quotidiens, selon près d'une vingtaine de variantes, cette étude présente les conditions techniques d'une telle division par 4, les actions incontournables, les évolutions prohibées et les marges de manœuvre à partir d'aujourd'hui. L'objectif de cette première analyse est de fournir une introduction détaillée au débat nécessaire à la construction d'une action collective contre le changement climatique, grâce à l'identification de plusieurs scénarios pertinents possibles.

- CHEN Zhen (2004) : **L'organisation de transport messagerie et ses impacts sur la consommation d'énergie** ; Mémoire pour l'obtention du DEA Transport ENPC-IUP, 88 p.

L'organisation du réseau messagerie, en s'appuyant sur la technique de groupage des envois de détails, a un impact direct ou indirect sur le niveau de consommation énergétique au travers du degré de massification, du choix modal et du type d'utilisation des véhicules. Les premiers chapitres mettent en lumière l'organisation élémentaire du transport de messagerie : l'axe du temps, révélant la chaîne complète de production physique et informationnelle ; les points statiques de l'implantation fixe, illustrant la hiérarchie structurelle et opérationnelle du réseau ; et enfin l'organisation dynamique des flux engendrés autour des nœuds du réseau ainsi que de la mise en relation des plates-formes entre elles. Dans le dernier chapitre, l'efficacité organisationnelle en terme de consommation énergétique a été abordée grâce à la comparaison de différents réseaux qui se distinguent par leur envergure ou la nature des services qu'ils offrent. A une échelle restreinte, les envois d'un réseau express consomment plus d'énergie que ceux d'une organisation traditionnelle car le besoin de vitesse réduit le taux de remplissage ou implique l'utilisation de véhicules dont la capacité est limitée, ne compensant pas la consommation unitaire malgré une meilleure performance d'efficacité énergétique. En revanche, un résultat paradoxal ressort de la comparaison de deux réseaux express où le système de hub unique s'avèrerait plus avantageux que celui de multi-hubs en termes d'optimisation du taux de l'utilisation des véhicules : le réseau FedEx et celui de TNT. Cette comparaison montre que la capacité d'un réseau à recourir au mode aérien lui confère une économie de distance qui est à même de compenser sa moindre efficacité de remplissage.

- B2K Consultants (2004) : **Influence des politiques publiques sur les stratégies logistiques des entreprises de distribution et leurs prestataires de transport et de logistique - une recherche rétrospective des quarante dernières années : le cas de la France, de l'Italie et de la Suisse**, Rapport pour l'ADEME dans le cadre du PREDIT.

Sur la base de l'analyse bibliographique et des enquêtes par entretien approfondi auprès de 26 entreprises dans les trois pays, le rapport décrit le contexte des politiques publiques, analyse les principaux changements logistiques (passage des livraisons directes à la centralisation logistique), identifie les principaux outils publics ayant influencé ou non les stratégies logistiques des entreprises, évalue l'impact de la centralisation logistique et des politiques publiques sur la mobilité des marchandises et il suggère des axes de réflexion pour prolonger la recherche.

- R. Morvan, M. Hubert, P. Grégoire et C. Lowezanin (2004) : **Secteur tertiaire et émissions de CO2** ; IFEN « données de l'environnement » n°95, 4p.

La croissance du secteur tertiaire a des effets positifs sur les émissions de CO2 selon les estimations d'émissions de CO2 entre 1980 et 1997. Selon la méthodologie utilisée pour évaluer l'impact du secteur tertiaire, les résultats varient du quart au tiers des émissions de CO2. Ainsi, en ne considérant que l'activité qui émet le CO2, le secteur tertiaire est responsable de 25 % des émissions. Par contre, cette part augmente à 31 % si l'on tient compte non seulement des émissions directes mais aussi indirectes du secteur tertiaire, c'est-à-dire sous l'angle de la demande finale des biens et services produits. Par exemple, le transport de la farine contribue à la fabrication du pain. Malgré tout, le secteur tertiaire demeure faiblement émetteur avec ses 25 ou 31 % puisqu'il représente 65 % de l'économie française tandis que l'industrie et la construction sont responsables de 55 % des émissions de CO2. L'étude révèle également qu'entre 1980 et 1997, les émissions totales de CO2 par l'ensemble des agents économiques en France ont diminué de 17 %, et même de 26 % si l'on se restreint à l'appareil productif (hors ménages), alors que la valeur ajoutée totale de l'économie a augmenté de 37 % en volume. L'Ifen en conclut qu'il y a eu découplage absolu au cours de cette période, surtout dans les années 80. Cette baisse a concerné essentiellement l'industrie qui a profité, entre autres, du développement de la production d'électricité d'origine nucléaire entre 1980 et 1990. Cependant, l'étude souligne aussi que « le suivi des émissions du système productif reste incomplet sans la prise en compte des importations ». L'OCDE a évalué qu'en 1995, la production des biens manufacturés importés par la France avait conduit à une combustion d'énergies fossiles à

l'étranger correspondant à une émission de 139 M de tonnes de CO<sub>2</sub>, alors que la production des biens exportés [prise en compte dans l'étude] conduit en France à une émission de 86 M de tonnes de CO<sub>2</sub>.

<http://www.ifen.fr/pages/de95.pdf>

- Fulton L, M Woodruff, T Howes, S Bogle, M van Walwijk (2004) : **Energy for a sustainable future – Transports** ; IEA 41 p.

- A. McKinnon (2004) : **Benchmarking the Efficiency of Retail Deliveries in the UK** ; 'BRC Solutions' Magazine, June 2004

Le benchmarking de l'efficacité des transports dans l'offre de détail sur une série standard KPI a révélé de grandes variations dans l'utilisation des véhicules, la fiabilité des livraisons et dans l'intensité énergétique. Certaines de ces variations sont inéductablement dues à des différences dans la nature des produits et des types de livraison. Les analyses détaillées des données KPI suggèrent, cependant, que beaucoup des variations sont dues à des différences dans les comportements d'exploitation. Le but de l'exercice est de mettre en avant ces différences et d'inciter les managers à augmenter les performances d'exploitation pour que les flottes soient encore plus efficaces dans leur sous-secteur particulier. Cela ne sera pas seulement une réduction des coûts de distribution ; en réduisant les kilométrages des véhicules et les consommations énergétiques, on rapportera fortement des bénéfices environnementaux.

Une limite de cet exercice, comme beaucoup d'enquête de benchmarking, c'est qu'elle jette la lumière sur les causes des différences observées sur les séries KPI. Les enquêtes futurs sur KPI pourront examiner les relations entre et les variables relevant de la logistique et les autres.

- D. Patier (2003) : **Transport de marchandises en ville quelles spécificités quelles méthodes ? Place du transport de marchandises en compte propre** – DRAST-LET, 61 p.

Après avoir situé la place du Compte Propre en Europe et sa spécificité (productivité faible, spécialisation sur les courtes distances, parc), la place de ce mode de gestion est analysée dans le cadre urbain et détaillée pour les tournées de livraisons. Le CP y est beaucoup plus important que pour l'ensemble des transports

- **Energy and environmental concerns 2004** ; TRB Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board 1880 ->[http://trb.org/news/blurp\\_detail.asp?id=4515](http://trb.org/news/blurp_detail.asp?id=4515).

Examen d'une enquête nationale sur les caractéristiques des taxes flottantes sur les camions en fonction de leur charge, sur les *équipements* fédéraux et sur les considérations étatiques sur les mesure de contrôle dans les transports, sur les caractéristiques du moteur et du poids pour les véhicules diesels chargé et inventaire des source d'émissions ayant pour source les véhicules enrichis, un processus en huit étapes pour estimer les impacts indirects et cumulés des projets de transport, et l'efficacité des avertissements dans une exploitation rapide.

- **Transport et commerce international**, Table Ronde CEMT n° 131, 21-22 octobre 2004

Les coûts de transport ad valorem varient considérablement d'un pays à l'autre en fonction de la géographie et de la structure des biens échangés. Si le prix du transport maritime a peu changé au cours de ces trente dernières années bien qu'il ait fluctué, les tarifs aériens ont eux considérablement diminué : pour les biens à haute valeur ajoutée qui choisissent plutôt ce dernier mode de transport, les coûts ont chuté, favorisant le commerce de la haute technologie. Qu'en est-il pour les pays distants des marchés centraux ? La distance demeure un obstacle aux échanges même si le coût des transports à longue distance diminue plus vite que ceux des transports à courte distance. Les rapports introductifs de la Table Ronde ont permis d'établir en plus que la croissance du commerce international résulte bien de la spécialisation renforcée des économies et de la désintégration verticale des entreprises. Les débats de la Table Ronde ont mis en lumière que la division du travail ne fait que se renforcer, ce qui n'est pas neutre non plus en termes de transports internationaux. D'où des questions fondamentales que la lecture de cette Table Ronde permet d'éclairer comme la nature exacte des principaux obstacles au commerce international et à l'intégration des économies.

- J. Bac (2004) : **Modélisation de la génération de trafic de marchandises et de déchets** ; mémoire de stage INRETS-DEST / MST Méthodes de la prévision et de la modélisation Paris IX Dauphine, 83 p.

Une esquisse de modélisation de la génération de trafic des établissements a été tentée à partir des premiers résultats provisoires de l'enquête ECHO. Cet essai comporte principalement des régressions par secteur d'activité économique, avec comme variables expliquées, la production annuelle par établissement (en tonnes ou en nombre d'envois) ou les déchets émis annuellement. La principale variable explicative est le nombre d'employés mais l'enquête ne fournit pas de variables fiables sur le niveau de capital des établissements. Les 'fonctions de production' ne sont alors pas suffisamment explicatives : selon les secteurs considérés, les résultats sont tantôt assez bons et tantôt très mauvais. Il est envisagé, en vue de limiter les l'hétéroscédasticité des variables, d'appliquer une transformation box-cox pour spécifier la forme optimale du modèle..

- Shyamal Paul and Rabindra Nath Bhattacharya (2004) : **CO2 emission from energy use in India: a decomposition analysis**, Energy Policy, Volume 32, Issue 5, March 2004, Pages 585-593

- OCDE (2004) : **Transport urbain de marchandises - Les défis du XXIe siècle** ; 164 p.

