

**« EFFICACITE ENERGETIQUE DES MODES DE
TRANSPORT »**

Rapport final

Lettre de commande n°02MT27

Table des matières

Introduction.....	13
--------------------------	-----------

PARTIE 1 : L'efficacité énergétique des modes de transport en conditions réelles moyennes d'utilisation	15
--	-----------

1 Contexte et objectifs.....	17
-------------------------------------	-----------

2 Le transport routier	18
-------------------------------------	-----------

2.1 Le transport routier de passager	18
2.1.1 La voiture particulière	18
2.1.2 Les deux roues motorisées.....	27
2.1.3 Les transports en commun de passager par la route	31
2.1.4 Le transport routier de marchandises.....	40

3 Le transport ferroviaire.....	46
--	-----------

3.1 Le transport ferroviaire de passagers	46
3.1.1 Trafic et consommation	46
3.1.2 Efficacité énergétique du transport ferroviaire de passagers.....	47
3.2 Le transport ferroviaire de marchandises.....	48
3.2.1 Trafic et consommation	48
3.2.2 L'efficacité du transport ferroviaire de marchandises	49

4 Le transport aérien	50
------------------------------------	-----------

4.1 Le transport aérien et ses spécificités.....	50
4.2 Les données du transport aérien : DGAC/CITEPA	50
4.2.1 Trafics et consommation	51
4.2.2 L'efficacité énergétique du transport aérien national.....	52
4.3 Les données de la compagnie nationale : Air France	52
4.3.1 Trafics et consommations.....	52
4.3.2 Efficacité énergétique	53
4.4 Analyse comparative des données DGAC / Air France.....	54

5 Le transport fluvial	55
-------------------------------------	-----------

6 Une première synthèse des résultats.....	55
---	-----------

PARTIE 2 : L'influence des conditions d'utilisations des modes de transports sur leur efficacité énergétique relative.....	61
---	-----------

1 Contexte et objectifs.....	63
-------------------------------------	-----------

2 Influence du taux de charge	64
--	-----------

2.1 Taux de charge et transport de passagers.....	64
2.1.1 Influence du taux de charge sur les consommations d'énergie en zone urbaine	64
2.1.2 Influence du taux de charge sur les consommations d'énergie des trajets régionaux.....	66
2.1.3 Influence du taux de charge sur les consommations d'énergie des trajets inter-régionaux.....	67
2.2 Taux de charge et transport de marchandise.....	69

3	Influence de la vitesse.....	72
3.1	Vitesse et transport de passagers.....	72
3.1.1	Influence de la vitesse sur les consommations d'énergie des trajets urbains	73
3.1.2	Influence de la vitesse sur les consommations d'énergie des trajets régionaux.....	74
3.1.3	Influence de la vitesse sur les consommations d'énergie des trajets inter-régionaux.....	75
4	Influence de la distance.....	78
4.1	Influence de la distance sur les consommations des VP en zone urbaine	78
4.2	Influence de la distance sur les trafics aériens inter-régionaux	78
5	Influence croisée du taux de charge et de la vitesse.....	79
5.1	Transport de passagers	79
5.1.1	Influence croisée du taux de charge et de la vitesse sur les consommations spécifiques d'énergie pour les trajets urbains	79
5.1.2	Influence croisée du taux de charge et de la vitesse sur les consommations d'énergie des trajets régionaux	80
5.1.3	Influence croisée du taux de charge et de la vitesse sur les consommations d'énergie des trajets inter-régionaux.....	81
6	Conclusion :	82
PARTIE 3 : Les services de transport		85
1.	Contexte et objectifs.....	87
2	Le transport de passager	87
2.1	Méthodologie	87
2.2	Les déplacements en zone urbaine.....	89
2.2.1	Les déplacements de 1 km.....	89
2.2.2	Cas d'un déplacement de 3 km.....	90
2.2.3	Le cas d'un déplacement de 5 km	91
2.2.4	Le cas d'un déplacement de 10 km	92
2.2.5	Le cas de trajets de 20 km	94
2.2.6	Le cas d'un trajet de 40 km	96
2.3	Les déplacements de type régional	99
2.3.1	Cas d'un déplacement de 50 km.....	99
2.3.2	Cas d'un déplacement de 100 km.....	101
2.3.3	Cas d'un déplacement de 150 km.....	102
2.3.4	Synthèse des résultats dans le cas de déplacements régionaux	102
2.4	Les déplacements de type inter-régional.....	103
2.4.1	Cas d'un déplacement de 300 km.....	103
2.4.2	Cas d'un déplacement de 500 km.....	105
2.4.3	Cas de déplacements à 1000 et 1500 km.....	106
2.4.4	Synthèse des résultats dans le cas de déplacements inter régionaux.....	107
3	Le transport de marchandises	108
3.1	Influence de la nature de la marchandise transportée et du mode d'organisation	108
3.2	Le transport de marchandises sous la contrainte de rapidité.....	109
3.2.1	Le cas d'un trajet de 300 km	111
3.2.2	Le cas d'un trajet de 500 km	112

3.2.3	Le cas des trajets de 1000 km et plus	113
3.3	Le transport de marchandises sans contrainte de rapidité.....	115
3.3.1	Le cas d'un trajet de 300 km	115
3.3.2	Le cas des trajets de 500 km et plus	116
Bibliographie		121
ANNEXE.....		123

Liste des tableaux

Tableau 1 Kilométrages par réseau	18
Tableau 2 Rapprochement des deux ventilations de base : réseau – aire géographique	19
Tableau 3 Ventilation des circulations par zone géographique.....	22
Tableau 4 Consommation unitaire théorique (calcul à partir d’Impact)	22
Tableau 5 Indice de consommation normé sur les circulations sur route	23
Tableau 6 Consommations unitaires théoriques ajustées aux consommation CCTN.....	23
Tableau 7 Parc en milliers de véhicules en 2001	23
Tableau 8 Ventilation des kilométrages par zone	24
Tableau 9 Consommation des VP par zone non urbaine	24
Tableau 10 Consommation nationale de carburant des VP français.....	24
Tableau 11 Consommation ventilée par zone	24
Tableau 12 Consommations unitaires des VP par carburant et aire géographique en conditions réelles moyennes d’utilisation.....	24
Tableau 13 Taux d'occupation SES.....	25
Tableau 14 Taux d'occupation des VP par aire géographique	25
Tableau 15 Trafics par zone	25
Tableau 16 Efficacité énergétique des VP	26
Tableau 17 Efficacité énergétique par passager en VP	27
Tableau 18 Parc de motocycles en 2001	27
Tableau 19 Circulations et consommations des deux roues.....	27
Tableau 20 Circulations et Consommations estimées.....	27
Tableau 21 Données CCTN sur les deux roues.....	28
Tableau 22 Ventilation des circulations et consommations par zone	28
Tableau 23 Clé de répartition des circulations	28
Tableau 24 Circulation par aires géographiques	29
Tableau 25 Consommation par aire géographique.....	29
Tableau 26 Circulation par aires géographiques ajustée CCTN	29
Tableau 27 Consommation par aire géographique non ajustée CCTN, basée sur les circulations ajustées CCTN.....	29
Tableau 28 Consommation par aire géographique ajustée CCTN, basée sur les circulations ajustées CCTN.....	29
Tableau 29 Consommation en litre au 100 sur consommation totale ajustée CCTN	30
Tableau 30 Taux d’occupation par deux roues	30
Tableau 31 Circulation par aires géographiques des 2 roues	30
Tableau 32 Parc et kilométrage SES en 2001	31
Tableau 33 Parc 2001 UTP	32
Tableau 34 Parc 2001 SES sur clé UTP	32
Tableau 35 Répartition des trafics autobus par grandes régions.....	33
Tableau 36 Capacité des différents types de bus.....	33
Tableau 37 Offre maximale par type de bus et par région	33
Tableau 38 Clés de répartition	34
Tableau 39 Trafic ventilé par type de bus	34
Tableau 40 Données issues du rapport SYSTRA sur les consommations par type de bus.....	34
Tableau 41 Consommation unitaire des bus	35
Tableau 42 Trafic en millions de vkm en 2001.....	35
Tableau 43 Calcul des consommations totales en utilisant les consommations unitaires SYSTRA.....	35

Tableau 44 Calcul des consommations totales en utilisant les consommations unitaires SYSTRA exprimées en ktep	35
Tableau 45 Efficacité énergétique des transports par autobus	36
Tableau 46 Voyageurs par an et par type de bus.....	36
Tableau 47 Efficacité énergétique d'un passager en bus	36
Tableau 48 Données sur le transport par autocar	37
Tableau 49 Données sur le transport par autocar ventilées par zone	37
Tableau 50 Consommation unitaire des autocars.....	38
Tableau 51 Consommation totale des autocars	38
Tableau 52 Efficacité énergétique du transport par autocar.....	39
Tableau 53 Les VUL pour le transport de marchandises	41
Tableau 54 Évaluation du parc VUL affecté aux transports de marchandises.....	41
Tableau 55 Consommation unitaire des véhicules de transports routiers de marchandises.....	42
Tableau 56 Parc, trafic et consommation du transport routier de marchandises.....	42
Tableau 57 Efficacité énergétique du transport routier de marchandises	43
Tableau 58 Ventilation du parc de camion dans l'enquête TRM.....	43
Tableau 59 Structure du parc de camions	44
Tableau 60 Ventilation de la consommation des camions par classe de charge	44
Tableau 61 Ventilation du trafic par classe de PTAC.....	45
Tableau 62 Efficacité énergétique du transport de marchandises par route selon le PTAC	45
Tableau 64 Efficacité gep/pkm du transport de voyageurs par train (1999).....	47
Tableau 65 Trafic et consommations du transport ferroviaire de marchandises.....	48
Tableau 66 Efficacité gep/tkm du transport de marchandises par train (1999).....	49
Tableau 67 Trafic et émissions du trafic aérien (DGAC)	52
Tableau 68 Trafic aérien et consommation	53
Tableau 69 Efficacité énergétique du transport aérien.....	54
Tableau 70 Efficacité énergétique des outils de navigation intérieure, y compris voyage à vide, et compte tenu d'un coefficient de remplissage de 0,90 pour 3,00m d'enfoncement	55
Tableau 71 Codification des couleurs utilisées dans les tableaux de résultats.....	88
Tableau 72 Déplacement urbain de 1 km.....	89
Tableau 73 Déplacement urbain de 3 km.....	91
Tableau 74 Déplacement urbain de 5 km.....	92
Tableau 75 Déplacement urbain de 10 km.....	93
Tableau 76 Déplacement urbain de 10 km (suite).....	94
Tableau 77 Déplacement urbain de 20 km.....	95
Tableau 78 Déplacement urbain de 20 km (suite).....	96
Tableau 79 Déplacement urbain de 40 km.....	97
Tableau 80 Déplacement urbain de 40 km (suite).....	98
Tableau 81 Synthèse des résultats en urbain (part des modes doux = 0%).....	99
Tableau 82 Déplacement régional de 50 km	100
Tableau 83 Déplacement régional de 100 km.....	101
Tableau 84 Déplacement régional de 150 km.....	102
Tableau 85 Synthèse des résultats des déplacements régionaux en gep/trajet.....	102
Tableau 86 Déplacement interrégional de 300 km.....	104
Tableau 87 Déplacement interrégional de 500 km.....	105
Tableau 88 Déplacement interrégional de 1000 km.....	106
Tableau 89 Déplacement interrégional de 1500 km.....	107
Tableau 90 Transport de marchandises pondéreuses sur 300 km avec une contrainte de temps	111
Tableau 91 Transport de marchandises non pondéreuses sur 300 km avec une contrainte de temps	111

Tableau 92 Transport de marchandises pondéreuses sur 500 km avec une contrainte de temps	112
Tableau 93 Transport de marchandises non pondéreuses sur 500 km avec une contrainte de temps	112
Tableau 94 Transport de marchandises pondéreuses sur 1000 km avec une contrainte de temps	113
Tableau 95 Transport de marchandises non pondéreuses sur 1000 km avec une contrainte de temps	113
Tableau 96 Transport de marchandises pondéreuses sur 1500 km avec une contrainte de temps	114
Tableau 97 Transport de marchandises non pondéreuses sur 1500 km avec une contrainte de temps	114
Tableau 98 Transport de marchandises pondéreuses sur 300 km sans contrainte de temps..	116
Tableau 99 Transport de marchandises non pondéreuses sur 300 km sans contrainte de temps	116
Tableau 100 Transport de marchandises pondéreuses sur 500 km sans une contrainte de temps	117
Tableau 101 Transport de marchandises non pondéreuses sur 500 km sans une contrainte de temps	117
Tableau 102 Transport de marchandises pondéreuses sur 1000 km sans une contrainte de temps	118
Tableau 103 Transport de marchandises non pondéreuses sur 1000 km sans une contrainte de temps	118
Tableau 104 Transport de marchandises pondéreuses sur 1500 km sans une contrainte de temps	119
Tableau 105 Transport de marchandises non pondéreuses sur 1500 km sans une contrainte de temps	119

Liste des figures

Figure 1 Efficacité énergétique des VP selon les zones.....	26
Figure 2 Efficacité énergétique des deux roues	31
Figure 3 Efficacité énergétique du transport en commun routier.....	39
Figure 4 Efficacité énergétique du transport routier de marchandises.....	45
Figure 5 Efficacité énergétique par passager km et type de train (1999).....	47
Figure 6 Efficacité énergétique du transport de marchandises type de train (1999).....	49
Figure 7 Efficacité comparée des modes trajets urbains en gep/pkm et pkm/kep	56
Figure 8 Efficacité comparée des modes trajets régionaux en gep/pkm et pkm/kep	57
Figure 9 Efficacité comparée des modes trajets interrégionaux (gep/pkm et pkm/kep).....	58
Figure 10 Efficacité comparée des modes sur des trajets interurbains (gep/pkm et pkm/kep)	59
Figure 11 Efficacité énergétique du transport de marchandises	60
Figure 12 Abaque consommation spécifique et taux occupation en milieu urbain pour le transport de passagers.....	64
Figure 13 Impact d'une variation du taux d'occupation en milieu urbain selon les modes par rapport à la situation observée.....	65
Figure 14 Abaque reliant le taux d'occupation et la consommation en déplacements régionaux	66
Figure 15 Impact d'une variation du taux d'occupation en milieu régional selon les modes par rapport à la situation observée.....	67
Figure 16 Abaque reliant le taux d'occupation et la consommation en déplacements interrégionaux.....	67
Figure 17 Impact d'une variation du taux d'occupation en milieu interrégional selon les modes par rapport à la situation observée.....	68
Figure 18 Impact d'une variation du taux d'occupation des VP selon les milieux par rapport à la situation observée	69
Figure 19 Abaque sur le transport de marchandises reliant consommations et tonnes chargées	71
Figure 20 Abaque reliant vitesse et consommation spécifique en milieu urbain.....	73
Figure 21 Impact d'une variation de la vitesse moyenne en milieu urbain selon les modes par rapport à la situation observée.....	74
Figure 22 Abaque reliant vitesse et consommation spécifique en milieu régional.....	74
Figure 23 Impact d'une variation de la vitesse moyenne en milieu régional selon les modes par rapport à la situation observée.....	75
Figure 24 Abaque reliant vitesse et consommation spécifique en milieu inter régional.....	76
Figure 25 Impact d'une variation de la vitesse moyenne en milieu interrégional selon les modes par rapport à la situation observée	76
Figure 26 Impact d'une variation de la vitesse moyenne des VP selon les milieux par rapport à la situation observée	77
Figure 27 Abaque reliant distance et consommation spécifique en milieu urbain.....	78
Figure 29 Abaque reliant la vitesse et le taux d'occupation à la consommation en déplacements en milieu urbain.....	80
Figure 30 Abaque reliant la vitesse et le taux d'occupation à la consommation en milieu régional.....	81
Figure 31 Abaque reliant la vitesse et le taux d'occupation à la consommation en inter régional.....	82
Figure 32 Structure type des tableaux de résultats.....	88

Déroulement de l'étude

Ce travail fait parti du programme d'étude défini en 2002 par le CODIREN (COmité des DIRecteurs pour l'ENergie du METLTM). Il a été financé par la DRAST et confié au bureau d'étude ENERDATA.

Afin de superviser son déroulement, un comité de pilotage a été mis en place. Il était composé de :

Pascal Bain	DRAST (coordinateur)
Caroline Bigot	DTT
Georges-Dominique Césari	DAEI/MEPS
Jean-Pierre Gastaut	CGPC
Jean-Pierre Gosset	CERTU
Georges Klaerr-Blanchard	DRE Alsace
Alain Morcheoine	ADEME
Alain Sauvart	DAEI/SES
Elisabeth Savary	DGAC

Ce comité s'est réuni deux fois au cours de l'étude, pour son lancement le 5 février 2003 et pour une présentation des résultats le 12 septembre 2003. La présentation et la validation des résultats intermédiaires et des rapports se sont faites par échanges électroniques.

Le travail d'ENERDATA s'est appuyé sur des données fournies par Air France, la SNCF, Les Voies Navigables de France, l'UTP, le CERTU, l'ADEME que nous tenons à remercier.

Nous souhaitons aussi signaler la participation active du SES, de la DGAC, de la DTT et surtout de l'ADEME qui nous a en particulier permis d'utiliser le logiciel IMPACT sur lequel repose une grande partie des résultats de la seconde partie de cette étude.

Introduction

L'efficacité énergétique du secteur des transports est aujourd'hui au cœur des politiques énergétiques et environnementales. Si l'on exclut les actions sur la demande de transport, accroître l'efficacité énergétique des transports consiste d'une part à améliorer le rendement des différents modes, et d'autre part, à rationaliser le choix des modes de transport, en fonction des différents besoins qu'ils doivent satisfaire. Cette étude comparative sur l'efficacité relative des modes vise à éclairer les termes d'une telle rationalisation.

L'approche comparative de l'efficacité des modes de transport se fait principalement à partir d'indicateurs, exprimant le rapport entre des consommations énergétiques (en tonne équivalent pétrole, tep) et des trafics (en passager-km (pkm) ou tonne-km (tkm)), pour des utilisations comparables. Les données théoriques fournies par les constructeurs d'équipements de transport peuvent être utiles pour construire de tels indicateurs, mais ceux-ci ne donnent alors qu'une vision partielle, souvent biaisée, de la réalité : les conditions réelles d'utilisation des différents modes peuvent en effet modifier très substantiellement et les performances énergétiques réelles des modes, et leurs performances relatives. Un constructeur donnera telle voiture pour 7l/100km, soit potentiellement 52gep/pkm (pour 5 personnes), alors que la réalité urbaine pourra se révéler 5 à 10 fois plus élevée.

La prise en compte du réel oblige donc à s'appuyer sur des indicateurs exprimant l'efficacité des modes en conditions réelles d'utilisation, c'est à dire pour des trafics et des consommations énergétiques réellement observés. Que ces indicateurs soient également cohérents avec les données techniques des constructeurs est également une contrainte à laquelle on ne peut se soustraire.

Ces deux contraintes pèsent fortement sur le choix des sources de données à partir desquelles sont construits les indicateurs.

Le cadre macro général et celui du transport routier (trafics et consommations d'énergie observés) est celui produit annuellement par le SES pour la Commission des Comptes Transport de la Nation (CCTN), dans le cadre du bilan de circulation. Pour le mode ferroviaire et aérien, on s'appuie également sur les données fournies par les grandes compagnies nationales (SNCF et Air France). Dans le cas du transport fluvial, l'approche de l'efficacité énergétique s'appuie sur des exemples concrets, basés sur les chiffres de « Voies Navigables Françaises » (VNF) et concernant l'étude de cinq types de matériels de navigation.

Le cadre technique pour le transport routier (données théoriques de consommations unitaires) est celui produit par l'ADEME avec le modèle IMPACT dans sa version 1 de novembre 1998.

L'approche de l'efficacité énergétique est organisée en trois temps.

Dans un premier temps, il s'agit d'établir un état des lieux de l'efficacité énergétique des différents modes, en conditions réelles moyennes d'utilisation. Compte tenu des grandes disparités de ces conditions d'utilisation selon les aires géographiques, variables selon les modes, cette première phase est menée, autant que faire se peut, sur les aires géographiques les plus significatives au regard de l'efficacité énergétique relative des modes.

Dans un deuxième temps, il s'agit de montrer l'influence des conditions d'utilisations des modes de transports sur leurs consommations énergétiques, et donc sur leur efficacité, sur chacune des aires géographiques préalablement définies. L'utilisation d'abaques permet de visualiser comment les rapports d'efficacité énergétique entre les modes sont susceptibles de changer avec les conditions d'utilisation de ces modes.

La troisième phase de l'étude s'adresse à l'efficacité énergétique des services de transport, non plus en terme d'efficacité d'un mode par rapport à un autre, mais en terme d'efficacité d'un système (au sens d'une combinaison de modes) relativement à un autre, au regard des besoins à satisfaire. Cette troisième phase est censée éclairer plus précisément la notion de rationalisation des choix de modes de transport eu égard à la préoccupation d'accroître l'efficacité énergétique des transports.

Les aires géographiques considérées comme pertinentes pour l'analyse comparative de l'efficacité énergétique sont celles présentant une certaine homogénéité tant du point de vue des motifs de déplacement, que des conditions générales de déplacement (vitesse, accessibilité, temps de parcours) et que des conditions de substitution entre modes : l'urbain, le régional, l'inter-régional.

Par urbain, nous entendons les zones anciennement définies comme ZPIU. Par inter-régional nous entendons longue distance. Le régional « renvoie » à la courte et moyenne distance hors ZPIU. (zone de « bouclage », au sens où elle est constituée de tout ce qui n'est pas urbain ni longue distance).

Cette définition des aires géographiques pertinentes est importante à deux titres :

- d'une part du fait de la non homogénéité des conditions de trafic au sein d'un même réseau : par exemple, une partie du trafic autoroutier se fait en zone urbaine, pour des déplacements typiquement urbains.
- d'autre part, au regard de l'objectif de l'étude ; il s'agit en effet de comparer l'efficacité énergétique des modes pour des déplacements homogènes au regard de la substitution entre modes : par exemple, un déplacement en RER versus un déplacement en voiture intégrant un parcours autoroutier de rocade.

Cette étude se limite à comparer l'efficacité énergétique des modes de transport. En aucun cas, elle ne s'intéresse aux autres avantages que peut offrir tel ou tel mode de transport (confort, coût, sécurité, temps de parcours,...). De plus, il faut tenir compte des domaines de compétence propres à chaque mode. Ainsi, l'avion, qui apparaît particulièrement défavorisé si on se limite aux comparaisons énergétiques, peut s'avérer un meilleur compromis lorsque ces autres paramètres sont pris en compte, dans des contextes d'utilisation spécifiques. Par ailleurs, les nuisances que tel ou tel mode produit sur l'environnement et les conditions de vie ne sont pas nécessairement dans les mêmes rapports dans les efficacités énergétiques respectives. La prise en compte des coûts externes complèterait utilement l'étude de l'efficacité énergétique mais elle déborde du cadre de cette étude.

PARTIE 1 :

l'efficacité énergétique des modes de transport en conditions réelles moyennes d'utilisation

1 Contexte et objectifs

Cette première phase vise à fournir une évaluation comparative de l'efficacité énergétique des modes en conditions réelles moyennes d'utilisation.

Le transport de passagers est appréhendé en 5 modes : la voiture, les 2-roues, les transport en commun routier (autocars, autobus), le transport ferroviaire (tram, métro, RER, TER, TGV) et le transport aérien.

Le transport de marchandises est étudié en 4 modes : les camions, les VUL, le transport ferroviaire et le transport fluvial.

Il est nécessaire au préalable de déterminer pour chacun de ces différents modes, les conditions d'utilisation moyennes propres à chaque zone géographique (urbain, régional et interrégional) afin de comparer entre eux les modes « pertinents » au sein de chaque zone.

Cette approche « géographique » de l'efficacité énergétique pose un problème particulier de ventilation des trafics et des consommations énergétiques de chaque mode selon les zones retenues.

En effet, pour l'essentiel, les sources d'information disponibles sur les trafics et les consommations énergétiques ne proposent pas de découpage selon un critère géographique. Au mieux, on ne dispose d'informations que sur les circulations et/ou trafics par grands réseaux (ville, route et autoroutes pour les modes routiers ; RER, TGV, TRN, etc.. pour le fer). Se présente alors une double difficulté :

- assurer la cohérence de ces informations « réseaux » avec les données de trafic fournies par la Commission des Comptes Transports de la Nation (CCTN), cadre de référence retenu qui ne propose pas de découpage, que ce soit par réseau ou par zone géographique ;
- passer d'un découpage par réseau (quand il existe) à un découpage par aire géographique.

Afin de pouvoir mener à bien l'analyse de l'efficacité énergétique au niveau des aires géographiques pertinentes, un important travail préalable d'estimation des trafics et des consommations énergétiques par aire géographique a donc été nécessaire, notamment pour les modes routiers de transport de passagers. On s'attachera à présenter avec suffisamment de détails la méthodologie et les étapes de cette estimation.

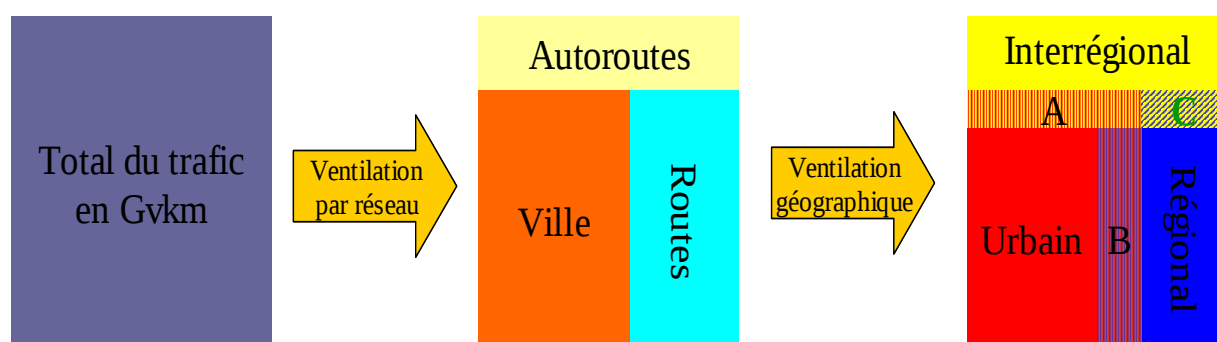
2 Le transport routier

2.1 Le transport routier de passager

2.1.1 La voiture particulière

Les statistiques sur l'usage de la voiture particulière fournies par la Commission des Comptes Transport de la Nation (CCTN) ne permettent pas de distinguer les trafics en voitures selon le type de réseau et à fortiori selon les aires géographiques. Il existe en revanche des informations ponctuelles ou régulières relatives aux circulations générales et aux trafics des voitures sur les grands réseaux routiers.

Il nous faut donc réconcilier d'abord l'information globale avec celles relatives aux réseaux (ville, routes, autoroutes) avant de passer à une analyse en termes d'aires géographiques (urbain, régional, interrégional). La démarche est illustrée à l'aide du schéma ci-dessous :



La ventilation par réseau :

L'information utilisée pour ventiler le trafic total des voitures particulières (source CCTN) par type de réseaux est celle fournie par l'Inrets dans l'enquête annuelle de la SOFRES. Ces travaux donnent une évaluation de la répartition moyenne du kilométrage annuel par voiture selon le type de réseau.

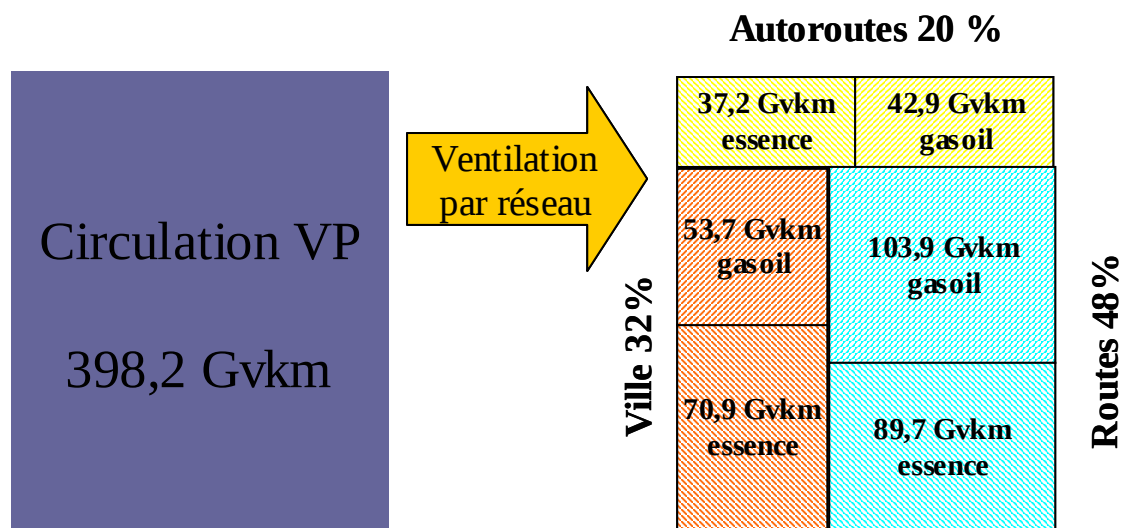
Toutefois, il convient de remarquer que le kilométrage annuel moyen SOFRES est légèrement différent de celui fourni par la CCTN. Aussi, afin d'assurer la cohérence avec les données CCTN, on retient la clé de répartition des kilométrages fournie par l'Inrets et on l'applique aux volumes de trafic issus de la CCTN.

Les kilométrages annuels moyens tels qu'ils s'établissent dans l'enquête « Parc auto » de la SOFRES et dans les Comptes Transports de la Nation sont les suivants :

Tableau 1 Kilomètres par réseau

Km/an/VP	Parcours moyen CCTN	Parcours moyen SOFRES	Ville SOFRES	Route SOFRES	Autoroute SOFRES
Parc essence	11400	11313	4054	5132	2127
Parc gazole	19696	18902	5062	9796	4045
Parc total	14037	13911	4395	6726	2790

La ventilation de la circulation en France CCTN sur la base des données fournies par l'enquête Parc Auto de la SOFRES donne les résultats suivants :



La ventilation par aire géographique :

La deuxième étape consiste à passer d'une répartition par réseau à une ventilation par aire géographique.

Les problèmes de raccordement entre réseaux et aires géographiques sont les suivants :

- une partie du trafic de type autoroutier correspondant à la zone A du schéma ci-dessus est en fait réalisé en zone urbaine pour des finalités urbaines (rocares, périphériques, etc...).
- De même une partie du trafic sur route, correspondant à la zone C du schéma, est en fait effectué en zone urbaine avec des motifs et des conditions de circulation relevant des déplacements urbains .
- Enfin, il existe des zones de recouvrement entre l'interrégional et le régional (zone B du schéma) : les routes sont utilisées pour des déplacements longue distance et les autoroutes pour des déplacements régionaux.

Pour les besoins du modèle IMPACT, l'ADEME a estimé une répartition des circulations « réseaux » par aires géographiques, à partir des données de circulation de 1992 (cf. « l'impact des transports sur la consommation énergétique et la pollution atmosphérique : Diagnostic du système d'informations statistiques et recommandations » Rapport du groupe « Formation Energie-Environnement » du CEDIT, publié en 1997).

Cette estimation, la seule disponible, sert de base au raccordement « réseaux » - « aires géographiques ». Il est néanmoins nécessaire de procéder à une actualisation des clés de ventilation ADEME (de 1992 à 2001) à partir de l'évolution des trafics réels.

Tableau 2 Rapprochement des deux ventilations de base : réseau – aire géographique

<i>Approche de la circulation par les réseaux</i>	<i>Approche de la circulation par aire géographique</i>
Ville	Urbain
Route	Régional
Autoroutes	Inter - régional

Partant de la répartition par réseau, connue, la première étape consiste à estimer la part de la circulation autoroutière et routière qu'il convient de réaffecter à de la circulation de type urbain.

On connaît en fait le poids de la circulation urbaine dans le total des circulations grâce à différents travaux du SES :

- une note publiée en 1998 intitulée « Diagnostic et perspectives à long terme de la demande de transport : Note de synthèse » qui évalue la part de la circulation effectuée en ZPIU à 46% des circulations automobiles réalisées en 1994 ;
- une note de synthèse du SES publiée en 2000 intitulée « le transport routier dans les aires urbaines et en zone rurale ». Hubert Podevin, auteur de la note, y évalue la part du trafic VP réalisée en zone urbaine à 49% de la circulation totale des VP pour l'année 1996.

On peut conclure de ces travaux que la part de la circulation des VP en zone urbaine a progressé entre 1994 et 1996 de quelques 3,2% par an. Si l'on extrapole cette tendance, cela conduit à retenir une part de la circulation en zone urbaine en 2001 de 57,4%. Ce chiffre peut sembler élevé, mais il rejoint d'autres estimations faites dans le cadre des travaux du PREDIT, qui évaluent la part de la circulation urbaine à 58% des circulations.

La seconde étape consiste à estimer la part de chaque trafic (routier et autoroutier) qu'il faut réaffecter à de la circulation urbaine, à trafic global constant, pour atteindre une part de la circulation urbaine de 57%.

La part du trafic sur autoroute réalisée en zone urbaine (zone A du schéma)

Nous nous appuyons ici sur les travaux du CEDIT précédemment cités. Dans cette étude, on estime que 36% du trafic autoroutier est réalisé sur des autoroutes non concédées (en 1992) et que 80% du trafic sur les autoroutes non concédées relèvent d'un trafic en zone urbaine. Si l'on retient cette structure du trafic autoroutier non concédé pour 2001, sachant que la part du trafic sur autoroute non concédée est de 38% en 2001, il convient alors d'affecter 30% ($0,8 \times 0,38$) du trafic autoroutier au trafic en zone urbaine en 2001.

La part du trafic sur route réalisée en zone urbaine (zone B du schéma)

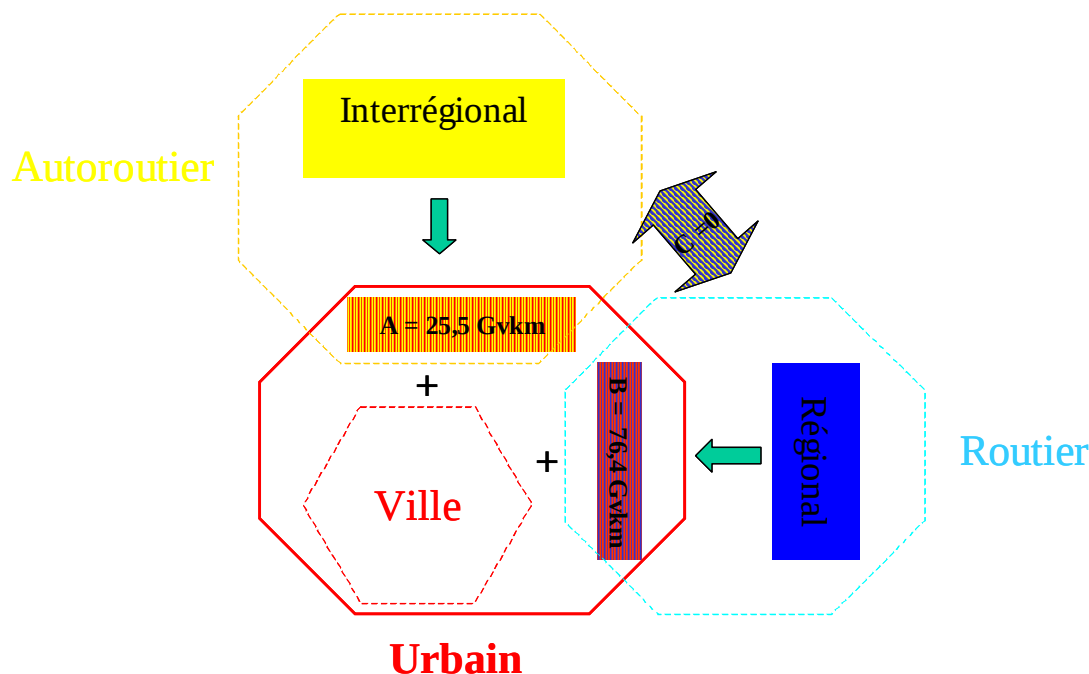
Le trafic sur route constitue en quelque sorte le trafic de bouclage permettant d'assurer une circulation en zone urbaine de 57% de la circulation totale. Ainsi, il convient de retrancher 77 Gvkm au trafic sur route, ramenant ce dernier à 113 Gvkm.

Les réallocations entre routes et autoroutes (zone C du schéma)

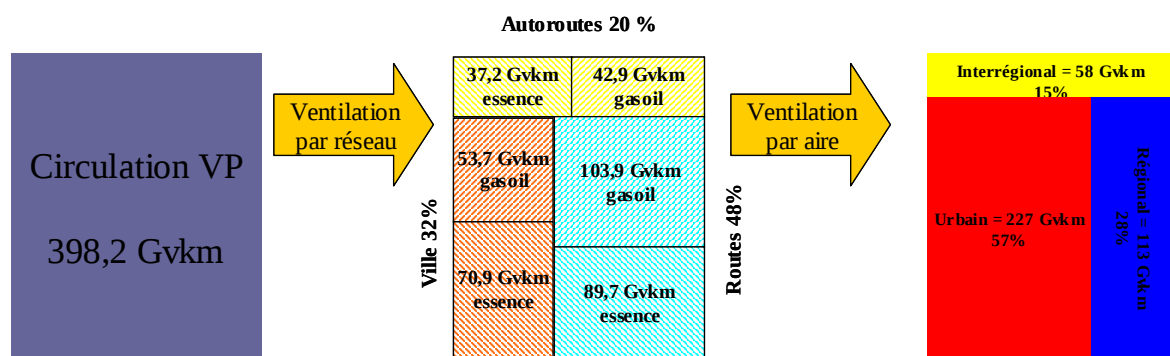
Une fois estimés les trafics autoroutiers et routiers réalisés en zone urbaine, il faudrait procéder aux réallocations du trafic autoroutier vers le trafic régional et du trafic sur routes vers le trafic interrégional (zone C du schéma). En fait, cette réallocation ne paraît finalement pas indispensable au regard des objectifs de l'étude. Il s'agit en effet d'estimer l'efficacité énergétique des différents modes de transport sur une base comparative, en conditions moyennes réelles d'utilisation au sein d'une même aire géographique. Ainsi, pour les transports inter-régionaux, les modes potentiellement concurrents de la voiture sont le car, le train et l'avion. Face à ces modes, seuls les trajets sur autoroutes offrent des conditions comparables en termes de vitesse et de sécurité. On s'intéresse donc principalement à la mise en regard des consommations unitaires associées à l'utilisation de la voiture sur autoroute à celles des autres modes. Aussi, réallouer du trafic sur route au trafic inter-régional, s'il présente un intérêt certain en termes de connaissance intrinsèque des circulations, en présente

beaucoup moins au regard de notre objectif. La même remarque vaut pour la réallocation du trafic autoroutier vers du trafic régional.

Ainsi, la ventilation de la circulation par réseaux selon les aires géographiques peut elle être représentée comme suit :



Le passage du trafic total au trafic par réseaux puis par aire géographique se présente comme suit :



Ventilation des circulations par carburant au sein de chaque aire géographique

L'efficacité énergétique de la voiture dépend nettement du carburant utilisé, essence ou gazole. Or la ventilation par zone géographique a été menée en considérant le trafic total sans faire de distinction entre les circulations selon les carburants. Il faut donc maintenant évaluer au sein de chaque aire géographique, la part effectuée par chacune des motorisations. Comme précédemment, on s'appuie sur les ventilations selon les réseaux et sur les trafics globaux des voitures par carburants donnés par la CCTN.

Le trafic autoroutier non urbain

On applique la même règle d'affectation que celle retenue pour le trafic global, soit 30% des trafics autoroutiers des véhicules essence et des véhicules gazole affectés au trafic urbain, et le solde au trafic inter-régional.

Le trafic urbain

De même, on alloue la même part des trafics globaux essence et gazole au trafic urbain, soit 57% du trafic global de chaque catégorie (essence et gazole) considérés comme du trafic urbain.

Le trafic sur route non urbain

Ce trafic est évalué, pour chaque carburant, par solde entre le trafic global pour chaque carburant et les trafics urbains et autoroutiers non urbains ; soit respectivement une diminution du trafic essence de 30 Gvkm et du trafic gazole de 46 Gvkm par rapport aux trafics sur route initiaux.

Tableau 3 Ventilation des circulations par zone géographique

Gvkm	urbain	régional	interrégional	total
essence	113	59	26	198
gazole	114	54	33	200
total	227	113	59	398

%	urbain	régional	interrégional	
essence	50%	52%	44%	
gazole	50%	48%	56%	
total	100%	100%	100%	

Le calcul des consommations unitaires en conditions réelles

Dans un premier temps, les consommations sont évaluées pour chaque type de réseau (ville, route et autoroute) à partir du logiciel Impact de l'ADEME. Les vitesses de circulation retenues pour chaque réseau sont les suivantes¹.

- Pour les circulations sur autoroute :
 - o 120 km/h pour tous les véhicules sans prise en compte des départs à froid
- Pour les circulations sur route :
 - o 70 km/h pour tous les véhicules sans prise en compte des départs à froid
- Pour les circulations en ville :
 - o 20 km/h pour tous les véhicules avec une distance moyenne pour les départs à froid de 7 km.