La livraison des marchandises est une activité vitale qui bénéficie aux résidents et aux industries des zones urbaines. Pourtant, la présence et l'exploitation des véhicules de transport de marchandises en zones urbaines sont plus souvent perçues comme une nuisance que comme un service essentiel. A ce jour, peu de gouvernements se sont attachés à faciliter le flux indispensable des marchandises en ville et à réduire les effets nuisibles du transport urbain de marchandises sur la collectivité desservie. Ceci a accru les problèmes liés aux livraisons de marchandises, et notamment la concurrence entre transport de marchandises et transport de passagers pour l'accès à l'infrastructure routière et aux places de stationnement/livraison. Que devraient faire les pays de l'OCDE pour remédier à cette situation complexe ? Ce rapport analyse les mesures prises dans de nombreuses villes au sein de l'OCDE et fournit des re

- BRCC(OCW/CRR), FUNDP(GRT) & UA (2004) : **INFACT Integrated Freight Analysis within Cities**, Final Report, Belgian Federal Science Policy Office – Transversal Action PROGRAMME / Belgium in a Globalised Society, 102 p.

L'objectif de cette recherche est de mieux comprendre l'organisation du trafic de marchandises en zones urbaines et l'impact des politiques et stratégies potentielles. Une enquête pilote explore les comportements des ménages vis-à-vis du transport de marchandises et, d'autre part, une réflexion sur les organisations logistiques urbaines s'efforce de modéliser les différentes formes d'organisation du transport de fret en ville. Pour relier ces deux approches, logistique (de la production aux magasins) et demande (des magasins aux domiciles des consommateurs), le projet analyse en détail le secteur de la distribution.

- Anna Nagurney, Fumitori Toyasaki (2003) : **Supply chain supernetworks and environmental criteria**, In Transportation Research part D : Transport and Environment vol 8 issue 3, May, pages 185-213

Les auteurs développent un cadre pour modéliser et analyser les chaînes logistiques du commerce électronique dans lesquelles les décisions peuvent tenir compte de critères environnementaux. Les conditions optimales pour les fabricants, les détaillants et les consommateurs permettent de dériver les conditions d'équilibre et d'analyser la dynamique des déséquilibres.

- (2003) **Livre blanc sur les énergies** (non paginé). Un résumé du débat national sur les énergies du premier semestre 2003, les propositions du gouvernement et un ensemble de fiches détaillant ces propositions, notamment les dispositions fiscales.

- LT, BCI, STRATEC (2003) : **CityFreight** (Inter and Intra City Freight Distribution Networks WP1 Comparative Survey on Urban Freight, Logistics and Land Use Planning in Europe ; 104 p.

D. Becker (mars 2003): **Le développement des implantations logistiques en France et ses enjeux pour les politiques d'aménagement**, CGPC, 114 p.

- M. Karsky, P. Salini (2003) : **SimTrans: A Simulation tool for sustainable freight transport policies**, EJESS. Volume 16 – No. 1

Application de la dynamique des systèmes à la modélisation et à la prospective des transports terrestres de marchandises en France (route-rail-voie d'eau). Résultat de recherche, le Modèle SIMTRANS est un outil de réflexion dédié à la prospective qui permet de poser de manière différente la réflexion sur les politiques de transport de marchandises. Le modèle allie, dans un même outil d'analyse, données quantitatives et comportements qualitatifs. Le modèle a été un peu modifié pour analyser les conséquences possibles du protocole de Kyoto.

- DG Research Energy (2003) : **World Energy Technology and Climate Policy Outlook 2030 WETO**, European Commission, 148 p.

- DL Greene A Schaffer (2003) : **Reducing Greenhouse Gas Emission from US transportation**, Pew Center on Global Climate Change, 80 P.

- A. McKinnon, Y. Ge & D. Leuchars (2003) : **Analysis of Transport Efficiency in the UK Food Supply Chain Full Report of the 2002 Key Performance Indicator Survey** ; Logistics Research Centre, Heriot-Watt University, EDINBURGH

Cet audit de l'utilisation des véhicules dans les supply chain des produits alimentaires a révélé un spectre varié dans l'utilisation des véhicules, la régularité des livraisons et l'efficacité énergétique. Certaines de ces variations sont dues aux différences dans la nature des produits et du niveau des livraisons. Des analyses détaillées au niveau sub-sectoriel et interentreprises, suggère cependant que d'autres variations résultent des différences au plan opérationnel. La problématique de l'exercice du benchmarking est d'éclairer ces différences et de fournir aux managers un stimulant pour augmenter la performance opérationnel des parcs de véhicules. Sur la base des données disponibles, il y a plusieurs voies de promotion de l'efficacité des transports et de l'économie d'énergie. Dans ce dernier cas, beaucoup de variations dans la consommation d'énergie résultent des différences dans le système de distribution et dans la composition du parc de véhicules.

- Design et développement durable (2003) – **Il y aura l'âge des choses légères**. Sous la direction de Thierry Kazazian. Victoires éditions.

L'eau, l'alimentation, l'énergie, l'habitat, le sport, la mobilité et le multimédia servent de points de départ à des scénarios de transformation de la société de consommation en une société d'utilisation capable de satisfaire nos besoins et nos désirs, de façon durable. Boire de l'eau minérale au robinet de sa cuisine, recharger son portable en faisant du sport, transformer sa voiture en véhicule hybride, s'éclairer la nuit au soleil des antipodes. Cet ouvrage est une réflexion sur tous ces objets de notre vie quotidienne qui pèsent sur notre environnement, mais qui pourraient devenir légers et durables. Sept scénarios sont proposés pour passer du produit au service pour nos besoins et usages quotidiens dans les domaines suivants : eau, alimentation, énergie, habitat, mobilité, sport et multimédia. Un grand nombre des produits que nous possédons sont peu utilisés : une voiture reste 92 % de son temps à l'arrêt, une perceuse est utilisée 1/2 heure par an. Dématérialiser « du produit au service » est une des stratégies d'intégration du développement durable dans la consommation.

- Manicore (2003) : **Approche expérimentale du bilan carbone d'une entreprise** - Partie 1 : Description de la méthode : objectifs, résultats exploitables, choix méthodologiques, 111 p.

- Miller, TL; Davis, WT; Reed, GD; Doraiswamy, P; Fu, JS (2003) : **Characteristics and emissions of heavy-duty vehicles in tennessee under the mobile6 model**, Transportation

La classification HDV (classification des poids lourds) utilisée pour modéliser les émissions dans le modèle MOBILE6 a été étendue à 2 classifications à partir des modèles MOBILE5 à 16. La nouvelle classification est basée sur des véhicules lourds et utilisant du fuel (gasoil ou diesel). Les plus gros véhicules ont les plus grandes émissions, il est donc important d'utiliser une distribution de poids correcte. Les données du registre HDV du tennessee montre une distribution très similaire entre les nations, mais avec une sur représentation de la catégorie de poids la plus lourde (HDV8B). Plus de 50+ ACU – de la HDV du tennessee baisse dans la catégorie des petits véhicules. La plus grande différence dans les caractéristiques des camions entre le tennessee et le pays dans MOBILE6 est la fraction supérieure HDV sur le Tennessee rural Interstates. Egalement, le ratio du nombre de camions simple sur le nombre de camions à remorques varie considérablement par type. L'émission de monoxyde de carbone ou de composés organiques volatiles par miles de trajet et par unité de gasoil par camion peut être entre 2.5 et 5 fois plus élevée que pour les camions diesel à remorque. Les émissions d'oxyde d'azote par miles de trajet et par camion diesel tractant une remorque peuvent être cinq fois plus élevées que pour un camion simple. Pour ces raisons, il est important de caractériser correctement la flotte de HDV. Les caractéristiques de la flotte HDV du tennessee sont comparées avec celle de la flotte au niveau national utilisé dans le modèle MOBILE6 et un nouveau schéma de classification des véhicules par type de route est présenté.

- Beauvais Consultants (2003) : **Distribution des biens de consommation et usage de la voiture particulière pour motif achat dans les agglomérations françaises MELTM-DRAST**

La part de marché de la voiture dans les déplacements d'achat est fortement liée à la localisation des magasins. Pour les hypermarchés par exemple cette part de marché, de 37 % dans les zones denses, monte jusqu'à 85 % dans les zones peu denses. Pour les magasins non alimentaires franchisés, ces chiffres étaient respectivement (5 ans avant) de 42 et 95%. La longueur des déplacements en voiture imputable aux achats elle, est fortement liée à la taille des magasins. Elle passe de 2,5 à 8,7 km dans le centre, lorsque l'on passe d'un super à un hypermarché et de 3,5 à 10,1 km dans la périphérie. Pour chaque type de magasins (super ou hyper), l'allongement de distance imputable au passage du centre à la périphérie conduit à une augmentation de 17% des distances parcourues et imputés aux achats. Et Pour chaque type de localisation (centre ou périphérie) l'impact de la taille du magasin, d'un super à un hypermarché conduit à une augmentation de 244 % de ces distances parcourues et affectées aux achats : les automobilistes parcourent en moyenne 3.44 fois plus de km pour se rendre à un hypermarché qu'à un supermarché.

- (2003) : **Etude ressources énergétiques et transport**, DARLY-FNAUT, sept. 2003, 29 p.  
<http://www.rac-f.org/DocuFixes/etudenrjettransport.pdf>

Groupe de travail présidé par M. Bernadet (2003) : **prospective sur les transports**, Rapport ECRIN janv 2003, 52 p. (<http://www.ecrin.asso.fr/prospectivetransports/index.html>)

Etat de l'art de la prospective récente sur les transports (méthodologies et champ d'études). Identifie les questions-clés pour l'avenir des transports en général, ou celui de champs plus particuliers (les transports de marchandises, les transports urbains, etc), met l'accent sur les variables essentielles (technologiques, économiques, sociologiques et organisationnelles, voire politiques), auxquelles renvoient ces questions, et souligne les incertitudes des connaissances actuelles quant à l'évolution de ces variables.

- Sunil Chopra (2003) : **Designing the distribution network in a supply chain**, [Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review](#), Volume 39, Issue 2, (March 2003), Pages 123-140

- **Internet-based Logistics Centre for Coordinated Transport in Stockholm**, Sweden Website: [www.stockholm.se/lip/](http://www.stockholm.se/lip/)

La ville de Stockholm a mis en place un centre logistique pour coordonner les transports dans le nouveau district de Hammarby Sjöstad au début de l'année 2003. Le but est de réduire l'énergie utilisée et les émissions de CO2 tout en coordonnant les transports pour les résidents du district, les écoles et les autres services de la municipalité ainsi que les entreprises privées et restaurant travaillant dans le quartier. Ce centre est assuré par la compagnie Home Department AB, il comporte la livraison de biens achetés quotidiennement par internet, la propreté des services et la distribution de nourritures et de boissons. De plus, ce service a le potentiel pour devenir le premier système de distribution intégrée de Suède, pour la nourriture produite localement par des plus de 300 fermiers locaux. L'étude de faisabilité est basée sur une enquête portant sur les attitudes, elle montre le grand intérêt dans l'utilisation de ce centre logistique. A côté de la réduction de l'impact environnemental du transport, d'autres externalités positives se voient, comme celle sur la sécurité du trafic, sur la croissance du niveau de service pour les résidents et sur l'enrichissement des disponibilités pour produire localement des biens.

- LT, BCI, STRATEC (2003) : **CityFreight (Inter and Intra City Freight Distribution Networks) WP1 Comparative Survey on Urban Freight, Logistics and Land Use Planning in Europe** ; 104 p.

- D. Pickrel (2003) : **Fuel options for reducing GreenHouse Gas emissions from motor vehicles** ; US DoT, 55 p. Les énergies envisagées pour remplacer l'essence, soit en mélange soit en substitution sont l'éthanol, le gaz naturel comprimé, le gaz de pétrole liquide (propane), diesel conventionnel et bio-diesel, l'électricité pour des véhicules avec batteries. Le potentiel de réduction des émissions de CO2 et autres GES de l'auto et des petits véhicules utilitaires est estimé à partir d'hypothèses sur la croissance du trafic, et sur le changement de carburants, à court et long terme (10 et 25 ans). Ce potentiel de réduction d'émissions serait modeste et la stratégie de remplacement du carburant par chacun des autres carburants envisagés serait coûteuse.

- S. Tanatvanit, B. Limmeechokchai, S. Chungpaibulpatana (2003) : **Sustainable energy development strategies: implications of energy demand management and renewable energy in Thailand** ; [Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 7, Issue 5](#) , October, Pages 367-395

Ce papier réalise une brève revue de l'énergie utilisée dans un modèle comportant les trois secteurs suivant le secteur industriel, le secteur des transports et le secteur résidentiel. Le secteur des transports est le plus grand consommateur d'énergie en Thailand, il est suivi par les secteurs industriel et résidentiel, respectivement. Afin de réduire l'énergie importée et les émissions environnementales, le programme de conservation des énergies est implémenté. Ce papier prévoit la croissance de la demande d'énergie et des émissions qui lui sont relative d'ici 2020 pour les trois secteurs utilisés dans le modèle. L'énergie épargnée avec les stratégies du programme de conservation de l'énergie, tel que l'enrichissement de l'efficacité énergétique et le management de la demande d'énergie sont estimés et les effets impliqués sur le planning de production de l'électricité sont examinés. Le modèle IRP (the integrated resource planning) est utilisé pour trouver le coût minimum de l'expansion du plan de production de l'électricité. Les options pour conserver l'énergie, comme les programmes de perfectionnement de l'efficacité énergétique, sont introduits dans les secteurs résidentiel et industriel. Les transports publics et les améliorations de la technologie des moteurs sont introduits dans le secteur des transports. Les effets des options de conservation énergétique sont analysés en utilisant un scénario de base. Les résultats de l'analyse révèlent que les améliorations dans les transports publics peuvent réduire les conditions énergétiques du futur et les émissions de CO2 équivalentes. Si toutes les options pour améliorer la conservation énergétique sont toutes implémentées en même temps, l'épargne potentielle d'énergie et les allègements des émissions du CO2 en 2020 sont estimés à 1240 milliers toe et à 3622 milliers de tonne d'équivalent CO2.

- Saricks, C; Vyas, AD; Stodolsky, F; Maples, JD (2003) : **fuel consumption of heavy-duty trucks: potential effect of future technologies for improving energy efficiency and emissions**, in Transportation Research Record No. 1842, Energy, Air Quality, and Fuels 2003, pp 9-19

Cet article résume les résultats de l'analyse réalisée sur les technologies des poids lourds (de la classe 2b à 8) permettant d'appuyer les projections à long terme de l'EIA sur l'énergie utilisée. Plusieurs types de technologies qui ont le potentiel d'améliorer les économies de fuel et les émissions caractéristiques des poids lourds sont inclus dans l'analyse. Les technologies sont classées en fonction de l'accroissement des économies de fuel et des améliorations au niveau des émissions qu'elles apportent. Chaque impact potentiel de la technologie sur les économies en fuel des poids lourds est estimé. Une projection du coût approché est aussi présentée. L'étendue des pénétrations technologiques est estimée sur les camions de bases avec de l'analyse des données et un jugement technique.

- Winkelman, S; Dierkers, G (2003): **reducing the impacts of transportation on global warming: summary of new york greenhouse gas task force recommendations**, in

Le changement climatique global est fondamentalement causé par la combustion du fuel fossile. Le secteur des transports génère plus de un tiers des émissions de gaz à effet de serre (GHG) à New York et représente la source de croissance la plus rapide de GHG dans l'état. Un résumé sur les recommandations de The New York Greenhouse Gas Task Force pour réduire les émissions de gaz à effet de serre dans le secteur des transports est apporté. En utilisant une approche analytique bottom-up, le centre pour une politique de l'air propre (the center for clean air policy) – avec les conseils de la Task Force – détermine que New York peut réduire les émissions propres au secteur des transports par 1.64 million de tonnes métrique d'équivalent carbone (MMTCE) en 2010 et par 5.23 MMTCE en 2020 en implémentant les recommandations de la Task Force. Parvenir à des réductions significatives de GHG exige un vaste paquet de mesures complémentaires, inclure des consolidations mouvantes pour plus d'alternative à l'efficacité des gaz à effet de serre comme le transit ou le croissance propre, adopter des niveaux d'émissions standard de GHG pour les véhicules faiblement taxés, créer un programme de biofuel indigène, et considérer les mécanismes politiques pour accroître l'efficacité du fret et l'option de train à grande vitesse. Pour faciliter l'implémentation de ces trois mesures, l'établissement d'une entité étatique pour réduire les émissions dans le secteur des transports est recommandé avec pour but de réduire les émissions de GHG relatives aux transports de 20+ACU par rapport au niveau de 1990 en 2010, en de 10+ACU par rapport au niveau de 1990 en 2020 et en 2030.

- European Environmental Agency (2003) : **Greenhouse gas emission trends and projections in Europe** ; Environmental issue report No 36/2003, 91 p.

Ce rapport est une estimation d'un indicateur de base de la tendance des émissions de gaz à effet de serre et de la projection pour la communauté européenne, pour les états y accédant et pour les pays candidats. Cet article propose aussi des politiques et des mesures pour réduire les émissions de gaz à effets de serre en 2010. Ce rapport présente une estimation des progrès actuels (1990 à 2001) et futurs (en 2010) de l'union européenne et de ces états membres, de ceux y accédant et des pays candidats pour parvenir sous le niveau d'émission fixé par l'UN Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) et par le protocole de Kyoto.

- DG Research Energy (2003) : **World Energy Technology and Climate Policy Outlook 2030 WETO**, European Commission, 148 p.

- DL Greene A Schaffer (2003) : **Reducing Greenhouse Gas Emission from US transportation**, Pew Center on Global Climate Change, 80 P.

- D. Pickrel (2003) : **Fuel options for reducing GreenHouse Gas emissions from motor vehicles** ; US DoT, 55 p. Les énergies envisagées pour remplacer l'essence, soit en mélange soit en substitution sont l'éthanol, le gaz naturel comprimé, le gaz de pétrole liquide (propane), diesel conventionnel et bio-diesel, l'électricité pour des véhicules avec batteries. Le potentiel de réduction des émissions de CO2 et autres GES de l'auto et des petits véhicules utilitaires est estimé à partir d'hypothèses sur la croissance du trafic, et sur le changement de carburants, à court et long terme (10 et 25 ans). Ce potentiel de réduction d'émissions serait modeste et la stratégie de remplacement du carburant par chacun des autres carburants envisagés serait coûteuse.

- CGP sous la Présidence de Laurent RIES (2003) **Transports Urbains - Quelle politique pour demain ?** Commissariat Général du Plan, 133 p.

- (2003) : **Etude ressources énergétiques et transport**, DARLY-FNAUT, sept. 2003, 29 p.