Tableau 4 Consommation unitaire théorique (calcul à partir d'Impact)

l/100	ville	route	autoroute
essence	11,82	6,10	9,86
gazole	8,36	3,85	5,40

Pour passer de ces consommations théoriques aux consommations unitaires en conditions réelles moyennes d'utilisation, il faut ajuster les valeurs ADEME de façon à assurer le

¹ En annexe sont présentées des simulations réalisées pour différentes hypothèses de vitesse en ville et sur autoroute

bouclage avec les données de la CCTN sur les consommations unitaires moyennes, tous réseaux confondus. On s'appuie pour cela sur les rapports de consommation unitaire selon les réseaux calculés à partir des données ADEME et exprimés en indice (base 1 pour la route). ,

Tableau 5 Indice de consommation normé sur les circulations sur route

indice	ville	route	autoroute
essence	1,94	1,00	1,62
gazole	2,17	1,00	1,40

Cet indice traduit le fait que la consommation en ville d'un véhicule essence est 1,94 fois supérieure, à ce qu'elle est sur route.

L'estimation des consommations unitaires par réseau en conditions réelles moyennes d'utilisation se fait alors selon l'équation suivante :

$$C_{r,i} = C_{m,i} * T_{t,i} / (I_{v,i} * T_{v,i} + T_{r,i} + I_{a,i} * T_{a,i})$$

Avec : $C_{m,i}$ la consommation moyenne des voitures issue de la CCTN pour le carburant i
 $C_{r,i}$ La consommation des voitures sur route pour le carburant i

$T_{t,i}$ Le trafic total tel que donné par la CCTN réalisé par les voitures de carburant i
 $I_{v,i}$ L'indice de consommation en ville défini dans le tableau précédent
 $T_{v,i}$ Le trafic réalisé en ville tel que calculé précédemment
 $T_{r,i}$ Le trafic réalisé sur route tel que calculé précédemment
 $I_{a,i}$ L'indice de consommation sur autoroute défini dans le tableau précédent
 $T_{a,i}$ Le trafic réalisé sur autoroute tel que calculé précédemment

Tableau 6 Consommations unitaires théoriques ajustées aux consommation CCTN

l/100	ville	route	autoroute	Moyenne
essence	10,69	5,52	8,93	8,03
gazole	10,20	4,70	6,59	6,60

Ayant assimilé le trafic inter régional à celui réalisée sur autoroute et le trafic régional à celui sur route, on assimilera également les consommations unitaires estimées pour chacun de ces deux réseaux (route et autoroute) à celles représentatives des deux aires géographiques correspondantes.

Les consommations unitaires en zone urbaine sont enfin calculées afin d'assurer le bouclage avec les données de consommation de la CCTN.

Pour assurer ce bouclage, il faut au préalable calculer les consommations au niveau national associées aux différentes circulations en recalculant une répartition du kilométrage annuel par VP par carburant et par aire géographique, en utilisant les ventilations des circulations (tableau3) et les données de parc de la CCTN:

Tableau 7 Parc en milliers de véhicules en 2001

Voitures particulières	28 380
dont essence	17 946
dont Gazole	10 435

Tableau 8 Ventilation des kilométrages par zone

	urbain	régional	interrégional	total
essence	6281	3297	1442	11019
gazole	10950	5132	3129	19210
total	7998	3971	2062	14031

La consommation de carburant pour le régional et l'inter-régional est calculée à partir des facteurs précédents : consommations unitaires, kilométrages et parcs.

Tableau 9 Consommation des VP par zone non urbaine

Mtep	régional	interrégional
essence	2,43	1,71
gazole	2,13	1,82
total	4,55	3,54

Afin de réaliser le bouclage des consommations en zone urbaine par rapport aux données de consommations globales de la CCTN, il est nécessaire d'ajuster au préalable la consommation des VP de source CCTN. En effet, cette consommation inclut aussi les VP et VUL étrangers, ainsi que les taxis. La consommation ajustée aux seuls VP français (sur la base des consommations moyennes aux 100 km, des kilométrages et des parcs) est alors la suivante :

Tableau 10 Consommation nationale de carburant des VP français

Mtep	2001
essence	11,79
gazole	11,20
total	22,99

On obtient alors les consommations suivantes pour chacune des aires géographiques, en considérant que la consommation des zones urbaines est le solde entre le total par carburant et la somme régional – interrégional.

Tableau 11 Consommation ventilée par zone

Mtep	urbain	régional	interrégional	total
essence	7,65	2,43	1,71	11,79
gazole	7,25	2,13	1,82	11,20
total	14,90	4,55	3,54	22,99

La consommation unitaire moyenne exprimée en l/100 km des VP en zone urbaine est alors la suivante

Tableau 12 Consommations unitaires des VP par carburant et aire géographique en conditions réelles moyennes d'utilisation

l/100	urbain	régional	interrégional	Moyenne CCTN
essence	9,1	5,5	8,9	8,0
gazole	7,5	4,7	6,6	6,6
moyenne	8,3	5,1	7,6	7,31

L'efficacité énergétique des VP

Le passage des circulations (Gvkm) à la mobilité (Gpkm) s'effectue en utilisant des taux d'occupation moyens par véhicule, tels que fournis par le SES.

Tableau 13 Taux d'occupation SES

pass/véh	
ville	1,25
route	1,99
autoroute	2,17

Toutefois, ces taux d'occupations sont définis par rapport à la notion de réseau et non d'aires géographiques. Afin de prendre en compte le fait que ces taux d'occupations moyens intègrent une partie de circulation effectuée en zone urbaine, ces taux sont ajustés selon la méthode suivante :

$$tx_{ir} = tx_a - P_{a/u} * tx_v / (1 - P_{a/u})$$

$$tx_r = tx_a - P_{r/u} * tx_v / (1 - P_{r/u})$$

avec tx_{ir} le taux d'occupation en circulation inter régionale

avec tx_r le taux d'occupation en circulation régionale

tx_a le taux d'occupation du SES sur autoroute

tx_r le taux d'occupation du SES sur route

tx_v le taux d'occupation du SES en ville

$P_{a/u}$ la part du trafic autoroutier réallouée à du trafic en zone urbaine

$P_{r/u}$ la part du trafic routier réallouée à du trafic en zone urbaine

Les nouveaux taux d'occupation ainsi calculés sont les suivants

Tableau 14 Taux d'occupation des VP par aire géographique

pass/véh	
urbain	1,25
régional	2,50
interrégional	2,57

Les trafics exprimés en Gpkm sont alors les suivants

Tableau 15 Trafics par zone

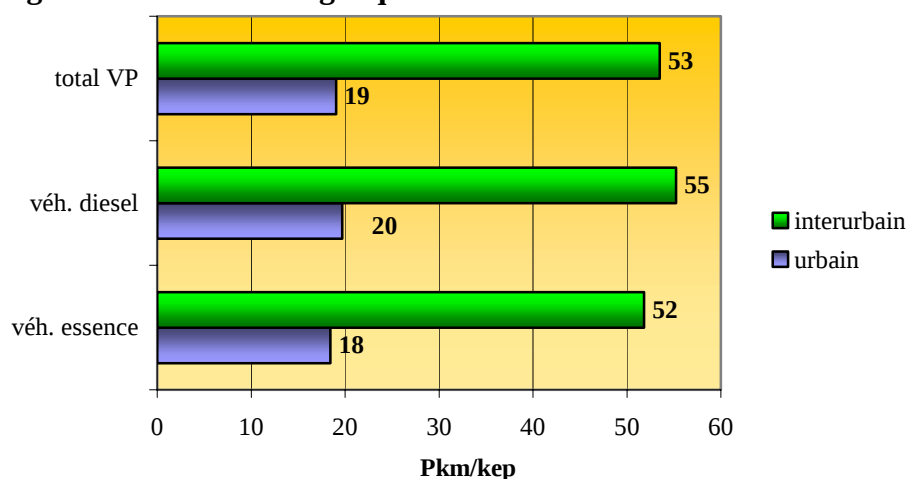
Gpkm	urbain	régional	interrégional	total
essence	141	148	67	356
gazole	143	134	84	361
total	284	282	151	716

L'efficacité énergétique se définit comme le rapport entre les trafics (en pkm) et les consommations (en tep).

Tableau 16 Efficacité énergétique des VP

pkm/kep	urbain	régional	interrégional	interurbain	moyenne
essence	18,42	61,04	38,80	51,83	30,15
gazole	19,70	63,03	46,13	55,23	32,22
total	19,04	61,97	42,57	53,49	31,16

gep/pkm	urbain	régional	interrégional	interurbain	moyenne
essence	54,30	16,38	25,77	19,29	33,16
gazole	50,77	15,87	21,68	18,10	31,03
total	52,52	16,14	23,49	18,69	32,09

Figure 1 Efficacité énergétique des VP selon les zones

En se fondant sur les travaux réalisés conjointement par le Certu et Systra en 1998 dans le cadre du Compte National du Transport des Voyageurs (CNTV), la distance moyenne parcourue par les VP, pour des déplacements en zone urbaine, a été estimée à 7,5 km.

Sur la base de cette information, il est possible de déterminer le nombre total de voyages effectués en VP et en zone urbaine, d'après le rapport entre les trafics en Gpkm et la distance moyenne parcourue. L'efficacité énergétique exprimée en gep par passager se définit alors comme le rapport entre le nombre de déplacements et les consommations en zone urbaine.

Tableau 17 Efficacité énergétique par passager en VP

urbain	G Passagers	gep/pas
essence	18,79	407
gazole	19,04	381
total	37,83	394

2.1.2 Les deux roues motorisées

L'estimation de l'efficacité énergétique des deux roues motorisées se heurte au problème de la disponibilité de l'information, tant au niveau des parcs qu'au niveau des conditions d'utilisation. Plusieurs sources d'informations sont disponibles, sans que toutefois la cohérence entre elles soit assurée. Les données utilisées ici proviennent essentiellement de la chambre Syndicale nationale du Motocycle pour les parcs, de l'ADEME pour les kilométrages ("Motocycles, cyclomoteurs : émissions de polluants et consommation d'énergie. Premiers constats", par Stéphane Barbusse, mai 2001) et de la CCTN pour les consommations totales et les trafics.

Les parcs, les circulations et les consommations

Les données ci-dessous sur les parcs sont celles communiquées par la chambre Syndicale nationale du Motocycle:

Tableau 18 Parc de motocycles en 2001

	milliers	%
<50 cc	1421	58%
< 125 cc	406	17%
> 125 cc	613	25%
Total	2440	100%

Le tableau suivant présente les données de circulations et de consommations issues d'une publication de l'ADEME ("Motocycles, cyclomoteurs: émissions de polluants et consommation d'énergie. Premiers constats", par Stéphane Barbusse, mai 2001) :

Tableau 19 Circulations et consommations des deux roues

	km/an	% ville	conso l/100
<50 cc	2300	50%	3,4
< 125 cc	6000	40%	6,7
> 125 cc	10000	40%	7

Si l'on combine les données de parc, de kilométrage et les consommations unitaires, les résultats en termes de trafic et de consommation totale sont les suivants :

Tableau 20 Circulations et Consommations estimées

	Circulation en Gvkm	Cons. en M litres	Cons. en Mtep
<50 cc	3,3	111,1	0,08
< 125 cc	2,4	163,2	0,12
> 125 cc	6,1	429,1	0,32
Total	11,8	703,4	0,52

Tableau 21 Données CCTN sur les deux roues

	Données CCTN 2001	Ecart avec les données calculées
Gvkm	7,4	59%
Mtep	0,25	109%

Si l'on compare ces résultats avec ceux fournis par la CCTN, on note de fortes différences tant au niveau des trafics que des consommations. Plus surprenant, les écarts ne sont pas du même ordre et font peser une double indétermination tant sur les kilométrages annuels que sur les consommations unitaires.

Pour tenter de réconcilier ces résultats nous reprenons dans un premier temps la méthodologie développée par Explicit dans son étude sur « l'actualisation des efficacités énergétiques et environnementales des transports, 2002 », pour évaluer les kilométrages par réseau et les consommations unitaires associées à chaque type d'utilisation. Le tableau ci-dessous permet de visualiser les hypothèses retenues et les principaux résultats :

Tableau 22 Ventilation des circulations et consommations par zone

	cons l/100	km annuel	parc 2001 en k CSNM	clé	Gvkm
cyclo	3,6	2500	1421		3,55
ville	3,6	2000		0,80	2,84
route	3,6	500		0,20	0,71
50 - 125 cc	6,0	6500	406		2,64
ville	5,7	2145		0,33	0,87
autres	6,2	4355		0,67	1,77
route	5,9	2990		0,46	1,21
autoroute	6,7	1365		0,21	0,55
>125 cc	6,7	9000	613		5,52
ville	7,0	2970		0,33	1,82
autres	6,6	6030		0,67	3,70
route	5,9	4140		0,46	2,54
autoroute	8,1	1890		0,21	1,16
moyenne	5,6	4799	2440		11,71
ville	5,0	2268		0,47	5,53
autres	6,1	2531		0,53	6,18
route	5,5	1829		0,38	4,46
autoroute	7,6	702		0,15	1,71

Le passage des circulations par réseau à des circulations par aire géographique se fait en retenant les hypothèses suivantes :

Tableau 23 Clé de répartition des circulations

	urbain	autres
cyclo	100%	0
50 - 125 cc	100%	0
>125 cc	80%	20%

Les circulations et consommations ventilées par aire géographique sont alors les suivantes :

Tableau 24 Circulation par aires géographiques

Gvkm	urbain	autres	total
cyclo	3,55		3,55
50 - 125 cc	2,64		2,64
>125 cc	4,41	1,10	5,52
Total	10,61	1,10	11,71

Tableau 25 Consommation par aire géographique

Mtep	urbain	autres	total
cyclo	0,09		0,09
50 - 125 cc	0,12		0,12
>125 cc	0,23	0,05	0,28
Total	0,44	0,05	0,50

Pour tenter de retrouver une cohérence avec les données de circulation et de consommation de la CCTN, un premier ajustement est réalisé sur les seules circulations et permet d'obtenir les résultats suivants :

Tableau 26 Circulation par aires géographiques ajustée CCTN

Gvkm	urbain	autres	total
cyclo	2,26		2,26
50 - 125 cc	1,68		1,68
>125 cc	2,81	0,70	3,51
Total	6,74	0,70	7,45

Tableau 27 Consommation par aire géographique non ajustée CCTN, basée sur les circulations ajustées CCTN

Mtep	urbain	autres	total
cyclo	0,06		0,06
50 - 125 cc	0,07		0,07
>125 cc	0,15	0,03	0,18
Total	0,28	0,03	0,32

Si l'ajustement permet de retrouver les circulations fournies par la CCTN, il ne permet pas pour autant de boucler sur les consommations, puisqu'il subsiste un écart de 26% entre la consommation calculée et la consommation de la CCTN. Pour tenter de réduire cet écart, un nouvel ajustement est réalisé et présenté ci-dessous :

Tableau 28 Consommation par aire géographique ajustée CCTN, basée sur les circulations ajustées CCTN

Mtep	urbain	autres	total
cyclo	0,05		0,05
50 - 125 cc	0,06		0,06
>125 cc	0,12	0,03	0,14
Total	0,22	0,03	0,25

Les consommations unitaires associées sont les suivantes :

Tableau 29 Consommation en litre au 100 sur consommation totale ajustée CCTN

l/100 km	urbain	autres	moyenne
cyclo	2,9		2,9
50 - 125 cc	4,8		4,8
>125 cc	5,5	5,2	5,5
Moyenne	4,4	5,2	4,5

L'efficacité énergétique des deux roues

Afin de disposer des trafics exprimés en Gpkm, les hypothèses suivantes sur les taux d'occupation des deux roues ont été retenues :

Tableau 30 Taux d'occupation par deux roues

ville	1
autres	1,1

Cela permet de calculer les trafics et les efficacités énergétiques. Les résultats sont ici présentés en conservant les trois présentations possibles, à savoir :

- trafic et efficacité énergétique calculés sur la base des données initiales non ajustées à celles de la CCTN,
- trafic et efficacité énergétique calculés sur la base de données de trafics ajustées et de données de consommation non ajustées c'est-à-dire avec des consommations calculées sur la base de consommations unitaires cohérentes avec les données de l'ADEME
- trafic et efficacité énergétique calculés sur la base des données de trafic et de consommation ajustées pour assurer le bouclage avec les données de trafic et de consommation de la CCTN

Tableau 31 Circulation par aires géographiques des 2 roues

Circulation par aires géographiques non ajustée CCTN

Gpkm	urbain	autres	total
cyclo	3,55		3,55
50 - 125 cc	2,64		2,64
>125 cc	4,41	1,21	5,63
Total	10,61	1,21	11,82

Circulation par aires géographiques ajustée CCTN

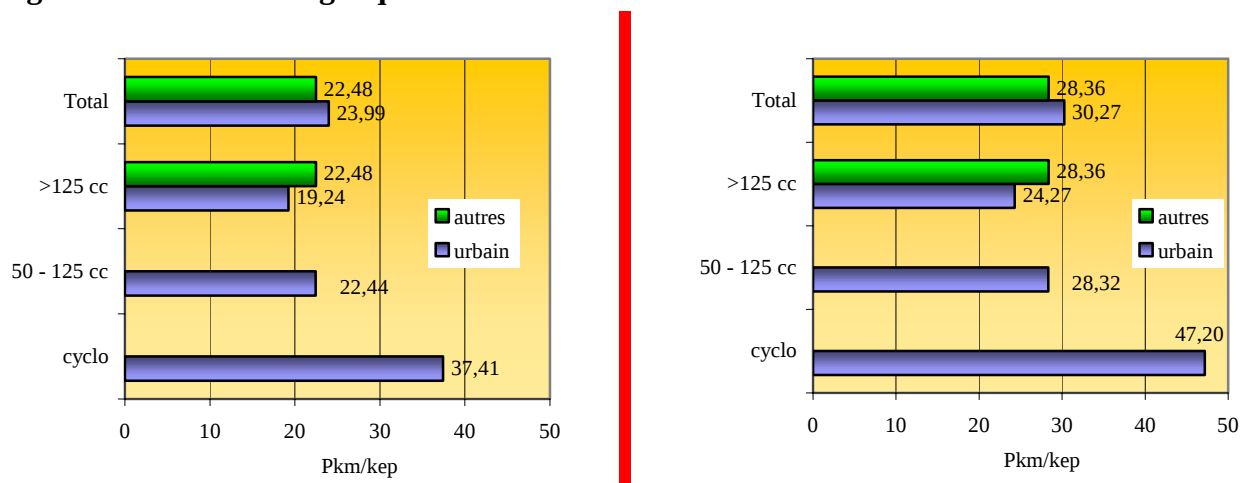
Gpkm	urbain	autres	total
cyclo	2,26		2,26
50 - 125 cc	1,68		1,68
>125 cc	2,81	0,77	3,58
Total	6,74	0,77	7,52

pkm/kep	urbain	autres	total
cyclo	37,41		37,41
50 - 125 cc	22,44		22,44
>125 cc	19,24	22,48	19,86
Total	23,99	22,48	23,83

pkm/kep	urbain	autres	total
cyclo	47,20		47,20
50 - 125 cc	28,32		28,32
>125 cc	24,27	28,36	25,05
Total	30,27	28,36	30,07

gep/pas	urbain	autres	total
cyclo	26,73		26,73
50 - 125 cc	44,56		44,56
>125 cc	51,98	44,49	50,37
Total	41,68	44,49	41,96

gep/pkm	urbain	autres	total
cyclo	21,19		21,19
50 - 125 cc	35,31		35,31
>125 cc	41,20	35,26	39,92
Total	33,03	35,26	33,26

Figure 2 Efficacité énergétique des deux roues

2.1.3 Les transports en commun de passager par la route

La première difficulté rencontrée pour analyser les consommations des transports en commun routiers de passagers est l'absence de distinction par la CCTN entre les trafics par autobus (supposé de type urbain) et les transports par autocars (pouvant relever d'une des trois aires géographiques).

L'analyse de l'efficacité énergétique requière pourtant de pouvoir d'une part distinguer entre les différents types de trafic et d'autre part de pouvoir affecter à ces trafics la consommation d'énergie effectivement liée à ces trafics. Pour tenter de proposer une répartition des trafics ainsi qu'une analyse pertinente des consommations associées, plusieurs sources d'informations ont été retenues : les Note du SES sur les transports par autobus en 2001, les transports par autocars en 2001, l'UTP pour le parc d'autobus en 2001, SYSTRA pour les consommations par type de bus et des données issues d'Impact pour les consommations.

Transport en commun urbain

L'évaluation de l'efficacité énergétique des transports par autobus suppose comme préalable indispensable un approfondissement de la connaissance des parcs d'autobus et des trafics effectués par ces autobus.

Les parcs d'autobus

Le SES publie chaque année une estimation du parc d'autobus en distinguant : parc RATP, parc Ile de France hors RATP et parc de province. A chacune de ces catégories, le SES associe un kilométrage annuel total permettant d'estimer le kilométrage annuel réalisé par les autobus. Ces données sont reprises dans le tableau ci-dessous :

Tableau 32 Parc et kilométrage SES en 2001

données SES		parc	Millions de km/an	km/an/veh
parc autobus	RATP	3949	138	35047
	IdF	2559	79	30989
	province	12434	451	36280
Total		18942	669	35308

Ces données ne permettent pas de faire de distinction entre les différents types de bus. L'UTP publie par ailleurs des données sur les parcs d'autobus en circulation en 2001 permettant de distinguer plusieurs types de bus selon leurs caractéristiques techniques. Ces parcs par catégories sont repris dans le tableau ci-dessous :

Tableau 33 Parc 2001 UTP

	Bus standard	articulé	midibus	minibus	Total
villes < 100 000 hab	1199	86	197	95	1577
villes > 100 000 hab	6869	2045	423	339	9676
total province	8068	2131	620	434	11253
RATP	3510	427	32	42	4011
Idf	189	38	20	32	279
Total	11767	2596	672	508	15543

Il apparaît qu'un écart entre le parc total SES et le parc total UTP existe. Cet écart peut s'expliquer par le fait que les données de l'UTP ne représentent pas la totalité du parc mais seulement un échantillon. Celui-ci est toutefois représentatif puisqu'il est constitué de 138 réseaux de transport public urbain. Aussi, le choix a été fait de retenir le parc total SES comme référence et de ventiler ce parc par catégories de bus en utilisant la structure de parc de l'UTP qui peut être considérée comme représentatif de la structure du parc existant.

Ainsi, le parc estimé par catégorie est le suivant :

Tableau 34 Parc 2001 SES sur clé UTP

	Bus standard	articulé	midibus	minibus	Total
classe 3 < 100 000 hab	1325	95	218	105	1743
classe 1 et 2 > 100 000 hab	7590	2260	467	375	10691
total province	8915	2355	685	480	12434
RATP	3456	420	32	41	3949
Idf	1734	349	183	294	2559
Total	14104	3124	900	814	18942

Disposant d'un parc total ventilé par types d'autobus, il est important de pouvoir associer à chaque type d'autobus, le trafic, exprimé en voyageurs kilomètres, effectué par chaque catégorie d'autobus.

Les trafics des autobus

S'il existe des données relativement fiables sur les trafics des autocars, très peu d'informations sont disponibles sur les trafics des autobus. La note du SES sur les transports par autobus fournit le nombre de voyageurs annuels mais, en l'absence d'estimation de la distance moyenne par voyage, il est impossible d'utiliser cette information. Celle-ci sera utile toutefois pour calculer l'efficacité énergétique en termes de gep/passagers. Aussi, la démarche retenue ici est une démarche par défaut. En effet, la CCTN fournit des données de trafic agrégées entre autobus et autocar, tandis que la note du SES sur les trafics par autocars en 2001, propose une évaluation du trafic réalisé par autocar. La différence entre ces deux trafics permet de fournir une estimation² du trafic total réalisé en autobus en 2001. Ce calcul conduit à estimer le trafic total des autobus en 2001 à 9,09 Milliards de passagers-kilomètres.

² Pour une explication sur la détermination du trafic par autocar se reporter à la partie consacrée aux transports en commun routier par autocar.

³ Etude Explicit-ADEME : « Actualisation des efficacités énergétiques et environnementales des transports » 2002

Disposant de cette estimation du trafic total, il s'agit alors de ventiler ce trafic dans un premier temps entre Ile de France et province, puis dans un deuxième temps entre les différentes catégories d'autobus au sein des différents découpages : villes < 100 000 hab, villes > 100 000 hab, RATP, Ile de France .

La répartition des données de trafic s'appuie sur l'étude préalablement menée par Explicit et l'ADEME ³.

Tableau 35 Répartition des trafics autobus par grandes régions

	Voyageurs/an en Millions	Vkm/an en 2001 Millions	pkm/an 2001 en milliards	taux d'occupation moyen	distance moyenne d'un voyage en km
province	1896	451,1	5,39	11,95	2,84
RATP	894	138,4	2,50	18,04	2,79
IdF hors Ratp	264	79,3	1,20	15,11	4,55
total Idf	1158	217,7	3,69	16,97	3,19
Total	3054	668,8	9,08	13,58	2,97

La ventilation par type d'autobus selon la nomenclature proposée par l'UTP est fondée sur la capacité maximale de chaque type d'autobus. Ces capacités maximales sont celles relevées sur le site d'Irisbus, fabricant d'autobus, et reproduites dans le tableau ci-dessous :

Tableau 36 Capacité des différents types de bus

	Bus standard	articulé	midibus	minibus
Places (assises et debout)	112	171	28	17

En l'absence d'informations sur les taux d'occupation respectifs de ces différents types de bus, la ventilation des trafics par autobus entre les différentes catégories s'appuie sur la méthode suivante. Dans un premier temps, on évalue une « offre maximale de places offertes » pour chaque type de bus, calculée comme le produit entre le parc et la capacité maximale de chaque type. Cette « offre maximale » permet d'estimer des clés de répartition afin de ventiler le trafic total entre les différentes catégories de bus. Les différentes étapes du calcul sont reproduites ci-dessous :

Tableau 37 Offre maximale par type de bus et par région

places	Bus standard	articulé	midibus	minibus	Total
villes < 100 000 hab	148 381	16 249	6 095	1 784	172 510
villes > 100 000 hab	850 069	386 395	13 087	6 368	1 255 919
total province	998 450	402 645	19 182	8 152	1 428 429
RATP	387 043	71 888	882	703	460 517
Idf	194 154	59 600	5 136	4 990	263 880
Total	1 579 647	534 133	25 200	13 845	2 152 826

Tableau 38 Clés de répartition

	Bus standard	articulé	midibus	minibus	Total
villes < 100 000 hab	0,86	0,09	0,04	0,01	1
villes > 100 000 hab	0,68	0,31	0,01	0,01	1
total province	0,70	0,28	0,01	0,01	1
RATP	0,84	0,16	0,00	0,00	1
Idf	0,74	0,23	0,02	0,02	1
Total	0,73	0,25	0,01	0,01	1

Tableau 39 Trafic ventilé par type de bus

G pkm	Bus standard	articulé	midibus	minibus	Total
total province	3,77	1,52	0,07	0,03	5,4
RATP	2,10	0,39	0,00	0,00	2,5
Idf	0,88	0,27	0,02	0,02	1,2
Total	6,75	2,18	0,10	0,06	9,1

Cette ventilation suppose une utilisation uniforme des différents types de bus, ce qui peut entraîner certains biais dans le calcul, dans la mesure où les bus peuvent avoir des profils d'utilisation différents selon leur type. Toutefois, en l'absence d'informations complémentaires, cette répartition sera retenue.

Disposant d'une évaluation des trafics réalisés par les différents types d'autobus, l'étape suivante consiste à s'intéresser aux consommations d'énergie.

Les consommations d'énergie des autobus

Afin d'estimer les consommations de chacun de ces types de bus, et en l'absence d'informations directes de la part des constructeurs, une étude réalisée par SYSTRA en 1994 a été utilisée. Celle-ci fournit les consommations unitaires suivantes par type de bus, selon une nomenclature légèrement différente de la nomenclature UTP.

Tableau 40 Données issues du rapport SYSTRA sur les consommations par type de bus

bus	l / km
standart	0,44
articulé	0,65
mégabus	0,8
bus aggro < 100 000 habitants	0,38
bus aggro 100 à 300 000 habitant	0,44
bus ratp	0,46

Il est alors possible de procéder à une estimation de la consommation totale de chaque type de bus, en retenant les correspondances suivantes entre les consommations selon la typologie Systra et la nomenclature retenue par l'UTP. La consommation des midibus et minibus est supposée égale respectivement aux consommations moyennes des poids lourds de PTAC inférieur à 7,5 tonnes et des utilitaire gazole calculées à partir d'Impact pour une vitesse de 20 km/h, soit respectivement 26,5 l/100 km pour les midibus et 14,5 l/100 km pour les minibus.

Tableau 41 Consommation unitaire des bus

l/100km	Bus standard	articulé	midibus	minibus	Total
villes < 100 000 hab	38	65	26,5	14,5	42,03
villes > 100 000 hab	44	65	26,5	14,5	42,09
RATP	46	65	26,5	14,5	42,11
Idf	44	65	26,5	14,5	42,09

En prenant les kilométrages annuels moyens fournis par le SES, on obtient les résultats suivants :

Tableau 42 Trafic en millions de vkm en 2001

	Bus standart	articulé	midibus	minibus	Total
villes < 100 000 hab	48	3	8	4	63
villes > 100 000 hab	275	82	17	14	388
total province	323	85	25	17	451
RATP	121	15	1	1	138
Idf	54	11	6	9	79
Total	498	111	32	28	669

Tableau 43 Calcul des consommations totales en utilisant les consommations unitaires SYSTRA

Milliers de m ³ de gasoil	Bus standart	articulé	midibus	minibus	Total
villes < 100 000 hab	18	2	2	0	23
villes > 100 000 hab	121	53	4	2	181
total province	139	56	7	2	204
RATP	56	10	0	0	66
Idf	24	7	2	1	34
Total	219	72	9	4	303

Soit en ktep

Tableau 44 Calcul des consommations totales en utilisant les consommations unitaires SYSTRA exprimées en ktep

ktep	Bus standard	articulé	midibus	minibus	Total
villes < 100 000 hab	15	2	2	0	20
villes > 100 000 hab	102	45	4	1	153
total province	118	47	6	2	172
RATP	47	8	0	0	56
Idf	20	6	1	1	29
Total	185	61	7	3	257

La CCTN donne en 2001 une consommation de gasoil pour les transports urbains de passagers de 0,25 Mtep, soit un chiffre proche de celui estimé sur la base des consommations unitaires par type de véhicule.

L'efficacité énergétique des transports par autobus

Disposant des trafics exprimés en pkv et des consommations, l'efficacité énergétique de chaque type est alors la suivante :

Tableau 45 Efficacité énergétique des transports par autobus

pkm/kep	Bus standard	articulé	midibus	minibus	Total
total province	31,95	32,35	12,99	16,88	31,29
RATP	44,51	48,09	18,66	24,24	44,86
Idf	44,09	45,56	15,63	20,31	41,98
Total	36,46	35,73	13,73	18,49	35,42

gep/pkm	Bus standart	articulé	midibus	minibus	Total
total province	31,30	30,91	76,96	59,24	31,96
RATP	22,47	20,79	53,59	41,25	22,29
Idf	22,68	21,95	63,97	49,25	23,82
Total	27,43	27,99	72,83	54,09	28,23

A partir du nombre de voyageurs par an, il est possible, en conservant les mêmes clés de répartition que celles retenues pour ventiler le trafic par catégorie d'autobus, d'estimer la consommation d'énergie par voyageur.

Tableau 46 Voyageurs par an et par type de bus

Voyageurs par an en millions	Bus standard	articulé	midibus	minibus	Total
total province	1 325	534	25	11	1 896
RATP	752	140	2	1	894
Idf	194	60	5	5	264
Total	2 271	734	32	17	3 054

Tableau 47 Efficacité énergétique d'un passager en bus

gep/passager	Bus standard	articulé	midibus	minibus	Total
total province	89,00	87,90	218,85	168,47	90,89
RATP	62,70	58,03	149,57	115,13	62,22
Idf	103,10	99,76	290,79	223,85	108,28
Total	81,50	83,17	226,60	180,30	83,99

Les transports en commun par autocars

Parcs et trafics

Les données concernant les parcs et les trafics sont relativement plus disponibles que dans le cas des autocars et sont toutes fournies par le SES (note sur le transport par autocar en 2001).

Le parc d'autocars en 2001 est de 61 059 véhicules. Il n'existe pas de typologie de ces autocars ; ils seront donc considérés dans la suite comme tous identiques. Les informations sur les kilométrages et les trafics sont les suivantes :

Tableau 48 Données sur le transport par autocar

	kilomètre total millions	km à vide millions	Voyageurs millions	Pkm millions	km/voyages km
trafic autocars en 2001	1265		1153	40566	35
transport régulier	802	243	899	23345	26
interurbain ordinaire	462		429	12463	29
scolaire	247		391	8418	22
personnel	93		79	2464	31
transport occasionnel	463	80	254	17221	68
interurbain ordinaire	405		152	15887	105
<i>excursion</i>	239		125	9046	72
<i>voyages</i>	166		27	6841	256
autres	58		102	1334	13

Comme pour le trafic automobile, le trafic par autocar peut être ventilé selon les trois aires géographiques précédemment définies : l'urbain, le régional et l'interrégional. Le trafic urbain est calculé par différence entre le trafic total et le trafic interurbain, le trafic interrégional se définit comme le trafic correspondant à des trajets supérieurs à 80 km, et le trafic régional constitue le solde.

Tableau 49 Données sur le transport par autocar ventilées par zone

	kilomètre total millions	km à vide millions	Voyageurs millions	Pkm millions	km/voyages km
trafic autocars en 2001	1265		1153	40566	35
transport régulier	802	243	802	802	1
urbain	340		469	10882	23
régional	462		429	12463	29
interrégional	0		0	0	
transport occasionnel	463	80	254	17221	68
urbain	58		102	1334	13
régional	239		125	9046	72
interrégional	166		27	6841	256

Les consommations d'énergie

La CCTN donne deux informations sur les consommations d'énergie : l'une correspond aux ventes de gazole pour les bus et autocars, soit 766 000 m³ en 2001 dont 303 000 m³ correspondant, d'après les calculs précédents, à la consommation des autobus seuls. Le solde (462 000 m³) constitue les ventes de gasoil aux autocars.

Par ailleurs, la CCTN fournit la consommation du transport en commun routier de passagers soit 0,54 Mtep. Ces deux valeurs ne sont pas cohérentes puisqu'une consommation de 0,54 Mtep correspond à une consommation de gasoil de 638 000 m³ soit un écart de 38%. L'écart entre les deux chiffres peut s'expliquer en partie par la circulation des autocars étrangers, non comptabilisée dans les ventes de carburants à des véhicules français. Aussi, nous retiendrons comme chiffre de consommation des autocars celui relatif aux ventes de gasoil, soit 462 000 m³ (391 ktep)

Les consommations unitaires sont calculées à partir d'impact avec les hypothèses suivantes :

- o Consommation en urbain calculée pour une vitesse de 25 km/h
- o Consommation en régional calculée avec une vitesse de 60 km/h
- o Consommation en interrégional calculée avec une vitesse de 90 km/h

Tableau 50 Consommation unitaire des autocars

l/100 km	
urbain	40,6
régional	23,9
inter-régional	24,1

Les consommations se déduisent des données de consommation unitaire et de trafic précédemment estimées.

Tableau 51 Consommation totale des autocars

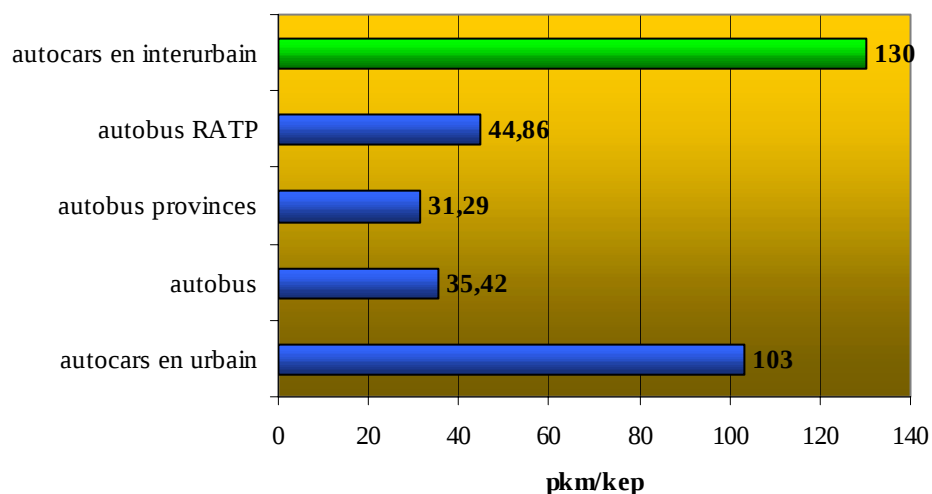
	consommation totale en km ³	consommation totale en ktep
Consommation totale des autocars en 2001	465	393
urbain	207	175
régional	211	178
interrégional	47	40
Consommation du transport régulier	324	274
urbain	180	152
régional	144	122
interrégional		
Consommation du transport occasionnel	141	120
urbain	27	23
régional	67	57
interrégional	47	40

L'efficacité énergétique du transport autocar

Le ratio « trafic sur consommation » permet de calculer les efficacités énergétiques des différents types de transport par autocar.

Tableau 52 Efficacité énergétique du transport par autocar

	efficacité en pkm/kep	efficacité en gep/pkm
Efficacité moyenne des autocars en 2001	103	9,7
urbain	70	14,4
régional	121	8,3
interrégional	172	5,8
interurbain	130	7,7
Efficacité moyenne du transport régulier	85	11,7
urbain	71	14,0
régional	103	9,7
interrégional		
interurbain	103	9,7
Efficacité moyenne du transport occasionnel	144	6,9
urbain	57	17,4
régional	160	6,3
interrégional	172	5,8
interurbain	165	6,1

Figure 3 Efficacité énergétique du transport en commun routier

2.1.4 Le transport routier de marchandises

Méthodologie et sources d'informations

Dans le cadre des transports routiers de marchandises, le choix a été fait de retenir une approche fondée sur les parcours complets et excluant de ce fait la répartition des trafics selon les aires géographiques. La justification de ce choix est double :

- les informations nécessaires à une répartition des trafics routiers selon les aires géographiques sont rares et une ventilation supposerait de définir un jeu d'hypothèses difficiles à justifier ;
- cette première partie s'intéresse à l'efficacité énergétiques des modes alternatifs dans les conditions moyennes réelles d'utilisation ; or pour aucune des alternatives à la route, le fer, la voie d'eau et éventuellement le fret aérien à un niveau international, on ne dispose d'informations spécifiques aux aires géographiques retenues (pour autant que cela ait un sens).

De manière générale, les sources d'informations sur les parcs, les consommations et les trafics sont fournies par la CCTN et issues de l'enquête Transports Routiers de Marchandises (TRM) du Ministère des Transports. L'utilisation de ces deux sources ne va pas sans poser de nombreux problèmes au niveau de la cohérence des définitions, basées pour certaines sur la notion de charge utile, et pour d'autres, sur le PTAC, ou encore au niveau de la prise en compte des trafics réalisés en France par des véhicules étrangers et réciproquement.

Certaines données de consommations unitaires sont issues du logiciel Impact de l'ADEME, les autres sont fournies par l'ADEME (maxicodes) ou la CCTN (moyenne).

Le cas particulier des VUL pour transport de marchandises

L'étude de l'efficacité énergétique des Véhicules Utilitaires Légers (VUL) pose un problème particulier, concernant l'identification des véhicules en service. En effet, les VUL peuvent être répartis en plusieurs catégories, selon l'utilisation qui en est faite :

- le transport individuel de particulier,
- le transport local de marchandises,
- les tournées commerciales,
- les autres usages professionnels des VUL.

Sur la base de l'enquête VUL réalisée par le Ministère des Transports et d'une étude réalisée par Enerdata sur « la modélisation des trafics VUL », il a été possible d'isoler les caractéristiques propres des véhicules utilisés à des fins de transport de marchandises en termes de parcs et de kilométrage annuel moyen.

Les caractéristiques des VUL pour le transport de marchandises sont présentées ci dessous :

Tableau 53 Les VUL pour le transport de marchandises

	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Parcs (milliers)	752	795	815	830	856	848	874	889	904
dont gazole	650	673	695	718	741	763	786	809	832
essence	102	122	120	112	115	84	88	80	73
Km/an (milliers)									
gazole	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1
essence	10,2	10,2	10,2	10,2	10,2	10,2	10,2	10,2	10,2

Ces données s'arrêtent en 1995. Le prolongement des tendances observées sur les parcs, permet d'obtenir les chiffres suivants pour 2001.

Tableau 54 Évaluation du parc VUL affecté aux transports de marchandises

Parcs (milliers) en 2001	994
dont gazole	968
essence	26

Le parc total VUL fourni par la CCTN est de 3951 milliers de VUL. Le parc VUL affecté aux transports de marchandises représente 25% du parc total, ce qui est légèrement inférieur aux résultats issus de l'enquête VUL de 1992 du Ministère des Transports (30%). Étant donné le faible poids des VUL essence dans le parc total, la distinction entre essence et gasoil n'apparaît pas pertinente.