<http://www.rac-f.org/DocuFixes/etudenrjettransport.pdf>

- Julio Sánchez-Chóliz and Rosa Duarte (2003) : **CO2 emissions embodied in international trade: evidence for Spain**, Energy Policy, Available online 7 October 2003

Les transports représentent un tiers des sources de GES aux É-U et cette part augmente plus vite que celles des autres secteurs. Les émissions de CO2 ont régulièrement augmenté en même temps que les distances parcourues, l'énergie utilisée et les importations de pétrole. Le système de transport des USA émet plus de CO2 que tout autre pays excepté la Chine et utilise sept des dix barils de pétrole consommés par la nation. Ce rapport identifie un certain nombre de politiques et de technologies pour réduire les émissions de CO2 dans les transports aux Etats-Unis. Les mesures considérées incluent les améliorations de l'efficacité énergétique, les carburants alternatifs, l'augmentation de l'efficacité des systèmes de transport et la réduction des voyages mais il se fixe un cadre non contraignant pour les ménages et les entreprises. Ces solutions sont basées sur les technologies existantes et la mise en place de financement et de politiques incitatives. Les véhicules routiers sont au centre des interventions recommandées puisqu'ils comptent pour 72 % des émissions totales des transports, les voitures et camions légers comptant à eux seuls pour plus de la moitié des émissions du secteur. Selon le rapport, les technologies actuelles, dont les nouveaux moteurs au diesel et les véhicules hybrides, permettraient d'augmenter l'économie en carburant des nouveaux véhicules de 25 à 33 % au cours des 10 à 15 prochaines années et ce, sans réduire ni la taille, ni la performance des véhicules. Le rapport souligne qu'une combinaison raisonnable de mesures politiques devrait être en mesure de réduire les émissions du secteur de 20 à 25 % d'ici 2015 et de 45 à 50 % d'ici 2030 et conclut que les options pour gérer le problème existent mais que, vu le temps nécessaire à la transformation de la totalité de la flotte de véhicules et de l'infrastructure, il faut s'attaquer dès maintenant à la mise en place des politiques.

- Roger Vickerman (janvier 2003) : **Drivers of freight transport demand**, in Table ronde de la CEMT, Bruxelles, 13 p. + graphes

- OCDE (2003) : **Project on Decoupling Transport Impacts and Economic Growth ; analysis of the links between transport and economic growth**, OCDE 94 p.

Le but de ce projet est d'identifier le coût effectif des instruments et des mesures qui peuvent aider le gouvernement à promouvoir un modèle de transport plus soutenable. Ce projet comporte trois phases centrales : i) le revue des facteurs économiques principaux de la croissance dans les transports, comme la croissance économique, les changements de modèle de mobilité, les répartitions modales et d'autres facteurs affectant la demande, comme le rapidité, l'information et les technologie de communication... ii) l'analyse des mesures et instruments basée sur des études de cas de pays adressant des implications sur les transports de la dématérialisation de l'économie, de l'organisation spatiale de la production et de la consommation et l'optimisation de l'organisation des transports ... iii) identification des options politiques frappant les instruments économiques, comme les droits, les charges et les taxes qui encourage à plus transports propres tout en minimisant les coûts économiques.

Ce rapport couvre la première phase du projet engageant une revue des facteurs et mesures qui influence les liens et interactions entre la croissance économique et l'activité dans les transports. Les transports génèrent un nombre important d'externalité qui ne sont pas reflétées dans le prix courant et ainsi entraîne la sous optimalité des transports utilisés. Les conséquences des imperfections de marché sur la demande de transport sont surlignées. La corrélation historique entre la croissance du GDP et l'activité des transports a été revue pour l'union européenne, les états unis et le japon, analysant les tendances des mouvements des passagers et des marchandises ainsi que les modes qui contribuent le plus à la croissance dans le secteur des transports. Plusieurs méthodes et outils sont revus comme les modèles de croissance macroéconomique, l'analyse des coûts et des bénéfices, les mesures des élasticités du transport et des outputs par rapport aux infrastructures de l'investissement, et les budgets des transports de satellite. Les résultats de l'application de ces méthodes et outils sont détaillés intelligemment dans ces complexes relations. Finalement, des conclusions sont tirées de ces interactions entre la croissance économique et les transports.

- Nadim Ahmad et Andrew Wyckoff (2003) : **Sustainable development - carbon dioxide emissions embodied in international trade of goods** ; OCDE 62 p.

[http://www.oecd.org/LongAbstract/0,2546,en\\_2649\\_201185\\_18268014\\_1\\_1\\_1\\_1,00.html](http://www.oecd.org/LongAbstract/0,2546,en_2649_201185_18268014_1_1_1_1,00.html)

Les pays de l'OCDE sont responsables de plus de la moitié des émissions totales de CO2 dans le monde, tandis que quatre autres pays (Brésil, Chine, Inde et Russie) représentent ensemble un quart du total. Les politiques visant à réduire ces émissions fixent des objectifs de réductions fondées sur le niveau de 1990 qui sert de repère pour juger du respect du protocole et de sa réussite. Or l'évolution des émissions au niveau national peut s'expliquer notamment par la relocalisation d'activités de production à l'étranger et/ou la substitution de produits importés aux productions nationales. Si les produits importés ont été obtenus à l'aide de procédés à plus forte intensité d'émissions de GES que celle des productions nationales qu'ils remplacent, les émissions globales



pourraient bien être supérieures. Ce document étudie le rôle des échanges de marchandises dans ce contexte en créant un indicateur qui estime les émissions de CO<sub>2</sub> par rapport à la demande intérieure, pour 24 pays (responsables de 80 % des émissions globales de CO<sub>2</sub>), afin de compléter l'indicateur plus courant associé à la production nationale d'émissions, comme celui utilisé dans le Protocole de Kyoto. Il montre que les estimations des émissions de CO<sub>2</sub> engendrées pour répondre à la demande intérieure des pays de l'OCDE en 1995 ont été supérieures de 5 % aux émissions engendrées par la production. Pour situer ce chiffre dans son contexte, seuls six pays dans le monde ont directement émis plus de CO<sub>2</sub> en 1995.

- LSA (2003) ' **Réduire sa facture d'électricité**', LSA N°1835 – Dossier P 66 – 74

La France a pris l'engagement que 21% de son énergie seraient renouvelables en 2010. Le commerce est l'un des secteurs les plus consommateurs d'énergie : éclairage des produits ; garantie de la fraîcheur des aliments ; climatisation et chauffage, cuisson ; etc.

Consommation d'énergie du commerce par type de magasin

	Hypermarché	Supermarché	Grandes surfaces spécialisées	Supérettes
Consommation moyenne d'énergie électrique, par an et par m <sup>2</sup> dont :	600 à 700 kWh	700 à 800 kWh	100 à 250 kWh	600 à 700 terawatts heure par an
Régénération du froid alimentaire	30-35% (180 à 245 kWh / m <sup>2</sup> )	40-45% (280 à 360 kWh / m <sup>2</sup> )		72%
Eclairage	30-35% (180 à 245 kWh / m <sup>2</sup> )	30-35% (210 à 280 kWh / m <sup>2</sup> )	40-45%	19%
Chauffage et climatisation	10-15% (60 à 105 kWh / m <sup>2</sup> )	10-15% (70 à 120 kWh / m <sup>2</sup> )	10%	
Cuisson	10%			

Source : EDF – ADEME, reproduit par LSA

L'éclairage génère près de 30% des dépenses d'un magasin. La consommation d'énergie pour l'éclairage d'un hyper ou d'un super tourne autour de 150 à 170 kWh par mètre carré. Dix ans auparavant, ce chiffre n'excédait pas les 100 kWh /m<sup>2</sup>/an. Les éléments explicatifs peuvent être : implantation massive d'éclairage d'accentuation ; multiplication des spots ; éclairage des meubles froids; l'intensité des lampes ; etc. D'après ce tableau, nous retiendrons comme consommation moyenne, par m<sup>2</sup> de magasin, pour le chauffage – climatisation – éclairage – caisses- etc., hors froid et appareils spécifiques, la fourchette 250 à 400 kWh/ m<sup>2</sup>/an pour un hyper ou super-marché. D'ici à la fin 2014, 70% des installations frigorifiques devront être remplacées. Certains gaz frigorigènes impliqués dans la disparition de la couche d'ozone doivent disparaître. C'est les cas des HFC (hydrofluorocarbones) qui sont des gaz à effet de serre. Deux possibilités de choix s'imposent aux distributeurs : soit maintenir un système centralisé en détente directe, utilisant du HCF, mais vérifiant l'étanchéité des circuits d'alimentation. Dans les grandes surfaces, il s'agit de contrôler des centaines de mètres de tuyau pour trouver l'origine des fuites ; soit 10 à 20% de gaz. - soit l'investissement dans la technologie des frigo-porteurs ; notamment celle dite diphasique avec l'usage de coulis de glace pour le froid positif et celui du co<sub>2</sub> liquide pour le froid négatif. La deuxième option, retenue par Carrefour Collégien par exemple (une première en France), a comme avantages, la faible consommation du liquide (le fréon) et le système génère du froid plus rapidement ; comme inconvénients, le coût du système frigo porteur très élevé et les économies d'énergie ne sont pas démontrées.

- Anna Nagurney, Fumitori Toyasaki (2003) : **Supply chain supernetworks and environmental criteria**, In Transportation Research part D : Transport and Environment vol 8 issue 3, May, pages 185-213

Les auteurs développent un cadre pour modéliser et analyser les chaînes logistiques du commerce électronique dans lesquelles les décisions peuvent tenir compte de critères environnementaux. Les conditions optimales pour les fabricants, les détaillants et les consommateurs permettent de dériver les conditions d'équilibre et d'analyser la dynamique des déséquilibres

- Rizet, C. et B. Keïta (2002) : **Choix logistiques des entreprises et consommation d'énergie, améliorations à apporter à l'enquête ECHO**. Rapport INRETS /ADEME, 103 p.

Cette recherche a permis d'apprécier dans quelle mesure les 'enquêtes chargeurs', qui décrivent les caractéristiques des envois en particulier les différents trajets de la chaîne de transport et les caractéristiques des chargeurs, permettent d'analyser l'influence de l'organisation logistique sur l'énergie consommée dans le transport de fret et quelles seraient les transformations souhaitables. En utilisant les données de deux enquêtes chargeurs test, l'énergie consommée par véhicule sur chaque trajet a été calculée puis affectée à l'expédition observée, proportionnellement au poids de cette expédition dans l'ensemble du chargement. Cette énergie consommée pour un envoi est ensuite sommée sur différents trajets de la chaîne de transport puis rapportée au

tonnage kilométrique de l'envoi pour obtenir une consommation unitaire, en 'gramme d'équivalent pétrole par tonne\*kilomètre' (gép/tkm). La base de données ainsi obtenue a permis de calculer des consommations unitaires moyennes pour les principaux types de chaînes de transport et de tester différentes hypothèses liant l'énergie consommée aux choix logistiques des entreprises. Des améliorations ont été proposées pour adapter les enquêtes chargeurs à l'analyse des consommations d'énergie dans le transport de marchandises.

- DGEMP/OE, (2002) : **La nouvelle méthodologie d'établissement des bilans énergétiques de la France**, mai

- Ang-Olson, J; Schroeder, W (2002) : **Energy efficiency strategies for freight trucking: potential impact on fuel use and greenhouse gas emissions** ; Transportation Research Record 1815, pp 11-18

Le transport par camion est le mode dominant du fret domestique et offre une substantielle opportunité d'améliorer l'efficacité énergétique dans le secteur des transports et de réduire les émissions de polluants et de gaz à effet de serre. En réponse, l'agence de protection de l'environnement (EPA) propose une initiative volontaire fondée sur le transport de marchandise, ainsi ils travailleront avec tous les secteurs de l'industrie associés au mouvement du fret ainsi qu'avec les gouvernements locaux pour améliorer l'efficacité et réduire les émissions grâce à des actions volontaires. Ces actions peuvent inclure de meilleure pratique du management, des améliorations opérationnelles et des technologies avancées. Les stratégies que EPA et ces partenaires recherchent comme des mesures potentielles qui peuvent améliorer les performances environnementales et l'efficacité énergétique d'un sous-secteur du fret, le transport par camion est exploré. Huit stratégies de camionnage sont estimées, comprenant les stratégies avec innovations technologiques et celles avec capital humain. Toutes ces stratégies sont commercialisées aujourd'hui, mais elles ont pu réaliser qu'une faible pénétration du marché. Chaque stratégie est brièvement décrite et ces impacts sur les économies de fuel dans le fret par camion sont estimés. Des estimations sur l'actuel et le potentiel niveau de pénétration du marché de chaque stratégie ainsi que les potentiels réductions d'émission de gaz à effet de serre résultant des stratégies nationales adoptées sont présentés. Au taux de participation national de 50%, le bénéfice maximum de cet initiative peut être une réduction de 3.0 milliards de gallon de carburant et 8.3 million de tonne métrique d'équivalent carbone en émissions.

- Collins M. et S. Aumônier : **Streamlined Life cycle Assessment of two Marks & Spencer plc Apparel Products** ; Marks & Spencer Environmental Resources Management, Jan 2002, 17 pages + annexes.

L'étude évalue la consommation d'énergie de deux produits Marks & Spencers avec l'approche 'Life Cycle assessment' : un pantalon polyester (200 kWh) et un lot de 3 slips 100% coton pour hommes, fabriqués et emballés en Egypte avec du coton indien (107 kWh). L'étude comporte l'évaluation du recyclage des vêtements et une comparaison entre les distributions par E commerce et par un magasin de détail en centre ville. Dans ces deux cas, c'est le consommateur qui est à l'origine de plus des ¾ de cette consommation d'énergie pour une durée de vie du produit de 2 ans : principalement pour l'énergie de la machine à laver, le séchage et, dans le cas du pantalon, le repassage. Le volet concerné indique une consommation de 1,7 kWh par kg de vêtement recyclé, donc près de 100 fois moins qu'une nouvelle production. La comparaison entre les systèmes de distribution indique une économie d'énergie de 1,56 kWh par pantalon, résultant principalement de la forte consommation des magasins et du trajet du consommateur qui efface la surconsommation associée aux livraisons à domicile et aux emballages. Une augmentation du E-commerce et des livraisons à domicile aurait pour résultat une amélioration de l'efficacité énergétique pour les vêtements mais une diminution pour le reste du commerce de détail.

- Fredric C. Menz (2002) : **Policies for controlling greenhouse gas emissions from motor vehicles**, [CICERONE article](#), 5 p.

In this special commentary to Cicerone, Fredric C. Menz discusses policy options for controlling greenhouse gas emissions from motor vehicles.

- Arie BLEIJENBERG (2002) : **Les moteurs de la croissance de la demande de transport et leurs implications pour l'action** ; CEMT, 13 p.

Pour expliquer la croissance du fret, les quatre déterminants sont la croissance démographique, les revenus qui ont donné lieu à une demande de produits de consommation provenant de la réduction des coûts de production et de distribution et du monde entier, d'entreposage ; et surtout la réduction des coûts (généralisés) du transport de marchandises. Ce dernier point est déterminant dans l'optique de l'élaboration des politiques car le prix du fret est un instrument d'action plutôt efficace. Selon des travaux récents l'élasticité-prix du transport routier de marchandises est d'environ - 0.8 : une hausse de 1% du prix par tonne-kilomètre entraînerait une réduction de 0.8% du volume transporté exprimé en véhicules-kilomètres. Ce résultat est surtout le fruit d'une logistique plus efficiente. Pour cet auteur, la probabilité d'un transfert modal important du fret au profit d'autres modes que la route est faible pour deux raisons : l'évolution de la structure de la demande est défavorable aux

- McKinnon A and D Leuchars (2002) : **Vehicle Utilisation and Energy Efficiency in the Food Supply Chain**; Logistics Research Centre, Heriot-Watt University, Edinburg, 14 p.

Ce papier résume les principaux résultats de l'enquête transport KPI de mai 2002 réalisée sur le secteur des aliments en UK. Elle présente les valeurs moyennes de KPI pour cinq séries et examine les variations inter flottes que soulignent ces moyennes. Cette enquête trouve qu'en moyenne 70% des véhicules à plateau étaient utilisés sur circuit en charge, approximativement 20% des kilomètres des véhicules se font à vides et les remorques rigides sont inoccupé 28% des jours. 14.3% des courses/trajets à pieds sont sujet à des retards sur le planning. 29% des retards étaient imputable à des congestions du trafic, la troisième cause de retard se produit au moment de l'encaissement ou sur le point de livraison. Cette enquête révèle de grandes variations dans les facteurs de chargements des véhicules, dans les déplacements à vide et dans les intensités énergétiques. Par exemple sur les 48 flottes, le montant moyen de fuel consommé pour déplacer un plateau de chargement de un kilomètre varie de 6 ml à 60 ml. La majorité de ces variations peuvent être attribuée aux différences des modèles de livraison. Une analyse encore plus détaillée des données par sous-secteur ou des niveaux intra entreprise suggère, toutefois, que quelques une des variations sont le résultat de différences d'efficacité d'exploitation. Le but de cette exercice de benchmarking est d'exposer ces différences et de donner au manager des moyens et des incitations pour améliorer leur performance d'exploitation pour que les flottes soient les plus efficaces dans chaque sous-secteur particulier. Cela ne réduira pas seulement les coûts de distribution, en réduisant les kilomètres des véhicules et les consommation énergétique il y aura sûrement un augmentation du bénéfice environnementale.

- D. Patier, L. Alligier, Ph Bossin & A. Perdrix (2002) : **Les conséquences du développement de nouvelles formes de commerce sur la logistique urbaine** ; METL-DTT

- G. Joignaux et J. Verny (2002) : **Etude sur le découplage entre croissance économique et mobilité : bilan et perspectives (volet marchandises)** ; DATAR – INRETS

- F. Nemry, J Theunis, T. Brechet, P. Lopez (2002) : **Réduction de Gaz à Effet de Serre et Flux de matières**  
Les émissions de GES sont examinées pour trois catégories de produits (logement, viande et emballages de boissons) sur leurs cycles de vie, ainsi que les moyens de les réduire par le biais de mesure visant d'une part le consommateur et, d'autre part, le système de production.

- EXPLICIT (2002) : **évaluation des efficacités énergétiques et environnementales des transports en France pour l'année 2000**, ADEME

Un effort de désagrégation a été réalisé sur trois types de territoires (urbain, régional et interrégional) afin de déterminer les spécificités locales en matière de consommation d'énergie et d'émissions polluantes.

- IEA (2002) : **Beyond Kyoto - Energy Dynamics and Climate Stabilisation**

- Ruijgrok, Tavasszy, Tissen (2002) : **Emerging global logistics networks: implications for transport systems and policies**, TNO Inro

- N. Kousnetzoff (2002): **Croissance économique mondiale – scénario de référence à l'Horizon 2030**, CEPII, [Kousnetzoff CEPII croissance mondiale](#)

Prévisions de croissance économique pour le monde en 30 zones, période 2000-2030, modèle néo-classique avec capital humain.

- Programme GICC-Projet ARES (2002) : **Analyse des stratégies de réduction des émissions de gaz à effet de serre** Rapport de synthèse 23 p. IEPE, CEPII, CIRED, [CEPII stratégies réduction émissions GES](#)

- Imperial College, Centre for Energy Policy and Technology (2002) : **Assessment of Technological Options to Address Climate Change** ; A Report for the Prime Minister's Strategy Unit [Options for Climate Change](#)

- Eurostat (2002) : **Tout sur les statistiques des transports, données 1970-2000** ; CD ROM, Ce CD-ROM est un recueil de tous les documents publics et de toutes les données provenant d'Eurostat depuis 1998. Il contient plus de 4 millions de données de statistiques et plus de 650 publications généralement disponibles en trois langues (Allemand, Anglais et Français).

- OCDE (2002) : **Logistique des transports : défis et solutions**

Comment les gouvernements perçoivent-ils l'état actuel des systèmes logistiques ? Existe-t-il une vision partagée des réseaux logistiques mondiaux à développer, sur laquelle les gouvernements pourraient fonder leurs réflexions ? Quelles sont les contraintes pour parvenir à des réseaux logistiques efficaces et respectueux de l'environnement ? Le projet TRILOG de l'OCDE vise à fournir une perspective sur ces questions clés grâce à l'échange d'approches et d'expériences relatives à la logistique du transport de marchandises en Asie-Pacifique, en Europe et en Amérique du Nord. Ce rapport cherche à identifier les contraintes et à analyser les problèmes communs aux trois régions. Il propose des solutions et des approches susceptibles de faciliter le développement de politiques visant à promouvoir une logistique efficace et durable au niveau international.

- JM Smith (2002) : **Logistics and the Out-bound Supply (Manufacturing Engineering Modular Series)**, 136p.

- Agence Internationale de l'énergie (2002) : **Emissions de CO2 dues à la combustion de l'énergie** ; OCDE, 585 p.