Les consommations unitaires

Les données de consommations unitaires conventionnelles des VUL et des camions sont issues du logiciel IMPACT de l'ADEME. La typologie retenue pour les différents types de camion est donc celle d'IMPACT, basée sur le Poids Total Autorisé en Charge (PTAC). Par ailleurs, des données additionnelles pour les maxicodes seront également fournies par l'ADEME. Les consommations issues d'IMPACT sont calculées avec une vitesse moyenne de 70 km/h afin de pouvoir être comparées avec les consommations des maxicodes, évaluées elles-aussi pour une vitesse moyenne de 70km/h.

Les consommations sont présentées selon le PTAC des différents véhicules dans le cas des consommations issues d'IMPACT, des puissances (exprimées en chevaux) et des normes pour les maxicodes (supposés par définition avoir un PTAC supérieur à 32 tonnes).

Tableau 55 Consommation unitaire des véhicules de transports routiers de marchandises

Classe de PTAC	Consommation en l/100 km à 70 km/h	
<3,0 t (VUL-TRM)	9,67	
3.5 t à 7.5 t	11,5	
7.5 t à 16 t	18,5	
16 t à 32 t	26,6	
>32 t	35,1	
Maxicodes		
Puissance en Cv	EURO I	EURO II
352	30,8	
380	30	
390		31,9
392	32,3	
410	30,1	
412		32,2
430	29,3	
460	29	32,8
480		33,4
530		31,8
571	32,9	
580		36,6

Selon les chiffres publiés par la CCTN, la consommation unitaire moyenne en condition d'utilisation des VUL gazole est de 9,7 l/100 km et celle des camions, de 37,5 litres/100 km pour l'année 2001.

L'évaluation de l'efficacité énergétique

Afin de pouvoir évaluer l'efficacité énergétique (exprimée en gep/tkm), il est nécessaire de connaître le trafic effectué par les VUL et les camions. Les informations sur ces trafics sont fournies par la CCTN. En 2001, le trafic réalisé par des camions français (trafic intérieur, international et transit) s'est élevé à 19,5 Milliards de tkm (Gtkm) pour les VUL et 189 Gtkm pour les camions. Sur la base des consommations unitaires, des distances annuelles moyennes parcourues et des parcs (données CCTN pour les camions) il est possible de calculer la consommation annuelle totale des VUL et des camions.

Tableau 56 Parc, trafic et consommation du transport routier de marchandises

	VUL (uniquement gazole)	Camions
Parc (en milliers)	994	554
km/an	19100	48 455
consommation unitaire (l/100 km)	9,67	37,50
Consommation totale en km3	1836	10057
Consommation en Mtep	1,55	8,52

L'efficacité énergétique, définie comme le rapport entre la consommation totale et le trafic en tkm, est la suivante :

Tableau 57 Efficacité énergétique du transport routier de marchandises

Gep/tkm	VUL	Camions
efficacité	80	45

Les camions sont ici traités comme un seul bloc ; or comme le montrent les données issues d'IMPACT et présentées ci-dessus, la consommation spécifique des camions est très différente selon la classe de charge et la puissance (illustré dans le cas des maxicodes). Il est donc intéressant d'affiner les résultats en les détaillant par grandes classes de charge.

Pour ce faire, plusieurs informations sont disponibles. En premier lieu, les données issues de l'enquête TRM indiquent la structure du parc de camions par classe de charges.

Tableau 58 Ventilation du parc de camion dans l'enquête TRM

Unité : millier de
véhicules

Genres de véhicules et classes de PTAC	2001
Camions	248,4
6,0 t et moins	1,0
6,1 t à 7,4 t	3,1
7,5 t à 10,9 t	38,5
11,0 t à 11,9 t	9,8
12,0 t à 19,0 t	140,6
19,1 t à 21,0 t	4,6
21,1 t à 26,0 t	43,6
26,1 t à 32,0 t	7,1
32,1 t et plus	0,1
Tracteurs routiers	206,0
Total	454,4

Une première remarque s'impose quant au parc total de camions indiqué par TRM (454.400), différent de celui donné dans les statistiques de la CCTN (554 000). Afin de caler les estimations sur le parc CCTN, on applique au parc CCTN les clés de répartition calculées sur les parcs TRM (les tracteurs sont agrégés aux camions de plus de 32 t de PTAC). Enfin, afin de retrouver une nomenclature comparable à celle existant dans le logiciel IMPACT, les camions sont regroupés en trois grandes classes de PTAC.

Sur la base de la structure des vkm du parc roulant par classe de PTAC d'IMPACT (exprimé en % des Vkm), il est alors possible de reconstituer le kilométrage annuel moyen effectué par classe de PTAC. Les résultats sont regroupés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 59 Structure du parc de camions

Structure des vkm du parc roulant IMPACT en 2001, en %	
3,5 t à 16 t	13%
16 t à 32 t	20%
>32 t	67%
Regroupement du parc CCTN ventilé selon les clé TRM pour 2001 en milliers de véhicules	
3,5 t à 16 t	149,6
16 t à 32 t	153,1
>32 t	251,3
Total Camions	554,0
kilométrage par PTAC permettant de retrouver la structure vkm du parc roulant IMPACT en km/an	
3,5 t à 16 t	24 055
16 t à 32 t	34 894
>32 t	71 246
Moyenne	48 455

Sur la base des consommations en litres au 100 km fournies par IMPACT, on calcule les consommations de chaque classe de véhicule. Un écart entre la somme des consommations calculées et la consommation totale fournie par la CCTN de l'ordre de 17% apparaît. Afin de retrouver le chiffre de consommation de la CCTN, les consommations calculées à partir d'IMPACT sont alors pondérées par le rapport entre la consommation CCTN et la somme des consommations calculées. Les résultats sont regroupés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 60 Ventilation de la consommation des camions par classe de charge

	en milliers m3 sur la base des consommations IMPACT	en %	En Mtep sur la base de la consommation CCTN
3,5 t à 16 t	657	8%	0,67
16 t à 32 t	1 421	17%	1,45
>32 t	6 284	75%	6,39
Moyenne	8 362	100%	8,51

Afin de pouvoir calculer l'efficacité énergétique des différents types de camions, il faut ventiler le trafic (exprimé en tonne kilomètres) en fonction des trois classes de charge. Là encore, les informations permettant de réaliser un tel découpage sont, à notre connaissance, inexistantes. Aussi, des hypothèses supplémentaires sur la charge utile moyenne par classe de PTAC sont nécessaires. Cette charge utile moyenne permet d'évaluer une capacité moyenne (en tkm) pour chaque classe de camions. On pondère le trafic global CCTN par la part relative de chaque classe de camions pour obtenir le trafic par classe de PTAC (en supposant donc que les conditions d'utilisation des camions sont identiques quelque soit le type de camion, c'est à dire même taux d'utilisation de la capacité pour tous les véhicules).

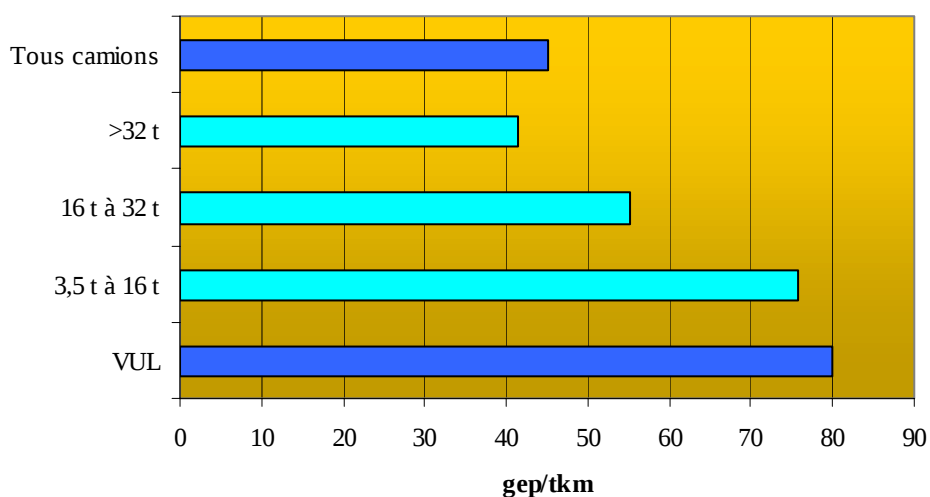
Tableau 61 Ventilation du trafic par classe de PTAC

PTAC	Charge utile moyenne	Tonnes kilomètres offertes	% dans le total	Trafic
t/camion	t/camions	Gtkm	%	Gtkm
3,5 t à 16 t	8	29	5%	9
16 t à 32 t	16	85	14%	26
>32 t	28	501	81%	154
Tous camions	19	616	100%	189

Disposant des consommations totales par classe de PTAC et du trafic associé, il est alors possible de calculer l'efficacité énergétique de chaque classe de PTAC.

Tableau 62 Efficacité énergétique du transport de marchandises par route selon le PTAC

PTAC	Efficacité énergétique gep/tkm
3,5 t à 16 t	75,7
16 t à 32 t	55,1
>32 t	41,5
Tous camions	45,0

Figure 4 Efficacité énergétique du transport routier de marchandises

3 Le transport ferroviaire

3.1 Le transport ferroviaire de passagers

Les données utilisées pour calculer l'efficacité énergétique du transport ferroviaire de passagers et de marchandises sont issues des tableaux ADEME/SNCF (chiffres de 1999) de l'étude « Trafics et consommations d'énergie des différentes catégories de trains SNCF par mode de traction en 1999 » publiée par la Direction de la Stratégie de la SNCF.

3.1.1 Trafic et consommation

Les données concernant les trafics et consommations sont ventilées selon les deux énergies : gazole et électricité. Les consommations d'électricité sont exprimées à la fois en énergie finale (1 MWh=0.086 tep) et en énergie primaire (1 MWh=0.222 tep).

Les différents types de trains sont ventilés en trois catégories :

- fer urbain = train banlieue + métro + RER+ tram RATP
- fer régional = TER
- fer interrégional = TGV + TRN

Tableau 63 : Trafic et consommations (SNCF 1999) équivalence énergie finale et primaire

1 MWh = 0,086 tep

	trafic Gpkm			cons elec electricité		cons gazole	cons totale
	elec	gzl	total	Gwh	ktep	ktep	ktep
energie finale							
trains de banlieue	9,54	0,1	9,6	1210	104	2	106
metro parisien			6,0	500	43		43
metro province			0,7	126	11		11
RER			4,1	365	31		31
tramway(RATP)			0,1	8	1		1
TGV			32,4	2185	188		188
TER	4,94	2,8	7,7	665	57	84	141
TRN *	14,85	1,9	16,8	1176	101	55	156
fer urbain	9,5	0,1	20,5	2209	190	2	192
fer régional	4,9	2,8	7,7	665	57	84	141
fer interregional	14,9	1,9	49,1	3361,0	289,0	55	344

1 MWh = 0,222 tep Equiv primaire	trafic Gpkm			cons electricité		cons gazole	cons totale
	elec	gzl	total	Gwh	ktep	ktep	ktep
trains de banlieue	9,54	0,1	9,6	1210	269	2	270
metro parisien			6,0	500	111		111
metro province			0,7	126	28		28
RER			4,1	365	81		81
tramway(RATP)			0,1	8	2		2
TGV			32,4	2185	485		485
TER	4,94	2,8	7,7	665	148	84	232
TRN *	14,9	1,9	16,8	1176	261	55	316
fer urbain	9,5	0,1	20,5	2209	490	2	492
fer régional	4,9	2,8	7,7	665	148	84	232
fer interregional	14,9	1,9	49,1	3361,0	746	55	801

3.1.2 Efficacité énergétique du transport ferroviaire de passagers

Sur la base des données brutes fournies, l'efficacité énergétique des différents trains se calcule comme le ration gep/pkm (consommation rapporté au trafic passager), exprimé en énergie finale (1 MWh=0.086 tep) ou en énergie primaire équivalent à la production (1 MWh=0.222 tep) *

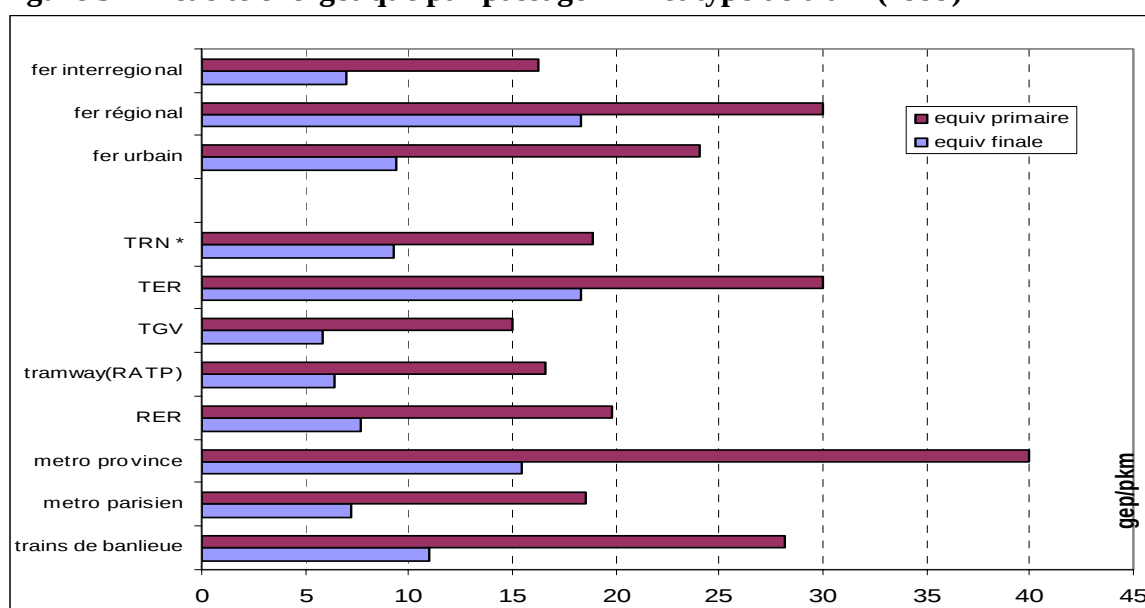
* *l'équivalent primaire à la production* : se conçoit comme la quantité de pétrole qui serait nécessaire pour produire cette énergie électrique dans une centrale thermique classique théorique de rendement égal à $0,086/0,222 = 38,7\%$. Cette méthode a toutefois été abandonnée en 2001 par l'Observatoire français de l'Energie, au profit d'une méthodologie suivie par les grands organismes internationaux : 1 MWh=0.086 tep

Les résultats de ce calcul sont repris dans les tableaux suivants :

Tableau 64 Efficacité gep/pkm du transport de voyageurs par train (1999)

	equiv 0,086 gep/pkm	equiv 0,222 gep/pkm
trains de banlieue	11,0	28,2
métro parisien	7,2	18,5
métro province	15,5	40,0
RER	7,7	19,8
tramway(RATP)	6,5	16,7
TGV	5,8	15,0
TER	18,3	30,0
TRN *	9,3	18,8
fer urbain	9,3	24,0
fer régional	18,3	30,0
fer interrégional	7,0	16,3

Figure 5 Efficacité énergétique par passager km et type de train (1999)



Ce graphique met en parallèle les efficacités énergétiques des différents type de trains, selon les différentes méthodes de comptabilisation de l'électricité, équivalence finale ou primaire.

L'efficacité du fer urbain est de 9.3 gep/pkm (ou 24 gep/pkm équivalent à la production) ; parmi les types de trains qui composent cet ensemble, les tramways, RER et métros sont les plus « performants ».

L'efficacité du fer régional est seulement due aux TER (18.3 gep/pkm) ; ce résultat semble toutefois biaisé car il existe une très forte disparité entre les TER, suivant les régions et les lignes fréquentées.

3.2 Le transport ferroviaire de marchandises

3.2.1 Trafic et consommation

Les facteurs discriminants de ce mode est le type de train (train entier, train combiné train/camion, wagon isolé) et le type d'énergie consommée (électricité ou gazole).

Tableau 65 Trafic et consommations du transport ferroviaire de marchandises (SNCF , 1999)

1999	Gt*km	cons elec		cons gazole	Cons totale
energie finale	total	Gwh	ktep	ktep	ktep
train entier elec	21,4	797	68,54		68,5
train entier diesel	3,5			48,2	48,2
trains entier	24,9	797	68,54	48,2	116,7
transport combiné elec	13,1	689	59,25		59,3
transport combiné diesel	0,2			2,5	2,5
transport combiné	13,3	689	59,25	2,5	61,8
wagon isolé elec	12,2	886	76,2		76
wagon isolé diesel	1,7			44,8	45
wagon isolé	13,9	886	76,2	44,8	121
total fer elec	46,7	2372	204		204,0
total fer diesel	5,4			95,5	95,5
total fer	52,1	2372	204	95,5	299,5

	Gt*km	cons elec		cons gazole	Cons totale
energie primaire	total	Gwh	ktep	ktep	ktep
train entier elec	21,4	797	176,93		176,9
train entier diesel	3,5			48,2	48,2
trains entier	24,9	797	176,93	48,2	225,1
transport combiné elec	13,1	689	152,96		153,0
transport combiné diesel	0,2			2,5	2,5
transport combiné	13,3	689	152,96	2,5	155,5
wagon isolé elec	12,2	886	196,69		196,7
wagon isolé diesel	1,7			44,8	44,8
wagon isolé	13,9	886	196,69		196,7
total fer elec	46,7	2372	526,58		526,6
total fer diesel	5,4			95,5	95,5
total fer	52,1	2372	526,58	95,5	622,1

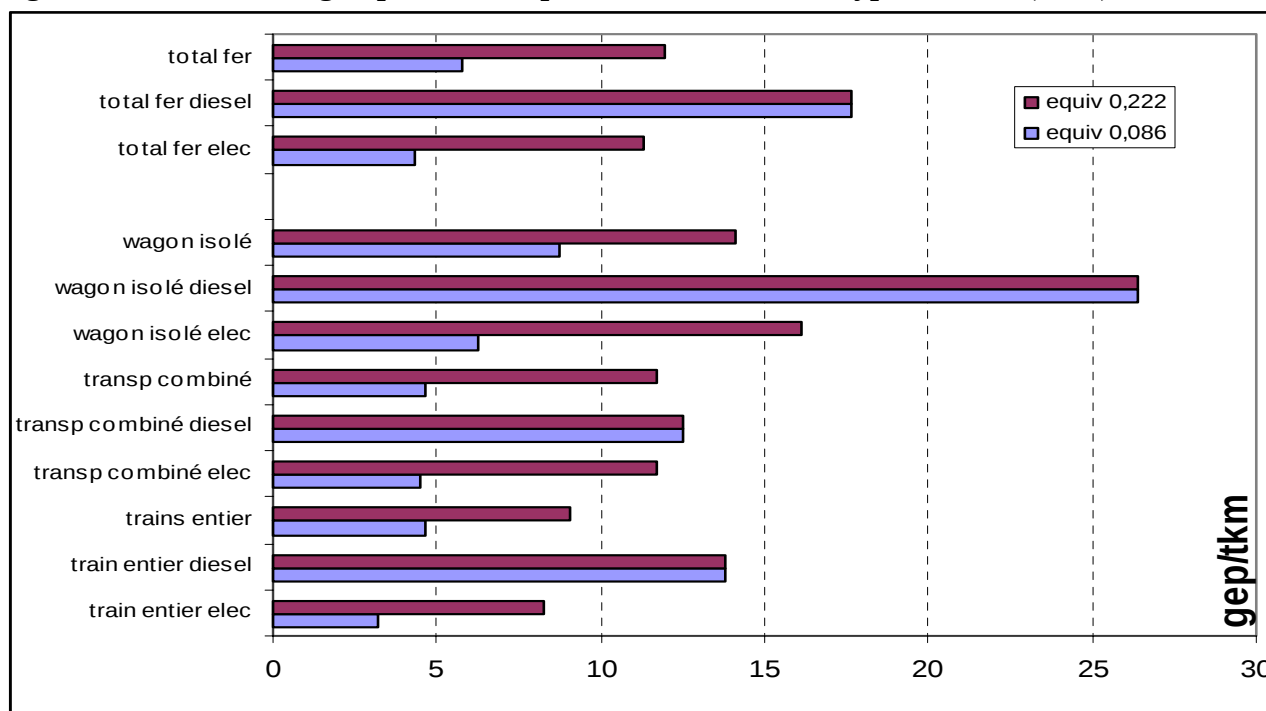
3.2.2 L'efficacité du transport ferroviaire de marchandises

Le ratio gep/tkm permet d'apprécier l'efficacité énergétique des différentes catégories de train de marchandises, selon le type d'énergie consommée.

Tableau 66 Efficacité gep/tkm du transport de marchandises par train (1999)

Gep/tkm	equiv 0,086	equiv 0,222
train entier elec	3,2	8,3
train entier gazole	13,8	13,8
trains entier	4,7	9,0
transport combiné elec	4,5	11,7
transport combiné gazole	12,5	12,5
transport combiné	4,6	11,7
wagon isolé elec	6,2	16,1
wagon isolé gazole	26,4	26,4
wagon isolé	8,7	14,2
total fer elec	4,4	11,3
total fer gazole	17,7	17,7
total fer	5,7	11,9

Figure 6 Efficacité énergétique du transport de marchandises type de train (1999)



En équivalant à la consommation (1 MWh=0.086 tep), on observe une efficacité énergétique semblable pour le transport combiné (train/camion) et les trains entiers, soit 4,6 gep/tkm. Le transport par wagon isolé reste à l'écart, avec une efficacité de 9 gep/tkm.

Ce constat est toutefois différent si l'on considère les consommations d'électricité calculées en équivalant à la production ; dans ce cas, les trains entiers ont la plus grande efficacité (9 gep/tkm), devant le transport combiné (12 gep/tkm) et le transport par wagon isolé (14 gep/tkm).

4 Le transport aérien

Le transport aérien est abordé en considérant deux sources d'informations : les données générales et officielles fournies par la Direction Générale de l'Aviation Civile (DGAC) et les données fournies par la compagnie nationale Air France.

4.1 Le transport aérien et ses spécificités

L'avion est un mode de transport qui possède ses propres spécificités.

L'avion est à la fois destiné à transporter des passagers et du fret, même si ce dernier poste est essentiellement concentré sur l'international, pour des vols long courrier. Au niveau de la métropole, le transport de fret est négligeable; au niveau de l'international, nous proposerons une distinction entre les consommations de carburants imputables aux passagers d'une part, et au fret, d'autre part, en retenant le ratio d'équivalence suivant : 1 tonne passagers équivaut à 1,7 t de fret (ratio utilisé par Air France).

Une autre spécificité de l'avion est qu'il transporte sa propre énergie : un avion ne peut pas se ravitailler où il veut (il transporte avec lui tout le carburant qui lui est nécessaire pour effectuer un trajet, d'où une charge supplémentaire pour le vol). Même si ce fait est également vrai pour d'autres moyens de transport tels que les camions, l'impact est moins important que dans le cas de l'avion.

L'avion est un mode de transport que l'on utilise plus fréquemment sur des longues distances ; la comparaison de ce dernier avec des modes routier ou même ferroviaire ne sera pas totalement équitable puisque l'on se restreindra à des distances inférieures à 1500 km, soit environ la distance entre deux points extrêmes en France. Un avantage que possède toutefois l'avion par rapport aux autres modes, surtout pour des distances supérieures à 500 km, est un temps de trajet incontestablement inférieur à celui des autres modes (voitures ou même train).

Une dernière information qu'il convient de souligner est que les voies aériennes ne sont pas directes : un avion peut être amené à emprunter une route beaucoup plus longue pour rejoindre une destination : la différence entre la distance orthodromique et la route réellement empruntée par un avion peut modifier assez significativement le ratio d'efficacité ; on a pu enregistrer jusqu'à 20% d'écarts sur des vols très courts. Or les données de consommation unitaire fournies sont relatives à la distance orthodromique. En effet, pour le transport aérien, à la différence des transports terrestres, les consommations réelles ne peuvent être rattachées qu'à des parcours caractérisés par des distances orthodromiques.

Pour corriger cette source de biais et afin de pouvoir comparer l'avion aux autres modes de transports, notamment routier et ferroviaire, nous calculerons un ratio gep/pkm, diminué de 20%, qui traduit la différence entre un « gep/pkm orthodromique » et un « gep/pkm réel » tel que nous le considérons pour les modes terrestres (le trafic aérien est en effet exprimé dans notre étude en gep orthodromique »).

4.2 Les données du transport aérien : DGAC/CITEPA

Afin de proposer une vision plus globale du transport aérien français (toutes compagnies incluses), nous étudions dans un premier temps les données fournies par la DGAC ; le ratio d'efficacité énergétique est calculé à partir des données de trafic fournies par la DGAC

(Direction Générale de l'aviation Civile) et des émissions de CO₂ calculées par le CITEPA, qui nous permettent de déterminer une consommation d'énergie en retenant le coefficient d'équivalence: 1 tCO₂ = 2,9936 tep .

4.2.1 Trafics et consommation

Les données fournies ne concernent que le trafic commercial métropolitain, toutes compagnies aériennes confondues. Les consommations d'énergie sont calculées à partir des émissions de CO₂ fournies par le CITEPA.

Les données fournies par la DGAC/CITEPA sont organisées selon la répartition géographique suivante :

- intérieur métropole
- métropole – outre mer
- intérieur outre-mer
- métropole étranger
- outre mer – étranger

Le tableau ci-dessous propose les données de trafic, d'émissions de CO₂ et de consommations de carburant fournies par la DGAC et qui correspondent aux inventaires officiels français, en terme d'émissions de gaz à effet de serre. Les trafics en pkt ont été augmentés de 20% afin de tenir compte du fait que l'avion, dans ses déplacements, emprunte des voies qui sont relativement différentes des voies empruntées par les autres modes que sont les transports routiers ou encore ferroviaires. Nous augmentons donc tous les trafics de 20% afin de tenir compte de cette spécificité, ce qui revient à augmenter l'efficacité du transport aérien de 20%.

Tableau 67 Trafic et émissions du trafic aérien (DGAC)

ktCO2	1990	1995	2000
intérieure métropole	2014	2140	2782
<i>métropole - outre mer</i>	1655	2474	2851
<i>intérieur outre mer</i>	110	99	141
<i>métropole étranger</i>	15609	19406	26019
<i>outre mer étranger</i>	942	977	1093
sous total	18316	22956	30104
		trafic augmenté de 20%	
Mpkt*			
intérieure métropole	13690	14546	18154
<i>métropole - outre mer</i>	17035	27961	36476
<i>intérieur outre mer</i>	600	646	929
<i>métropole étranger</i>	103212	136561	211168
<i>outre mer étranger</i>	3776	4260	5995
sous total	124624	169428	254568
gCO2/pkt			
intérieure métropole	176,5	176,5	183,9
<i>métropole - outre mer</i>	116,6	106,2	93,8
<i>intérieur outre mer</i>	220,0	184,0	182,2
<i>métropole étranger</i>	181,5	170,5	147,9
<i>outre mer étranger</i>	299,3	275,2	218,8
sous total	176,4	162,6	141,9
gep/pkt	1990	1995	2000
intérieure métropole	49,1	49,1	51,2
<i>métropole - outre mer</i>	32,5	29,6	26,1
<i>intérieur outre mer</i>	61,2	51,2	50,7
<i>métropole étranger</i>	50,5	47,5	41,2
<i>outre mer étranger</i>	83,3	76,6	60,9
sous total	49,1	45,3	39,5

* Les consommations énergétiques sont calculées à partir des émissions de CO2 (source CITEPA), en retenant le coefficient de passage tCO2/ tep de 2.9936 (coefficient international).

4.2.2 L'efficacité énergétique du transport aérien national

En 2000, l'efficacité énergétique du transport aérien de la métropole est de 51 gep/pkt « réel », et de 40 gep/pkt en moyenne pour tous les vols, quelles que soit leurs destinations.

4.3 Les données de la compagnie nationale : Air France

La prise en compte d'une source supplémentaire de données pour le transport aérien est utilisée afin de rendre compte des performances de l'avion court courrier face à un concurrent tel que le TGV. Pour ce faire, il est plus pertinent d'utiliser des données relatives à des parcours réels (exemple : Paris Lyon), que de retenir des données moyennes.

4.3.1 Trafics et consommations

Les données sont extraites de la base de données d'Air France, et plus précisément de son rapport « environnement 2000-01 ».

Les séries brutes fournies sont les suivantes:

- trafic en passager-km transporté (pkt) ou tonne-km transportée (tk) pour les différentes catégories de parcours
- Siège-km offert (sko)
- Distance orthodromique (plus courte distance entre deux points)
- Taux de remplissage des avions selon les parcours (cr)
- Consommation spécifique passagers (l/100 pkt) et fret (g/tkt)

Pour les court courrier, des liaisons réelles sont également étudiées et sont présentées dans la seconde partie du présent rapport (Paris-Nantes, Paris-Marseille, Paris-Lyon, Lyon-Nantes ...)

Les données de distance (signalées par *) ont été augmentées de 20% afin de prendre en compte les différences d'approche dans le calcul des efficacités énergétiques entre le transport aérien et les transports terrestres.

Les données de consommation de carburant des avions Air France proviennent du suivi de la facturation des avitaillements et sont par conséquent extrêmement complètes et précises. Ceci est un facteur d'écart supplémentaire par rapport à l'estimation, qui ne peut être que statistique, de la consommation d'énergie des modes de transport routiers. La prise en compte de données « constructeurs » auraient pu modifier quelque peu ce chiffre ; mais nous n'avons retenu que les données d'Air France pour des raisons de cohérence entre trafics et consommation d'une part et de cohérence avec le reste de l'étude qui retient pour les autres modes des données de consommation observée.

Tableau 68 Trafic aérien et consommation

	AF		consommation		dist orthodromi que	CR %	nb vols	SKO (Mds)	SKO *corr	PKT (Mds)	PKT *corr	TKTF		Cs Fret
	l/100 PKT	Mt	Mtep									(Mds)	g/TKTF	
long courrier >210 sièges; vol >3500 km	4,2	2,923	3,114	6250	83		88,1	105,72	72,8	87,36	2,2	217		
moyen courrier <210 sièges; vol 0-3500 km, Europe, Afrique du Nord	6	0,537	0,572	760	72		15,7	18,84	10,9	13,08	0,04	337		
Vol court courrier (vols en métropole)	5,8	0,385	0,410	570	75		11	13,2	8,3	9,96	xx	xx		
TOTAL (LC, MC et CC)		3,845	4,095				114,8	137,8	92,0	110,4		2,2		

Les vols Air France sont organisés selon la classification suivante :

- Court courrier : vol < 1000 km, métropole
- Moyen courrier : vol > 1000 km et < 3500 km, Europe, Afrique du Nord
- Long courrier : vol > 3500 km

4.3.2 Efficacité énergétique

Sur la base des données fournies, les séries de consommation ont été calculées selon les conventions précisées ci-dessous.

Pour les long et moyen courrier, il est possible de calculer une consommation de carburant hors fret, c'est-à-dire que l'on retire la part de carburant qui correspond au transport du fret.

La consommation en tonne puis en Mtep est calculée comme suit:

$$\text{Carburant total (t)} = \underbrace{\text{densité}}_{0.8} * \underbrace{(l/100 \text{ PKT}) * \text{PKT}}_{\text{Passagers}} + \underbrace{(g/\text{TKT}) * \text{TKT}}_{\text{marchandises}}$$

Le passage tonne _ tep pour la consommation de carburant est établi par la relation :

$$\text{Carburant (Mtep)} = \text{carburant (Mt)} * 1.065^3$$

Tableau 69 Efficacité énergétique du transport aérien

	gep/pkm (hors fret)
long courrier	29,8
moyen courrier	42,6
Vol court courrier	41,2

L'efficacité des vols court courrier (métropole seule) s'avère meilleure que celle enregistrée sur des vols moyens courriers. Ce résultat s'explique d'une part par l'utilisation sur le réseau métropolitain d'appareils de plus grande capacité que sur le réseau Europe, et d'autre part par le meilleur taux de remplissage de ceux-ci.

4.4 Analyse comparative des données DGAC / Air France

En croisant les résultats d'Air France et ceux de la DGAC / CITEPA, on ne peut réellement comparer que les données relatives à la métropole (« intérieure métropole » pour la DGAC et « vol court courrier » pour Air France).

Si l'on retient ce niveau de comparaison relatif à la métropole, on a pu précédemment calculer les résultats suivants :

	Court courrier Air France	Intérieure métropole DGAC
Gep/pkm	41	51

Il apparaît des différences significatives entre les deux sources de données concernant l'efficacité énergétique des vols sur la métropole : 51 gep/pkm selon la source DGAC et 41 gep/pkm d'après les données Air France. Dans ce cas, l'écart observé peut être directement lié à la différence des types d'appareils utilisés par Air France et la majorité des autres compagnies exploitant en métropole. Air France exploite des appareils d'une capacité relativement significative (150-200 sièges), sur des routes où le trafic est relativement important ; la plupart des autres compagnies mettent en circulation des appareils de capacité plus réduite, mieux adaptés aux trafics des lignes qu'elles exploitent, mais avec également, des consommations spécifiques plus élevées.

³ Ce coefficient de 1,065 tep/t correspond à celui préconisé par l'AIE (44,59 TJ / 10³ t) multiplié par le coefficient de passage joule / tep de 1/41,868

La comparaison des deux sources Air France et la DGAC a été présentée, dans cette première partie, afin de dresser un panorama du secteur aérien le plus représentatif possible de la situation française. Dans la suite de l'étude, nous utiliserons essentiellement les données d'Air France afin de présenter des résultats plus fins, et notamment des résultats se reportant à des liaisons réelles.

5 Le transport fluvial

La connaissance du transport fluvial est basée sur des exemples concrets, relatifs au matériel de navigation. On distingue 4 types de bateaux, qui s'échelonnent de l'automoteur freycinet (210 CV, 250 t) jusqu'aux convois poussés (1800 CV, 4400 t). La source de données retenue est « Voies Navigables de France » (VNF).

L'efficacité énergétique de la navigation intérieure dépend de plusieurs paramètres :

- le type de matériel employé. L'éventail de l'offre, qui s'échelonne de l'automoteur freycinet (250T) jusqu'aux convois poussés (4.400T), est large. En conséquence, un ratio commun à l'ensemble du matériel mis en service est réducteur ;
- la nature de l'infrastructure utilisée. La progression sur canal, compte tenu du fait qu'aucun courant ne vient entraver la navigation, est, toutes choses égales par ailleurs, plus économique que sur un fleuve à courant libre. La navigation sur rivière canalisée ou régulée impose une dépense énergétique intermédiaire.

Notre analyse s'appuie sur le cas concret d'une liaison théorique de Gennevilliers au Havre, en considérant différents matériels de navigation, selon la puissance et le tonnage transporté.

Tableau 70 Efficacité énergétique des outils de navigation intérieure, y compris voyage à vide, et compte tenu d'un coefficient de remplissage de 0,90 pour 3,00m d'enfoncement

type d'unité	efficacité énergétique (gep/tkm)
freycinet (210CV - 350T)	7,7
DEK (510 CV- 850T)	6,7
RHK (690 CV - 1.350T)	5,8
Grand Rhéan (1.025 CV - 2.050T)	5,7
convois poussés (1.800 CV - 4.400T)	3,6

source : VNF

Cet exemple est certes restrictif mais peut servir de référence à une analyse plus poussée du transport fluvial ; toutefois, à ce stade, compte tenu du manque d'informations relatives à ce mode de transport, nous nous limitons à ces cas concrets.

6 Une première synthèse des résultats

Pour chaque aire géographique, (urbaine, régionale, interrégionale), nous reprenons dans les graphiques suivants les résultats obtenus pour chaque mode regroupés par aire géographique et selon deux unités (gep/pkm, pkm/kep).

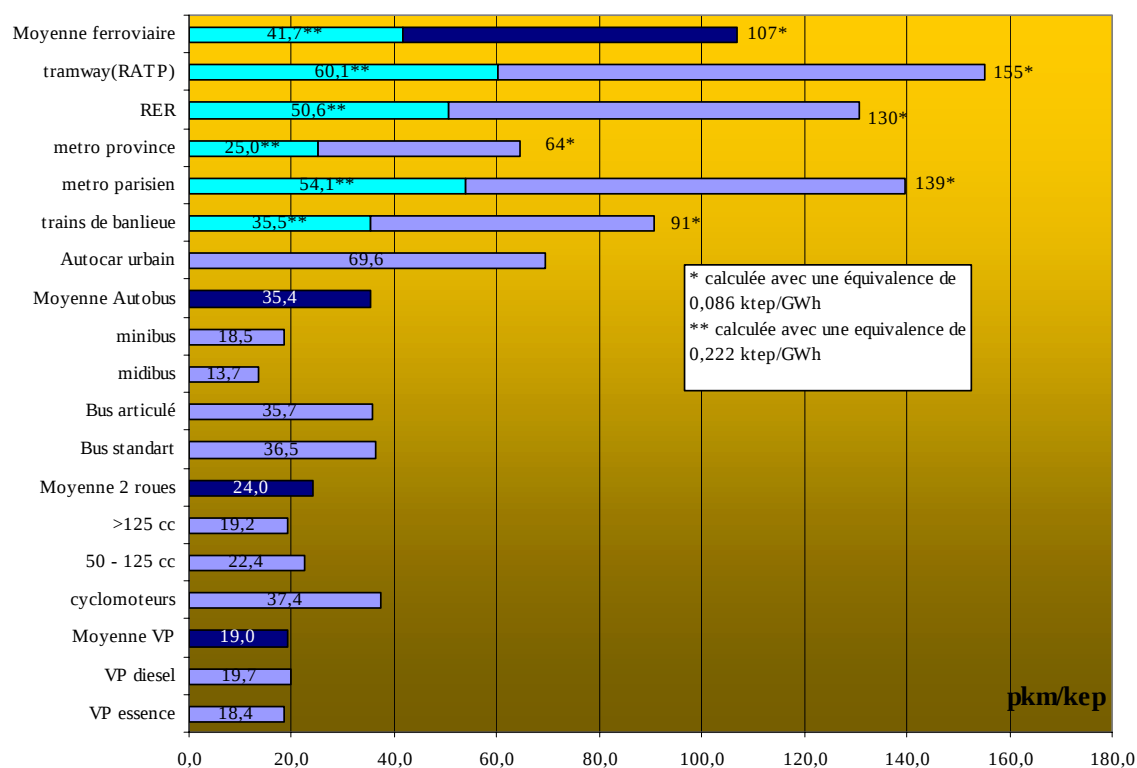
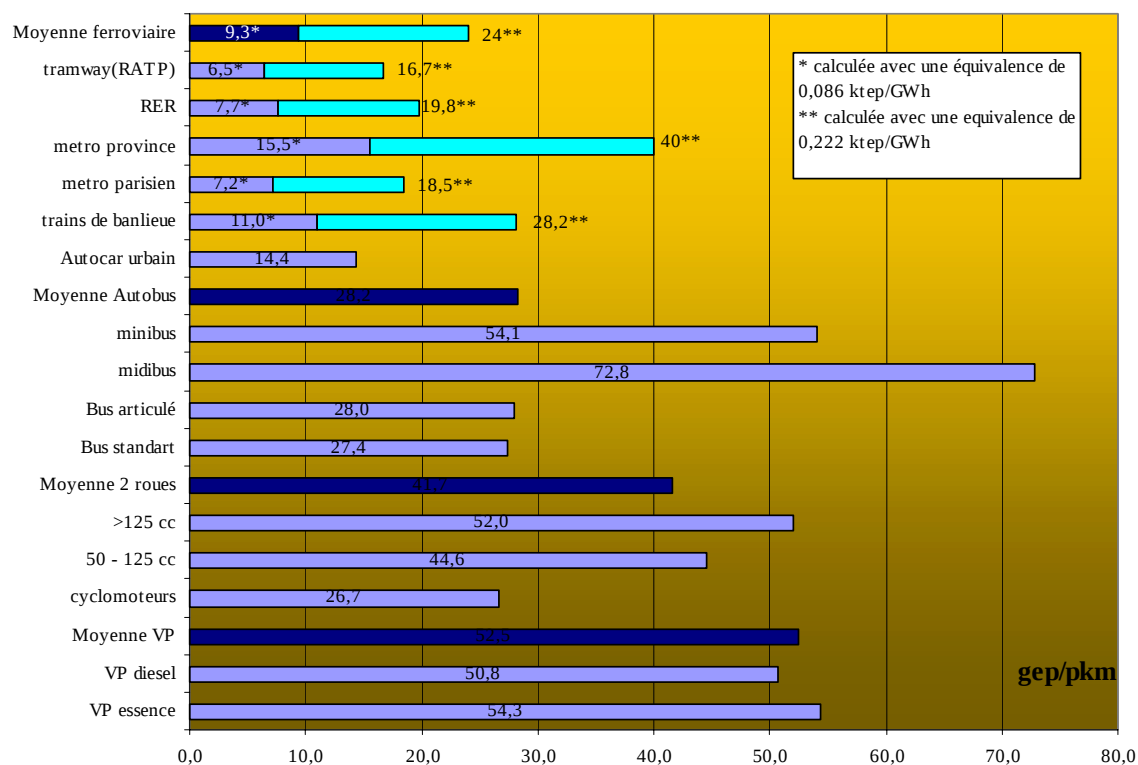
Figure 7 Efficacité comparée des modes trajets urbains en gep/pkm et pkm/kep

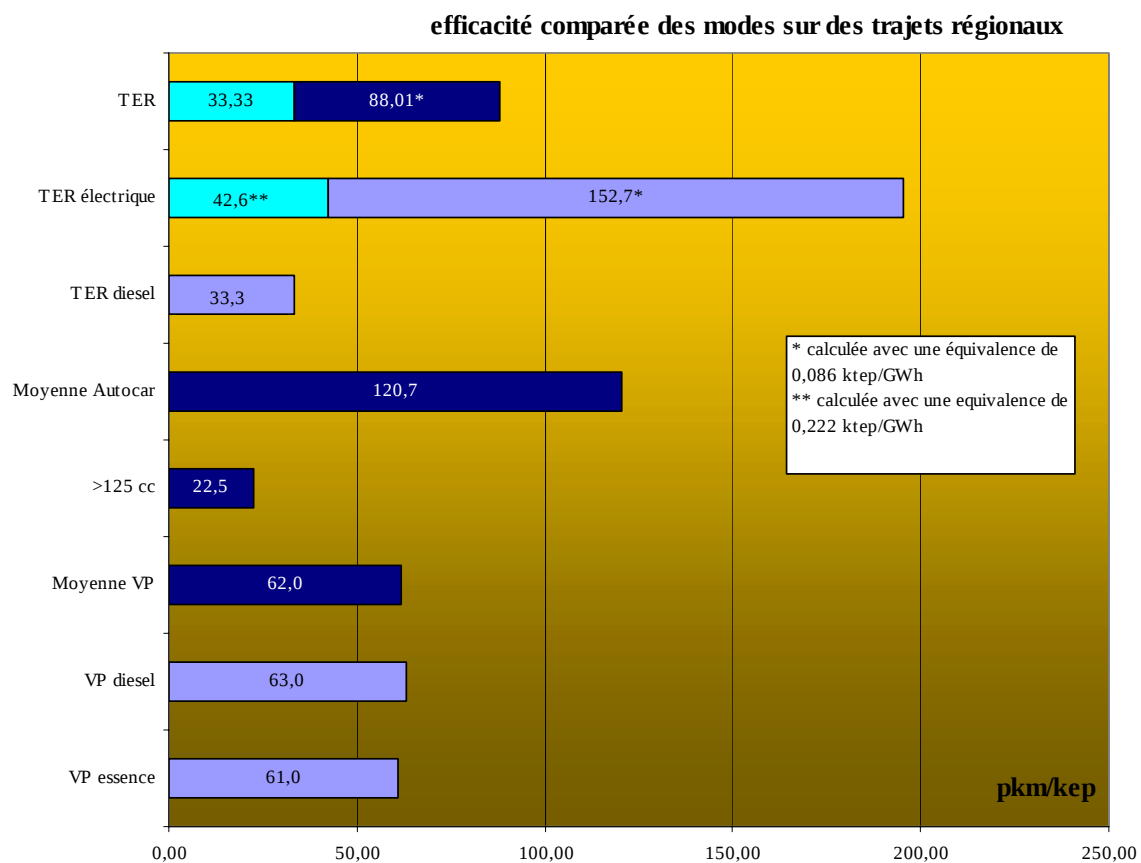
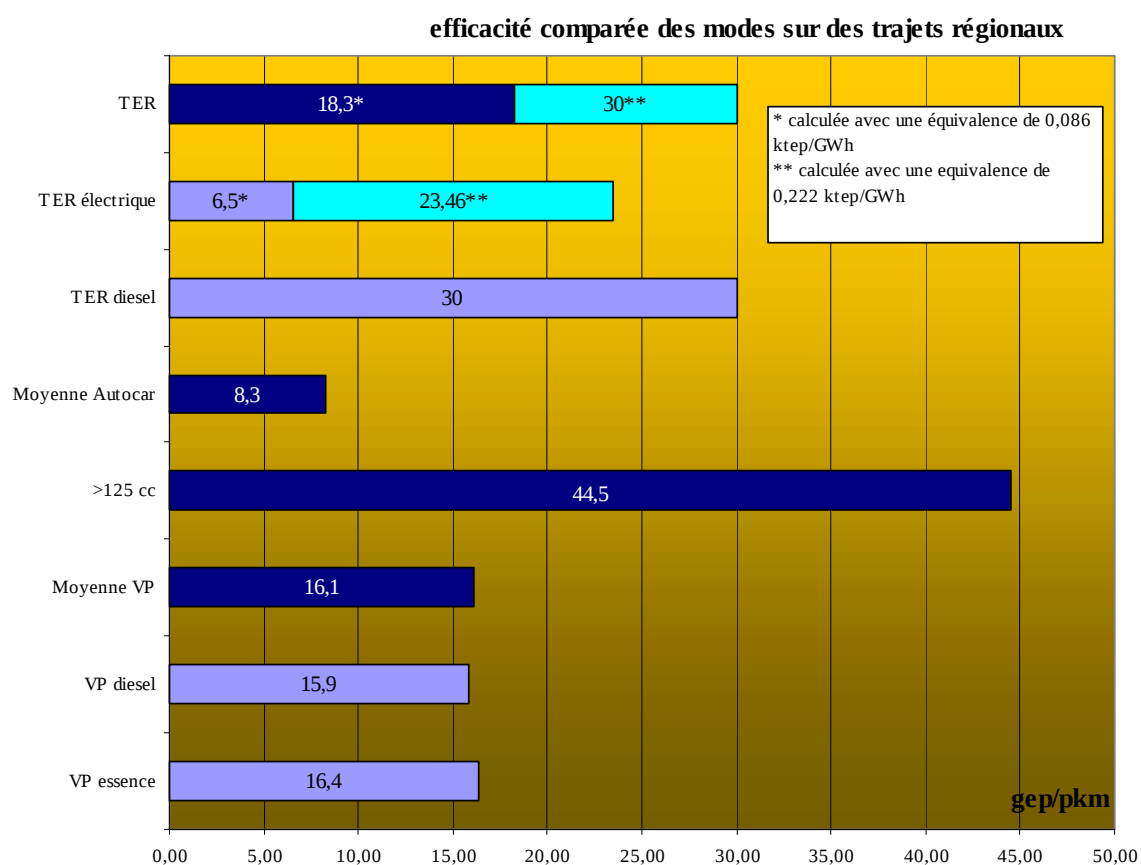
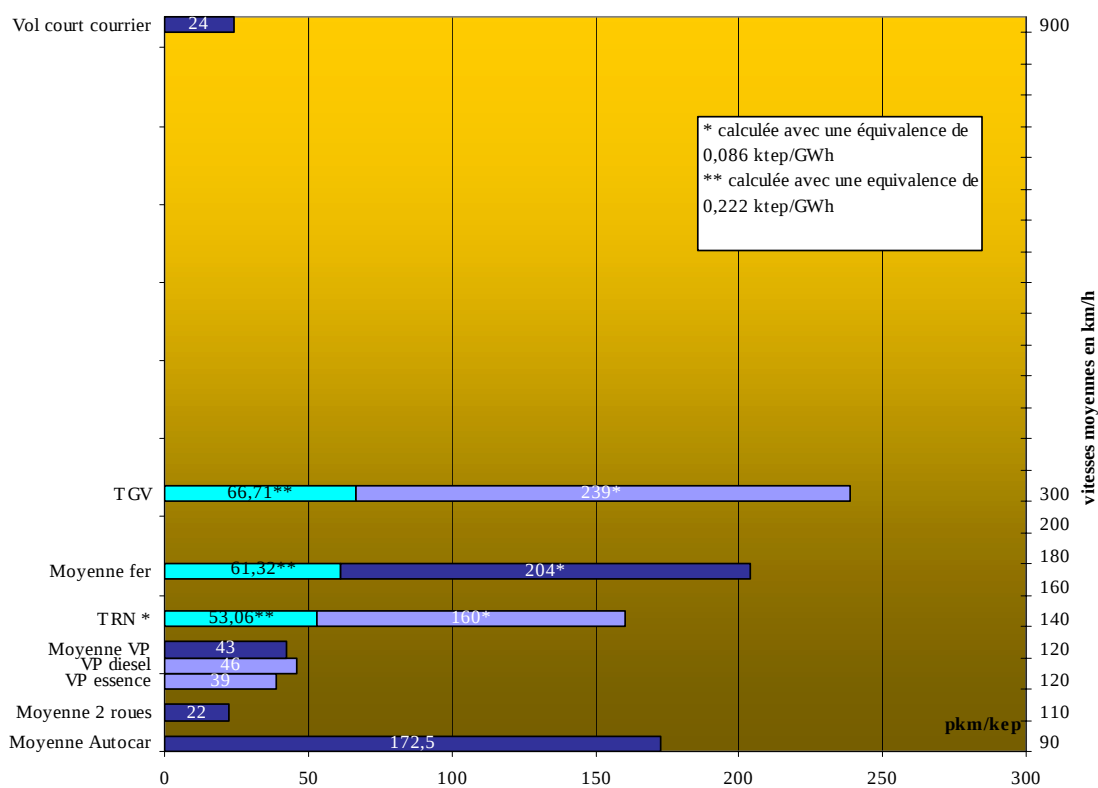
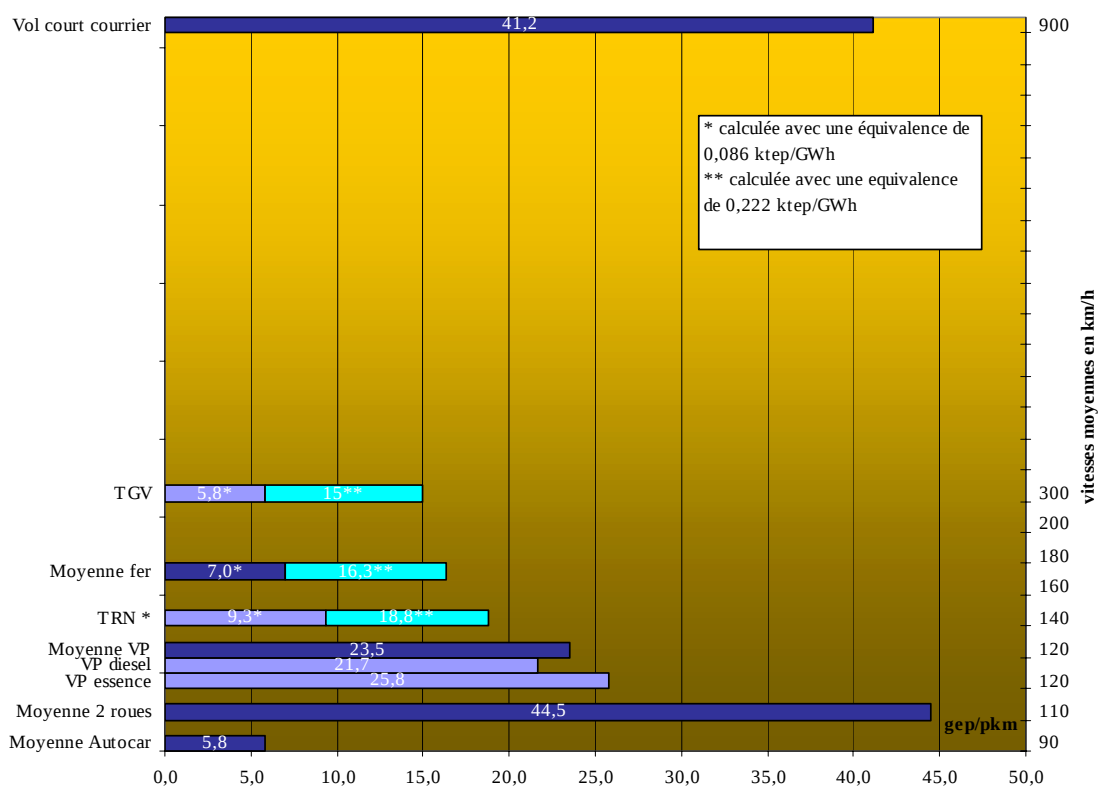
Figure 8 Efficacité comparée des modes trajets régionaux en gep/pkm et pkm/kep

Figure 9 Efficacité comparée des modes trajets interrégionaux (gep/pkm et pkm/kep)

Les résultats sont ordonnés par ordre de vitesse moyenne croissant des différents modes (reporté sur l'axe de droite)

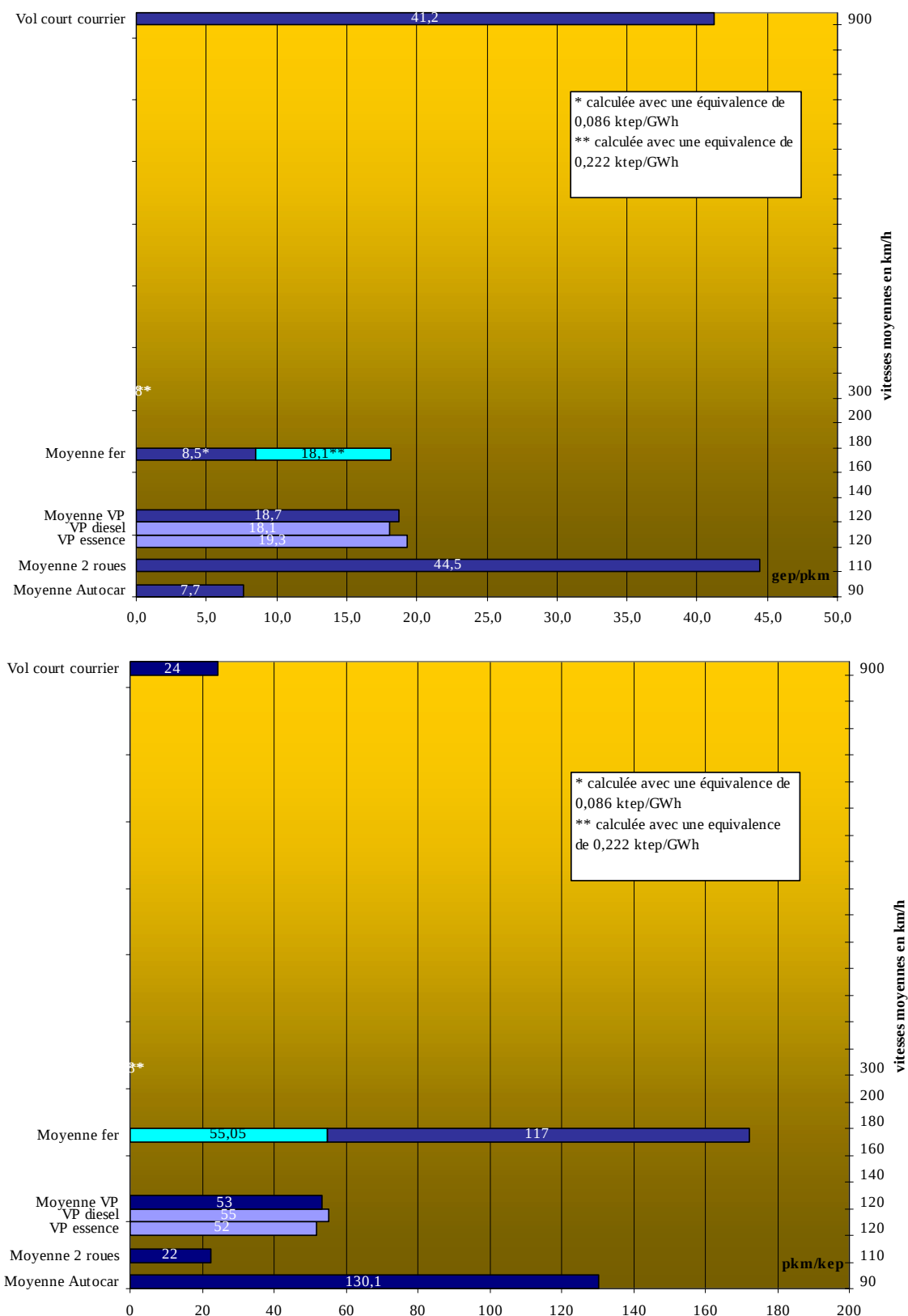
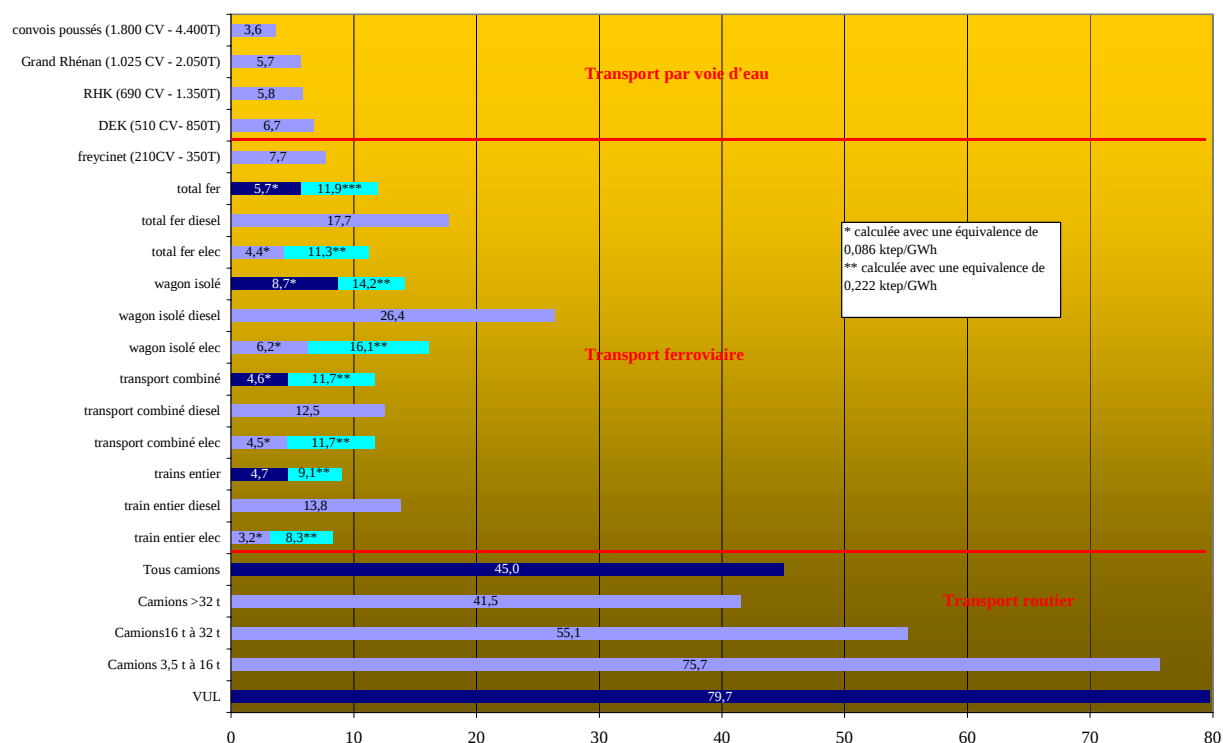
Figure 10 Efficacité comparée des modes sur des trajets interurbains (gep/pkm et pkm/kep)

Figure 11 Efficacité énergétique du transport de marchandises

PARTIE 2 :

L'influence des conditions d'utilisations des modes de transports sur leur efficacité énergétique relative

1 Contexte et objectifs

La première partie de ce rapport était centrée sur l'évaluation comparative de l'efficacité énergétique des différents modes de transport, en conditions réelles moyennes d'utilisation. Elle a ainsi permis de disposer d'un état des lieux de l'efficacité énergétique du système de transport permettant une comparaison des différents modes sur des « aires » géographiques homogènes du point de vue des motifs de déplacement, des distances et des vitesses.

L'objectif de la seconde phase est de montrer comment l'efficacité relative des modes change avec leurs conditions d'utilisations; ceci sera illustré par une série d'abaques mettant en relation, sur chacune des aires géographiques préalablement définies, les différents modes pertinents.

Chaque mode de transport est étudié selon les aires géographiques qui lui sont propres, et en fonction des conditions d'utilisation telles que la distance, la vitesse ou encore le taux de charge.

Modes par aire géographique

Urbain		Régional		Inter-régional	
Passagers	Marchandises	Passagers	Marchandises	Passagers	Marchandises
- Voiture	- VUL	- Voiture	- VUL	- Voiture	- Camion
- Autobus	- Camion	- Autocar	- Camion	- Autocar	- Train
- Métro		- TER	- Train	- TRN	- Fluvial
- Tram			- Fluvial	- TGV	
- RER				- Avion	

Dans la plupart des cas, on s'appuie sur les valeurs moyennes de la partie 1 ; dans certains cas, où les valeurs moyennes sont dépourvues de sens au regard des objectifs de cette seconde partie, l'efficacité énergétique est encadrée sur la base de liaisons réelles ; ainsi pour les TGV, les TER, l'avion ou encore le transport fluvial, nous choisirons, pour chaque abaque, les 2 liaisons extrêmes parmi celles dont nous disposons (on donnera la préférence à deux liaisons min, max [gep/pkm , gep/tkm]).

Pour le transport ferroviaire, toutes les abaques sont présentées en énergie finale (1 MWh=0,086 tep) ; les abaques en énergie primaire sont jointes en annexe.

Enfin, il est important de préciser que les calculs effectués relèvent de la seule responsabilité d'Enerdata et ne sont en aucun cas des valeurs communiquées par les différents organismes et

compagnies. Seules les valeurs de référence, symbolisées par des points sur les graphiques sont directement issues des données communiquées par ces derniers.

2 Influence du taux de charge

2.1 Taux de charge et transport de passagers

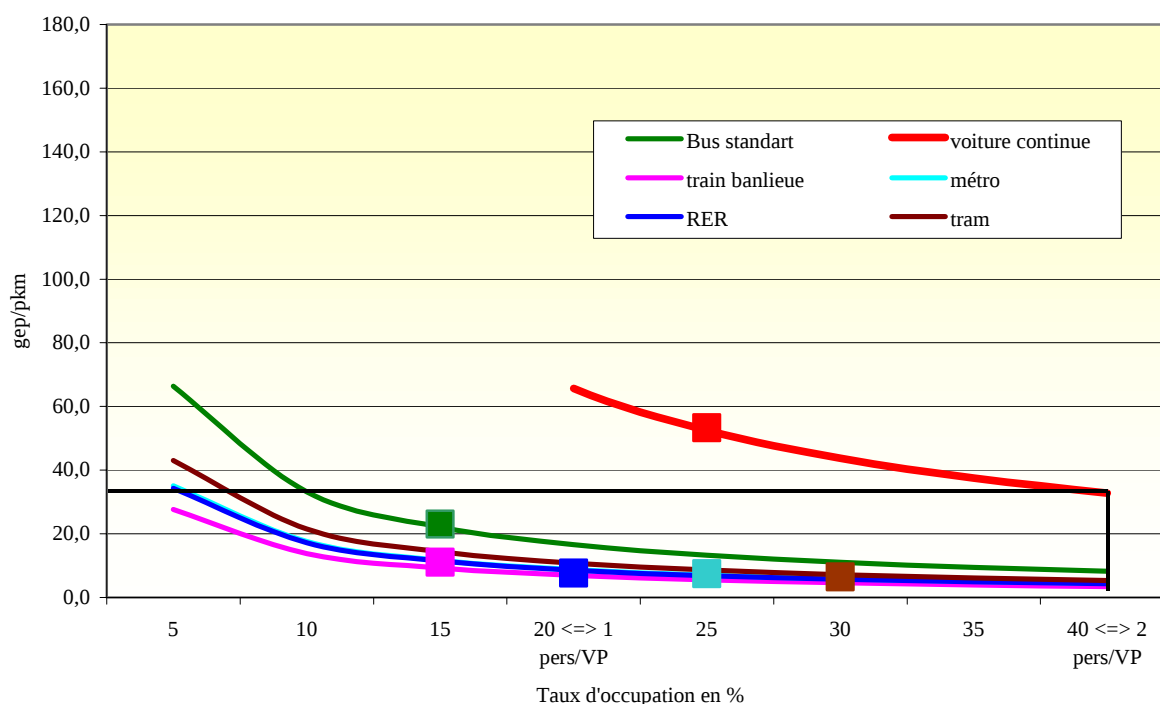
L'influence du taux de charge sur la consommation d'énergie de chaque mode (exprimée en gep/pkm) est évaluée sur la base des résultats de la première phase. Ceux-ci permettent en effet de calculer les consommations unitaires des différents véhicules en gep/vkm (véhicule kilomètre) ou en gep/sko (siège kilomètre offert), sur la base de taux d'occupation donnés ou estimés.

Pour chacun des modes, la démarche consiste alors à considérer la consommation en gep/pkm correspondant à un taux de charge de 100%, puis à interpoler et extrapoler la variation des gep/pkm en fonction du taux de charge, à partir des deux points connus. Cette méthode permet de construire l'abaque entre consommation spécifique et taux d'occupation pour chaque mode. De manière générale, les données observées (pour taux d'occupation, vitesse et distance moyennes réelles) sont symbolisées sur les différentes abaques par un carré de la même couleur que la courbe correspondant au mode considéré.

2.1.1 Influence du taux de charge sur les consommations d'énergie en zone urbaine

Dans le cadre de cette abaque, le choix a été fait de restreindre le domaine de variation du taux de charge des différents modes entre 5% et 40%. Le lecteur trouvera en annexe une présentation de l'abaque sur l'ensemble du domaine de définition.

Figure 12 Abaque consommation spécifique et taux occupation en milieu urbain pour le transport de passagers



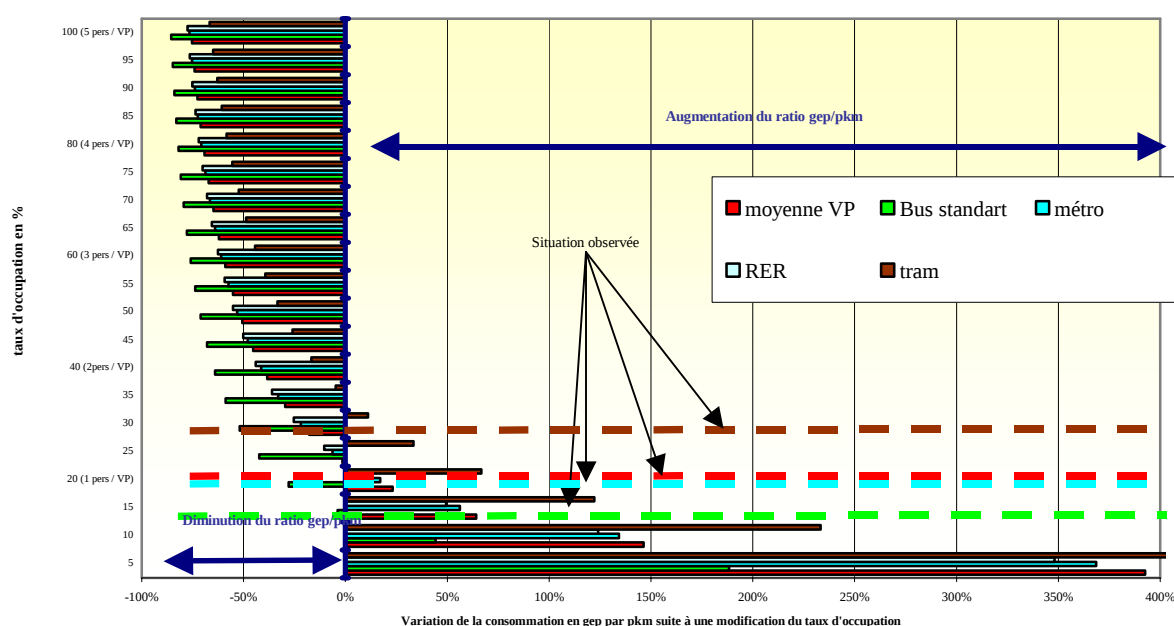
Cette abaque peut se lire comme suit :

- A taux d'occupation identique, la voiture particulière reste le mode le plus énergivore.
- Pour un taux d'occupation de 40% (2 personnes par véhicule) la voiture est plus économe que l'autobus si le taux d'occupation de ce dernier est inférieur à 10% (lecture horizontale des valeurs gep/pkm).

En régime moyen d'utilisation (correspondant au taux de charge observé) la voiture est moins efficace que ses concurrents. Par contre dans des conditions particulières d'utilisation (par exemple, en heures creuses), où les occupations des transports en commun sont faibles, la voiture peut être une alternative efficace du point de vue de la consommation d'énergie. Dans cette abaque, la capacité moyenne maximale des autobus a été prise comme égale à 112 personnes, ainsi un taux d'occupation de 10% correspond à environ 11 passagers.

Une autre manière de présenter la relation entre taux d'occupation et consommation d'énergie est de considérer l'impact en termes de gains ou de pertes du point de vue de la consommation spécifique d'énergie d'une variation du taux d'occupation. Le graphique qui suit met en relation, pour les principaux modes, la variation en pourcentage de la consommation d'énergie (en gep/pkm) par rapport à la situation observée dans la phase 1 de l'étude.

Figure 13 Impact d'une variation du taux d'occupation en milieu urbain selon les modes par rapport à la situation observée



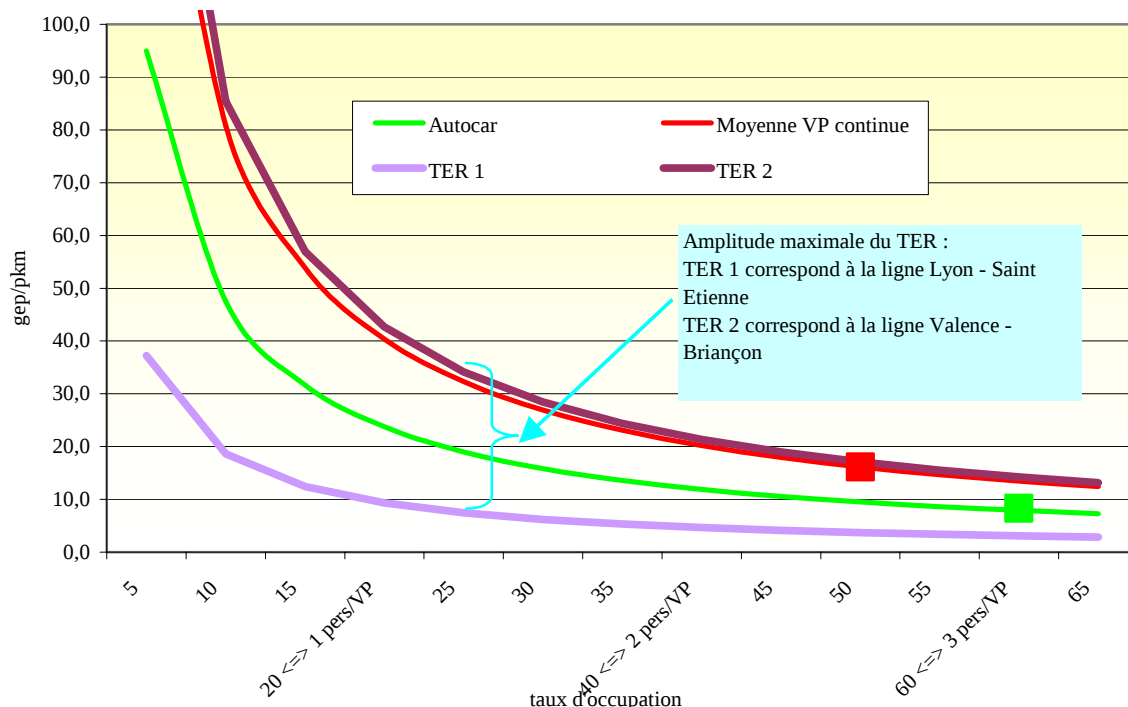
Les traits en pointillés correspondent, pour chaque mode, à la situation observée au regard du taux d'occupation. Les bâtons traduisent pour chaque mode la variation en pourcentage de la consommation spécifique (en gep/pkm), par rapport à cette situation observée. Ainsi, il est possible de constater que l'impact d'une augmentation du taux d'occupation est proportionnellement plus important dans le cas des autobus ; le tram est le mode le « moins » influencé par une diminution du taux d'occupation ; à l'inverse, une dégradation du taux d'occupation des trams relativement à la situation de référence a un effet relativement plus important que si cette dégradation concerne les bus.

2.1.2 Influence du taux de charge sur les consommations d'énergie des trajets régionaux

Dans le cadre de cette abaque, le choix a été fait de présenter la relation taux de charge – gep/pkm des trains express régionaux sous la forme de deux courbes, afin de rendre compte de la diversité de ce mode de transport selon le type de ligne. En fonction des informations disponibles sur les sièges km offerts de chaque ligne, deux lignes particulières ont été retenues, l'une représentant la limite supérieure du domaine de définition de la relation taux de charge-gep /pkm, l'autre représentant la limite inférieure. Ainsi, l'ensemble des TER devrait se situer entre ces deux courbes.

Les données de lignes relatives aux liaisons TER sont présentées en annexe.

Figure 14 Abaque reliant le taux d'occupation et la consommation en déplacements régionaux

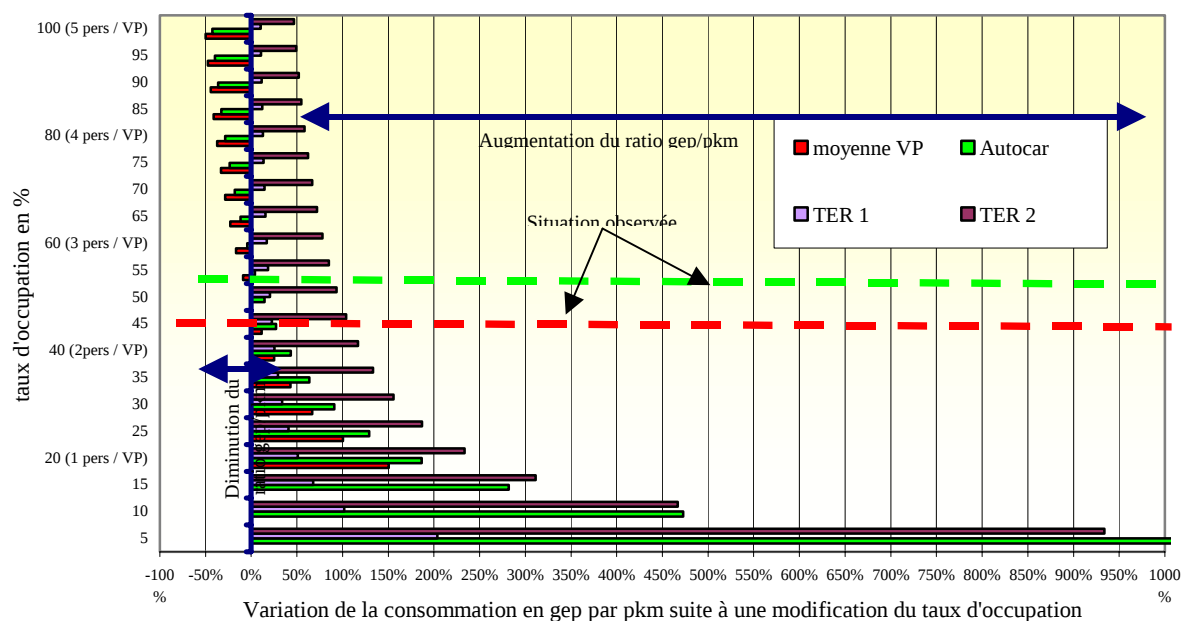


Compte tenu de la forte amplitude de l'efficacité gep/pkm des TER, il est relativement difficile de placer ce mode de transport au regard des autres. Le TER 1 (ligne Lyon-St Etienne) correspond à un TER électrique (type RRR) ; le TER 2 (ligne Valence-Briançon) correspond à un TER gazole (type RRR).

La voiture particulière à taux d'occupation identique est plus économe du point de vue des consommations d'énergie que le TER 2 (ligne Valence-Briançon), le « plus » énergivore. Les autocars sont eux plus économes, toujours pour un même taux de charge, que ces mêmes TER. Toutefois, le TER 1 (ligne Lyon-St Etienne) est le mode le moins énergivore.

Comme dans le cas précédent ces résultats sont présentés ci-dessous en termes de variations relatives par rapport à la situation de référence.

Figure 15 Impact d'une variation du taux d'occupation en milieu régional selon les modes par rapport à la situation observée

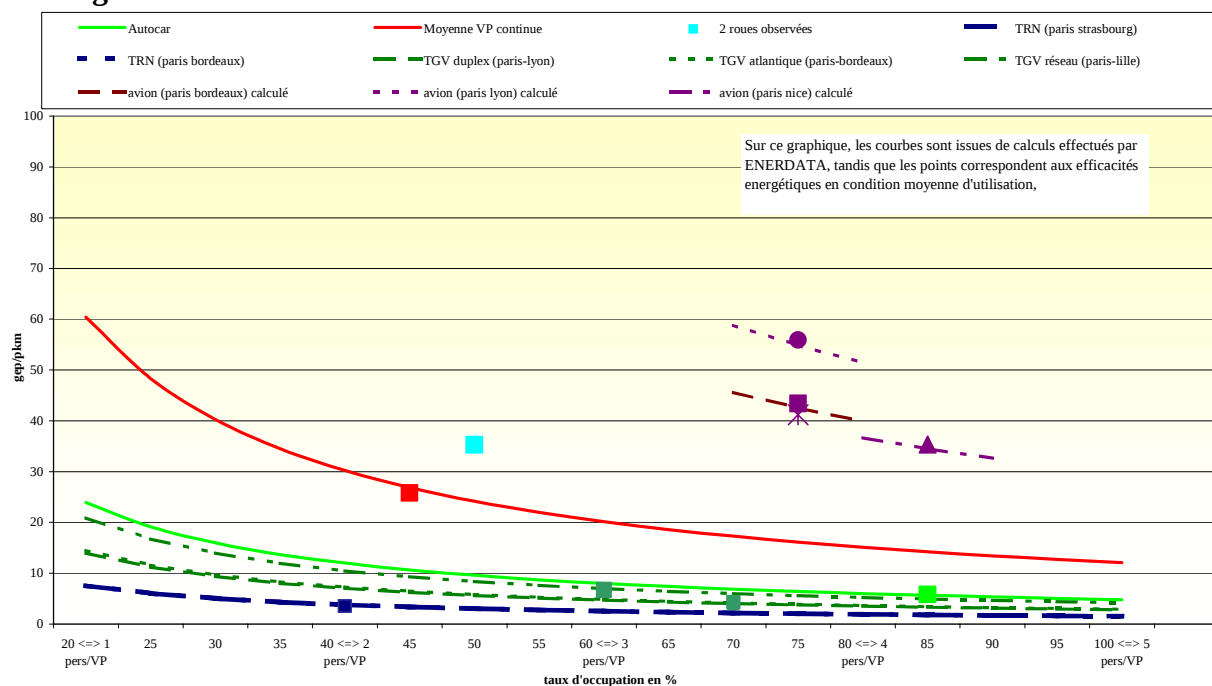


2.1.3 Influence du taux de charge sur les consommations d'énergie des trajets inter-régionaux

Comme dans l'abaque précédente, les modes aériens et ferroviaires sont représentés par un ensemble de courbes correspondant à des liaisons réelles.

Les données relatives aux liaisons TGV et aériennes sont présentées en annexe et relèvent de calculs effectués par Enerdata.

Figure 16 Abaque reliant le taux d'occupation et la consommation en déplacements interrégionaux

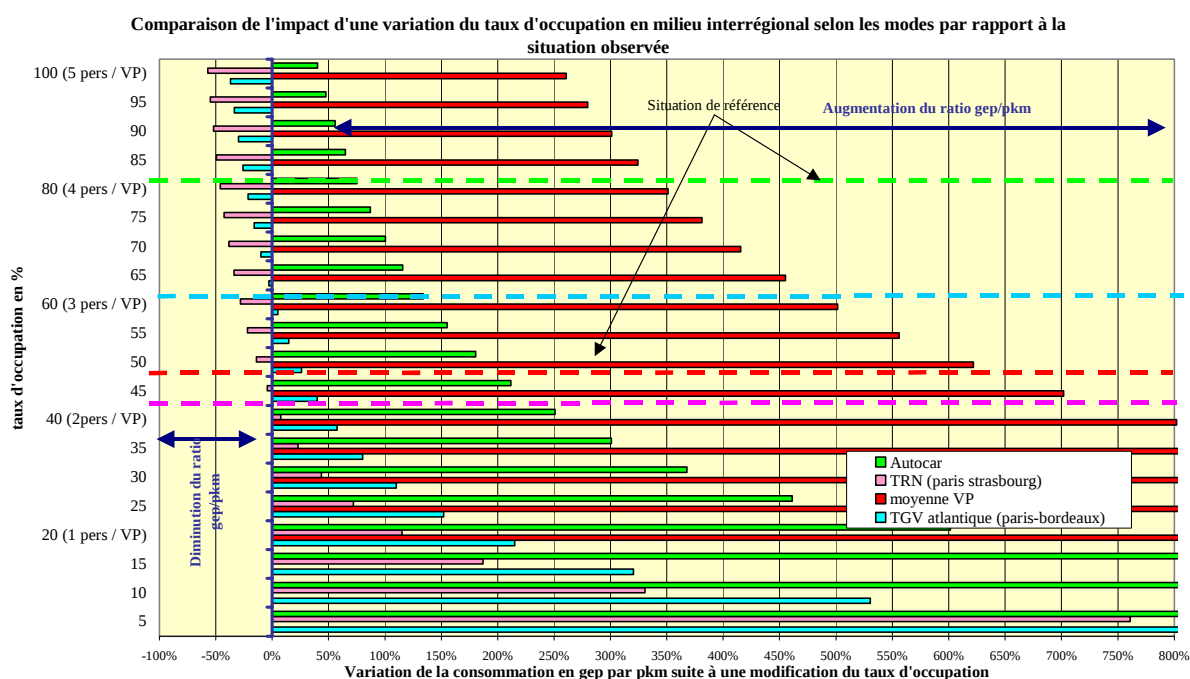


De manière générale et à taux d'occupation donné, le train est le moyen de transport le plus efficace, et plus particulièrement les trains grandes lignes. L'autocar arrive juste derrière, et sans surprise, l'avion reste en moyenne plus énergivore.