-OCDE (2002) : **Pour des transports écologiquement viables, les mesures à prendre** 190p. Au terme de cinq ans de réflexion, le Groupe de travail de l'OCDE sur les transports présente des lignes directrices pour des transports écologiquement viables, ainsi que les rapports d'analyse connexes approuvés par les ministres de l'Environnement réunis à Paris le 16 mai 2001. 190p.

- OCDE 2002 : **Beyond Kyoto- Energy Dynamics and Climate Stabilisation**, OCDE 120 p.

- Mark Tuddenham (2002) : **Que serait une société sobre en carbone – aperçus de programmes et réalisations à l'étranger** ; synthèse de travaux présentée au colloque 'Bilan 2002 du PNLCC', Lyon 27 nov. 2002

Panorama de scénarios de 4 pays européens (CH, D, NL et UK) sur les simulations à long terme (2050) de systèmes sobres en carbone ; Ces scénarios sont à la fois techniques et socio-économiques et portent sur des horizons différents (2010,2030 et 2050). Cette étude est publiée en ligne sur le site de l'ADEME.

- B. Lapillonne et K. Pollier (2002) : **Indicateurs d'impact du PNLCC – étude de cas sur le CO2 énergie**, papier présenté par D. Bosseboeuf au colloque 'Bilan 2002 du PNLCC', Lyon 27 nov. 2002

- Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (2002) : **Bilan 2001 des changements climatiques – Les éléments scientifiques**, OMM, PNUE, 97 p.  
<http://www.ipcc.ch/pub/un/giecgt1.pdf>. Ce rapport donne en particulier (tableau 3 p.44) le tableau des durées de vie et Potentiels directs de Réchauffement Global (PRG) par rapport au CO2 des différents gaz à effet de serre

- Réseau-Action-Climat France (2002) : **évaluation inter associative 2002 de la mise en œuvre du PNLCC le gouvernement économise son énergie** ; RAC, 60 + 14 p. ([www.rac-f.org](http://www.rac-f.org))

Le PNLCC est l'outil essentiel pour la mise en œuvre française du Protocole de Kyoto aujourd'hui, mais aussi pour les futures périodes d'engagement qui seront bien plus exigeantes. Aucune des mesures qui y figurent ne doit être négligée pour atteindre les objectifs de réduction actuels. Les mesures en place à ce jour ne correspondent toujours qu'à moins de 10% des mesures proposées dans le PNLCC. Plusieurs reculs sont également à déplorer : abandon de la redevance sur les excès engrais azotés, opposition française au projet de directive européenne harmonisant les taxes sur l'énergie, affaiblissement de la directive « permis » du marché européen, remise en cause de certains projets ferroviaires, baisse du budget de l'Ademe...«Près de trois ans après la publication du PNLCC, il ne semble toujours pas que ce programme soit pris au sérieux par le gouvernement et ses différents ministères. Mais la France a des engagements à tenir, au niveau international comme auprès de ses citoyens qui s'inquiètent de plus en plus d'un phénomène dont la responsabilité est toujours mal comprise. »

- Eurostat (2002) : **Europe stratégie analyse financière, « le supply chain management dans le secteur de l'habillement »**, Volume 1, Analyse et conclusions, Volume 2, Faits et commentaires.

- **Le textile habillement dans les pays méditerranéens et d'Europe Centrale : l'enjeu de la compétitivité**, DREE Dossiers, 2002

- M. FOUQUIN, P. MORAND, R. AVISSE, G. MINVIELLE, P. DUMONT (2002) : **Mondialisation et régionalisation : le cas des industries du textile et de l'habillement**, - Centre d'Etudes Prospectives et d'Informations Internationales

- C. Delavelle, V. Verest, (2002) : **Mutations de la logistique dans les entreprises industrielles** – Rapport final, DGITIP, 55 p.

- Mason R., D. Simons, C. Peckham & T. Wakeman : **Life cycle modelling CO2 emissions for lettuce, apples and cherries** ; Juin 2002

MIES (2002) : **Changements climatiques – de la convention de Rio aux accords de Bonn et marakech - Guide explicatif des accords internationaux**, MIES 50 p.

WM Lyons, S Peterson, K. Nosrager (2002) : **GHG reduction through State and Local Transportation Planning**, US DoT, 95 p. Le rapport montre comment, dans sept Etats, la planification des transports a été utilisée pour réduire les émissions de GHG.

N. Allemand (2002) : **Estimation des émissions de polluants du trafic routier en 2010 et 2020** ; CITEPA 92 p. L'estimation est faite pour 2 scénarii d'évolution du trafic routier établis par le MELT et les émissions étudiées sont celles du CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, Poussières, CO, COVn, NO<sub>x</sub> et N<sub>2</sub>O: - Le scénario B est la poursuite des inflexions apportées à la politique des transports (prix moyen du carburant augmente plus vite que l'inflation, réglementation du TRM appliquée et EURO IV au 1/10/2006, consommation de carburant des PL rapportée de 35 l/100 km en 1995 à 30 en 2014). Toutes les émissions baissent à l'exception du CO<sub>2</sub> (+11,4 et 15,7 en 2010 et 2020) et surtout du N<sub>2</sub>O (+60,4 et 87,3). - Le scénario MV est volontariste avec rééquilibrage des parts modales, dans la perspective de respect de Kyoto. Les émissions de CO<sub>2</sub> augmentent faiblement (+6,3 et 0,6%) mais celles de N<sub>2</sub>O continuent à augmenter très sensiblement (+55,4 et 71,9 %). La sensibilité de nombreux paramètres est testée en particulier le taux de survie des véhicules et la réduction du taux de soufre dans le carburant.

- European Environmental Agency (2001) : **Road freight transport and the environment in mountainous areas** ; Technical report N°68

- Bates J., Ch Brand, P Davison, N Hill (2001) : **Economic Evaluation of Sectoral Emission Reduction Objectives for Climate Change - Economic Evaluation of Emissions Reductions in the Transport Sector of the EU (Bottom-up Analysis)** ; AEA Technology Environment ([judith.bates@aeat.co.uk](mailto:judith.bates@aeat.co.uk)) ; Study for DG Environment, EC, 114 p.

- Manicore SARL (2001): **Approche expérimentale du bilan carbone d'une entreprise**  
Partie 1 description de la méthode : objectifs, résultats exploitables, choix méthodologiques, ADEME, 112 p. ;(2002) : Manuel d'utilisation du tableur « bilan carbone », MIES & ADEME, 79 p. ; (2002) : Exposé détaillé des ajouts méthodologiques V0 → V1, MIES, 96 p.

- P-P DORNIER, M. FENDER (2001) : **La logistique globale – Enjeux, Principes, Exemples**, Editions d'Organisation

- PIMOR Y (2001) : **La logistique – Techniques et mise en œuvre**, 2ème Edition Dunod – Série Gestion industrielle, 579 P.

- FIORE C. (2001) : **Supply Chain en action**, Les Echos Editions, 222 Pages

- B2K Consultants (2001) : **Evolutions logistiques et politiques publiques**, Rapport pour le MELT-DRAST et ADEME

- Collectif (2001) : **L'effet de serre et les transports : les potentialités des permis d'émission négociables**, Rapport groupe de travail du CNT par A.BONNAFOUS ; Rapporteurs : C. RAUX (LET) et E. FRICKER (CNT), Juin 2001

- Eurostaf/les Echos (2001) : **Le secteur du transport et de la logistique en Europe**

Une vue d'ensemble du secteur du transport et de la logistique en Europe : les événements marquants survenus au cours des deux dernières années écoulées sont mis en perspective.

- K. CABARET (2001) : **L'évolution du rôle de la logistique dans les systèmes productifs. Application à la filière textile - habillement du Nord Pas de Calais**, thèse de doctorat (INRETS / Région Nord Pas de Calais).

- Eurostaf (2001) : **Europe stratégie analyse financière, « les enseignes de l'habillement »**

- Enertech (2001) : **Diagnostic électrique d'un supermarché de moyenne surface - rapport final** ; ADEME Picardie, 83 p.

Analyse précise des consommations d'énergie d'un supermarché de moyenne surface, non climatisé et chauffé au gaz : la part du tertiaire dans le bilan énergétique national augmente chaque année et les surfaces de vente sont en tête, en raison des besoins de froid et d'éclairage : on obtient fréquemment des consommations de 500 kWh par an et par m<sup>2</sup> de surface de vente. Les nombreuses études menées aux USA et en Europe du Nord montrent qu'il existe un potentiel très important d'amélioration dans ce secteur mais en France les améliorations sont freinées par le prix très bas de l'électricité, notamment pour les supermarchés équipés de groupes électrogènes, qui peuvent bénéficier du tarif vert EJP. Plus de 50 appareils ont été mis en place sur la quasi totalité des appareils électriques du magasin afin d'enregistrer leur consommation par périodes de 10 mn sur une durée totale de 6 mois. Les données sont ensuite extrapolées à l'année et comparées au comptage EDF. Dans ce supermarché (un Intermarché du Nord de la France) de 1200 m<sup>2</sup>, la consommation annuelle s'élève à 604 625 kWh (503 kWh/m<sup>2</sup>/an) dont 56% pour le froid, 27% pour l'éclairage et 17% pour les autres usages. Cette répartition est variable suivant la saison. La consommation des appareils de froid n'est malheureusement pas rapportée à l'usage des appareils en terme de quantité de produits qui passent dedans. D'autre part la consommation de gaz pour le chauffage est estimée à 8 t. en 2000 soit 111000 kWhpc (Pouvoir Calorique Supérieur).

Meubles présentoirs de froid positif centralisé : 56 mètres de présentoir présentent environ 70m<sup>2</sup> de surface ouverte ; elles contiennent de la crèmerie, boucherie-fromage, viande préemballée, charcuterie, et volailles - plats préparés (soit des températures comprises entre +1 et +3 °C.). Leur consommation est liée principalement (plus de 60 %) à l'air et au rayonnement qui s'introduisent dans les ouvertures des meubles. En moyenne sur l'année ils consomment 186000 kWh soit 2657 kWh / m<sup>2</sup> d'ouverture ou 3321 kWh/m. linéaire. Les auteurs estiment l'économie réalisable à 42 %, en utilisant des rideaux et couvertures de nuit et des détendeurs électroniques, ce qui indique une variabilité potentielle importante d'un magasin à l'autre.