Une représentation en termes relatifs des variations du taux d'occupation sur les consommations permet de constater que le train « grande ligne » et la voiture sont les modes les plus sensibles à une augmentation du taux d'occupation

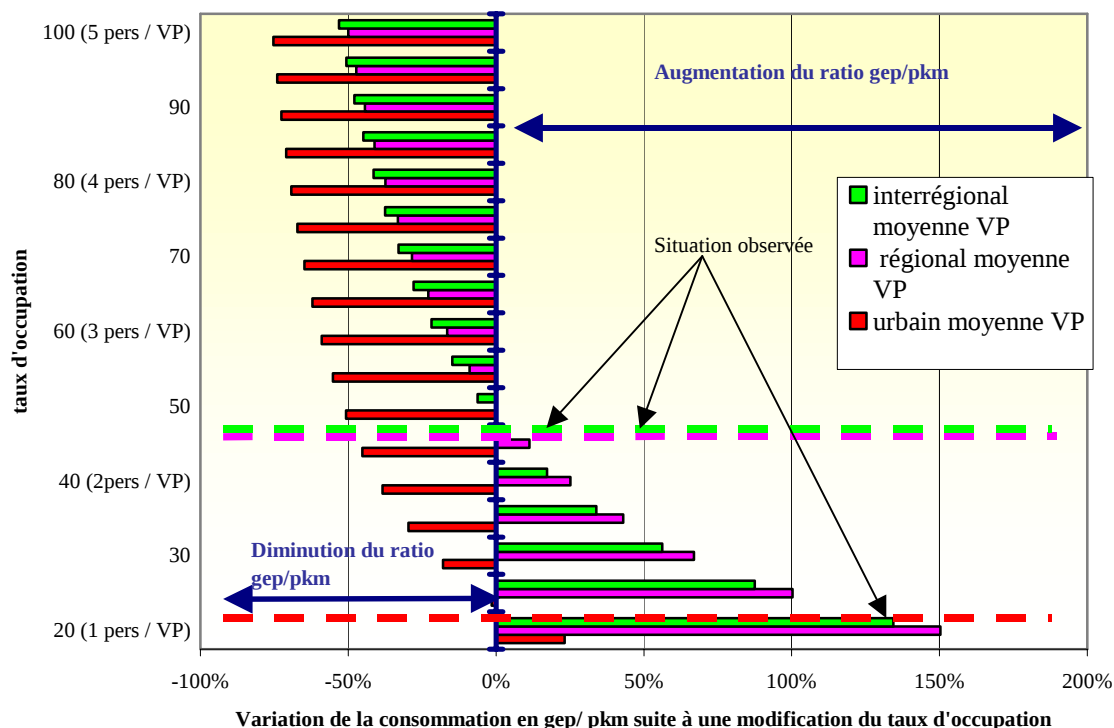
On notera qu'il est techniquement difficile d'établir une courbe significative de la consommation spécifique des avions par passager kilomètre en fonction du taux de remplissage : en effet, les avions sont gérés de telle façon que le carburant embarqué est calculé précisément en fonction du nombre de passagers embarqués, et que la quantité de carburant embarqué est un facteur important de la consommation spécifique.

Figure 17 Impact d'une variation du taux d'occupation en milieu interrégional selon les modes par rapport à la situation observée



Pour conclure cette présentation de la relation taux d'occupation – consommation, il est intéressant de visualiser pour un mode particulier, en l'occurrence la voiture, comment celle-ci réagit en termes relatifs selon les zones considérées. En d'autres termes, sur quel type de trajet, une action sur les taux d'occupations aura l'impact relatif le plus important. Le graphique ci-dessous, construit sur le modèle de ceux déjà présentés permet de constater que c'est en milieu urbain qu'une augmentation du taux d'occupation des VP a relativement le plus d'effet.

Figure 18 Impact d'une variation du taux d'occupation des VP selon les milieux par rapport à la situation observée



2.2 Taux de charge et transport de marchandise

La relation entre taux de charge et consommation spécifique d'énergie pour le transport de marchandises est construite pour 3 modes : le camion, le train et la voie d'eau ; comme dans la partie 1, aucune distinction entre les « aires géographiques » n'est opérée.

Pour le transport routier, l'abaque est construite en considérant le transport routier de marchandises dans son ensemble (camions français de plus de 3 tonnes de charge utile), compte tenu d'une manque d'informations suffisamment fines.

Le transport ferroviaire est segmenté en trois catégories : train complet, transport combiné et wagon isolé.

L'abaque est construite en mettant en relation la consommation spécifique d'énergie exprimée en gep/tkm et les tonnes chargées.

L'intérêt d'une approche basée sur les tonnes chargées plutôt que sur la seule notion du taux d'utilisation de la capacité est double :

-en premier lieu, le raisonnement sur la base des tonnes chargées permet de combiner sur un même abaque, deux éléments : le taux d'utilisation de la capacité et la densité des marchandises.

-en second lieu, cette approche permet d'éviter l'écueil que représente la connaissance des taux de charge réels et des capacités maximales de charge notamment pour le trafic ferroviaire.

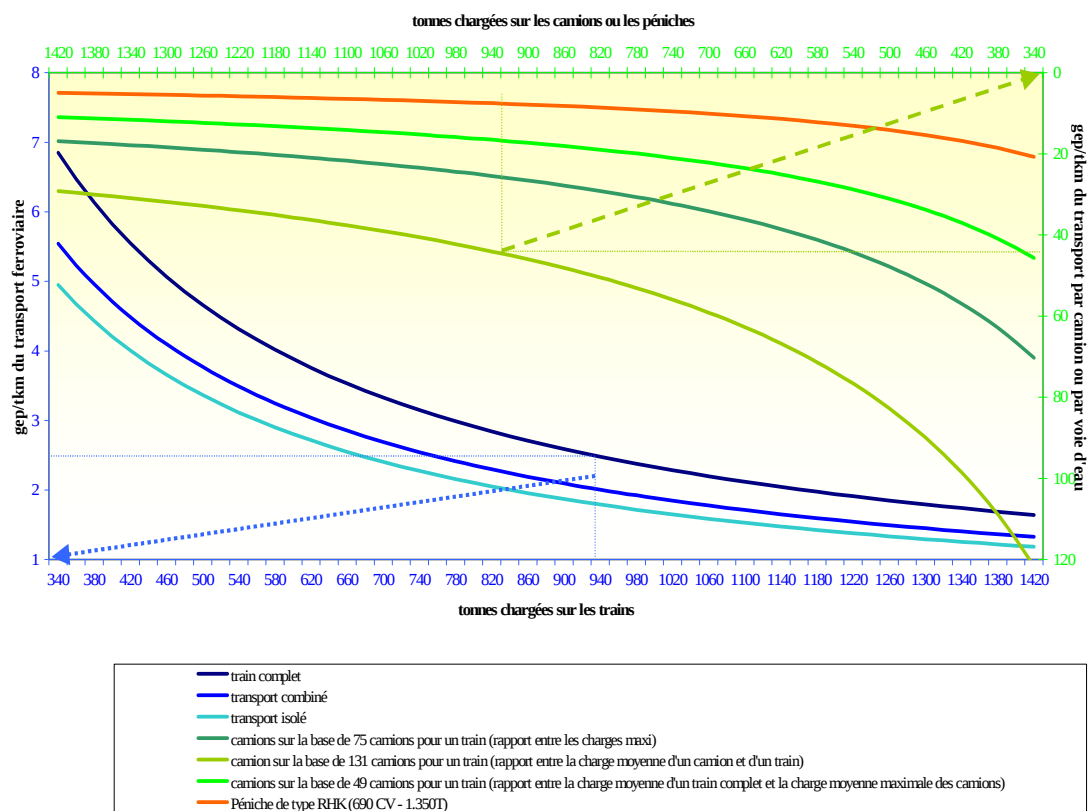
Cette approche présente toutefois l'inconvénient de devoir ramener les différents modes considérés à une même échelle au regard des tonnes transportées. En effet, pour calculer les relations entre tonnes chargées et consommation spécifique d'énergie en gep/tkm, il faut partir de la consommation spécifique en gep/véhicule-kilomètre et diviser cette consommation par les tonnes chargées. Or pour comparer le train et le camion, qui ont des capacités de chargements unitaires très différentes, il faut disposer d'une base de comparaison homogène quant aux tonnes transportées par véhicule. Autrement dit, il faut exprimer les consommations en gep/tkm des camions pour un nombre de camions équivalents à la capacité de chargement d'un train complet. L'abaque est donc construite en considérant d'une part la consommation en gep/vkm du train et la consommation en gep/vkm d'un nombre x de camions, représentant l'équivalent d'un train complet. La question est alors de déterminer le x pertinent.

Trois variantes sont prises en compte dont les résultats sont représentées sur l'abaque :

- La première consiste à mettre en regard les charges maximales des deux modes (train et camion). La charge maximale du parc camions est évaluée à partir des informations fournies par l'enquête TRM sur la composition du parc de camion par classe de charge. La capacité maximale moyenne d'un camion est dans ce cas de 18,7 tonnes. La charge maximale moyenne d'un train complet est prise comme le rapport entre la charge moyenne et le pourcentage de wagons chargés, ce qui donne une capacité de 1415 tonnes. Dans ce cas, le nombre de camions équivalents à un train complet est de $1415/18,7$ soit 75 camions.
- La seconde variante est basée sur la charge moyenne de chacun des deux modes. Soit 7 tonnes pour les camions et 920 tonnes pour un train complet, ce qui donne 131 camions pour un train complet.
- Enfin la dernière variante conduit à étudier le rapport entre la charge moyenne d'un train et la charge maximale moyenne des camions, ce qui donne $920/18,7$ soit 49 camions pour un train complet.

Le graphique ci-dessous reprend ces différentes variantes ainsi que les résultats pour les trois types de train. La grande disparité des consommations spécifiques en gep/tkm entre les trains et les camions conduirait, en cas de représentation sur un même système d'axes, à un écrasement complet des valeurs prises par les trains ; pour éviter cet écueil, les résultats sont présentés sur un double système d'axes. La lecture se fait comme suit : Pour un volume chargé de 920 tonnes la consommation en gep/tkm des camions est de 45 gep/tkm (axes en vert) et celle des trains complets de 2,53 gep/tkm (axes en bleu).

Figure 19 Abaque sur le transport de marchandises reliant consommations et tonnes chargées



3 Influence de la vitesse

3.1 Vitesse et transport de passagers

L'impact de la vitesse sur les consommations spécifiques d'énergie est étudié ici uniquement pour les modes routiers. En effet, il n'existe pas à notre connaissance d'information exploitable sur les relations vitesse-consommation spécifique pour les trains et les avions selon les caractéristiques des parcours.

Les informations sur l'évolution des consommations en fonction des vitesses sont issues du logiciel IMPACT de l'ADEME. Deux approches étaient possibles :

- Etudier la sensibilité des hypothèses retenues dans le cadre de la phase 1 de l'étude à une variation des vitesses en gardant comme contrainte le bouclage avec les données de consommation issues de la CCTN (méthodologie de la phase 1). Dans ce cas toute modification d'une vitesse sur un réseau donné (par exemple en ville) se traduit par une variation de la consommation de la zone urbaine, mais également des autres zones afin d'assurer le bouclage.
- Etudier l'effet sur les consommations unitaires de variations de la vitesse par type de réseaux (ville, routes, autoroutes) sur les consommations spécifiques par zone (urbain, régional, interrégional) en s'affranchissant de la contrainte de bouclage sur les consommations de la CCTN. Dans ce cas, seule varie la consommation associée à une zone suite à la variation de vitesse sur un réseau, les consommations des autres zones restant constantes. Ainsi, une variation de la vitesse en ville ne sera étudiée qu'à travers ses impacts sur les consommations de la zone urbaine, une variation de la vitesse sur route ne sera étudiée que dans le cadre de la zone régionale et de même une variation de la vitesse sur autoroute ne sera considérée que via ses effets sur la consommation de la zone inter-régionale.

Compte tenu des objectifs de cette étude, on s'est centré sur la deuxième approche (toutefois, les calculs ont été faits pour la première approche et pourront être communiqués si le besoin en est exprimé).

En effet, dans le cadre des politiques publiques de transport ou d'efficacité énergétique, les actions sur la vitesse semblent devoir être ciblées sur des réseaux particuliers. Par exemple, une action sur la vitesse maximale sur autoroute visera essentiellement à réduire la vitesse moyenne des trafics de type interrégionaux et aura peu d'effet sur la vitesse moyenne en zone urbaine, les circulations sur autoroute effectuées dans cette zone se situant à priori très en dessous de la vitesse maximale autorisée sur autoroute.

Dans les abaques qui suivent, sont donc mis en regard la vitesse sur un réseau (ville, route, autoroute) et la consommation (en gep/pkm) d'un trajet effectué dans une aire géographique particulière (urbaine, régionale, interrégionale).

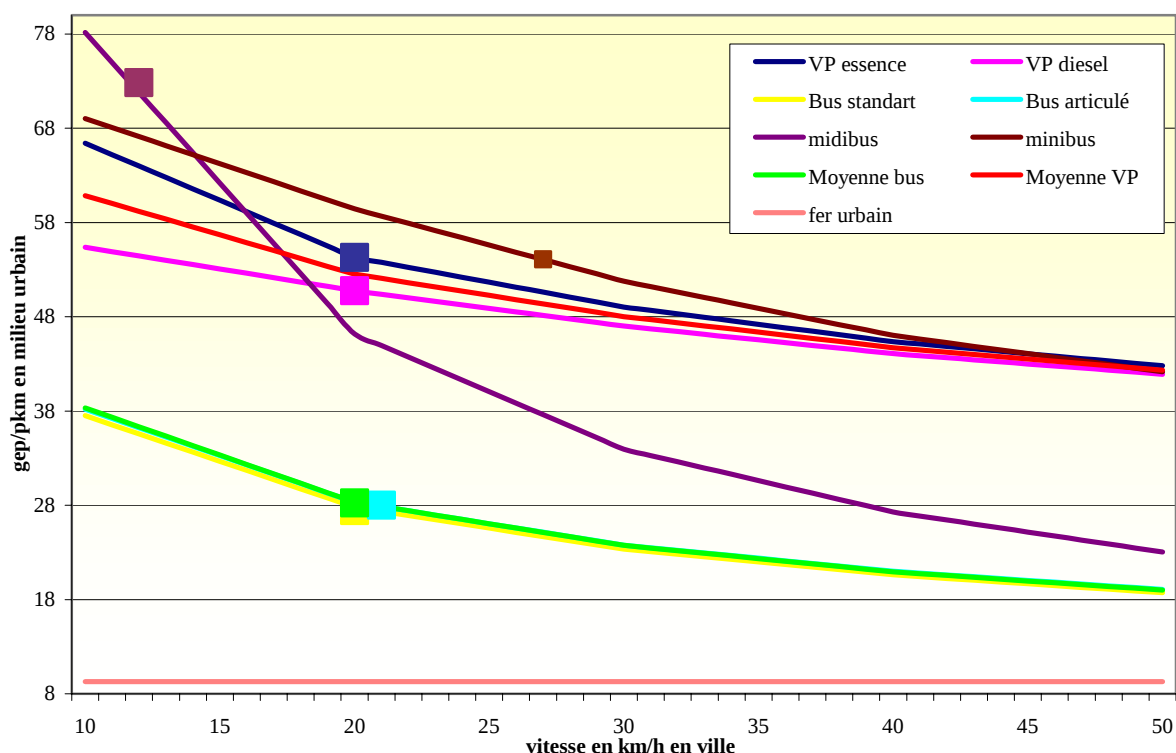
Enfin, et pour mémoire, sont reportés sur chacune des figures présentées ci-dessous, les valeurs moyennes du train et/ou de l'avion issues des développements de la première partie, étant bien entendu que ces valeurs moyennes ne sont pas affectées par la vitesse et sont de ce fait représentées par une droite sur les graphiques.

3.1.1 Influence de la vitesse sur les consommations d'énergie des trajets urbains

Il s'agit ici de cerner l'impact de la fluidité du trafic en milieu urbain sur l'efficacité énergétique des modes, et non celui des vitesses maximales autorisées. La vitesse est néanmoins considérée comme indicateur de la fluidité.

La relation vitesse – consommation spécifique est étudiée pour les déplacements en zone urbaine en considérant une vitesse comprise entre 10 et 50 km/h. Les taux d'occupation moyens des modes sont ceux retenus dans la partie 1. Enfin, le ratio gep/pkm des modes ferroviaires en urbain (en énergie finale) est reporté pour mémoire. Dans le contexte urbain, les modifications de vitesse doivent se comprendre comme des modifications des conditions de circulation (moins d'encombres = augmentation de la vitesse, plus d'encombres = diminution de la vitesse). Ainsi, une diminution des encombrements (qui se traduit par une augmentation de la vitesse moyenne de circulation) se traduit par une diminution de la consommation exprimée en gep/pkm. Cette diminution de la consommation doit donc bien s'entendre comme une conséquence de l'amélioration des conditions de circulation (matérialisées par une augmentation des vitesses) et non comme une conséquence directe d'un accroissement intrinsèque de la vitesse qui, à condition de circulation identique, induirait une hausse des consommations. C'est l'amélioration de la fluidité du trafic qui en diminuant la fréquence des phases d'accélération et décélération induit une baisse des consommations.

Figure 20 Impact de la fluidité du trafic sur la consommation spécifique en milieu urbain, à vitesse maximale fixée.

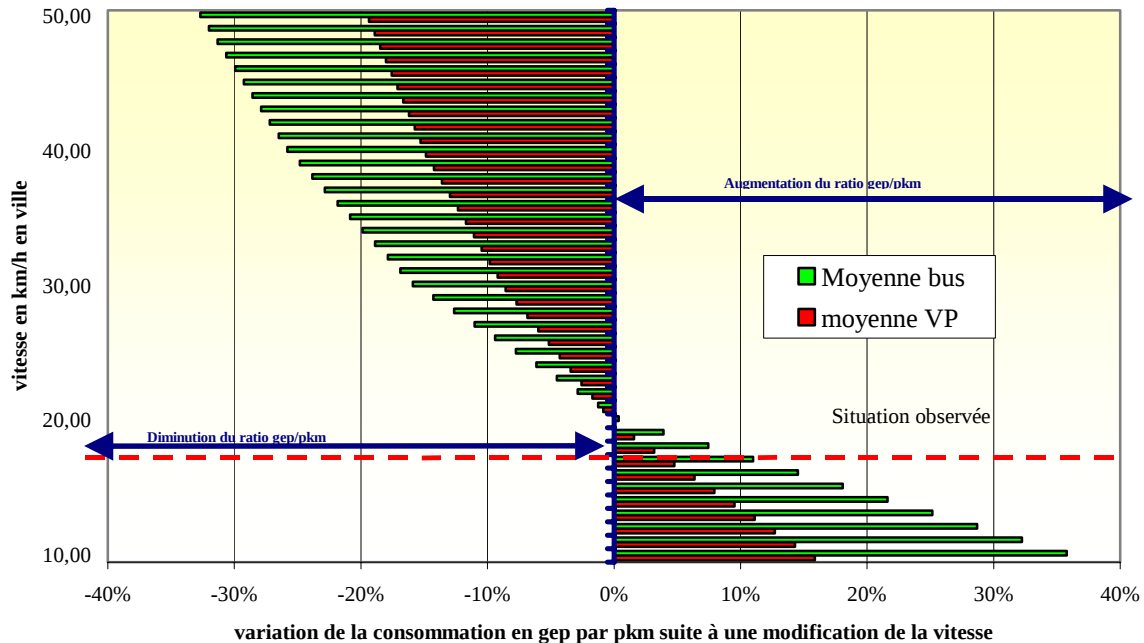


La lecture de ce graphique permet de constater sans surprise que les transports en commun de type autobus, standard ou articulé, sont les moins consommateurs et ce, quelle que soit la plage de vitesse considérée.

Une présentation en termes d'impact relatif d'une modification de la vitesse, sur le modèle de celles déjà présentées plus haut, permet de constater qu'en moyenne les bus sont très sensibles à une variation de la vitesse. Ainsi, une politique de mise en site propre des transports en

commun induisant une fluidisation du trafic des transports en commun (se traduisant par une augmentation de la vitesse moyenne de circulation) est susceptible de produire des effets relativement importants.

Figure 21 Impact d'une variation de la vitesse moyenne en milieu urbain selon les modes par rapport à la situation observée

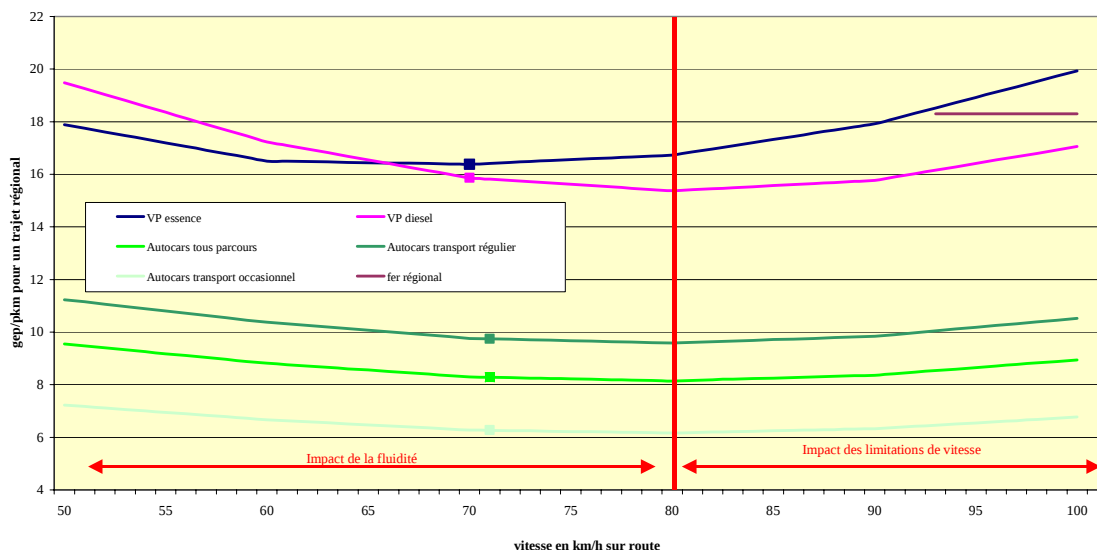


3.1.2 Influence de la vitesse sur les consommations d'énergie des trajets régionaux

Il s'agit d'étudier l'effet combiné de la fluidité du trafic (à vitesse maximale fixée) et des limitations de vitesse autorisée.

La relation est étudiée pour une plage de vitesse comprise entre 50 et 100 km/h : de 50 à 80 km/h, la vitesse indique la fluidité du trafic ; au delà, elle indique l'influence des limites autorisées.

Figure 22 Abaque reliant vitesse et consommation spécifique en milieu régional

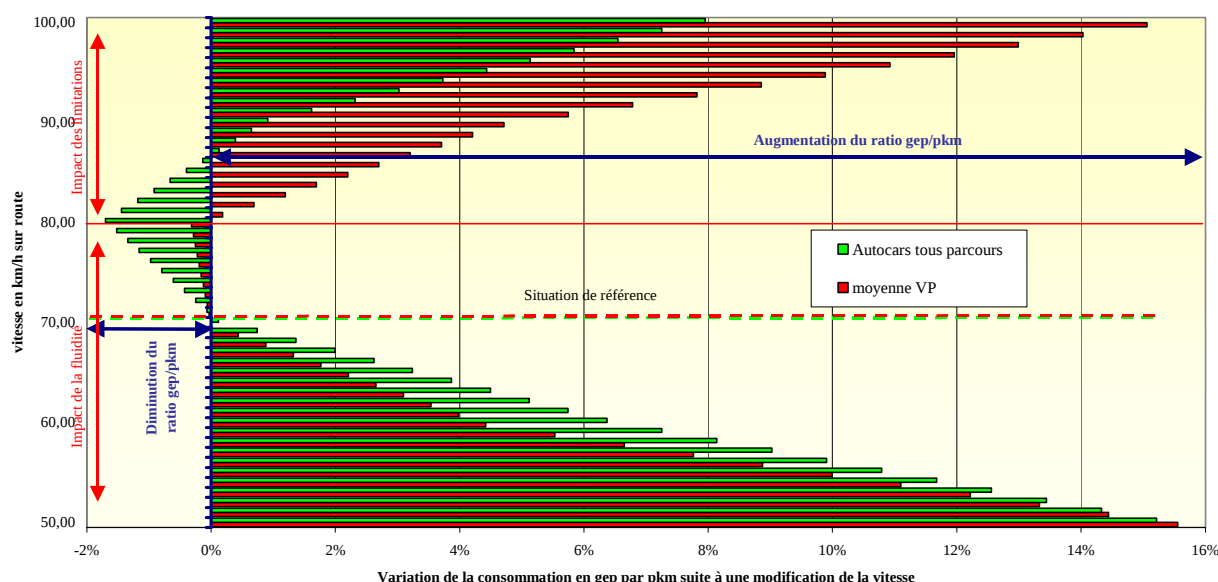


En milieu régional, les transports en commun par autocar sont les plus économes, particulièrement pour les transports occasionnels, ce qui peut s'expliquer par de meilleurs taux d'occupation sur ce type de transport.

Le rapport entre VP essence et VP gazole s'inverse vers 65 km/h. Il est à remarquer qu'un accroissement de la vitesse des VP essences au delà de 90 km/h les conduiraient à être moins efficaces que les transports ferroviaires (reportés ici sur la base de l'énergie finale).

En termes relatifs, l'analyse de la relation vitesse – consommation permet de constater que toute augmentation des encombrements (entraînant une diminution de la vitesse par rapport à la situation de référence) se traduit par une dégradation du ratio gep/pkm. Seule une petite plage de variation de vitesse permet d'améliorer le ratio gep/pkm, que ce soit pour l'autocar ou pour la voiture. L'impact demeure toutefois faible (inférieur à 2%)

Figure 23 Impact d'une variation de la vitesse moyenne en milieu régional selon les modes par rapport à la situation observée



3.1.3 Influence de la vitesse sur les consommations d'énergie des trajets inter-régionaux

Il s'agit ici essentiellement d'étudier l'impact des limitations de vitesse.

La plage de vitesse considérée est comprise entre 80 km/h et 130 km/h. Les valeurs reportées pour l'avion correspondent à celles présentées dans la partie 1 évaluées en condition moyenne d'utilisation et ne sont donc pas influencées par la vitesse. Elles sont reportées sur ce graphique à titre indicatif (comme celles du train) et pour mémoire.

L'autocar demeure le mode routier le plus économe et ne passe au-dessus de la moyenne de consommation du transport ferroviaire interrégional que pour des vitesses supérieures à 110 km/h. La voiture se situe largement au-dessus des deux modes précédents, avec un écart entre essence et gazole qui va en augmentant avec la vitesse.

En termes relatifs, l'impact d'une diminution de la vitesse moyenne sur autoroute des VP est très important, tandis que tout accroissement de vitesse des autocars se traduit par une augmentation importante du ratio gep/pkm.

Figure 24 Abaque reliant vitesse et consommation spécifique en milieu inter régional

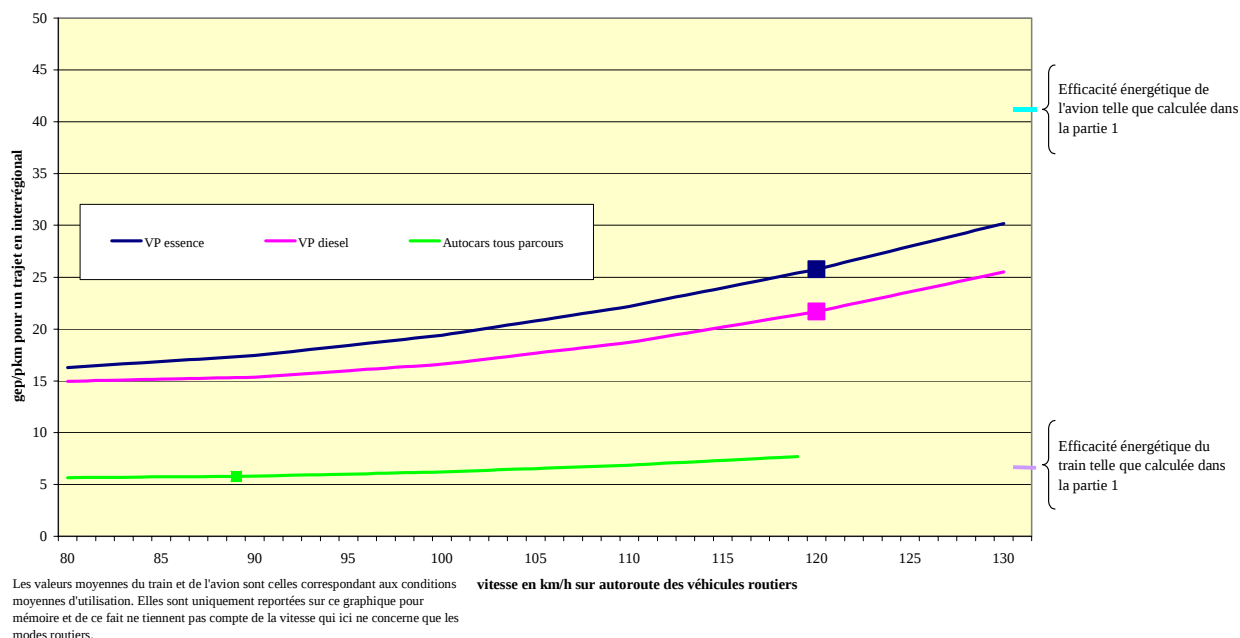
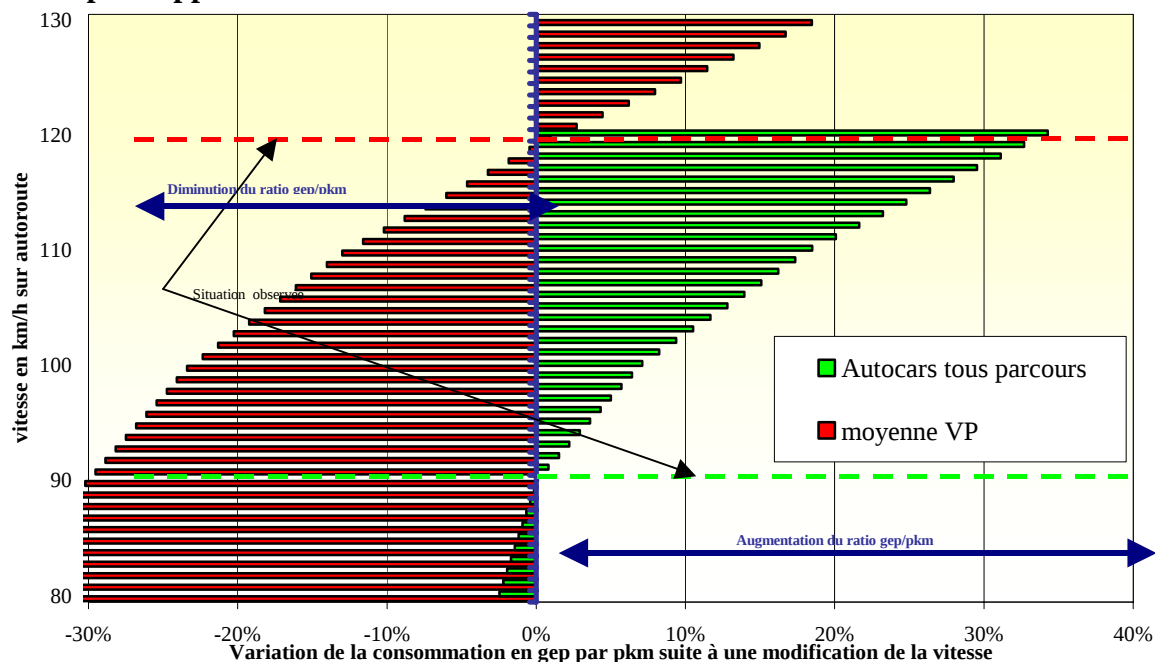
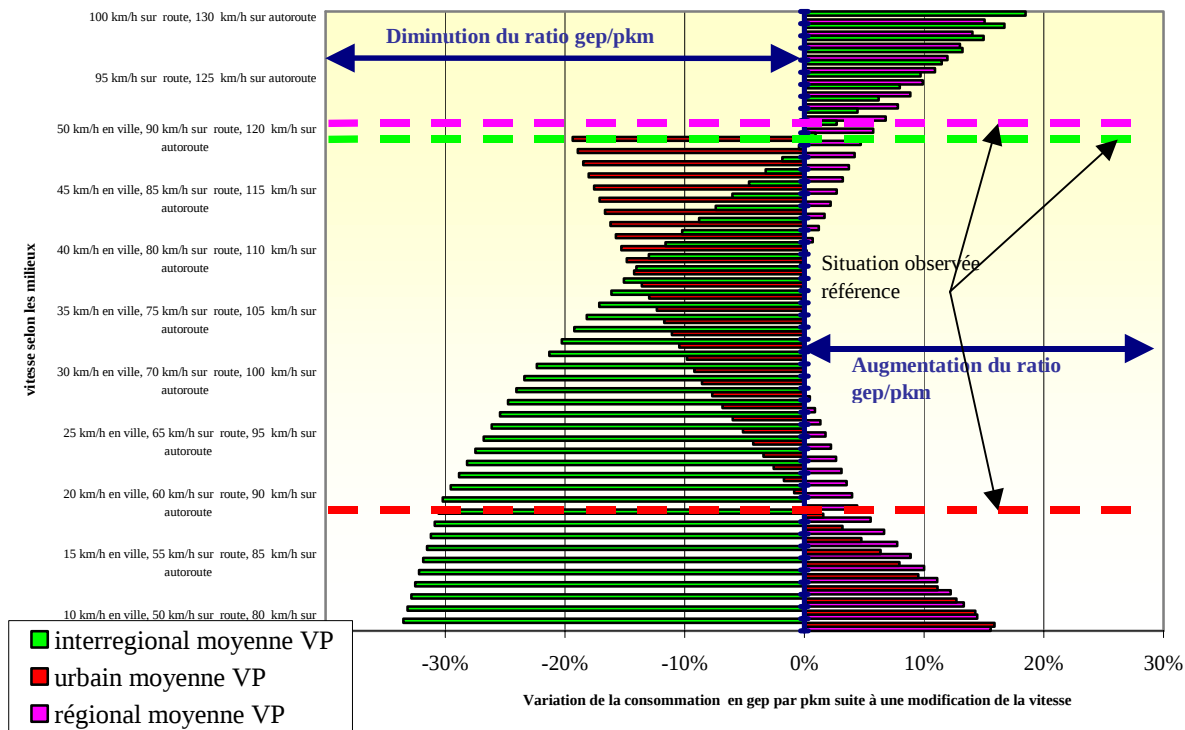


Figure 25 Impact d'une variation de la vitesse moyenne en milieu interrégional selon les modes par rapport à la situation observée



Pour conclure, la comparaison de l'effet des variations de vitesse selon les milieux, il est intéressant de constater que pour les VP, c'est surtout en milieu interrégional qu'une action sur les vitesses a un impact important.

Figure 26 Impact d'une variation de la vitesse moyenne des VP selon les milieux par rapport à la situation observée



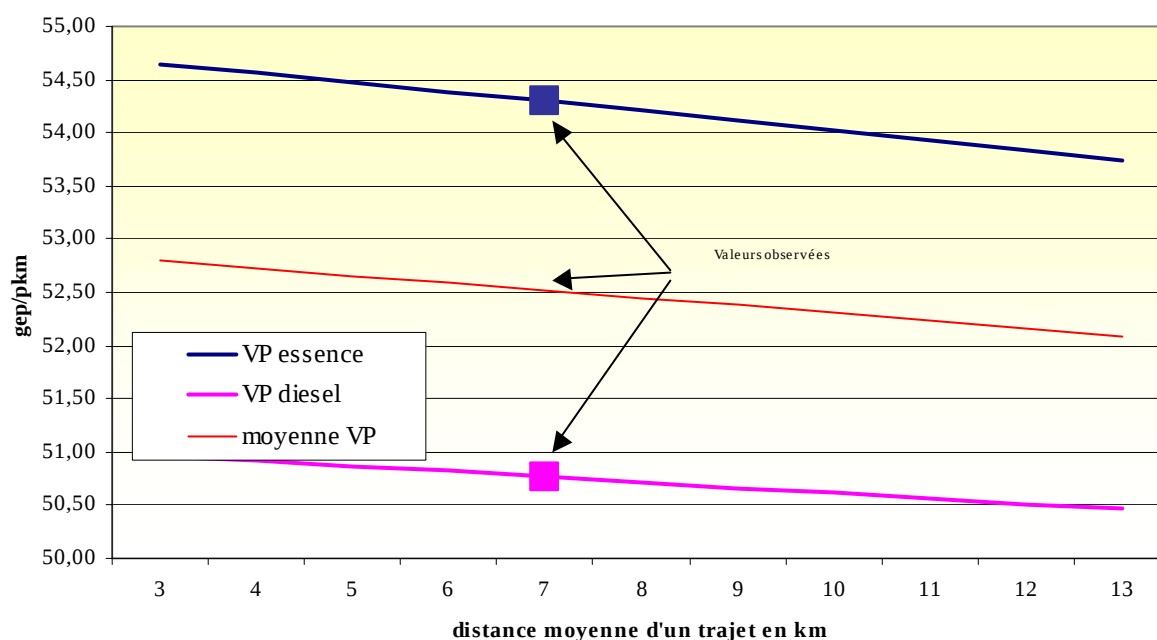
4 Influence de la distance

L'étude de la relation entre consommation d'énergie et distance est pertinente dans deux cas de figures. Dans le cadre des trafics en zone urbaine, la longueur moyenne des trajets en VP influençant le taux de départ à froid et de ce fait les consommations spécifiques. Dans le cas des trafics aériens inter-régionaux, la distance influant sur la consommation unitaire du mode, dans la mesure où les consommations « fixes » liées au décollage sont réparties sur une plus ou moins longue distance.

4.1 Influence de la distance sur les consommations des VP en zone urbaine

Dans le cas des déplacements urbains, l'accroissement de la distance moyenne des trajets influe à la baisse sur les consommations unitaires et ce de façon identique pour les VP essence et gazole.

Figure 27 Abaque reliant distance et consommation spécifique en milieu urbain



4.2 Influence de la distance sur les trafics aériens inter-régionaux

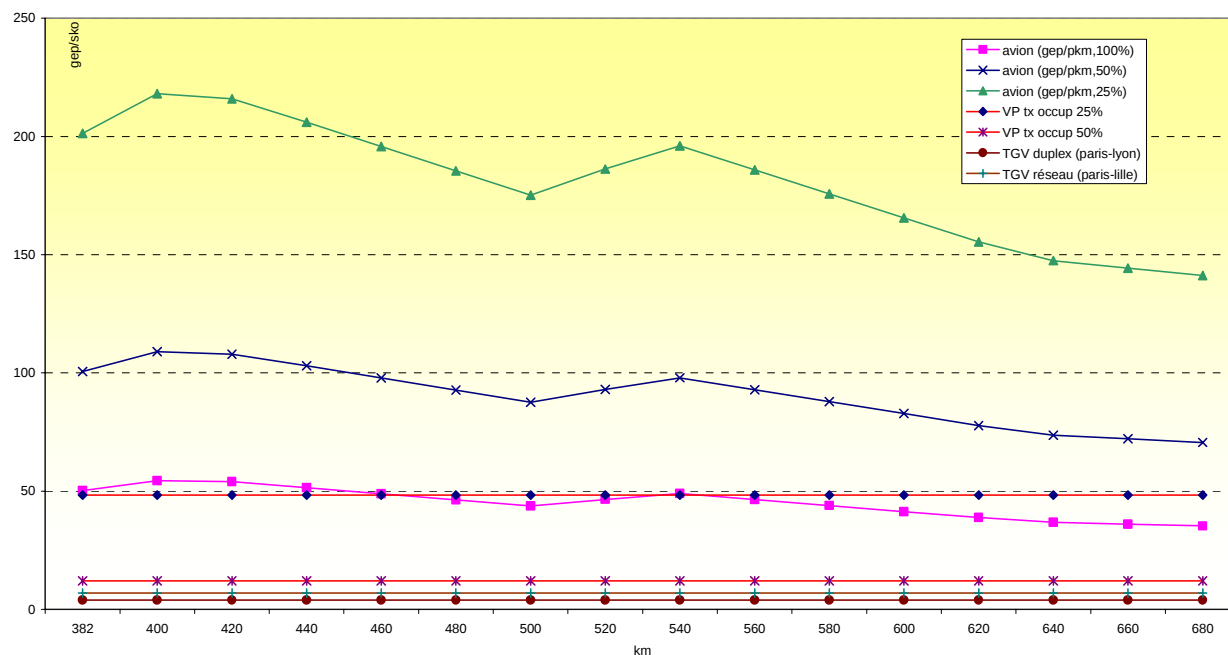
L'objectif principal de cette abaque est de présenter comment varie le ratio gep/pkm des avions en fonction de la distance parcourue ; pour ce mode, la distance influence la consommation unitaire dans la mesure où les consommations fixes liées au décollage et à l'atterrissage ont un impact plus ou moins important selon la distance. Les estimations sont effectuées sur la base des informations sur les liaisons réelles en supposant des taux de remplissage identiques, des appareils de même type.

Concernant les VP et le train, les données présentées dans le graphique font office de repères puisque l'on ne dispose pas d'informations assez fines pour faire apparaître la variation du ratio gep/pkm en fonction des distances.

En dépit des distances étudiées (limitation à 700 km), l'avion demeure le mode le moins efficace du point de vue de la consommation d'énergie (abstraction faite de l'avantage vitesse dont peut disposer l'avion sur certaines liaisons), excepté pour un taux de charge maximale (courbe rose). Dans ce cas, l'avion apparaît plus efficace qu'une voiture dont le taux d'occupation est de 25%.

Dans le cadre du train, seules des données ponctuelles sont présentées, en fonction des informations disponibles les informations sur l'avion étant celles calculées par Enerdata.

Figure 28 Efficacité des modes de transport, fonction du taux d'occupation & distance



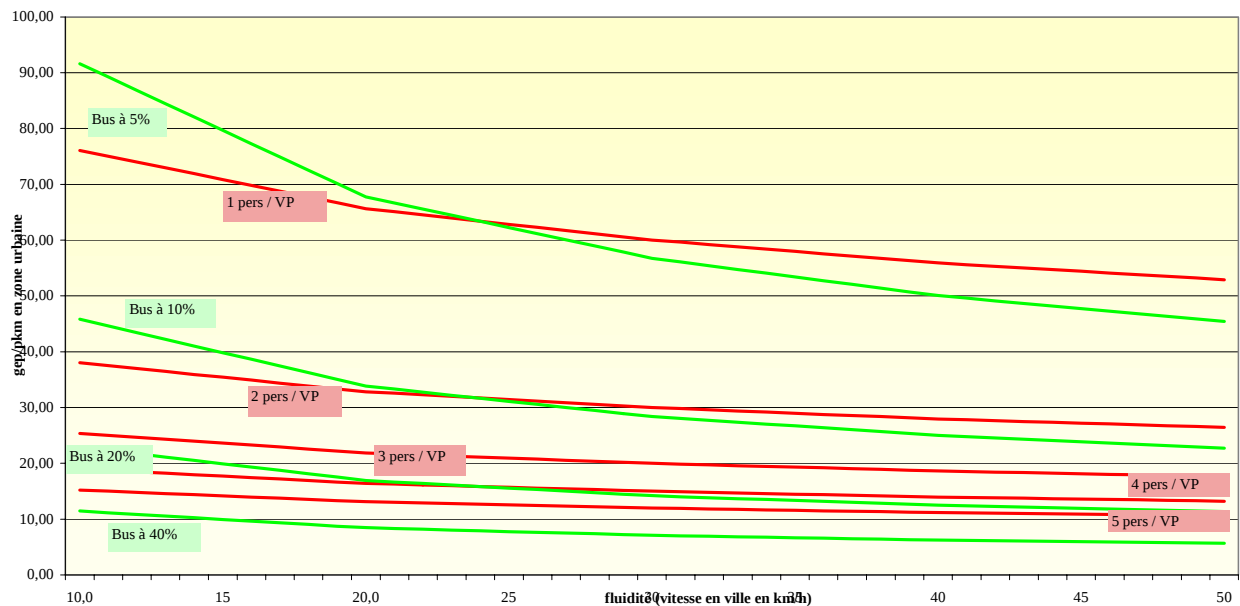
5 Influence croisée du taux de charge et de la vitesse

5.1 Transport de passagers

5.1.1 Influence croisée du taux de charge et de la vitesse sur les consommations spécifiques d'énergie pour les trajets urbains

Sur l'abaque ci-dessous est représentée l'évolution de la consommation spécifique en gep/pkm des voitures et des autobus en fonction de la vitesse en ville. Pour chaque mode plusieurs courbes sont présentées correspondant à différents taux d'occupation (de 1 à 5 personnes par VP et de 5% à 40% d'occupation pour les autobus).

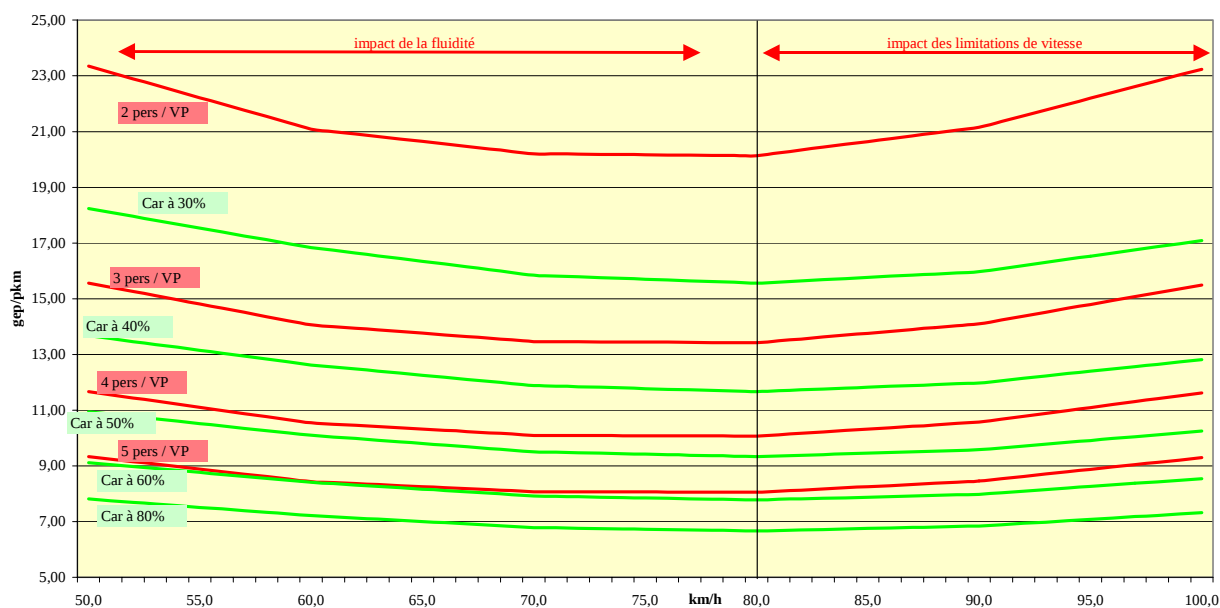
Figure 29 Abaque reliant la fluidité et le taux d'occupation à la consommation en déplacements en milieu urbain



On peut constater qu'à partir d'un taux de remplissage de 40%, les transports en commun par autobus sont plus efficaces que la voiture particulière, et ce quelle que soit la vitesse de circulation en ville. Par contre pour des taux de remplissage moindres des transports en commun, la voiture, sous certaines conditions de vitesse, peut s'avérer plus économe.

5.1.2 Influence croisée du taux de charge et de la vitesse sur les consommations d'énergie des trajets régionaux

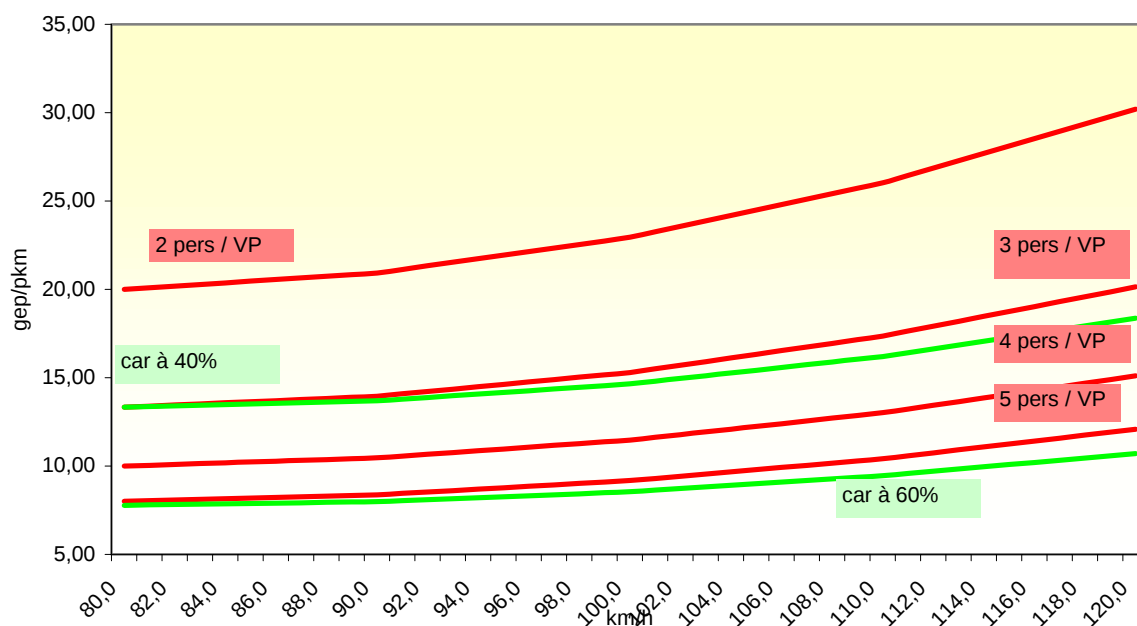
L'abaque ci-dessous décrit pour chaque mode et pour différents taux d'occupation, la relation entre vitesse et consommation spécifique exprimée en gep/pkm. Le taux d'occupation des autocars est pris supérieur ou égal à 30%, dans la mesure où les taux observés dans la réalité sont voisins de 60%. La voiture est représentée par un taux d'occupation minimale de 2 personnes par VP, l'ajout d'une courbe supplémentaire pour un taux de 1 personne par VP n'apportant pas d'informations supplémentaires.

Figure 30 Abaque reliant la vitesse et le taux d'occupation à la consommation en milieu régional

Les transports par autocar et la voiture particulière n'entrent en concurrence que pour des taux d'occupation respectivement compris entre 20% et 60% pour les autocars et 3 ou 5 personnes par VP. Ainsi, à vitesse identique, la voiture avec 5 passagers est plus efficace que l'autocar si celui-ci a un taux d'occupation inférieur à 60%.

5.1.3 Influence croisée du taux de charge et de la vitesse sur les consommations d'énergie des trajets inter-régionaux

Deux modes sont là encore mis en concurrence, la voiture particulière et le transport par autocar. A partir de 60 % de taux d'occupation, les transports par autocar est le mode le plus efficace, quelque soit la vitesse et le taux d'occupation de la voiture.

Figure 31 Abaque reliant la vitesse et le taux d'occupation à la consommation en inter régional

6 Conclusion :

La prise en compte des conditions réelles d'utilisation et de circulation des véhicules permet de comparer l'efficacité des différents modes de transport entre eux.

En milieu urbain, le train de banlieue et le RER (ou métro) ont une très nette efficacité par rapport aux autres modes, et ce quel que soit leur taux de remplissage.

Si l'on considère également le facteur vitesse, la voiture devient plus efficace que le bus quand ce dernier a un taux d'occupation inférieur à 10% et que la voiture compte au moins 3 passagers. Toutefois, dès qu'un bus est rempli à plus de 25%, il demeure plus efficace qu'une voiture.

En milieu régional, l'introduction des trains régionaux TER fait apparaître d'importantes disparités, en terme d'efficacité gep/pkm. La prise en compte de cette catégorie de transport a nécessité le recours à des informations « réelles » (l'étude de l'abaque correspondant à la zone régionale a pris en compte 2 liaisons TER réelle, l'une et l'autre représentant les deux valeurs extrêmes de la catégorie). De ce fait, il est plus difficile de conclure sur la position des TER au regard des autres modes. Même si l'un des 2 types de TER est plus efficace que tous les autres modes, l'autobus arrive en deuxième position, quel que soit son taux de remplissage. Si l'on introduit le facteur vitesse, une voiture avec 2 personnes a une meilleure efficacité qu'un autobus rempli à un taux inférieur à 25%, quelle que soit la vitesse. Une voiture avec 5 personnes aura une meilleure efficacité qu'un autobus à demi rempli.

En milieu interrégional, le train TRN et le TGV ont la meilleure efficacité ; en introduisant en plus le facteur vitesse, une voiture avec au moins 3 passagers aura une meilleure efficacité qu'un autobus rempli à moins de 40% ; Un autobus dont le taux de remplissage est au moins de 60% aura la meilleure efficacité, quelle que soit la vitesse et le nombre de passagers dans la voiture.

En termes relatifs, l'impact d'une diminution de la vitesse moyenne sur autoroute des VP est très important, tandis que tout accroissement de vitesse des autocars se traduit par une

augmentation importante du ratio gep/pkm. Pour les autres zones, le facteur vitesse a une moindre importance.

Concernant l'avion, son efficacité (en gep/pkm) est le plus souvent inférieure aux autres modes. En introduisant la notion de distance, l'efficacité de l'avion tend à s'améliorer sur des parcours longs.

PARTIE 3 :

Les services de transport

1. Contexte et objectifs

Dans cette dernière partie, on ne s'intéresse plus à l'efficacité des modes pris séparément, mais à l'efficacité des services de transport, obtenus par des combinaisons de modes et répondant à des besoins de déplacements particuliers, définis d'une part par l'origine et la destination du déplacement complet, d'autre part par les exigences qualitatives du déplacement (délais, vitesse, etc...).

On assimilera la combinaison de modes à un « système » transport. Un système transport est dans la plupart des cas une combinaison d'un mode principal (avion, train, voiture/camion) et de modes « secondaires » (voiture/camion, bus, métro, VUL, véhicule de collecte) permettant l'accès au mode principal.

La raison de l'introduction de cette notion de systèmes transport est double :

*** La prise en compte de l'intermodalité :**

L'évaluation technique par mode principal de déplacement peut donner une vision trompeuse de l'efficacité énergétique car elle ne prend pas en compte les consommations induites par les modes secondaires permettant la jonction entre l'origine du déplacement (le domicile ou le lieu de travail), la gare ou l'aéroport et la jonction entre l'aéroport ou la gare, et la destination du déplacement (centre ville, périphérie urbaine). Le graphique ci-dessous illustre pour un déplacement d'un point à un autre l'existence de trois systèmes transport (rouge, vert et bleu) pour lesquels les distances de déplacement peuvent être forts différentes.

*** La rationalisation énergétique des services de transport** passe par l'identification et le soutien aux systèmes transport les plus efficaces pour un besoin donné de déplacement. Ces besoins font intervenir différents facteurs : la nature du besoin de transport (travail, loisirs, vacances, denrée périssable/non périssable), la distance à parcourir, le temps de déplacement, la recherche d'une plus ou moins grande fiabilité en terme de ponctualité.

Il faut donc identifier les différents besoins de transport, analyser les systèmes transport permettant d'y répondre, puis proposer une évaluation de l'efficacité énergétique de ces systèmes transport. A titre d'exemple, les systèmes transport à analyser pour transporter une tonne de marchandise de Lille à Marseille sont différents selon la contrainte de temps ou de fiabilité associée à ce déplacement (de moins d'une journée pour des primeurs jusqu'à plusieurs jours pour des marchandises non périssables).

2 Le transport de passagers

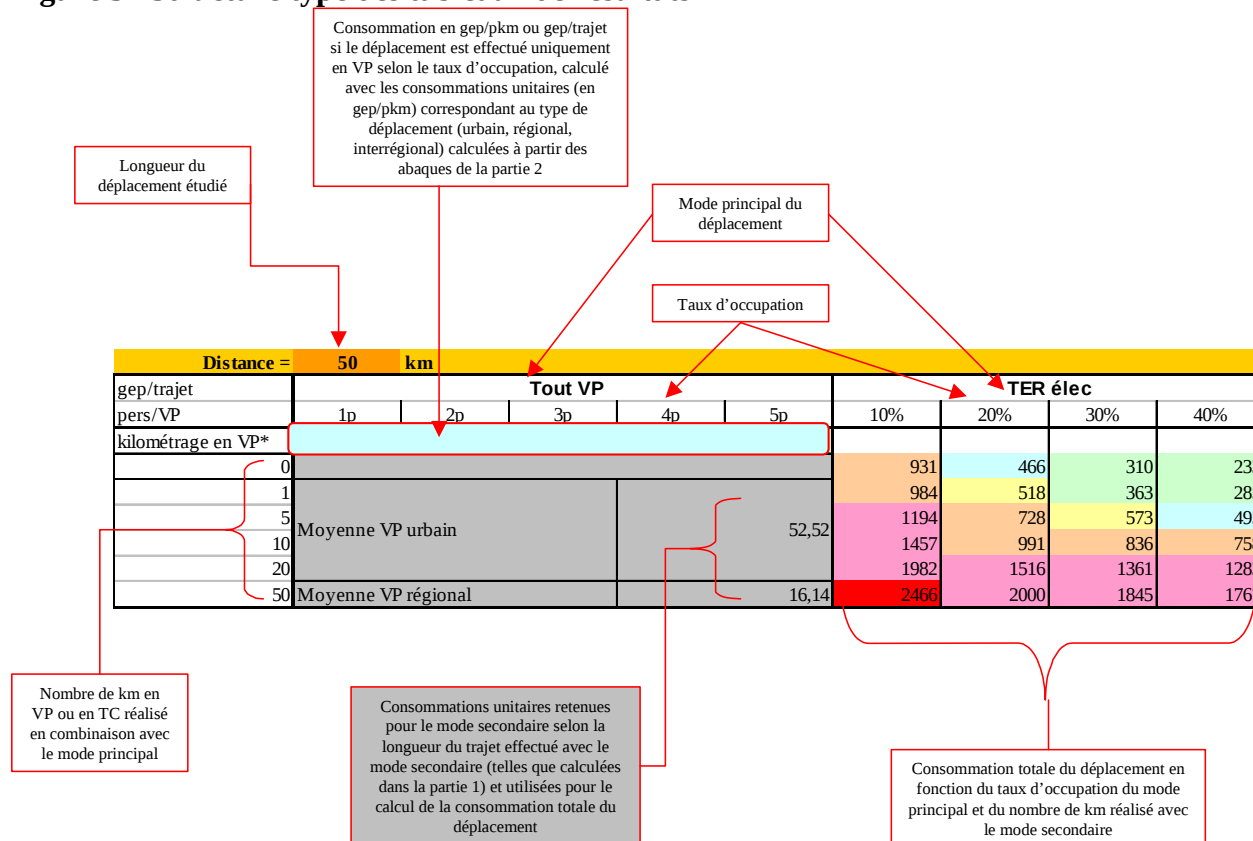
2.1 Méthodologie

Les systèmes transport pour les passagers sont définis selon les aires géographiques considérées : urbain, régional ou interrégional. Pour chaque aire, plusieurs déplacements types sont étudiés, en fonction de leur longueur. Pour chacun on identifie plusieurs systèmes transport en dosant les parts des modes utilisés dans le déplacement, sur la base des kilomètres parcourus.

Pour chaque aire, chaque type de déplacement et chaque système transport, on calcule une efficacité énergétique moyenne, exprimée d'une part en gep/pkm et d'autre part en gep/trajet.

Les résultats sont présentés sous la forme de tableaux afin de faciliter les comparaisons et agrémentés d'un jeu de couleur permettant, au sein d'un même tableau, de visualiser l'ordonnancement des différentes combinaisons de modes, comparativement à l'usage de la voiture seule. La construction des tableaux et la signification des jeux de couleur utilisés sont explicitées ci-dessous.

Figure 32 Structure type des tableaux de résultats



Les jeux de couleurs des tableaux s'interprètent comme suit

Tableau 71 Codification des couleurs utilisées dans les tableaux de résultats

		Consommation pour un trajet en VP seule selon le taux d'occupation ou consommation d'une combinaison mode principale/mode secondaire				
combinaisons mode principal/mode secondaire dont la consommation	est	VP 1 pers	VP 2 pers	VP 3 pers	VP 4 pers	VP 5 pers
		<	<	<	<	<
		<	<	<	<	>
		<	<	<	>	>
		<	<	>	>	>
		>	>	>	>	>

2.2 Les déplacements en zone urbaine

Plusieurs types de trajets seront étudiés pour des parcours de 1 à 40 km. Pour chaque type de trajet, on identifie et on compare des systèmes transport, allant d'une solution monomodale (voiture seule, TC seul) à des solutions multimodales combinant mode doux (type marche à pied, vélo), voiture (pour différents taux d'occupations) et différents types de transport en commun (autobus, tram, métro, RER,).

Les résultats sont fondés sur les données issues des phases précédentes de l'étude⁴. Les données sur les consommations unitaires proviennent des calculs réalisés dans la partie 2 de l'étude (abaque distance) pour la voiture et de la partie 1 sur les efficacités énergétiques pour les modes de transport collectif. Les taux d'occupation des différents modes de transport collectif sont supposés constants et pris égaux à ceux retenus dans la partie 1, le taux d'occupation de la voiture est variable (de 1 à 3 personnes). Afin de tenir compte du fait que pour un même déplacement d'un point à un autre, la distance parcourue n'est pas la même selon le mode utilisé, une pondération est appliquée. Celle-ci, sur la base des travaux réalisés dans le cadre des travaux du CNTV, consiste à augmenter la distance réalisée en transport en commun de 13,3%⁵ km par rapport à la distance effectuée en voiture. Ainsi, un trajet de 1 km en voiture correspondra à un trajet de 1,133 km en TC.

2.2.1 Les déplacements de 1 km

Ces déplacements très courts ne sont ici envisagés que dans des configurations monomodales motorisées intégrant une part plus ou moins importante de modes doux.

Tableau 72 Déplacement urbain de 1 km

Distance = 1 km						
gép/pkm	tout VP			Tout TC	Tout TC	Tout TC
pers/VP	1	2	3	Bus	Tram	Métro
% mode doux*						
0%	65,99	33,00	22,00	28,23	6,45	8,04
10%	59,40	29,70	19,80	25,41	5,81	7,23
20%	52,80	26,40	17,60	22,58	5,16	6,43
50%	33,00	16,50	11,00	14,12	3,23	4,02

gép/trajet	tout VP			Tout TC*	Tout TC*	Tout TC*
pers/VP	1	2	3	Bus	Tram	Métro
% mode doux*						
0%	65,99	33,00	22,00	31,99	7,31	9,10
10%	59,40	29,70	19,80	28,79	6,58	8,19
20%	52,80	26,40	17,60	25,59	5,85	7,28
50%	33,00	16,50	11,00	15,99	3,65	4,55

⁴ Le choix a été fait tout au long de cette partie de comptabiliser l'énergie consommée par les modes électriques sur la base d'une équivalence finale.

⁵ Les travaux de CNTV considèrent que pour une longueur moyenne de déplacement de 7,5 km en voiture, la distance équivalente en transport en commun doit être majorée de 1 km (soit une augmentation de 13,3%).

Les résultats sont conformes à ceux obtenus dans la première partie de l'étude. Ainsi, pour un déplacement de 1 km, le tram et le métro consomment moins (en gep/pkm et en gep/trajet) que la voiture, et ce, quelque soit le taux d'occupation de cette dernière. L'autobus consomme plus que la voiture si celle-ci est occupée par 3 personnes et plus. Le principal enseignement que l'on puisse tirer de cette mise en parallèle des différents modes concerne l'influence sur l'efficacité relative de chaque mode au regard de l'usage qui est fait des modes doux. Ainsi, dans le cas d'une utilisation de ce type de mode (vélo, marche à pied) à hauteur de 50% du trajet, la voiture est quasiment aussi efficace que l'autobus. En effet, effectuer 50% du trajet à pied, et le reste en voiture (sur la base d'une occupation par deux passagers) consomme moins d'énergie que de réaliser la totalité du trajet en autobus. Ainsi, la promotion du covoiturage sur de courtes distances peut être une solution plus efficace du point de vue énergétique que la promotion du transport en commun de type autobus.

2.2.2 Cas d'un déplacement de 3 km

Ce type de déplacement permet d'envisager la combinaison de deux modes motorisés en plus des modes doux. Il s'agit le plus souvent de déplacements de la très proche banlieue vers le centre urbain, voire au sein même de la ville pour des villes d'une certaine taille. Le point de départ est supposé ne pas être desservi directement par un mode collectif, mais situé à 1 ou 2 km d'un arrêt (type relais tram ou parking gratuit à proximité d'un arrêt de bus) offrant une possibilité de parking rapide, peu coûteuse et une fréquence de desserte élevée des transports en commun. Cette condition de parking est essentielle dans la mesure où le temps passé à chercher une place de parking ne doit pas être disproportionné par rapport au temps du trajet réalisé en voiture. Enfin, la part des modes doux (correspondant dans ce cas au temps de ralliement entre l'arrêt du transport collectif et le lieu final de destination) doit rester relativement faible. La configuration de ce type de déplacement exclut la combinaison avec le métro, qui situé en zone urbaine dense, a peu de chance de répondre aux conditions sur le parking.

Tableau 73 Déplacement urbain de 3 km

Distance = 3 km													
gep/pkm pers/VP	tout VP			Tout TC* Bus	1/3	VP,TC	2/3	1/2	VP,TC	1/2	2/3 VP,TC 1/3		
	1	2	3		1	2	3		1	2	3	1	2
% mode doux*													
0%	66,0	33,0	22,0	28,2	40,8	29,8	26,2				53,4	31,4	24,1
10%	59,4	29,7	19,8	25,4	36,7	26,8	23,5				48,1	28,3	21,7
20%	52,8	26,4	17,6	22,6	32,7	23,9	20,9				42,7	25,1	19,3
50%	33,0	16,5	11,0	14,1	20,4	14,9	13,1				26,7	15,7	12,0

Distance = 3 km													
gep/trajet pers/VP	tout VP			Tout TC* Bus	1/3	VP,TC	2/3	1/2	VP,TC	1/2	2/3	VP,TC	1/3
	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3
% mode doux*													
0%	198,0	99,0	66,0	96,0	130,0	97,0	86,0				164,0	98,0	76,0
10%	178,2	89,1	59,4	86,4	117,0	87,3	77,4				147,6	88,2	68,4
20%	158,4	79,2	52,8	76,8	104,0	77,6	68,8				131,2	78,4	60,8
50%	99,0	49,5	33,0	48,0	65,0	48,5	43,0				82,0	49,0	38,0

* en combinaison avec les autres modes sur le même déplacement

Distance = 3 km													
gep/pkm pers/VP	tout VP			Tout TC* Tram	1/3	VP,TC	2/3	1/2	VP,TC	1/2	2/3	VP,TC	1/3
	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3
% mode doux*													
0%	66,0	33,0	22,0	6,45	26,3	15,3	11,6				46,1	24,1	16,8
10%	59,4	29,7	19,8	5,81	23,7	13,8	10,5				41,5	21,7	15,1
20%	52,8	26,4	17,6	5,16	21,0	12,2	9,3				36,9	19,3	13,5
50%	33,0	16,5	11,0	3,23	13,1	7,6	5,8				23,1	12,1	8,4

Distance = 3 km													
gep/trajet pers/VP	tout VP			Tout TC* Tram	1/3	VP,TC	2/3	1/2	VP,TC	1/2	2/3	VP,TC	1/3
	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3
% mode doux*													
0%	198,0	99,0	66,0	21,9	80,6	47,6	36,6				139,3	73,3	51,3
10%	178,2	89,1	59,4	19,7	72,5	42,9	33,0				125,4	66,0	46,2
20%	158,4	79,2	52,8	17,5	64,5	38,1	29,3				111,4	58,6	41,0
50%	99,0	49,5	33,0	11,0	40,3	23,8	18,3				69,6	36,7	25,7

* en combinaison avec les autres modes sur le même déplacement

Dans le cas d'une combinaison voiture/autobus, celle-ci est moins avantageuse que l'utilisation de la voiture seule si le taux d'occupation de la voiture est supérieur à 2 personnes. Par contre dans le cas d'une combinaison tram/voiture, celle-ci demeure systématiquement moins énergivore que la voiture seule quelque soit le taux d'occupation de cette dernière. Dans le cas d'une combinaison 1/3voiture (1 personne) et 2/3 tram, celle-ci est plus avantageuse que la voiture utilisée seule par deux passagers.

2.2.3 Le cas d'un déplacement de 5 km

Il s'agit de déplacements au sein d'agglomérations, banlieue vers le centre ou déplacements banlieue-banlieue.

Les systèmes transport, combinant la voiture, l'autobus ou le tram, répondent à différentes configurations de dessertes des transports en commun et d'existence de parcs relais. On retient trois configurations principales où le trajet nécessaires en VP représente 1/3, 1/2 et 2/3 trajet total.

Tableau 74 Déplacement urbain de 5 km

Distance = 5 km													
gep/pkm pers/VP	tout VP			Tout TC* Tram	1/3	VP,TC	2/3	1/2	VP,TC	1/2	2/3	VP,TC	1/3
	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3
% mode doux*													
0%	65,8	32,9	21,9	6,45	26,2	15,3	11,6	36,1	19,7	14,2	46,0	24,1	16,8
10%	59,2	29,6	19,7	5,81	23,6	13,7	10,5	32,5	17,7	12,8	41,4	21,7	15,1
20%	52,7	26,3	17,6	5,16	21,0	12,2	9,3	28,9	15,7	11,4	36,8	19,3	13,4
50%	32,9	16,5	11,0	3,23	13,1	7,6	5,8	18,1	9,8	7,1	23,0	12,0	8,4

* avec un taux de remplissage de x%

Distance = 5 km													
gep/trajet pers/VP	tout VP			Tout Tram	1/3 1	VP,TC 2	2/3 3	1/2 1	VP,TC 2	1/2 3	2/3 1	VP,TC 2	1/3 3
% mode doux*													
0%	329	165	110	36,5	134,1	79,2	60,9	182,8	100,6	73,1	231,6	121,9	85,3
10%	296	148	99	32,9	120,7	71,3	54,8	164,5	90,5	65,8	208,4	109,7	76,8
20%	263	132	88	29,2	107,3	63,4	48,7	146,3	80,4	58,5	185,3	97,5	68,3
50%	165	82	55	18,3	67,0	39,6	30,5	91,4	50,3	36,6	115,8	60,9	42,7

* en combinaison avec les autres modes sur le même déplacement

Distance = 5 km													
gep/pkm pers/VP	tout VP			Tout bus	1/3	VP,TC	2/3	1/2	VP,TC	1/2	2/3	VP,TC	1/3
	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3
% mode doux*													
0%	65,8	32,9	21,9	28,23	40,8	29,8	26,1	47,0	30,6	25,1	53,3	31,4	24,0
10%	59,2	29,6	19,7	25,41	36,7	26,8	23,5	42,3	27,5	22,6	48,0	28,2	21,6
20%	52,7	26,3	17,6	22,58	32,6	23,8	20,9	37,6	24,5	20,1	42,6	25,1	19,2
50%	32,9	16,5	11,0	14,12	20,4	14,9	13,1	23,5	15,3	12,5	26,6	15,7	12,0

* avec un taux de remplissage de x%

Distance = 5 km													
gep/trajet pers/VP	tout VP			Tout bus	1/3 1	VP,TC 2	2/3 3	1/2 1	VP,TC 2	1/2 3	2/3 1	VP,TC 2	1/3 3
% mode doux*													
0%	329	165	110	160	216,3	161,5	143,2	244,5	162,2	134,8	272,7	163,0	126,4
10%	296	148	99	144	194,7	145,3	128,9	220,1	146,0	121,3	245,5	146,7	113,8
20%	263	132	88	128	173,1	129,2	114,6	195,6	129,8	107,9	218,2	130,4	101,2
50%	165	82	55	80	108,2	80,7	71,6	122,3	81,1	67,4	136,4	81,5	63,2

* en combinaison avec les autres modes sur le même déplacement

Comme pour les déplacements de 3 km, la combinaison tram/voiture est particulièrement efficace comparativement à la voiture seule. L'allongement de la distance conduit même à améliorer l'efficacité de la combinaison qui, dans la configuration 1/3VP-2/3TC et 1/2VP-1/2TC avec 2 ou 3 personnes par voiture est plus efficace que la voiture seule quelque soit son taux de remplissage. Les performances de la combinaison bus/VP restent identiques à celles observées dans le cas d'un déplacement de 3 km.

2.2.4 Le cas d'un déplacement de 10 km

Ce sont des déplacements de la périphérie vers le centre ville ou de banlieue à banlieue, qui peuvent combiner la voiture, l'autobus, le tram, mais aussi l'autocar, dans sa version « urbaine », et le RER. Les combinaisons VP/bus ou VP/tram sont limitées à une configuration 2/3-1/3 ou 1/2-1/2 pour prendre en compte le fait que ces modes de transport collectifs sont utilisés sur des distances souvent inférieures à 5 km. A contrario, les combinaisons VP/Autocars et VP/RER sont limitées à une configuration 1/3 – 2/3, l'autobus et le RER étant a priori utilisés sur des distances supérieures à 7 km.

Tableau 75 Déplacement urbain de 10 km

Distance = 10 km													
gep/pkm pers/VP	tout VP			Tout TC*	1/3	VP,TC	2/3	1/2	VP,TC	1/2	2/3	VP,TC	1/3
	1	2	3	Tram	1	2	3	1	2	3	1	2	3
% mode doux*													
0%	65,4	32,7	21,8	6,45				35,9	19,6	14,1	45,7	23,9	16,7
10%	58,8	29,4	19,6	5,81				32,3	17,6	12,7	41,2	21,5	15,0
20%	47,1	23,5	15,7	4,64				25,9	14,1	10,2	32,9	17,2	12,0
50%	23,5	11,8	7,8	2,32				12,9	7,0	5,1	16,5	8,6	6,0

Distance = 10 km													
gep/trajet pers/VP	tout VP			Tout TC*	1/3	VP,TC	2/3	1/2	VP,TC	1/2	2/3	VP,TC	1/3
	1	2	3	Tram	1	2	3	1	2	3	1	2	3
% mode doux*													
0%	654	327	218	73,1				363	200	146	460	242	170
10%	588	294	196	65,8				327	180	131	414	218	153
20%	471	235	157	52,6				262	144	105	331	174	122
50%	235	118	78	26,3				131	72	52	166	87	61

* en combinaison avec les autres modes sur le même déplacement

Distance = 10 km													
gep/pkm	tout VP			Tout TC*	1/3	VP,TC	2/3	1/2	VP,TC	1/2	2/3	VP,TC	1/3
pers/VP	1	2	3	bus	1	2	3	1	2	3	1	2	3
% mode doux*													
0%	65,38	32,69	21,79	28,23				46,8	30,5	25,0	53,0	31,2	23,9
10%	58,84	29,42	19,61	25,41				42,1	27,4	22,5	47,7	28,1	21,5
20%	47,08	23,54	15,69	20,33				33,7	21,9	18,0	38,2	22,5	17,2
50%	23,54	11,77	7,85	10,16				16,9	11,0	9,0	19,1	11,2	8,6

Distance = 10 km													
gep/trajet pers/VP	tout VP			Tout TC* bus	1/3 1	VP,TC 2	2/3 3	1/2 1	VP,TC 2	1/2 3	2/3 1	VP,TC 2	1/3 3
	1	2	3										
% mode doux*													
0%	654	327	218	320				487	323	269	543	325	252
10%	588	294	196	288				438	291	242	488	292	227
20%	471	235	157	230				351	233	194	391	234	181
50%	235	118	78	115				175	116	97	195	117	91

* en combinaison avec les autres modes sur le même déplacement

Tableau 76 Déplacement urbain de 10 km (suite)

Distance = 10 km													
gep/pkm pers/VP	tout VP			Tout TC* Car	1/3	VP,TC	2/3	1/2	VP,TC	1/2	2/3	VP,TC	1/3
	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3
% mode doux*													
0%	65,38	32,69	21,79	14,4	31,4	20,5	16,8						
10%	58,84	29,42	19,61	12,9	28,2	18,4	15,2						
20%	47,08	23,54	15,69	10,3	22,6	14,7	12,1						
50%	23,54	11,77	7,85	5,2	11,3	7,4	6,1						

Distance = 10 km													
gep/trajet pers/VP	tout VP			Tout TC*	1/3	VP,TC	2/3	1/2	VP,TC	1/2	2/3	VP,TC	1/3
	1	2	3	Car	1	2	3	1	2	3	1	2	3
% mode doux*													
0%	654	327	218	163	326	217	181						
10%	588	294	196	146	294	196	163						
20%	471	235	157	117	235	157	130						
50%	235	118	78	59	118	78	65						

* en combinaison avec les autres modes sur le même déplacement

Distance = 10 km													
gep/pkm pers/VP	tout VP			Tout TC* RER	1/3	VP,TC	2/3	1/2	VP,TC	1/2	2/3	VP,TC	1/3
	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3
% mode doux*													
0%	65,4	32,7	21,8	7,7	26,9	16,0	12,4						
10%	58,8	29,4	19,6	6,9	24,2	14,4	11,1						
20%	47,1	23,5	15,7	5,5	19,4	11,5	8,9						
50%	23,5	11,8	7,8	2,8	9,7	5,8	4,5						

Distance = 10 km													
gep/trajet pers/VP	tout VP			Tout TC* RER	1/3	VP,TC	2/3	1/2	VP,TC	1/2	2/3	VP,TC	1/3
	1	2	3		1	2	3		1	2		3	1
% mode doux*													
0%	654	327	218	86,7	276	167	130						
10%	588	294	196	78,1	248	150	117						
20%	471	235	157	62,5	199	120	94						
50%	235	118	78	31,2	99	60	47						

* en combinaison avec les autres modes sur le même déplacement

Le covoiturage, avec 2 personnes ou plus par VP est la solution la plus efficace sur le plan énergétique, comparée à toutes les situations individuelles utilisant des combinaisons avec les transports en commun. Dans le cas des combinaisons 50-50 avec l'autocar ou le tram impliquant deux personnes voyageant ensemble, le covoiturage n'est compétitif que pour trois personnes au moins, et à condition de marcher sur au moins un kilomètre. Cette distance est portée à deux kilomètres dans le cas du RER.

2.2.5 Le cas de trajets de 20 km

Dans ce type de déplacement de la grande périphérie vers le centre ou de périphérie à périphérie, les combinaisons de mode étudiées sont identiques à celles considérées précédemment, à la seule différence que dans le cas des combinaisons VP/Autobus et VP/Tram, les seules combinaisons étudiées sont de type 2/3-1/3. Par contre des combinaisons de 1/2-1/2 sont désormais envisagées dans le cas VP/RER et VP/Autocar.

Tableau 77 Déplacement urbain de 20 km

Distance = 20 km													
gep/pkm	tout VP			Tout TC*	1/3 VP,TC 2/3			1/2 VP,TC 1/2			2/3 VP,TC 1/3		
	1	2	3		TRAM	1	2	3	1	2	3	1	2
pers/VP													
% mode doux*													
0%	65,1	32,6	21,7	6,5							45,6	23,9	16,6
10%	58,6	29,3	19,5	5,8							41,0	21,5	15,0
20%	46,9	23,4	15,6	4,6							32,8	17,2	12,0
50%	23,4	11,7	7,8	2,3							16,4	8,6	6,0

Distance = 20 km													
gep/trajet	tout VP			Tout TC*	1/3 VP,TC 2/3			1/2 VP,TC 1/2			2/3 VP,TC 1/3		
	1	2	3		TRAM	1	2	3	1	2	3	1	2
pers/VP													
% mode doux*													
0%	1302	651	434	146							917	483	338
10%	1172	586	391	132							825	435	304
20%	938	469	313	105							660	348	243
50%	469	234	156	53							330	174	122

* en combinaison avec les autres modes sur le même déplacement

Distance = 20 km													
gep/pkm	tout VP			Tout TC* bus	1/3	VP,TC	2/3	1/2	VP,TC	1/2	2/3	VP,TC	1/3
pers/VP	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3
% mode doux*													
0%	65,1	32,6	21,7	28,2							52,8	31,1	23,9
10%	58,6	29,3	19,5	25,4							47,5	28,0	21,5
20%	46,9	23,4	15,6	20,3							38,0	22,4	17,2
50%	23,4	11,7	7,8	10,2							19,0	11,2	8,6

Distance = 20 km													
gep/trajet pers/VP	tout VP			Tout TC* bus	1/3 1	VP,TC 2	2/3 3	1/2 1	VP,TC 2	1/2 3	2/3 1	VP,TC 2	1/3 3
% mode doux*													
0%	1302	651	434	640							1081	647	503
10%	1172	586	391	576							973	583	452
20%	938	469	313	461							779	466	362
50%	469	234	156	230							389	233	181

* en combinaison avec les autres modes sur le même déplacement

Tableau 78 Déplacement urbain de 20 km (suite)

Distance = 20 km													
gép/pkm pers/VP	tout VP			Tout TC* Car	1/3	VP,TC	2/3	1/2	VP,TC	1/2	2/3 VP,TC 1/3		
	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3
% mode doux*													
0%	65,1	32,6	21,7	14,4	31,3	20,4	16,8	39,7	23,5	18,0			
10%	58,6	29,3	19,5	12,9	28,2	18,4	15,1	35,8	21,1	16,2			
20%	46,9	23,4	15,6	10,3	22,5	14,7	12,1	28,6	16,9	13,0			
50%	23,4	11,7	7,8	5,2	11,3	7,4	6,1	14,3	8,4	6,5			

Distance = 20 km													
gép/trajet pers/VP	tout VP			Tout TC* Car	1/3	VP,TC	2/3	1/2	VP,TC	1/2	2/3 VP,TC 1/3		
	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3
% mode doux*													
0%	1302	651	434	326	651	434	362	814	488	380			
10%	1172	586	391	293	586	391	326	733	439	342			
20%	938	469	313	234	469	313	260	586	352	273			
50%	469	234	156	117	234	156	130	293	176	137			

* en combinaison avec les autres modes sur le même déplacement

Distance = 20 km													
gép/pkm pers/VP	tout VP			Tout TC* RER	1/3	VP,TC	2/3	1/2	VP,TC	1/2	2/3 VP,TC 1/3		
	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3
% mode doux*													
0%	65,1	32,6	21,7	7,7	26,8	16,0	12,3	36,4	20,1	14,7			
10%	58,6	29,3	19,5	6,9	24,1	14,4	11,1	32,7	18,1	13,2			
20%	46,9	23,4	15,6	5,5	19,3	11,5	8,9	26,2	14,5	10,6			
50%	23,4	11,7	7,8	2,8	9,7	5,7	4,4	13,1	7,2	5,3			

Distance = 20 km													
gép/trajet pers/VP	tout VP			Tout TC* RER	1/3	VP,TC	2/3	1/2	VP,TC	1/2	2/3 VP,TC 1/3		
	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3
% mode doux*													
0%	651	326	217	173,5	333	224	188	412	250	195			
10%	586	293	195	156,1	299	202	169	371	225	176			
20%	469	234	156	124,9	240	161	135	297	180	141			
50%	234	117	78	62,5	120	81	68	148	90	70			

* en combinaison avec les autres modes sur le même déplacement

L'intérêt du covoiturage s'affirme plus nettement par rapport aux combinaisons avec les transports en commun, presque systématiquement dans le cas d'une personne voyageant seule par une solution combinée versus 2 personnes par voiture, systématiquement pour toutes les combinaisons quand il y a trois personnes pas voiture.