Gondoles froid positif : deux gondoles de steak hachés présentent chacune une surface ouverte de 2 m<sup>2</sup> ; la température de conservation est comprise entre +1 et +3 ° et la consommation, liée principalement à l'air qui entre dans les bacs, est de 4400 kWh/an, soit 1100 kWh par an et par m<sup>2</sup> d'ouverture. L'économie réalisable par emploi de couvertures nocturnes est estimée à 20 % de la consommation totale ; d'autres dispositifs permettraient de réduire cette consommation de 15% (ventilateurs performants), et 25 % (commande des compresseurs).

Vitrine jus de fruit : d'une capacité de 272 litres net, avec porte vitrée et éclairage intérieur et groupe frigorifique indépendant d'une puissance de 210 W. Sa consommation est de 1260 kWh par an. Les auteurs proposent de remplacer l'éclairage permanent par un éclairage de jour uniquement ce qui permettrait de réduire la consommation de 35 %.

L'éclairage général du magasin : 9 rampes de 44 tubes fluorescents de 58 W consomment (en 4130 heures) 97000 kWh soit 17,6 % de la consommation globale (81 kWh/m<sup>2</sup> de vente). On peut y ajouter l'éclairage des meubles frigorifiques (37700 kWh/an soit 7 % de la consommation du magasin et l'éclairage de certains endroits (pièces réfrigérées, rayon fruits et légumes 3353 kWh, boulangerie, bureaux, vestiaires, extérieur. Nous retiendrons un chiffre moyen de 25 % de consommation pour l'éclairage soit 115 kWh / m<sup>2</sup>.

- **Le stockage dans l'aire métropolitaine de Lyon – localisation et consommation de l'espace**, Rapport Laboratoire THEMA & DRE-Rhône-Alpes, septembre 2001, 129 pages.

Cette étude propose une lecture de la fonction logistique, présente l'aire métropolitaine de Lyon qui constituera le cadre spatial du travail, décrit le stockage au sein de l'aire lyonnaise selon une approche visant à mettre en évidence les structures spatiales de l'activité, traite des mutations qui affectent l'aire de la directive territoriale d'aménagement (DTA) de l'aire urbaine de Lyon depuis une vingtaine d'années.

- H. O. Holmegaard Kristensen. : **Energy consumption and exhaust emissions for various types of marine transport compared with trucks and private cars** ; Paper presented at ENSUS 2000 Conference – Newcastle 4 – 6 September 2000, 17 p.

Les consommations d'énergie et émissions de polluants tenant compte des nouvelles normes maritimes (Marpol Annexe VI) prévues pour 2001 (Euros 3) et 2006 (Euros 4) sont estimées pour différents types de transport maritimes (vrac, RoRo, PC et passagers), basées sur des calculs théoriques, et confrontées avec les données existantes. Des comparaisons sont faites avec le transport routier. Les consommations unitaires des PC et vraquiers (en MJ / tonne ou TEU / km) ainsi que les émissions décroissent fortement lorsque la capacité du navire augmente ; elles sont généralement très inférieures à celles de la route même si leurs émissions de NOx peuvent être supérieures à celles de la route pour les très petits bateaux (ie PC inférieurs à 500 TEU). C'est pour les transports par navires RoRo que les résultats sont les plus surprenants ; d'une part la consommation spécifique augmente sensiblement avec la capacité du navire et, d'autre part, elle est sensiblement supérieure à celle de la route, surtout si le navire transporte l'ensemble du train routier et un peu moins si la remorque routière seule est embarquée.

- L. CHAPELON (2000) : **Transport et Energie**, Editions Reclus – La Documentation Française- Collection Atlas de France.

Ce volume analyse la place des transports dans l'économie française et le poids relatif de chacun des modes de transport. On y trouve des statistiques sur le secteur des transports (volume, nature et évolution des flux de personnes et de marchandises), des cartes des infrastructures et des équipements existants et projetés, des évaluations de la capacité des différents modes de transport, etc. La question de la complémentarité est abordée de manière spécifique à l'aide de plusieurs exemples, elle vise à explorer les solutions pluri-modales performantes sur certains itinéraires afin de limiter les nuisances occasionnées par la croissance du trafic routier. Les infrastructures de production et de transport de l'énergie font l'objet d'un chapitre spécifique.

- BEAUVAIS CONSULTANTS (2000) : **Stratégies de localisation de la grande distribution alimentaire**, Rapport d'étude ADEME-PREDIT

- Schade W. (2000) "**ASTRA**" (**Assesment of Transport Strategies**) final report, IWW, Universität Karlsruhe, <http://www.iww.uni-karlsruhe.de/ASTRA/deliverables.html>.

Un autre exercice de modélisation dynamique des systèmes appliqué aux politiques de transport.

- Marco Mazzarino (2000) : **The economics of the greenhouse effect: evaluating the climate change impact due to the transport sector in Italy**, Energy Policy, Volume 28, Issue 13, November 2000, Pages 957-966

- R. Ramanathan (2000) : **A holistic approach to compare energy efficiencies of different transport modes**, Energy Policy, Volume 28, Issue 11, 1 September 2000, Pages 743-747

- Vanek, FM; Campbell, JB (1999) : **UK Road freight energy use by product: trends and analysis from 1985 to 1995** ; Transport Policy, Volume: 6 Issue: 4, pp 237-246.

- Collectif (1999) : **Les transports et l'environnement, vers un nouvel équilibre**, Rapport du Groupe de travail présidé par BONNAFOUS A. ; Rapporteurs : BRUN G., et NICOLAS J.P. CNT– La documentation Française – 1999.

- I.Eymard (1999) : **De la grande surface au marché– A chacun ses habitudes** ; INSEE premières N° 636, 4 p.

- **Evolution du cadre réglementaire de la grande distribution française**, MELT-SES, octobre 1998.

- **Stratégie des opérateurs du transport et de la logistique du froid**, MELT-SES Octobre 1998.

- Ph. Moati, I. Pouquet (1998) : "**Stratégies de localisation de la grande distribution et impact sur la mobilité des consommateurs**" ; rapport CREDOC, 115 p.

La mobilité des consommateurs est liée aux stratégies des entreprises de distribution, elles mêmes en phase de redéfinition, en réponse à la mutation structurelle du secteur du commerce. Ainsi, centre ville et périphérie apparaissent de plus en plus comme des formes commerciales complémentaires. La poursuite du mouvement de polarisation profitera d'abord aux grandes agglomérations au détriment des villes moyennes situées dans leur rayonnement. Au sein de ces grandes agglomérations, le commerce continuera de se concentrer de plus en plus sur un petit nombre d'hyper centres. Les centres de quartier devraient voir leur nombre diminuer au profit des centres commerciaux périphériques. L'évolution de la structure de ce commerce de périphérie est plus incertaine.

De la poursuite du mouvement de concentration devraient sortir gagnants : les petites galeries marchandes positionnées " achat pratique ", les centres commerciaux régionaux ayant affirmé une identité, les ZAC de grande dimension. Au total, les deux mouvements de " spécification " et de " polarisation " auront un impact incertain sur la mobilité moyenne des consommateurs. Mais la variance de cette mobilité (variance inter-individuelle, mais aussi variance des déplacements commerciaux pour un même individu au cours d'une période de référence) devrait connaître une augmentation au cours des prochaines années.

- LEGUE B., JACOBS M.A (1998) : **Impact de la réduction des emballages sur l'énergie de transport en fonction de la chaîne logistique de distribution utilisée.**

- E. PARAT (1998) : **La filière textile-habillement-distribution**, La documentation française

- T. LEBOY, J. PHILIPPE (1998) : **Marché de l'habillement: Les enseignes développent leurs marques**, INSEE 1998 ;

- **La desserte terrestre des ports maritimes**, Table Ronde CEMT 113, 10-11 décembre 1998

Le transport intercontinental a connu une véritable révolution durant les dernières années avec l'expansion de la conteneurisation et la massification des flux. Ces changements se sont traduits par un abaissement considérable des coûts du transport maritime qui a rendu les pays lointains beaucoup plus accessibles. Il traite également du transport terrestre qui est devenu le maillon le plus onéreux des chaînes de transport en trafic international, d'où la pression croissante des armateurs pour contrôler ce secteur d'activité.

- Morcheoine A., Ripert C. (1998) : **Transports de marchandises en zones urbaine, une responsabilité importante dans le bilan énergie / nuisance des agglomérations**, Note de synthèse, ADEME – Direction des Transports, 9 Pages

Cette note présente : les évolutions du transport de marchandises en zone urbaine (effets de l'évolution urbaine, des réglementations) ; le mauvais état des connaissances des trafics de marchandises en ville ; quelques ordres de grandeurs pour le transport de marchandises en ville ; la loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie et le transport de marchandises ; les premiers résultats du programme sur les transports de marchandises en ville en matière de bilans environnementaux (Ile-De-France et Aquitaine) ; le cas des grandes surfaces ou la livraison finale à la charge du client (2 scénarios : Ile-De-France et Aquitaine).