Par contre les combinaisons, surtout avec le tram et le RER, sont plus intéressantes quand il n'y a pas plus de 2 personnes par voiture, et toutes les combinaisons restent compétitives quand 2 personnes voyagent ensemble.

2.2.6 Le cas d'un trajet de 40 km

Le dernier trajet type étudié dans le cadre de déplacement urbain est un parcours de 40 km, typique des déplacements « urbains ». Les mêmes configurations que dans les cas précédents sont présentées. La seule différence réside dans la modification de la part de la voiture et des autres modes dans le cas d'une combinaison avec le tram ou l'autobus. Celle-ci est ici de 4/5 pour la voiture et de 1/5 pour le transport en commun afin de conserver une distance raisonnable pour les transports en commun. Cette configuration correspond à l'utilisation de parc relais tram ou de parc relais autobus en périphérie des grandes villes. Dans le cas des combinaisons avec le RER ou l'autocar, le trajet en voiture permet de rejoindre la gare SNCF ou routière la plus proche.

Tableau 79 Déplacement urbain de 40 km

Distance = 40 km													
gep/pkm	tout VP			Tout TC*	1/3 VP,TC 2/3			1/2 VP,TC 1/2			4/5 VP,TC 1/5		
	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3
pers/VP	1	2	3	TRAM	1	2	3	1	2	3	1	2	3
% mode doux*													
0%	65,1	32,6	21,7	6,5							53,4	27,3	18,7
10%	58,6	29,3	19,5	5,8							48,0	24,6	16,8
20%	46,9	23,4	15,6	4,6							38,4	19,7	13,4
50%	23,4	11,7	7,8	2,3							19,2	9,8	6,7

Distance = 40 km													
gep/trajet	tout VP			Tout TC*	1/3 VP,TC 2/3			1/2 VP,TC 1/2			4/5 VP,TC 1/5		
	1	2	3		TRAM	1	2	3	1	2	3	1	2
pers/VP													
% mode doux*													
0%	2605	1302	868	292							2142	1100	753
10%	2344	1172	781	263							1928	990	678
20%	1875	938	625	210							1542	792	542
50%	938	469	313	105							771	396	271

* en combinaison avec les autres modes sur le même déplacement

Distance = 40 km													
gep/pkm	tout VP			Tout TC*	1/3 VP,TC 2/3			1/2 VP,TC 1/2			4/5 VP,TC 1/5		
pers/VP	1	2	3	bus	1	2	3	1	2	3	1	2	3
% mode doux*													
0%	65,1	32,6	21,7	28,2							58	31,7	23,0
10%	58,6	29,3	19,5	25,4							52,0	28,5	20,7
20%	46,9	23,4	15,6	20,3							41,6	22,8	16,6
50%	23,4	11,7	7,8	10,2							20,8	11,4	8,3

Distance = 40 km													
gep/trajet pers/VP	tout VP			Tout TC* bus	1/3 VP,TC 2/3			1/2 VP,TC 1/2			4/5 VP,TC 1/5		
	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3
% mode doux*													
0%	1302	651	434	640							1170	649	475
10%	1172	586	391	576							1053	584	428
20%	938	469	313	461							842	467	342
50%	469	234	156	230							421	234	171

* en combinaison avec les autres modes sur le même déplacement

Tableau 80 Déplacement urbain de 40 km (suite)

Distance = 40 km													
gep/pkm pers/VP	tout VP			Tout TC*	1/3	VP,TC	2/3	1/2	VP,TC	1/2	2/3 VP,TC 1/3		
	1	2	3	Car	1	2	3	1	2	3	1	2	3
% mode doux*													
0%	65,1	32,6	21,7	14,4	31,3	20,4	16,8	39,7	23,5	18,0			
10%	58,6	29,3	19,5	12,9	28,2	18,4	15,1	35,8	21,1	16,2			
20%	46,9	23,4	15,6	10,3	22,5	14,7	12,1	28,6	16,9	13,0			
50%	23,4	11,7	7,8	5,2	11,3	7,4	6,1	14,3	8,4	6,5			

Distance = 40 km													
gep/trajet pers/VP	tout VP			Tout TC* Car	1/3	VP,TC	2/3	1/2	VP,TC	1/2	2/3 VP,TC 1/3		
	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3
% mode doux*													
0%	2605	1302	868	651	1302	868	723	1628	977	760			
10%	2344	1172	781	586	1172	781	651	1465	879	684			
20%	1875	938	625	469	938	625	521	1172	703	547			
50%	938	469	313	234	469	313	260	586	352	273			

* en combinaison avec les autres modes sur le même déplacement

Distance = 40 km													
gep/pkm pers/VP	tout VP			Tout TC* RER	1/3	VP,TC	2/3	1/2	VP,TC	1/2	2/3 VP,TC 1/3		
	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3
% mode doux*													
0%	65,1	32,6	21,7	7,7	26,8	16,0	12,3	36,4	20,1	14,7			
10%	58,6	29,3	19,5	6,9	24,1	14,4	11,1	32,7	18,1	13,2			
20%	46,9	23,4	15,6	5,5	19,3	11,5	8,9	26,2	14,5	10,6			
50%	23,4	11,7	7,8	2,8	9,7	5,7	4,4	13,1	7,2	5,3			

Distance = 40 km													
gep/trajet pers/VP	tout VP			Tout TC* RER	1/3	VP,TC	2/3	1/2	VP,TC	1/2	2/3 VP,TC 1/3		
	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3
% mode doux*													
0%	2605	1302	868	347	1100	665	521	1476	825	608			
10%	2344	1172	781	312	990	599	469	1328	742	547			
20%	1875	938	625	250	792	479	375	1063	594	437			
50%	938	469	313	125	396	240	187	531	297	219			

* en combinaison avec les autres modes sur le même déplacement

L'allongement des parcours ne crée pas de phénomènes nouveaux, il ne fait qu'accentuer ceux indiqués plus haut.

Le tableau suivant regroupe pour les différents trajets, les résultats en gep/trajet dans le cas où la part des modes doux est égale à 0%.

Tableau 81 Synthèse des résultats en urbain (part des modes doux = 0%)

gép/trajet	tout VP			Tout TC*	1/3	VP,TC	2/3	1/2	VP,TC	1/2	2/3	VP,TC	1/3
pers/VP	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3
Distance = 3 km													
Bus	198	99	66	96	130	97	86				164	98	76
Tram	198	99	66	22	81	48	37				139	73	51
Distance = 5 km													
Tram	329	165	110	37	134	79	61	183	101	73	232	122	85
bus	329	165	110	160	216	161	143	245	162	135	273	163	126
Distance = 10 km													
Tram	654	327	218	73				363	200	146	460	242	170
bus	654	327	218	320				487	323	269	543	325	252
Car	654	327	218	163	326	217	181						
RER	654	327	218	87	276	167	130						
Distance = 20 km													
TRAM	1302	651	434	146							917	483	338
bus	1302	651	434	640							1081	647	503
Car	1302	651	434	326	651	434	362	814	488	380			
RER	651	326	217	173	275	166	130	369	206	152			
Distance = 40 km													
Tram	2605	1302	868	292							2142	1100	753
bus	1302	651	434	640							1170	649	475
Car	2605	1302	868	651	1302	868	723	1628	977	760			
RER	2605	1302	868	347	1100	665	521	1476	825	608			

2.3 Les déplacements de type régional

Dans le cas des déplacements de type régional, c'est-à-dire les déplacements compris entre 50 et 150 kilomètres, trois trajets types seront envisagés, avec des longueurs respectives de 50, 100 et 150 km.

Les modes susceptibles d'entre dans les systèmes transport sont la voiture, les autocars, les TER gazole et les TER électrique.

Dans le cas de combinaison entre voiture et modes de transports collectifs, l'utilisation de la voiture est supposée avoir pour finalité de rejoindre le lieux de départ du mode collectif. Aussi, le kilométrage réalisé en voiture dans le cas de l'utilisation conjointe avec un autre mode de transport collectif est supposé ne pas dépasser 50 km (voire moins dans le cas d'un déplacement d'une longueur totale égale à 50 km). A l'inverse des déplacements en zone urbaine, deux cas de figures sont étudiés :

- La voiture est utilisée pour rejoindre un mode de transport collectif, mais le kilométrage réalisé en voiture vient en déduction de celui effectué en transport collectif. Dans ce cas, l'utilisation de la voiture pour rallier l'arrêt le plus proche du transport collectif utilisé n'engendre pas de kilométrage additionnel.
- La voiture est utilisée pour rejoindre un arrêt (gare, point de ramassage), mais ce ralliement se traduit par une augmentation de la longueur totale du déplacement.

2.3.1 Cas d'un déplacement de 50 km

Ce sont des déplacements pouvant prendre la forme de :

- liaison entre deux villes, desservies chacune par le TER et/ou une ligne d'autocar.
- liaison entre un village, desservi par une ligne d'autocar, et une ville ou village.

Selon le point de départ (en ville, en zone rurale), l'utilisation de la voiture comme mode complémentaire permettant de rallier la gare ou l'arrêt le plus proche est ou non nécessaire. Dans les tableaux de résultats qui suivent, l'utilisation de la voiture comme mode complémentaire est envisagée pour des parcours de ralliement pouvant aller jusqu'à 20 km soit 40% du parcours total.

Tableau 82 Déplacement régional de 50 km

Distance = 50 km non compris le trajet pour rallier l'arrêt le plus proche																	
gép/pkm	Tout VP					Cars				TER élec				TER diesel			
taux de remplissage	1p	2p	3p	4p	5p	10%	20%	30%	40%	10%	20%	30%	40%	10%	20%	30%	40%
kilométrage en VP*	40	20	13	10	8												
0						47,5	23,7	15,8	11,9	18,6	9,3	6,2	4,7	85,4	42,7	28,5	21,4
1						47,6	24,3	16,5	12,7	19,3	10,2	7,1	5,6	84,7	42,9	28,9	22,0
5	Moyenne VP urbain					47,9	26,4	19,2	15,6	21,7	13,2	10,4	9,0	82,1	43,7	30,9	24,5
10						48,3	28,5	21,9	18,6	24,3	16,5	13,9	12,6	78,8	44,7	33,3	27,6
20						48,9	32,0	26,3	23,5	28,3	21,7	19,4	18,3	72,2	46,6	38,1	33,8
50	Moyenne VP régional																
* en combinaison avec les autres modes sur le même déplacement																	
gép/trajet pers/VP	Tout VP					Cars				TER élec				TER diesel			
kilométrage en VP*	2020	1010	673	505	404												
0						2374	1187	791	594	931	466	310	233	4270	2135	1423	1068
1						2427	1240	844	646	984	518	363	285	4322	2188	1476	1121
5	Moyenne VP urbain					2637	1450	1054	856	1194	728	573	495	4516	2403	1698	1346
10						2900	1712	1317	1119	1457	991	836	758	4729	2680	1997	1655
20						3425	2238	1842	1644	1982	1516	1361	1283	5057	3264	2666	2367
50	Moyenne VP régional																
Distance = 50 km y compris le trajet pour rallier l'arrêt le plus proche																	
gép/pkm	Tout VP					Cars				TER élec				TER diesel			
taux de remplissage	1p	2p	3p	4p	5p	10%	20%	30%	40%	10%	20%	30%	40%	10%	20%	30%	40%
kilométrage en VP*	40,4	20,2	13,5	10,1	8,1												
0						47,5	23,7	15,8	11,9	18,6	9,3	6,2	4,7	85,4	42,7	28,5	21,4
1						47,6	24,3	16,6	12,7	19,3	10,2	7,1	5,6	84,7	42,9	28,9	22,0
5	Moyenne VP urbain					48,0	26,6	19,5	15,9	22,0	13,6	10,8	9,4	82,1	43,7	30,9	24,5
10						48,5	29,5	23,2	20,0	25,4	18,0	15,5	14,2	78,8	44,7	33,3	27,6
20						49,5	35,3	30,5	28,1	32,2	26,6	24,7	23,8	72,2	46,6	38,1	33,8
50	Moyenne VP régional																
* en combinaison avec les autres modes sur le même déplacement																	
gép/trajet pers/VP	Tout VP					Cars				TER élec				TER diesel			
kilométrage en VP*	2020	1010	673	505	404												
0						2374	1187	791	594	931	466	310	233	4270	2135	1423	1068
1						2379	1216	828	634	965	509	357	281	4322	2188	1476	1121
5	Moyenne VP urbain					2400	1331	975	797	1101	682	542	472	4516	2403	1698	1346
10						2425	1475	1158	1000	1270	898	774	711	4729	2680	1997	1655
20						2475	1763	1525	1407	1609	1330	1237	1190	5057	3264	2666	2367
50	Moyenne VP régional																

La lecture de ces tableaux permet de constater que l'utilisation du TER gazole ne devient intéressante que dans la mesure où le taux de remplissage de ce dernier est au moins égal à 30%, que le parcours complémentaire réalisé en voiture n'excède pas 20 km et que l'utilisation du TER gazole se substitue à une voiture avec un taux de remplissage de 1 personne. A l'inverse, le mode le plus efficace est le TER électrique, que ce soit seul ou en combinaison avec la voiture. Ainsi, même dans le cas d'un parcours de ralliement réalisé en VP sur une distance de 20 km, le TER électrique reste une alternative intéressante à l'utilisation de la voiture seule même pour des taux d'occupation faibles du TER.

L'impact sur l'efficacité relative des différentes combinaisons de modes du rallongement de la distance de parcours induite par l'utilisation de la voiture est relativement faible. En termes d'impact sur la consommation totale du trajet, seul l'autocar voit son efficacité relative se dégrader, dans le cas, par exemple d'un taux d'occupation de 20% et pour un parcours en VP de 20 km.

2.3.2 Cas d'un déplacement de 100 km

Ce type de trajet a les mêmes caractéristiques que celui précédemment étudié.

Tableau 83 Déplacement régional de 100 km

Distance = 100 km y compris le trajet pour rallier l'arrêt le plus proche																		
gép/pkm pers/VP		Tout VP					Cars				TER élec				TER diesel			
		1p	2p	3p	4p	5p	10%	20%	30%	40%	10%	20%	30%	40%	10%	20%	30%	40%
kilométrage en VP*		40,4	20,2	13,5	10,1	8,1												
0							47,5	23,7	15,8	11,9	18,6	9,3	6,2	4,7	85,4	42,7	28,5	21,4
1							47,5	24,0	16,2	12,3	19,0	9,7	6,7	5,1	85,1	42,8	28,7	21,7
5		Moyenne VP urbain					47,7	25,2	17,7	13,9	20,3	11,5	8,5	7,1	83,8	43,2	29,7	22,9
10							48,0	26,6	19,5	15,9	22,0	13,6	10,8	9,4	82,1	43,7	30,9	24,5
20							48,5	29,5	23,2	20,0	25,4	18,0	15,5	14,2	78,8	44,7	33,3	27,6
50		Moyenne VP régional									24,7	20,0	18,4	17,7	58,0	36,7	29,6	26,0
* en combinaison avec les autres modes sur le même déplacement																		
gép/trajet pers/VP		Tout VP					Cars				TER élec				TER diesel			
		1p	2p	3p	4p	5p	10%	20%	30%	40%	10%	20%	30%	40%	10%	20%	30%	40%
kilométrage en VP*		4040	2020	1347	1010	808												
0							4749	2374	1583	1187	1863	931	621	466	8540	4270	2847	2135
1							4754	2403	1620	1228	1897	975	667	514	8507	4280	2871	2166
5							4774	2518	1766	1390	2032	1147	852	705	8376	4319	2967	2291
10							4799	2662	1950	1594	2202	1363	1084	944	8211	4368	3087	2447
20							4849	2950	2317	2000	2541	1796	1547	1423	7882	4466	3328	2758
50											2466	2000	1845	1767	5805	3670	2958	2602
Distance = 100 km non compris le trajet pour rallier l'arrêt le plus proche																		
gép/pkm pers/VP		Tout VP					Cars				TER élec				TER diesel			
		1p	2p	3p	4p	5p	10%	20%	30%	40%	10%	20%	30%	40%	10%	20%	30%	40%
kilométrage en VP*		40,4	20,2	13,5	10,1	8,1												
0							47,5	23,7	15,8	11,9	18,6	9,3	6,2	4,7	85,4	42,7	28,5	21,4
1							47,5	24,0	16,2	12,3	19,0	9,7	6,7	5,1	85,1	42,8	28,7	21,7
5		Moyenne VP urbain					47,7	25,1	17,6	13,8	20,2	11,4	8,4	6,9	83,8	43,2	29,7	22,9
10							47,9	26,4	19,2	15,6	21,7	13,2	10,4	9,0	82,1	43,7	30,9	24,5
20							48,3	28,5	21,9	18,6	24,3	16,5	13,9	12,6	78,8	44,7	33,3	27,6
50		Moyenne VP régional									22,6	16,4	14,4	13,3	67,2	38,7	29,2	24,5
* en combinaison avec les autres modes sur le même déplacement																		
gép/trajet pers/VP		Tout VP					Cars				TER élec				TER diesel			
		1p	2p	3p	4p	5p	10%	20%	30%	40%	10%	20%	30%	40%	10%	20%	30%	40%
kilométrage en VP*		4040	2020	1347	1010	808												
0							4749	2374	1583	1187	1863	931	621	466	8540	4270	2847	2135
1							4801	2427	1635	1240	1915	984	673	518	8592	4323	2899	2188
5		Moyenne VP urbain					5011	2637	1845	1450	2125	1194	884	728	8794	4535	3115	2405
10							5274	2900	2108	1712	2388	1457	1146	991	9032	4805	3396	2691
20							5799	3425	2633	2238	2913	1982	1671	1516	9459	5360	3993	3310
50		Moyenne VP régional									3397	2466	2155	2000	10075	5805	4381	3670

Sans surprise, les résultats ne sont guère différents de ceux obtenus dans le cas d'un déplacement de 50 km. Notons toutefois que l'allongement du trajet principal tend à réduire l'importance du trajet réalisé en voiture dans le cas d'une utilisation combinée voiture/transport collectif. De ce fait, l'utilisation combinée de la voiture et d'un mode de transport collectif devient plus avantageuse relativement à l'utilisation de la voiture seule.

2.3.3 Cas d'un déplacement de 150 km

Tableau 84 Déplacement régional de 150 km

Distance = 150 km y compris le trajet pour rallier l'arrêt le plus proche																	
gép/pkm pers/VP	Tout VP					Cars				TER élec				TER diesel			
	1p	2p	3p	4p	5p	10%	20%	30%	40%	10%	20%	30%	40%	10%	20%	30%	40%
kilométrage en VP*	40,4	20,2	13,5	10,1	8,1												
0						47,5	23,7	15,8	11,9	18,6	9,3	6,2	4,7	85,4	42,7	28,5	21,4
1						47,5	23,9	16,1	12,1	18,9	9,6	6,5	5,0	85,2	42,8	28,6	21,6
5	Moyenne VP urbain					47,7	24,7	17,1	13,2	19,8	10,8	7,8	6,3	84,3	43,0	29,3	22,4
10						47,8	25,7	18,3	14,6	20,9	12,2	9,3	7,8	83,2	43,4	30,1	23,4
20						48,2	27,6	20,7	17,3	23,1	15,1	12,4	11,0	81,0	44,0	31,7	25,5
50	Moyenne VP régional					43,3	25,5	19,5	16,6	21,6	14,7	12,3	11,2	71,7	39,7	29,0	23,7
* en combinaison avec les autres modes sur le même déplacement																	
gép/trajet pers/VP	Tout VP					Cars				TER élec				TER diesel			
	1p	2p	3p	4p	5p	10%	20%	30%	40%	10%	20%	30%	40%	10%	20%	30%	40%
kilométrage en VP*	6060	3030	2020	1515	1212												
0						7123	3562	2374	1781	2794	1397	931	699	12810	6405	4270	3203
1						7128	3590	2411	1821	2828	1440	978	746	12777	6415	4294	3234
5	Moyenne VP urbain					7148	3705	2558	1984	2964	1613	1163	938	12646	6454	4390	3358
10						7173	3849	2741	2187	3133	1829	1394	1177	12481	6503	4511	3514
20						7224	4137	3108	2594	3472	2261	1858	1656	12152	6601	4751	3826
50	Moyenne VP régional					6493	3822	2932	2486	3246	2199	1849	1675	10758	5955	4353	3553
Distance = 150 km non compris le trajet pour rallier l'arrêt le plus proche																	
gép/pkm pers/VP	Tout VP					Cars				TER élec				TER diesel			
	1p	2p	3p	4p	5p	10%	20%	30%	40%	10%	20%	30%	40%	10%	20%	30%	40%
kilométrage en VP*	40	20	13	10	8												
0						47,5	23,7	15,8	11,9	18,6	9,3	6,2	4,7	85,4	42,7	28,5	21,4
1						47,5	23,9	16,1	12,1	18,9	9,6	6,5	5,0	85,2	42,8	28,6	21,6
5	Moyenne VP urbain					47,6	24,7	17,0	13,2	19,7	10,7	7,7	6,2	84,3	43,0	29,2	22,4
10						47,8	25,5	18,1	14,4	20,7	12,0	9,1	7,6	83,3	43,3	30,0	23,3
20						48,1	27,1	20,1	16,7	22,6	14,4	11,7	10,3	81,5	43,9	31,3	25,0
50	Moyenne VP régional					43,3	25,5	19,5	16,6	21,6	14,7	12,3	11,2	71,7	39,7	29,0	23,7
* en combinaison avec les autres modes sur le même déplacement																	
gép/trajet pers/VP	Tout VP					Cars				TER élec				TER diesel			
	1p	2p	3p	4p	5p	10%	20%	30%	40%	10%	20%	30%	40%	10%	20%	30%	40%
kilométrage en VP*	6060	3030	2020	1515	1212												
0						7123	3562	2374	1781	2794	1397	931	699	12810	6405	4270	3203
1						7176	3614	2427	1833	2847	1450	984	751	12863	6458	4323	3255
5	Moyenne VP urbain					7386	3824	2637	2043	3057	1660	1194	961	13073	6668	4533	3465
10						7648	4087	2900	2306	3319	1922	1457	1224	13335	6930	4795	3728
20						8173	4612	3425	2831	3845	2447	1982	1749	13860	7455	5320	4253
50	Moyenne VP régional					8658	5096	3909	3315	4329	2932	2466	2233	14345	7940	5805	4737

2.3.4 Synthèse des résultats dans le cas de déplacements régionaux

Dans le tableau ci-dessous sont regroupés les résultats obtenus dans le cas où l'utilisation d'un mode complémentaire entraîne un détour. Ce tableau permet de constater l'importance du taux de remplissage des différents modes sur l'efficacité énergétique des différentes combinaisons de mode. Ainsi, si la distance parcourue pour rallier le mode principal n'est pas sans impact, le taux de remplissage est également déterminant.

Tableau 85 Synthèse des résultats des déplacements régionaux en gép/trajet

	Tout VP					Cars				TER élec				TER diesel			
	1p	2p	3p	4p	5p	10%	20%	30%	40%	10%	20%	30%	40%	10%	20%	30%	40%
Distance = 50 km																	
Tout VP	2020	1010	673	505	404												
5 km en VP urbain						2637	1450	1054	856	1194	728	573	495	4516	2403	1698	1346
50 km en VP régional																	
Distance = 100 km																	
Tout VP	4040	2020	1347	1010	808												
5 km en VP urbain						5011	2637	1845	1450	2125	1194	884	728	8794	4535	3115	2405
50 km en VP régional										3397	2466	2155	2000	10075	5805	4381	3670
Distance = 150 km																	
Tout VP	6060	3030	2020	1515	1212												
5 km en VP urbain						7386	3824	2637	2043	3057	1660	1194	961	13073	6668	4533	3465
50 km en VP régional						8658	5096	3909	3315	4329	2932	2466	2233	14345	7940	5805	4737

2.4 Les déplacements de type inter-régional

La nouveauté vient de ce que l'on envisage ici des systèmes transport pouvant combiner pour ces déplacements deux modes de transports en commun en plus de la voiture.

Les tableaux de résultats suivants combinent donc la voiture avec d'autres modes de transports collectifs sur longue distance (TGV, Train « Corail », Avion), mais également avec ces modes longue distance avec des modes de transport collectif « courte distance » (bus, fer urbain et fer régional) correspondant aux modes identifiés dans la première partie de l'étude. Lorsqu'elle est utilisée de façon conjointe, la voiture est supposée ne servir qu'à rallier une gare routière ou ferroviaire au lieu de départ ou d'arrivée.

Deux cas de figure seront étudiés pour chaque type de déplacement selon que l'utilisation du mode complémentaire entraîne ou non une augmentation de la distance totale parcourue.

2.4.1 Cas d'un déplacement de 300 km

Plusieurs configurations sont possibles selon la situation du point de départ :

Le point de départ ou d'arrivée est situé en périphérie d'une ville, et dans ce cas le mode utilisé pour rejoindre la gare peut être la voiture, le bus ou tout autre moyen de transport urbain (fer urbain dans les tableaux qui suivent).

Le point de départ ou d'arrivée est situé en zone rurale, desservie par un TER ou une ligne de car qui permet de rejoindre la gare TGV ou une grande ligne corail.

Sur un déplacement de 300 km, toutes les combinaisons entre mode principal de transport collectif et d'autres modes secondaires sont préférables à l'utilisation de la voiture seule, quel que soit son taux d'occupation, pour peu que le taux d'occupation du mode principal soit supérieur à 40%. Ceci est vrai que le trajet en mode secondaire donne lieu ou non à un détour.

Tableau 86 Déplacement interrégional de 300 km

Distance = 300 km y compris le trajet pour rallier le mode principal																	
gép/pkm	Tout VP					Corail				TGV				Avion			
Tx remplissage	1p	2p	3p	4p	5p	20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%
kilométrage en VP*	60,41	30,20	20,14	15,10	12,08												
0						7,5	3,8	2,5	1,9	14,5	7,3	4,8	3,6				
10						9,0	5,4	4,2	3,6	15,8	8,8	6,4	5,3				
20	Moyenne VP urbain 52,52					10,5	7,0	5,8	5,3	17,0	10,3	8,0	6,9				
50						11,4	8,3	7,2	6,7	17,2	11,2	9,1	8,1				
100	Moyenne VP régional 16,14					12,8	10,3	9,5	9,1	17,5	12,6	11,0	10,2				
kilométrage en TC*																	
0						7,5	3,8	2,5	1,9	14,5	7,3	4,8	3,6				
10	Moyenne bus urbain 28,23					8,2	4,6	3,4	2,8	15,0	7,9	5,6	4,4				
20						7,7	4,1	3,0	2,4	14,2	7,4	5,1	4,0				
50	Moyenne fer urbain 9,35					7,8	4,7	3,7	3,1	13,6	7,6	5,6	4,6				
100	Moyenne fer régional 18,29					11,1	8,6	7,8	7,4	15,8	10,9	9,3	8,5				

Distance = 300 km non compris le trajet pour rallier le mode principal																	
gép/trajet	Tout VP					Corail				TGV				Avion			
Tx remplissage	1p	2p	3p	4p	5p	20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%
kilométrage en VP*	18123	9061	6041	4531	3625												
0						2260	1130	753	565	4350	2175	1450	1088				
10						2710	1618	1253	1071	4730	2628	1927	1576				
20	Moyenne VP urbain 52,52					3160	2105	1754	1578	5110	3080	2404	2065				
50						3418	2476	2162	2005	5160	3347	2743	2441				
100	Moyenne VP régional 16,14					3848	3095	2844	2718	5241	3791	3308	3066				
kilométrage en TC*																	
0						2260	1130	753	565	4350	2175	1450	1088				
10	Moyenne bus urbain 28,23					2467	1375	1011	828	4487	2385	1684	1334				
20						2296	1242	890	714	4247	2217	1540	1202				
50	Moyenne fer urbain 9,35					2351	1409	1095	938	4092	2280	1676	1374				
100	Moyenne fer régional 18,29					3336	2582	2331	2206	4729	3279	2796	2554				

Distance = 300 km non compris le trajet pour rallier le mode principal																	
gép/pkm	Tout VP					Corail				TGV				Avion			
Tx remplissage	1p	2p	3p	4p	5p	20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%
kilométrage en VP*	60,41	30,20	20,14	15,10	12,08												
0						7,5	3,8	2,5	1,9	14,5	7,3	4,8	3,6				
10						9,0	5,3	4,1	3,5	15,7	8,7	6,4	5,2				
20	Moyenne VP urbain 52,52					10,3	6,8	5,6	5,0	16,9	10,1	7,8	6,7				
50						10,8	7,6	6,5	6,0	16,8	10,6	8,5	7,5				
100	Moyenne VP régional 16,14					11,5	8,7	7,7	7,3	16,7	11,3	9,5	8,6				
kilométrage en TC*																	
0						7,5	3,8	2,5	1,9	14,5	7,3	4,8	3,6				
10	Moyenne bus urbain 28,23					8,2	4,6	3,3	2,7	14,9	7,9	5,6	4,4				
20						7,6	4,1	2,9	2,3	14,2	7,4	5,1	4,0				
50	Moyenne fer urbain 9,35					7,8	4,6	3,5	1,6	13,8	7,5	5,5	4,4				
100	Moyenne fer régional 18,29					10,2	7,4	6,5	6,0	15,4	10,0	8,2	7,3				

Distance = 300 km non compris le trajet pour rallier le mode principal																	
gép/trajet	Tout VP					Corail				TGV				Avion			
Tx remplissage	1p	2p	3p	4p	5p	20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%
kilométrage en VP*	18123	9061	6041	4531	3625												
0						2260	1130	753	565	4350	2175	1450	1088				
10						2785	1655	1279	1090	4875	2700	1975	1613				
20	Moyenne VP urbain 52,52					3310	2180	1804	1615	5400	3225	2500	2138				
50						3795	2665	2288	2100	5885	3710	2985	2622				
100	Moyenne VP régional 16,14					4601	3471	3095	2906	6691	4516	3791	3429				
kilométrage en TC*																	
0						2260	1130	753	565	4350	2175	1450	1088				
10	Moyenne bus urbain 28,23					2542	1412	1036	847	4632	2457	1732	1370				
20						2447	1317	940	752	4537	2362	1637	1274				
50	Moyenne fer urbain 9,35					2727	1597	1221	565	4817	2642	1917	1555				
100	Moyenne fer régional 18,29					4089	2959	2582	2394	6179	4004	3279	2916				

2.4.2 Cas d'un déplacement de 500 km

Ce type de déplacement est identique au précédent, à la seule différence de la prise en compte de l'avion comme mode principal possible. L'allongement de la distance ne modifie rien quant aux résultats précédents pour les modes ferroviaires. L'avion, quant à lui, apparaît comme une solution avantageuse comparativement à la voiture seule, si le taux d'occupation de cette dernière est de 1 personne, l'avion étant pour sa part occupé à 80%, voire 60% si le trajet de ralliement en voiture est supérieur à 100 km. Ainsi, l'avion (avec le taux de remplissage moyen observé) est plus efficace que la voiture pour des déplacements de type professionnel (un seul occupant) et ce quel que soit le point de départ et le mode utilisé pour rejoindre l'aéroport.

Tableau 87 Déplacement interrégional de 500 km

Distance = 500 km y compris le trajet pour rallier le mode principal																	
gép/pkm	Tout VP					Corail				TGV				Avion			
Tx remplissage	1p	2p	3p	4p	5p	20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%
kilométrage en VP*	60,41	30,20	20,14	15,10	12,08												
0						7,5	3,8	2,5	1,9	14,5	7,3	4,8	3,6			53,2	39,9
10						8,4	4,7	3,5	2,9	15,3	8,2	5,8	4,6			53,2	40,1
20	Moyenne VP urbain					9,3	5,7	4,5	3,9	16,0	9,1	6,7	5,6			53,2	40,4
50						9,8	6,5	5,3	4,8	16,1	9,6	7,4	6,3			50,9	39,0
100	Moyenne VP régional					10,7	7,7	6,7	6,2	16,3	10,5	8,5	7,6			47,2	36,6
kilométrage en TC*																	
0						7,5	3,8	2,5	1,9	14,5	7,3	4,8	3,6			53,2	39,9
10	Moyenne bus urbain					7,9	4,3	3,0	2,4	14,8	7,7	5,3	4,1			52,7	39,7
20						7,6	4,0	2,8	2,2	14,3	7,3	5,0	3,9			51,4	38,7
50	Moyenne fer urbain					7,7	4,3	3,2	2,6	14,0	7,5	5,3	4,2			48,8	36,8
100	Moyenne fer régional					9,7	6,7	5,7	5,2	15,3	9,5	7,5	6,6			46,2	35,6

Distance = 500 km non compris le trajet pour rallier le mode principal																	
gép/trajet	Tout VP					Corail				TGV				Avion			
Tx remplissage	1p	2p	3p	4p	5p	20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%
kilométrage en VP*	30204	15102	10068	7551	6041												
0						3767	1883	1256	942	7250	3625	2417	1813			26591	19943
10						4217	2371	1756	1448	7630	4078	2894	2301			26585	20070
20	Moyenne VP urbain					4667	2858	2256	1954	8010	4530	3370	2790			26578	20196
50						4925	3230	2665	2382	8060	4797	3710	3166			25467	19484
100	Moyenne VP régional					5355	3848	3346	3095	8141	5241	4275	3791			23614	18296
kilométrage en TC*																	
0						3767	1883	1256	942	7250	3625	2417	1813			26591	19943
10	Moyenne bus urbain					3974	2128	1513	1205	7387	3835	2651	2059			26342	19827
20						3803	1995	1392	1091	7147	3667	2507	1927			25715	19333
50	Moyenne fer urbain					3858	2162	1597	1315	6992	3730	2642	2099			24399	18416
100	Moyenne fer régional					4842	3336	2833	2582	7629	4729	3762	3279			23102	17784

Distance = 500 km non compris le trajet pour rallier le mode principal																	
gép/pkm	Tout VP					Corail				TGV				Avion			
Tx remplissage	1p	2p	3p	4p	5p	20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%
kilométrage en VP*	60,41	30,20	20,14	15,10	12,08												
0						7,5	3,8	2,5	1,9	14,5	7,3	4,8	3,6			53,2	39,9
10						8,4	4,7	3,5	2,9	15,2	8,1	5,8	4,6			53,2	40,1
20	Moyenne VP urbain					9,3	5,6	4,4	3,8	16,0	9,0	6,7	5,5			53,2	40,4
50						9,6	6,2	5,1	4,5	16,0	9,4	7,2	6,1			51,1	39,1
100	Moyenne VP régional					10,2	7,0	6,0	5,5	16,0	9,9	7,9	6,9			48,2	37,1
kilométrage en TC*																	
0						7,5	3,8	2,5	1,9	14,5	7,3	4,8	3,6			53,2	39,9
10	Moyenne bus urbain					7,9	4,2	3,0	2,4	14,9	7,7	5,3	4,1			52,7	39,7
20						7,6	4,0	2,8	2,2	14,2	7,3	5,0	3,8			51,5	38,7
50	Moyenne fer urbain					7,7	4,3	3,1	1,7	13,8	7,4	5,2	4,1			49,2	37,1
100	Moyenne fer régional					9,3	6,2	5,1	4,6	15,4	9,1	7,1	6,1			47,4	36,3

Distance = 500 km non compris le trajet pour rallier le mode principal																	
gép/trajet	Tout VP					Corail				TGV				Avion			
Tx remplissage	1p	2p	3p	4p	5p	20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%
kilométrage en VP*	30204	15102	10068	7551	6041												
0						3767	1883	1256	942	7250	3625	2417	1813			26591	19943
10						4292	2409	1781	1467	7775	4150	2942	2338			27116	20469
20	Moyenne VP urbain					4817	2934	2306	1992	8300	4675	3467	2863			27642	20994
50						5301	3418	2790	2476	8785	5160	3951	3347			28126	21478
100	Moyenne VP régional					6108	4225	3597	3283	9591	5966	4758	4154			28933	22285
kilométrage en TC*																	
0						3767	1883	1256	942	7250	3625	2417	1813			26591	19943
10	Moyenne bus urbain					4049	2166	1538	1224	7621	3907	2699	2095			26874	20226
20						3954	2070	1443	1129	7373	3812	2604	1999			26778	20130
50	Moyenne fer urbain					4234	2351	1723	942	7570	4092	2884	2280			27059	20411
100	Moyenne fer régional					5596	3712	3084	2771	9268	5454	4246	3641			28420	21772

2.4.3 Cas de déplacements à 1000 et 1500 km

Ces déplacements sont légèrement différents des précédents dans la mesure où ils concernent essentiellement des déplacements vers l'étranger ou autres séjours très éloignés.

Pourtant malgré la différence de nature, les résultats précédents restent inchangés. A noter toutefois, que l'utilisation de la voiture seule avec une personne à bord (cas d'un déplacement professionnel) n'apparaît plus comme une alternative crédible à l'avion ou au train dans la mesure où les temps de transport et la fatigue induite la disqualifie en dehors de toutes considérations sur les consommations d'énergie.