- IIF (1998) : **Transport et distribution des aliments** 35 communications : Transport : distribution locale, conteneurs, navires - Atmosphère spéciale, désinfection par le froid - Distribution de l'air, cas des fleurs coupées, congélation partielle du saumon. Meubles de vente : pertes de masse, qualité des meubles, pompes à chaleur - Entreposage : détection de fuites, cogénération, absorbant contre le givre - Frigorigènes (dont CO2 et cycle à air) - Efficacité énergétique et modélisation. 329 p., 16 x 24 cm, Institut International du Froid

- BROWN M., ALLEN J (1998) : **Strategies to reduce the use of energy by road freight transport cities**, Transport Logistics, vol. 1 n° 3, 1998, pp. 195-209

L'objectif de cet article est à la fois de présenter quelles sont les composantes du transport de marchandises en ville (TMV), d'indiquer son importance, d'évaluer son impact (quantification du trafic, de l'énergie consommée, des émissions de polluants) ainsi que ceux de différentes mesures de politique. Après une présentation des enjeux du TMV et de quelques données générales sur le plan national (Grande-Bretagne), les résultats d'une enquête sur les TM à Londres sont exposés : 1,15 millions de mouvements de véhicules utilitaires dans l'agglomération de Londres, le TMV représente 12 % de l'ensemble des véhicules-kilomètres mais respectivement 22 %, 26 % et 68 % des émissions de CO2, Nox et de particules. Sont également présentés de façon détaillée divers scénarios (interdiction des poids lourds, accroître les taux de chargement, utilisation de centres de distribution urbaine, etc.) ainsi que les simulations des effets attendus sur le nombre de mouvements, de véhicule-kilomètre, sur la consommation de carburant et sur les émissions de CO2. Il apparaît que le scénario le plus favorable est l'amélioration des taux de chargement qui favoriserait les tournées aux dépens des traces directes, alors que l'interdiction des poids lourds serait le plus néfaste. A noter que les auteurs considèrent que les transports de marchandises en ville devraient également inclure les déplacements pour achats des particuliers. Les flux de marchandises à Londres représenteraient alors 22 % des véhicules-kilomètres parcourus et 27 % de la consommation de carburant.

- C.A. Lewis (1997) : Fuel and energy production emission factors. Etsu report, n°R112, Didcot, U.K. , (MEET Project Deliverable No. 20, European Commission), 56 p.



- **Bilan écologique Chronofroid**, Institut für Energie und Umweltforschung d'Idelberg, Rapport pour le compte de SNCF, ADEME et EDF, 1996

- DUCROCQ D.-M (1996) : **Distribution alimentaire en Europe : enjeux stratégiques et perspectives**, Les échos – études, 1996, 256 pages.

- S. Böge (1996) : **Freight transport, food production and consumption in the United States and in Europe**, Wupertal paper n° 56, 20 p.

Stefanie Böge (1995): **The well-travelled yogurt pot: lessons for new freight transport policies and regional production**, World Transport Policy & Practice, Volume 1, Number 1, pp 7-11.

L'auteur cherche à expliquer la croissance du trafic, principalement routier, de marchandises, par l'analyse du contenu transport d'un pot de yaourt aux fruits dans un pot en verre recyclable. La quantité de marchandises produites n'augmentant que très peu, ce sont les distances de transport qui augmentent. L'analyse du contenu transport d'un produit se traduit par différents indicateurs : une carte synthétise les différents flux nécessaires à la production ; amener sur le marché un produit nécessite un certain nombre de véhicule.km (9,2 m pour un pot de 125 g. de yaourt) qui devrait être indiqué sur ce produit pour l'information du consommateur. Les produits qualifiés de 'verts' ou 'environnementaux' ne le sont pas si l'on considère les transports qu'ils nécessitent. Cet indicateur permet également de calculer l'augmentation de coût qui résulterait d'une taxe internalisant les coûts externes du transport : de 21 à 65 % du coût de transport d'un yaourt. L'article argumente davantage l'usage qui pourrait être fait de tels indicateurs pour limiter les inconvénients du transport routier que la méthode ou les étapes intermédiaires du calcul. Il formule le souhait qu'un label 'produit régional' permette au consommateur de distinguer les produits à faible intensité en transport

IIF (1993) : **Efficacité énergétique en réfrigération - Impact sur l'effet de serre** 39 communications (36 angl./3 fr.) Thèmes : Frigorigènes "naturels" - Compresseurs cycloïdes, eau, glace biphasique, CO<sub>2</sub>, injection électronique, modélisation et automatismes, équilibres huile-frigorigène, propriétés thermophysiques de substituts, glissements dans les mélanges - Transfert de chaleur durant les changements de phases - Propriétés thermophysiques des fluides frigorigènes purs et en mélange - Technologie des composants des circuits frigorifiques : échangeurs de chaleur à hautes performances, compresseurs, régulations - Economies d'énergie - Utilisation du glissement. 363 p., Institut International du Froid

Michel Hubert : **Les coûts environnementaux de l'automobile : une mise en perspective de l'évaluation ;** Note de méthode n°14, IFEN (Institut français de l'environnement), 196 p. La mesure des nuisances de l'automobile (effet de serre, pollution, bruit, insécurité) peut-être exprimée en unités monétaires : cela permet de hiérarchiser les impacts et de fonder les décisions politiques en matière de tarification (péage et fiscalité) et de choix des infrastructures et des technologies sur des critères les plus objectifs possible. Cette publication permet à la fois d'appréhender l'enjeu que représente l'internalisation des coûts externes des transports routiers et de disposer d'éléments essentiels pour mettre en perspective les pratiques d'évaluation. Mais au-delà de la clarification des concepts (coûts moyens et coûts marginaux) et des enjeux (équité et efficacité), l'incertitude demeure quant aux impacts, à leur mesure et à leur monétarisation. Malgré les tentatives de convergence entre les évaluations européennes (IWW/Infras) et les pratiques de l'administration française (rapport Boiteux), de nombreuses questions font encore l'objet de débats. Avant d'envisager une comptabilité « verte » des dommages, l'estimation de la valeur de la vie et le recours aux principes de précaution et d'équité impliquent en particulier des jugements de valeur qui méritent d'être explicités. <http://www.ifen.fr/pages/nm14.pdf>

## TABLE DES MATIERES

<b>RESUME</b> .....	I
<b>NOTE DE SYNTHÈSE</b> .....	III
<b>I OBJECTIFS ET METHODOLOGIE</b> .....	1
1.1 CONTEXTE ET OBJECTIFS .....	2
Contexte .....	2
Objectifs .....	3
1.2 METHODOLOGIE .....	5
Chaînes logistiques analysées .....	5
Estimation de l'énergie consommée en transport .....	10
Les coefficients de conversion énergie/co2 utilisés .....	12
Emissions de GES dans la chaîne du froid (liquides frigorigènes) .....	14
1.3. CONTENU DU RAPPORT .....	15
<b>II SUPPLY CHAINS DU YAOURT</b> .....	16
2.1 LES CHAINES LOGISTIQUES DU YAOURT ETUDIEES .....	17
2.2 CONSOMMATIONS D'ENERGIE EN TRANSPORT .....	18
Les trajets en amont de l'usine .....	18
Les trajets en aval de l'usine .....	19
Distances des maillons de transport, consommations et émissions .....	19
Localisation, consommation et émissions .....	21
2.3 AUTRES CONSOMMATIONS (NON TRANSPORT) .....	21
Production du Yaourt .....	21
Entrepôts ou plates-formes logistiques .....	22
Les magasins .....	24
Le dernier km .....	25
2.4. ANALYSE DES RESULTATS PAR TYPE DE CHAINE .....	27
2.5. TESTS DE SENSIBILITE .....	30
Transports routiers en aval de l'usine .....	30
Plates-formes logistiques et magasins .....	31
Dernier kilomètre .....	31
Récapitulation des tests de sensibilité .....	32
<b>III SUPPLY CHAINS DU JEAN</b> .....	33
3.1. LES CHAINES LOGISTIQUES DU JEAN ETUDIEES .....	34
3.2. LES CONSOMMATIONS D'ENERGIE EN TRANSPORT .....	36
L'approvisionnement des usines textiles .....	36
Des usines textiles au port du Havre .....	37
Du port du Havre aux plates-formes distributeurs .....	37
Des plates-formes distributeurs aux hypermarchés .....	38
3.3 RECAPITULATION ET ANALYSE DES CONSOMMATIONS EN TRANSPORT .....	39
Efficacité énergétique voie d'eau / route entre le Havre et la région parisienne .....	40
3.4 AUTRES CONSOMMATIONS (NON TRANSPORT) .....	41
Ports maritimes .....	41
Ports fluviaux .....	41
Entrepôts textiles .....	42
Hypermarchés .....	42
Le dernier kilomètre .....	42
3.5 ANALYSES DES RESULTATS PAR TYPE DE CHAÎNE .....	43
3.6. TESTS DE SENSIBILITE .....	45
<b>IV SYNTHÈSE GÉNÉRALE ET PERSPECTIVES</b> .....	46
4.1. LES ACQUIS METHODOLOGIQUES .....	47
4.2 CONSOMMATIONS PAR ETAPE .....	48
4.3 CONSOMMATIONS PAR TYPE DE CHAINES .....	48
Yaourt : importance du système de distribution .....	48
Textile : l'origine des approvisionnements .....	49
4.4. PERSPECTIVES : COMPLEMENTS DE RECHERCHE .....	49
Mesurer les consommations d'énergie plutôt que les estimer .....	49
Appliquer la présente méthodologie à d'autres supply chain .....	49
Impact des relations de collaboration entre les acteurs .....	50

ANNEXES.....	51
Annexe 1 : Analyse de la consommation énergétique des porte-conteneurs.....	52
Annexe 2 : Distances des déplacements pour achats : enseignements des enquêtes transports .....	523
Annexe 3 : Calculs des consommations d'énergie et émissions de GES des chaînes du yaourt.....	56
A3.1 Etapes de transport routier, de l'usine jusqu'au magasin .....	56
A3.2 Energie et GES des plates-formes du producteur des distributeurs et du E-commerce.....	57
A3.3 Energie des magasins .....	58
A3.4 Energie du dernier kilomètre .....	59
Annexe 4 : Calculs des consommations d'énergie des chaînes du Jean.....	60
A4.1 Transport routier, du champs de coton jusqu'au magasin .....	60
A4.2 Consommation trajets maritimes.....	61
A4.3 Comparaison des voies fluviale et routiere.....	61
A4.4 Consommation des plates-formes textiles centralisees.....	62
A4.5 Consommation des magasins chaînes jean.....	62
A4.6 Consommation du dernier km (Trajet clients).....	62
Annexe 5 : Analyse bibliographique.....	63



INRETS/RE-05-011-FR