Tableau 88 Déplacement interrégional de 1000 km

Distance = 1000 km y compris le trajet pour rallier le mode principal																	
gép/pkm	Tout VP					Corail				TGV				Avion			
Tx remplissage	1p	2p	3p	4p	5p	20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%
kilométrage en VP*	60,41	30,20	20,14	15,10	12,08												
0						7,5	3,8	2,5	1,9	14,5	7,3	4,8	3,6			53,2	39,9
10	Moyenne VP urbain				52,52	8,0	4,3	3,0	2,4	14,9	7,7	5,3	4,1			53,2	40,0
20						8,4	4,7	3,5	2,9	15,3	8,2	5,8	4,6			53,2	40,1
50	Moyenne VP régional				16,14	8,7	5,1	3,9	3,3	15,3	8,4	6,1	5,0			52,1	39,4
100						9,1	5,7	4,6	4,0	15,4	8,9	6,7	5,6			50,2	38,2
kilométrage en TC*																	
0						7,5	3,8	2,5	1,9	14,5	7,3	4,8	3,6			53,2	39,9
10	Moyenne bus urbain				28,23	7,7	4,0	2,8	2,1	14,6	7,5	5,1	3,9			52,9	39,8
20						7,6	3,9	2,6	2,0	14,4	7,3	4,9	3,7			52,3	39,3
50	Moyenne fer urbain				9,35	7,6	4,0	2,9	2,3	14,2	7,4	5,1	3,9			51,0	38,4
100						8,6	5,2	4,1	3,5	14,9	8,4	6,2	5,1			49,7	37,7

gép/trajet	Tout VP					Corail				TGV				Avion			
Tx remplissage	1p	2p	3p	4p	5p	20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%
kilométrage en VP*	60409	30204	20136	15102	12082												
0						7534	3767	2511	1883	14500	7250	4833	3625			53182	39887
10	Moyenne VP urbain				52,52	7983	4254	3011	2390	14880	7703	5310	4114			53176	40013
20						8433	4742	3511	2896	15260	8155	5787	4603			53169	40139
50	Moyenne VP régional				16,14	8691	5113	3920	3324	15310	8422	6126	4978			52058	39427
100						9122	5731	4601	4036	15391	8866	6691	5604			50206	38239
kilométrage en TC*																	
0						7534	3767	2511	1883	14500	7250	4833	3625			53182	39887
10	Moyenne bus urbain				28,23	7741	4011	2768	2147	14637	7460	5067	3871			52933	39770
20						7570	3878	2648	2033	14397	7292	4924	3739			52306	39276
50	Moyenne fer urbain				9,35	7624	4046	2853	2257	14242	7355	5059	3911			50991	38360
100						8609	5219	4089	3524	14879	8354	6179	5091			49693	37727

Distance = 1000 km non compris le trajet pour rallier le mode principal																	
gép/pkm	Tout VP					Corail				TGV				Avion			
Tx remplissage	1p	2p	3p	4p	5p	20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%
kilométrage en VP*	60,41	30,20	20,14	15,10	12,08												
0						7,5	3,8	2,5	1,9	14,5	7,3	4,8	3,6			53,2	39,9
10	Moyenne VP urbain				52,52	8,0	4,2	3,0	2,4	14,9	7,7	5,3	4,1			53,2	40,0
20						8,4	4,7	3,5	2,9	15,2	8,1	5,8	4,6			53,2	40,1
50	Moyenne VP régional				16,14	8,6	5,0	3,9	3,3	15,3	8,4	6,1	4,9			52,1	39,4
100						9,0	5,6	4,4	3,8	15,3	8,7	6,5	5,4			50,5	38,4
kilométrage en TC*																	
0						7,5	3,8	2,5	1,9	14,5	7,3	4,8	3,6			53,2	39,9
10	Moyenne bus urbain				28,23	7,7	4,0	2,8	2,1	14,9	7,5	5,1	3,9			52,9	39,8
20						7,6	3,9	2,6	2,0	14,2	7,3	4,9	3,7			52,3	39,3
50	Moyenne fer urbain				9,35	7,6	4,0	2,8	1,8	13,8	7,3	5,0	3,9			51,1	38,4
100						8,5	5,1	3,9	3,4	15,4	8,3	6,1	5,0			50,0	37,9

gép/trajet	Tout VP					Corail				TGV				Avion			
Tx remplissage	1p	2p	3p	4p	5p	20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%
kilométrage en VP*	60409	30204	20136	15102	12082												
0						7534	3767	2511	1883	14500	7250	4833	3625			53182	39887
10	Moyenne VP urbain				52,52	8059	4292	3036	2409	15025	7775	5359	4150			53708	40412
20						8584	4817	3562	2934	15550	8300	5884	4675			54233	40937
50	Moyenne VP régional				16,14	9068	5301	4046	3418	16035	8785	6368	5160			54717	41421
100						9875	6108	4853	4225	16841	9591	7175	5966			55524	42228
kilométrage en TC*																	
0						7534	3767	2511	1883	14500	7250	4833	3625			53182	39887
10	Moyenne bus urbain				28,23	7816	4049	2794	2166	15092	7532	5116	3907			53465	40169
20						7721	3954	2698	2070	14462	7437	5020	3812			53369	40074
50	Moyenne fer urbain				9,35	8001	4234	2979	1883	14452	7717	5301	4092			53650	40354
100						9362	5596	4340	3712	16992	9079	6662	5454			55011	41716

Tableau 89 Déplacement interrégional de 1500 km

Distance = 1500 km y compris le trajet pour rallier le mode principal																	
gép/pkm	Tout VP					Corail				TGV				Avion			
Tx remplissage	1p	2p	3p	4p	5p	20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%
kilométrage en VP*	60,4	30,2	20,1	15,1	12,1												
0						7,5	3,8	2,5	1,9	14,5	7,3	4,8	3,6			53,2	39,9
10	Moyenne VP urbain					7,8	4,1	2,8	2,2	14,8	7,6	5,2	4,0			53,2	40,0
20						8,1	4,4	3,2	2,6	15,0	7,9	5,5	4,3			53,2	40,1
50	Moyenne VP régional					8,3	4,7	3,5	2,8	15,0	8,0	5,7	4,5			52,4	39,6
100						8,6	5,1	3,9	3,3	15,1	8,3	6,1	4,9			51,2	38,8
kilométrage en TC*																	
0						7,5	3,8	2,5	1,9	14,5	7,3	4,8	3,6			53,2	39,9
10	Moyenne bus urbain					7,7	3,9	2,7	2,1	14,6	7,4	5,0	3,8			53,0	39,8
20						7,6	3,8	2,6	2,0	14,4	7,3	4,9	3,7			52,6	39,5
50	Moyenne fer urbain					7,6	4,0	2,7	2,1	14,3	7,3	5,0	3,8			51,7	38,9
100						8,3	4,7	3,6	3,0	14,8	8,0	5,7	4,6			50,9	38,4

gép/trajet	Tout VP					Corail				TGV				Avion			
Tx remplissage	1p	2p	3p	4p	5p	20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%
kilométrage en VP*	90613	45307	30204	22653	18123												
0						11300	5650	3767	2825	21750	10875	7250	5438			79774	59830
10	Moyenne VP urbain					11750	6138	4267	3331	22130	11328	7727	5926			79767	59957
20						12200	6625	4767	3838	22510	11780	8204	6415			79760	60083
50	Moyenne VP régional					12458	6996	5176	4265	22560	12047	8543	6791			78649	59370
100						12888	7615	5857	4978	22641	12491	9108	7416			76797	58183
kilométrage en TC*																	
0						11300	5650	3767	2825	21750	10875	7250	5438			79774	59830
10	Moyenne bus urbain					11507	5895	4024	3089	21887	11085	7484	5684			79524	59714
20						11337	5762	3904	2974	21647	10917	7340	5552			78897	59219
50	Moyenne fer urbain					11391	5929	4109	3198	21492	10980	7476	5724			77582	58303
100						12376	7102	5345	4466	22129	11979	8596	6904			76284	57670

Distance = 1500 km non compris le trajet pour rallier le mode principal																	
gép/pkm	Tout VP					Corail				TGV				Avion			
Tx remplissage	1p	2p	3p	4p	5p	20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%
kilométrage en VP*	60,4	30,2	20,1	15,1	12,1												
0						7,5	3,8	2,5	1,9	14,5	7,3	4,8	3,6			53,2	39,9
10	Moyenne VP urbain				52,52	7,8	4,1	2,8	2,2	14,8	7,5	5,1	3,9			53,2	40,0
20						8,1	4,4	3,2	2,5	15,0	7,8	5,5	4,3			53,2	40,1
50	Moyenne VP régional				16,14	8,3	4,6	3,4	2,8	15,0	8,0	5,7	4,5			52,5	39,6
100						8,5	5,0	3,8	3,2	15,1	8,3	6,0	4,9			51,3	38,9
kilométrage en TC*																	
0						7,5	3,8	2,5	1,9	14,5	7,3	4,8	3,6			53,2	39,9
10	Moyenne bus urbain				28,23	7,7	3,9	2,7	2,1	14,9	7,4	5,0	3,8			53,0	39,8
20						7,6	3,8	2,6	2,0	14,2	7,3	4,9	3,7			52,6	39,5
50	Moyenne fer urbain				9,35	7,6	3,9	2,7	1,8	13,8	7,3	5,0	3,8			51,8	38,9
100						8,2	4,7	3,5	2,9	15,4	7,9	5,7	4,5			51,0	38,5

gép/trajet	Tout VP					Corail				TGV				Avion			
Tx remplissage	1p	2p	3p	4p	5p	20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%
kilométrage en VP*	90613	45307	30204	22653	18123												
0						11300	5650	3767	2825	21750	10875	7250	5438			79774	59830
10	Moyenne VP urbain					11826	6175	4292	3350	22275	11400	7775	5963			80299	60355
20						12351	6701	4817	3876	22800	11925	8300	6488			80824	60881
50	Moyenne VP régional					12835	7185	5301	4360	23285	12410	8785	6972			81308	61365
100						13642	7992	6108	5166	24091	13216	9591	7779			82115	62172
kilométrage en TC*																	
0						11300	5650	3767	2825	21750	10875	7250	5438			79774	59830
10	Moyenne bus urbain					11583	5933	4049	3107	22564	11157	7532	5720			80056	60113
20						11487	5837	3954	3012	21551	11062	7437	5624			79961	60017
50	Moyenne fer urbain					11768	6118	4234	2825	21334	11342	7717	5905			80241	60298
100						13129	7479	5596	4654	24716	12704	9079	7266			81603	61659

2.4.4 Synthèse des résultats dans le cas de déplacements inter régionaux

La conclusion principale de cette étude des déplacements inter régionaux est la suprématie du rail comme mode de transport principal, et ce, quelque soit le moyen de transport utilisé et la distance effectuée pour rejoindre la gare de départ. Seul des taux d'occupations très faibles dans le cas du TGV peuvent justifier, du point de vue des consommations d'énergie, l'usage de la voiture si celle-ci est occupée par plus de 3 personnes. Ainsi, l'utilisation de modes de transport collectifs (train ou avion sous conditions de remplissage suffisant pour ce dernier) reste préférable à une utilisation de la voiture pour des motifs professionnels (1 personne par véhicule) et la suprématie des transports en commun (de type TGV) n'est remise en cause que pour des trajets de type familial (vacances) si ceux-ci se traduisent par une occupation de la voiture égale ou supérieure à 4 personnes.

3 Le transport de marchandises

L'étude du transport de marchandises, approché non plus sous l'angle d'un mode unique de transport mais en prenant en compte les différentes combinaisons possibles entre modes, se fonde sur le besoin auquel répond le transport. En effet, les modes pouvant être mis en concurrence ou combinés entre eux, sont différents selon le service escompté. Ainsi, si le besoin correspond à un impératif de livraison dans la journée (cas de la livraison de primeurs du lieu de production à Rungis) les modes de transport pouvant permettre de répondre à cet impératif de rapidité ne seront pas les mêmes que si la contrainte de rapidité est moins forte, par exemple, dans le cas de la livraison de produits intermédiaires entre un sous-traitant et le lieu de transformation, de produits manufacturés entre le lieu de production et le site de consommation. Dans ce cas, les impératifs seront plus en termes de fiabilité de l'approvisionnement que de rapidité. La présentation des résultats tient compte de cette distinction entre rapidité et fiabilité. Dans un premier temps sont étudiés les modes pouvant être mis en concurrence et combinés dans le cas d'un transport ayant pour impératif, un bref délai de livraison (la journée), tandis que dans un deuxième paragraphe, sont présentés les combinaisons de modes susceptibles de répondre à un besoin de livraison, hors contrainte de rapidité.

Dans les deux cas de figures une méthodologie identique est retenue pour évaluer les consommations unitaires afin de tenir compte de la nature de la marchandise transportée et de l'influence du mode d'organisation des transports routiers.

3.1 Influence de la nature de la marchandise transportée et du mode d'organisation

Le concept retenu pour mesurer l'efficacité énergétique repose sur les tonnes kilomètres transportées. Dans les développements précédents, l'hypothèse d'un taux de charge moyen a été retenue. Mais cette hypothèse ne permet pas de décrire le fait que, selon la nature de la marchandise transportée et pour un même volume transporté, le tonnage réalisé peut être fort différent. Ainsi, le rapport poids sur volume d'un chargement de fruits et légumes ou d'un chargement d'écran de télévision est il fort différent.

Pour apprécier cette différence de charge pour un même volume, deux cas de figures sont successivement envisagés :

- l'un décrit le transport de marchandises pondéreuses et suppose un taux de charge maximal voisin de 100%, décrivant le fait que le rapport volume sur poids est proche de 1.
- l'autre décrit le transport de marchandises à fort volume mais de peu de poids (du fait par exemple du packaging dans le cas de télévision ou d'ordinateur) et suppose un taux de charge faible proche de 10% (Ainsi, un ordinateur emballé occupe environ 1/4 m³ pour un poids de 10 kg soit un rapport poids volume de 40/1000).

Pour évaluer l'impact sur les consommations d'énergie du taux de charge des camions, la démarche suivante est retenue : Sur la base des parcs camions fournies par les enquêtes TRM, le parc de maxicodes est évalué à 250 000 camions. En supposant une capacité de charge moyenne de 28 tonnes par camion, une offre maximale est évaluée. En rapprochant cette offre maximale de la consommation des maxicodes, une consommation en gep/tkm correspondant à un taux d'utilisation de 100% de la capacité est calculée. Il est alors possible d'en déduire la consommation par tonne-kilomètre en fonction du taux d'utilisation de la capacité maximale.

Enfin dernier élément important le mode d'organisation du transport. Selon que le transport est effectué en compte propre ou pour compte d'autrui, l'importance du retour à vide n'est pas la même. Ainsi, par hypothèse nous supposons que le transport en compte propre conduit à effectuer la moitié du parcours total (aller-retour) à vide, tandis que dans le cas de transport pour compte d'autrui, une optimisation de l'activité permet de réduire la part des transports à vide à 20% du parcours total du camion.

Dans ce qui suit, les transports de marchandise effectués uniquement en camions sont supposés relevés d'un transport de type compte propre, tandis que les transports combinés relèvent de transport pour compte d'autrui.

Sur la base de la méthodologie de calcul des consommations par tonne kilomètre et des hypothèses sur les taux d'utilisation des capacités, les consommations unitaires en gep/tkm retenues dans la suite sont les suivants :

Taux d'utilisation de la capacité (en %) des camions Consommation en Gep/tkm des maxicodes	Transport pour compte propre = Camion seul		Transport pour compte d'autrui = Transport combiné	
	% charge	Gep/tkm	% charge	Gep/tkm
Marchandises pondéreuses (légumes, ciment ...)	50%	25,5	80%	15,9
Marchandises non pondéreuses (ordinateurs, meubles ...)	10%	127,5	15%	85

Dans le cas du transport ferroviaire, un raisonnement identique, en considérant que le transport est optimisé comme dans le cas du transport routier pour compte d'autrui, conduit à retenir les valeurs suivantes selon le type de marchandises. Ces valeurs sont issues de la partie 2 qui donne l'impact du taux de chargement sur les consommations unitaires, en considérant une variation identique des consommations en fonction du taux de charge identique quelque soit le mode de traction utilisé (électrique ou diesel).

		Marchandises pondéreuses (légumes, ciment ...)	Marchandises non pondéreuses (ordinateurs, meubles ...)
Train complet	Electrique	1,39	7,21
	Diesel	6,00	31,11
Transport combiné	Electrique	1,62	8,38
	Diesel	4,49	23,28
Transport isolé	Electrique	1,71	6,20
	Diesel	7,30	26,40

3.2 Le transport de marchandises sous la contrainte de rapidité

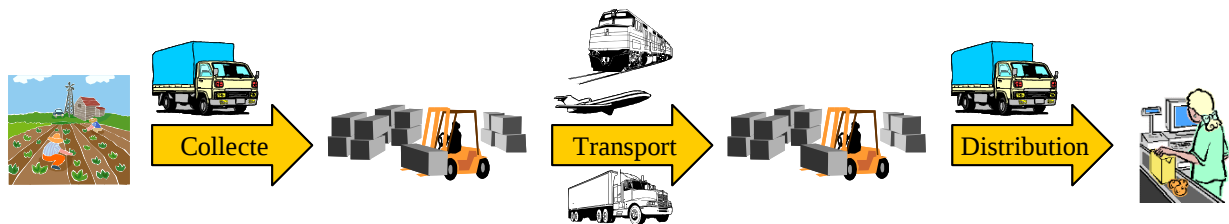
Dans ce cas, deux modes ont été retenus comme pertinents au regard de la contrainte de rapidité, le camion, et le train. Le transport aérien ne sera pas considéré dans notre cas d'étude car la part du fret reste très faible (0,04 Gtkm pour des distances inférieure à 3000 km, selon la source de données Air France). Au niveau des importations et des exportations françaises, seule une très faible part du tonnage des marchandises est assurée par voies aériennes (0,2%), contre 51% par la mer, 38% par la route, 6% par voies ferroviaires et 4% par voies navigables (source DAE/SES, SITRAM, données 2000).

La distance peut être également une contrainte à considérer, dans la mesure où les différents modes ne permettront pas tous de répondre à la contrainte de rapidité, si cette distance est trop

importante. Plusieurs trajets types sont donc envisagés correspondant à des distances de transport différentes.

Plusieurs choix méthodologiques seront présentés, avec comme prérogative, la nécessité d'utiliser au mieux l'information disponible et d'autre part à simplifier la lecture des résultats, tout en conservant une description du système de transport aussi proche que possible de la réalité.

Le transport d'une tonne de marchandise d'un point à un autre se décompose comme suit :



Les hypothèses suivantes ont été retenues :

- Les trafics de collecte et distribution sont réalisés par des camions dont la consommation exprimée en gep/tkm est identique à la moyenne des consommations des VUL et des camions de PTAC inférieur à 32 tonnes. Par souci de simplification de la présentation des résultats, les tableaux ne prennent en compte que la partie collecte.
- Le transport principal peut être effectué soit uniquement en camions maxicodes, soit en train complet (gazole ou électrique) soit en transport combiné (train gazole ou électrique + camions maxicodes). Dans ce dernier cas, la part du trajet principal réalisé en camion maxicodes est supposée varier de 10 à 40%.
- Afin de prendre en compte le fait que dans le cas d'un transport en train, la distance facturée ne correspond pas nécessairement à la distance effectivement réalisée, un coefficient multiplicateur de 20% est appliqué à la part des trajets effectués en train.
- Les consommations unitaires en gep/tkm des camions sont calculées pour tenir compte de la nature de la marchandise transportée selon la méthodologie présentée ci-dessus.

Les résultats sont présentés selon deux formats : en gep/tkm et en gep/trajet. Les résultats en gep/trajet sont calculés hors collecte, afin de pouvoir se faire une idée plus précise du coût réel en termes d'énergie des différentes solutions de transport.

3.2.1 Le cas d'un trajet de 300 km

Ce type de trajet peut correspondre à la livraison de légumes depuis le Perche vers Rungis ou de téléviseurs depuis la Normandie jusqu'à Paris.

Tableau 90 Transport de marchandises pondéreuses sur 300 km avec une contrainte de temps

Distance = 300 km											
gép/tkm	Tout camions > 32 t	Train complet		Combiné train diesel/camion**				Combiné train élec/camion**			
collecte (km camions)*		D	E	10%	20%	30%	40%	10%	20%	30%	40%
0	25,5	6,0	1,4	5,6	6,8	7,9	9,1	3,0	4,5	5,9	7,3
10	26,9	8,0	3,5	7,6	8,7	9,8	10,9	5,1	6,5	7,9	9,3
20	28,1	9,8	5,5	9,5	10,6	11,6	12,7	7,1	8,4	9,7	11,1
50	31,5	14,7	10,8	14,4	15,4	16,4	17,4	12,2	13,4	14,7	15,9
100	35,9	21,3	17,8	21,0	21,9	22,7	23,6	19,1	20,2	21,2	22,3

gép/trajet	Tout camions > 32 t	Train complet		Combiné train diesel/camion**				Combiné train élec/camion**			
		D	E	10%	20%	30%	40%	10%	20%	30%	40%
Hors collecte	7653	2161	501	1934	2250	2567	2883	1002	1422	1842	2262

* collecte avant expédition

** pourcentage de la distance inter-régionale couverte par le camion

Tableau 91 Transport de marchandises non pondéreuses sur 300 km avec une contrainte de temps

Service: Apporter des téléviseurs à Paris dans la journée depuis la Normandie

Distance = 300 km											
gép/tkm	Tout camions > 32 t	Train complet		Combiné train diesel/camion**				Combiné train élec/camion**			
collecte (km camions)*		D	E	10%	20%	30%	40%	10%	20%	30%	40%
0	127,5	31,1	7,2	29,5	35,6	41,8	48,0	16,0	23,7	31,4	39,0
10	125,6	32,3	9,1	30,7	36,6	42,6	48,6	17,7	25,1	32,5	39,9
20	123,8	33,4	11,0	31,8	37,6	43,4	49,2	19,2	26,4	33,6	40,8
50	118,9	36,3	15,8	34,8	40,1	45,4	50,7	23,4	29,9	36,5	43,1
100	112,5	40,1	22,2	38,9	43,5	48,2	52,8	28,8	34,6	40,3	46,1

gép/trajet	Tout camions > 32 t	Train complet		Combiné train diesel/camion**				Combiné train élec/camion**			
		D	E	10%	20%	30%	40%	10%	20%	30%	40%
Hors collecte	38263	11198	2597	10093	11806	13518	15231	5266	7515	9764	12014

* collecte avant expédition

** pourcentage de la distance inter-régionale couverte par le camion

La comparaison des différentes solutions fait apparaître un avantage écrasant du train complet relativement au camion et ce, quelque soit la distance parcourue par le service de collecte, le mode de traction (électrique ou gazole) et le type de marchandises. La solution « combiné train/camion » est également plus économe que la solution camion seul. Par contre la comparaison entre train complet et train combiné se doit d'être plus nuancée. En effet, selon la part de la distance effectuée en camion dans le cas du transport combiné et la longueur des parcours de collecte, l'une ou l'autre solution est meilleure du point de vue énergétique. Ainsi une solution train combiné gazole sur une distance de collecte de 10 km, est elle plus avantageuse que la solution train complet gazole, si celle-ci s'accompagne d'une collecte de 20 km ou plus. Enfin, à distance de collecte identique, l'accroissement de la distance tend à réduire l'avantage du train complet sur le transport combiné.

L'impact du type de marchandise transportée sur les consommations est important. Cet impact est plus fort dans le cas d'un transport en train complet ou en transport combiné sans collecte que dans le cas d'un transport par camion seul.

3.2.2 Le cas d'un trajet de 500 km

Ce type de trajet peut correspondre à la livraison de fruits et légumes depuis la Drôme jusqu'à Rungis ou de meubles depuis la Drôme jusqu'à Paris.

Tableau 92 Transport de marchandises pondéreuses sur 500 km avec une contrainte de temps

Service: Apporter des légumes à Rungis dans la journée

Distance = 500 km											
gep/tkm	Tout camions > 32 t	Train complet		Combiné train diesel/camion**				Combiné train élec/camion**			
		D	E	10%	20%	30%	40%	10%	20%	30%	40%
collecte (km camions)*											
0	25,5	6,0	1,4	5,6	6,8	7,9	9,1	3,0	4,5	5,9	7,3
10	26,3	7,2	2,7	6,8	8,0	9,1	10,2	4,3	5,7	7,1	8,5
20	27,1	8,4	3,9	8,0	9,1	10,2	11,3	5,5	6,9	8,3	9,6
50	29,3	11,6	7,4	11,2	12,3	13,3	14,4	8,9	10,2	11,5	12,8
100	32,5	16,2	12,4	15,9	16,9	17,8	18,8	13,7	14,9	16,1	17,3

gep/trajet	Tout camions > 32 t	Train complet		Combiné train diesel/camion**				Combiné train élec/camion**			
		D	E	10%	20%	30%	40%	10%	20%	30%	40%
Hors collecte	12754	3602	835	3223	3750	4278	4806	1670	2371	3071	3771

* collecte avant expédition

** pourcentage de la distance inter-régionale couverte par le camion

Tableau 93 Transport de marchandises non pondéreuses sur 500 km avec une contrainte de temps

Service: Apporter des meubles à Paris dans la journée

Distance = 500 km											
gep/tkm	Tout camions > 32 t	Train complet		Combiné train diesel/camion**				Combiné train élec/camion**			
		D	E	10%	20%	30%	40%	10%	20%	30%	40%
collecte (km camions)*											
0	127,5	31,1	7,2	29,5	35,6	41,8	48,0	16,0	23,7	31,4	39,0
10	126,4	31,8	8,4	30,2	36,2	42,3	48,4	17,0	24,6	32,1	39,6
20	125,2	32,5	9,5	30,9	36,8	42,8	48,7	18,0	25,4	32,8	40,1
50	122,1	34,4	12,7	32,9	38,5	44,1	49,7	20,7	27,7	34,6	41,6
100	117,5	37,1	17,2	35,7	40,9	46,0	51,2	24,6	31,0	37,3	43,7

gep/trajet	Tout camions > 32 t	Train complet		Combiné train diesel/camion**				Combiné train élec/camion**			
		D	E	10%	20%	30%	40%	10%	20%	30%	40%
Hors collecte	63772	18663	4328	16821	19676	22531	25386	8777	12525	16274	20023

* collecte avant expédition

** pourcentage de la distance inter-régionale couverte par le camion

L'allongement de la distance conduit à diminuer l'impact des trafics de collecte et donc à accroître l'avantage absolu des solutions ferroviaires comparativement aux solutions tout camion. De même, les solutions de transport combiné sont également défavorisées, et ne sont compétitives au regard des solutions trains complets qu'au prix d'un accroissement des distances de collectes entre les deux solutions et d'une diminution de la part du trajet réalisée en camion.

3.2.3 Le cas des trajets de 1000 km et plus

Ces parcours peuvent par exemple correspondre à la livraison de fleurs coupées depuis la Côte d'Azur (aéroport de Nice) jusqu'à la région parisienne ou au transport de légumes de Perpignan à Brest. Par contre, au regard des contraintes pesant sur l'utilisation du camion, on peut s'interroger sur la possibilité de réaliser ce type de trajet uniquement en camion (sur la base d'une vitesse moyenne de 90 km/h, le parcours en camion nécessite un temps de trajet, hors pauses obligatoires, de 11 heures pour 1000 km et de 17 heures pour 1500 km).

Tableau 94 Transport de marchandises pondéreuses sur 1000 km avec une contrainte de temps

Service: Apporter des légumes à Rungis dans la journée

Distance = 1000 km											
gép/tkm	Tout camions > 32 t	Train complet		Combiné train diesel/camion**				Combiné train élec/camion**			
collecte (km camions)*		D	E	10%	20%	30%	40%	10%	20%	30%	40%
0	25,5	6,0	1,4	5,6	6,8	7,9	9,1	3,0	4,5	5,9	7,3
10	25,9	6,6	2,0	6,2	7,4	8,5	9,6	3,7	5,1	6,5	7,9
20	26,3	7,2	2,7	6,8	8,0	9,1	10,2	4,3	5,7	7,1	8,5
50	27,5	8,9	4,5	8,6	9,7	10,8	11,8	6,1	7,5	8,8	10,2
100	29,3	11,6	7,4	11,2	12,3	13,3	14,4	8,9	10,2	11,5	12,8

gép/trajet	Tout camions > 32 t	Train complet		Combiné train diesel/camion**				Combiné train élec/camion**			
Hors collecte		D	E	10%	20%	30%	40%	10%	20%	30%	40%
	25509	7203	1670	6446	7501	8556	9611	3341	4741	6141	7542

* collecte avant expédition

** pourcentage de la distance inter-régionale couverte par le camion

Tableau 95 Transport de marchandises non pondéreuses sur 1000 km avec une contrainte de temps

Service: Apporter des meubles à Paris dans la journée

Distance = 1000 km											
gép/tkm	Tout camions > 32 t	Train complet		Combiné train diesel/camion**				Combiné train élec/camion**			
collecte (km camions)*		D	E	10%	20%	30%	40%	10%	20%	30%	40%
0	127,5	31,1	7,2	29,5	35,6	41,8	48,0	16,0	23,7	31,4	39,0
10	126,9	31,5	7,8	29,8	35,9	42,1	48,2	16,6	24,1	31,7	39,3
20	126,4	31,8	8,4	30,2	36,2	42,3	48,4	17,0	24,6	32,1	39,6
50	124,7	32,8	10,1	31,3	37,1	43,0	48,9	18,5	25,8	33,1	40,4
100	122,1	34,4	12,7	32,9	38,5	44,1	49,7	20,7	27,7	34,6	41,6

gép/trajet	Tout camions > 32 t	Train complet		Combiné train diesel/camion**				Combiné train élec/camion**			
Hors collecte		D	E	10%	20%	30%	40%	10%	20%	30%	40%
	127544	37327	8656	33642	39352	45061	50771	17553	25050	32548	40045

* collecte avant expédition

** pourcentage de la distance inter-régionale couverte par le camion

Tableau 96 Transport de marchandises pondéreuses sur 1500 km avec une contrainte de temps

Service: Apporter des légumes à Rungis dans la journée

Distance = 1500 km											
gép/tkm	Tout camions > 32 t	Train complet		Combiné train diesel/camion**				Combiné train élec/camion**			
collecte (km camions)*		D	E	10%	20%	30%	40%	10%	20%	30%	40%
0	25,5	6,0	1,4	5,6	6,8	7,9	9,1	3,0	4,5	5,9	7,3
10	25,8	6,4	1,8	6,0	7,2	8,3	9,5	3,5	4,9	6,3	7,7
20	26,1	6,8	2,3	6,4	7,6	8,7	9,8	3,9	5,3	6,7	8,1
50	26,9	8,0	3,5	7,6	8,7	9,8	10,9	5,1	6,5	7,9	9,3
100	28,1	9,8	5,5	9,5	10,6	11,6	12,7	7,1	8,4	9,7	11,1

gép/trajet	Tout camions > 32 t	Train complet		Combiné train diesel/camion**				Combiné train élec/camion**			
Hors collecte		D	E	10%	20%	30%	40%	10%	20%	30%	40%
	38263	10805	2506	9669	11251	12834	14417	5011	7112	9212	11312

* collecte avant expédition

** pourcentage de la distance inter-régionale couverte par le camion

Tableau 97 Transport de marchandises non pondéreuses sur 1500 km avec une contrainte de temps

Service: Apporter des meubles à Paris dans la journée

Distance = 1500 km											
gép/tkm	Tout camions > 32 t	Train complet		Combiné train diesel/camion**				Combiné train élec/camion**			
collecte (km camions)*		D	E	10%	20%	30%	40%	10%	20%	30%	40%
0	85,0	31,1	7,2	29,5	35,6	41,8	48,0	16,0	23,7	31,4	39,0
10	84,9	31,3	7,6	29,7	35,8	42,0	48,1	16,4	24,0	31,6	39,2
20	84,8	31,6	8,0	29,9	36,0	42,1	48,2	16,7	24,3	31,8	39,4
50	84,5	32,3	9,1	30,7	36,6	42,6	48,6	17,7	25,1	32,5	39,9
100	83,9	33,4	11,0	31,8	37,6	43,4	49,2	19,2	26,4	33,6	40,8

gép/trajet	Tout camions > 32 t	Train complet		Combiné train diesel/camion**				Combiné train élec/camion**			
Hors collecte		D	E	10%	20%	30%	40%	10%	20%	30%	40%
	127544	55990	12983	50463	59028	67592	76157	26330	37576	48822	60068

* collecte avant expédition

** pourcentage de la distance inter-régionale couverte par le camion

3.3 Le transport de marchandises sans contrainte de rapidité

Si on lève la contrainte sur la durée de transport, d'autres modes peuvent devenir concurrents ou complémentaires de ceux déjà envisagés. Ainsi, la voie d'eau devient une alternative possible selon le type de marchandises à transporter. L'approche retenue ici consiste à mettre en regard les différents modes de transport non routiers (différents types de train et voie d'eau). Ces modes de transport sont combinés avec le transport routier dans différentes proportions et sur différentes distances.

Concernant le transport de marchandises, deux types de bateaux sont considérés (RHK (690 CV - 1.350T) et les convois poussés (1.800 CV - 4.400T).

Différents facteurs de pondération sont appliqués aux distances selon le mode choisi afin de tenir compte des allongements de distance que peuvent entraîner l'utilisation du train ou de la voie d'eau par rapport à la distance parcourue en camion pour rallier la même origine et destination. Il s'agit bien sûr de coefficients moyens et dans la réalité, les détours peuvent accroître dans des proportions très variables les kilométrages effectués.

- 1,2 pour le transport par train entier ou transport combiné par le rail (pour la partie rail)
- 1,3 pour le transport par wagon isolé,
- 1,3 pour le transport par voie fluviale. Il s'agit d'un facteur moyen mais qui ne doit pas masquer le fait que les détours peuvent être très différents selon les O-D considérées : le coefficient de détour est faible sur le Rhin ou le Rhône mais fort sur la Seine.

3.3.1 Le cas d'un trajet de 300 km

Ce type de trajet est identique à celui étudié précédemment, la seule différence résidant dans le type de marchandise transportée. Dans le cas présent, il s'agit de denrées non périssables pour lesquelles les contraintes de rapidité ne sont pas pertinentes. Pour autant, la levée de cette contrainte ne doit pas être entendue comme ayant des implications en termes de fiabilité et de délais de livraison. En effet, les marchandises transportées peuvent entrer dans des procédés de fabrication gérés en «juste à temps» nécessitant la livraison à une date fixée.

Tableau 98 Transport de marchandises pondéreuses sur 300 km sans contrainte de temps

Distance = 300 km									
	Tout camions	Train complet		Autres trains		Combiné train/camion		Combiné VE/camion	
gep/tkm		D	E	D	E	D	E	RHK	CP
Camions, km	25,5								
0		6,0	1,4	26,4	6,2				
10						5,7	2,4	7,8	5,0
20						6,0	2,8	8,1	5,4
50						6,9	3,9	8,7	6,3
100						8,0	5,4	9,6	7,5

	Tout camions	Train complet		Autres trains		Combiné train/camion		Combiné VE/camion	
gep/trajet		D	E	D	E	D	E	RHK	CP
Camions, km	7653								
0		2161	501	10278	2436				
10						1777	742	2421	1563
20						1936	901	2581	1723
50						2414	1379	3059	2201
100						3211	2176	3856	2998

Tableau 99 Transport de marchandises non pondéreuses sur 300 km sans contrainte de temps

Distance = 300 km									
	Tout camions	Train complet		Autres trains		Combiné train/camion		Combiné VE/camion	
gep/tkm		D	E	D	E	D	E	RHK	CP
Camions, km	127,5								
0		31,1	7,2	26,4	6,2				
10						29,8	12,5	10,0	7,3
20						31,5	14,7	12,4	9,7
50						36,1	20,8	18,6	16,2
100						42,2	28,8	26,9	24,8

	Tout camions	Train complet		Autres trains		Combiné train/camion		Combiné VE/camion	
gep/trajet		D	E	D	E	D	E	RHK	CP
Camions, km	38263								
0		11198	2597	10278	2436				
10						9230	3867	3112	2254
20						10080	4717	3963	3105
50						12631	7268	6513	5655
100						16883	11520	10765	9907

Les principaux enseignements à retirer de ces tableaux sont :

- une supériorité du train complet à traction électrique sur tous les autres modes
- l'importance du kilométrage effectué en camion sur l'efficacité relative des différents « combinés »
- la relative mauvaise performance des « Autres trains », rubrique correspondant au transport par wagon isolé.

3.3.2 Le cas des trajets de 500 km et plus

Quelque soit la distance parcourue, les différences entre transport combiné par fer ou par voie d'eau apparaissent relativement faible ; seule la distance effectuée en camion permet de privilégier l'un ou l'autre des deux types, au regard de la consommation d'énergie. Par

ailleurs, sur longue et très longue distance, la différence entre train complet électrique et transport combiné tend à s'amenuiser du fait de la diminution de la part relative du kilométrage en camion.

Tableau 100 Transport de marchandises pondéreuses sur 500 km sans une contrainte de temps

Distance = 500 km									
gep/tkm	Tout camions	Train complet		Autres trains		Combiné train/camion		Combiné VE/camion	
		D	E	D	E	D	E	RHK	CP
Camions, km	25,5								
0		6,0	1,4	26,4	6,2				
10						5,6	2,2	7,7	4,9
20						5,8	2,5	7,9	5,1
50						6,3	3,2	8,3	5,7
100						7,1	4,3	8,9	6,6

gep/trajet	Tout camions	Train complet		Autres trains		Combiné train/camion		Combiné VE/camion	
		D	E	D	E	D	E	RHK	CP
Camions, km	12754								
0		3602	835	17129	4060				
10						2855	1130	3929	2499
20						3014	1289	4089	2659
50						3492	1767	4567	3137
100						4290	2565	5364	3934

Tableau 101 Transport de marchandises non pondéreuses sur 500 km sans une contrainte de temps

Contrainte de temps

Distance = 500 km									
gep/tkm	Tout camions	Train complet		Autres trains		Combiné train/camion		Combiné VE/camion	
		D	E	D	E	D	E	RHK	CP
Camions, km	127,5								
0		31,1	7,2	26,4	6,2				
10						29,1	11,5	9,1	6,3
20						30,1	12,9	10,5	7,8
50						33,1	16,9	14,6	12,0
100						37,4	22,6	20,5	18,1

gep/trajet	Tout camions	Train complet		Autres trains		Combiné train/camion		Combiné VE/camion	
		D	E	D	E	D	E	RHK	CP
Camions, km	63772								
0		18663	4328	17129	4060				
10						14816	5878	4620	3190
20						15667	6728	5471	4041
50						18218	9279	8021	6591
100						22469	13531	12273	10843

Tableau 102 Transport de marchandises pondéreuses sur 1000 km sans une contrainte de temps

Distance = 1000 km								
gep/tkm	Tout camions	Train complet		Autres trains		Combiné train/camion		Combiné VE/camion
		D	E	D	E	D	E	RHK CP
Camions, km	25,5							
0		6,0	1,4	26,4	6,2			
10						5,5	2,1	7,6 4,8
20						5,6	2,2	7,7 4,9
50						5,9	2,6	7,9 5,2
100						6,3	3,2	8,3 5,7

gep/trajet	Tout camions	Train complet		Autres trains		Combiné train/camion		Combiné VE/camion
		D	E	D	E	D	E	RHK CP
Camions, km	25509							
0		7203	1670	34259	8119			
10						5550	2100	7699 4839
20						5709	2259	7859 4999
50						6188	2738	8337 5477
100						6985	3535	9134 6274

Tableau 103 Transport de marchandises non pondéreuses sur 1000 km sans une contrainte de temps

Distance = 1000 km								
gep/tkm	Tout camions	Train complet		Autres trains		Combiné train/camion		Combiné VE/camion
		D	E	D	E	D	E	RHK CP
Camions, km	127,5							
0		31,1	7,2	26,4	6,2			
10						28,5	10,8	8,3 5,5
20						29,1	11,5	9,1 6,3
50						30,7	13,6	11,2 8,5
100						33,1	16,9	14,6 12,0

gep/trajet	Tout camions	Train complet		Autres trains		Combiné train/camion		Combiné VE/camion
		D	E	D	E	D	E	RHK CP
Camions, km	127544							
0		37327	8656	34259	8119			
10						28783	10906	8390 5530
20						29633	11756	9241 6381
50						32184	14307	11791 8931
100						36435	18559	16043 13183

Tableau 104 Transport de marchandises pondéreuses sur 1500 km sans une contrainte de temps

Distance = 1500 km									
	Tout camions	Train complet		Autres trains		Combiné train/camion		Combiné VE/camion	
gep/tkm		D	E	D	E	D	E	RHK	CP
Camions, km	25,5								
0		6,0	1,4	26,4	6,2				
10						5,5	2,0	7,6	4,8
20						5,5	2,1	7,7	4,8
50						5,7	2,4	7,8	5,0
100						6,0	2,8	8,1	5,4

	Tout camions	Train complet		Autres trains		Combiné train/camion		Combiné VE/camion	
gep/trajet		D	E	D	E	D	E	RHK	CP
Camions, km	38263								
0		10805	2506	51388	12179				
10						8245	3070	11469	7179
20						8405	3230	11629	7339
50						8883	3708	12107	7817
100						9680	4505	12904	8614

Tableau 105 Transport de marchandises non pondéreuses sur 1500 km sans une contrainte de temps

Distance = 1500 km									
	Tout camions	Train complet		Autres trains		Combiné train/camion		Combiné VE/camion	
gep/tkm		D	E	D	E	D	E	RHK	CP
Camions, km	127,5								
0		31,1	7,2	26,4	6,2				
10						28,3	10,6	8,1	5,2
20						28,7	11,0	8,6	5,7
50						29,8	12,5	10,0	7,3
100						31,5	14,7	12,4	9,7

	Tout camions	Train complet		Autres trains		Combiné train/camion		Combiné VE/camion	
gep/trajet		D	E	D	E	D	E	RHK	CP
Camions, km	191316								
0		55990	12983	51388	12179				
10						42749	15934	12160	7870
20						43599	16784	13011	8721
50						46150	19335	15561	11271
100						50401	23586	19813	15523

En conclusion de cette étude du transport de marchandises par mode combiné, le transport par train complet électrique demeure le mode le plus économe en termes d'énergie. Seule l'introduction de distances de collectes importantes peut venir pondérer ce classement vis-à-vis du transport combiné. Au sein des transports combinés par voie d'eau ou ferroviaire, aucun des deux types ne détient un avantage significatif sur l'autre. Enfin, le transport par route reste de loin le mode plus énergivore.

Bibliographie

ADEME : « *Guide de l'utilisateur du logiciel Impact, version 1.0* », collection « *connaître pour agir* », ADEME, 1998.

Air France : « *Rapport environnement 2001-02* », données complémentaires (liaisons réelles de ville à ville , moyenne des vols court, moyen et long courrier » extraites de la base de données Air France.

ANDRE Michel : « *Pollution de l'air due aux transports – Statistiques de parc des véhicules et d'activité de transport pour la France* », rapport INRETS-LTE n°9980, Novembre 1999.

BARBUSSE Stéphane : « *Motocycles, cyclomoteurs : émissions de polluants et consommations d'énergie. Premiers constats* », ADEME, collection « Données et références », mai 2001.

BOURDEAU Béatrice « *Etude du parc automobile français entre 1970 et 2020* », Thèse de doctorat, Université de Savoie.

CEDIT : « *L'impact des transports sur la consommation énergétique et la pollution atmosphérique : Diagnostic du système d'information statistique et recommandations* », CEDIT Formation Energie-Environnement, novembre 1997.

CERTU : « *Compte national du transport de voyageurs (1998) Analyse du Certu et de Systra* », rapport au Ministre de l'Equipement, des Transports et du Logement (mars 2001).

DAEI/SES- INSEE : « *Les comptes des transports en 2001* », DAEI/SES- INSEE, septembre 2002.

DGAC / CITEPA : « *Traffics et émissions de CO2 du transport aérien français* », 1990-2001, Direction Générale de l'Aviation Civile.

La Documentation française : « *Les consommations unitaires d'énergie dans les transports* », La Documentation française, décembre 1979.

EUROSTAT : « *Panorama des transports : Aperçu statistique des transports par route, chemin de fer, voies navigables et air dans l'Union européenne : données 1970 – 1999* » Eurostat, édition 2001.

EXPLICIT : « *Actualisation des Efficacités énergétiques et environnementales des Transports* », rapport d'étude Explicit, ADEME-DOST, 2002.

GALLEZ Caroline : « *Indicateurs d'évaluation de scénarios d'évolution de la mobilité urbaine* », Rapport sur convention DTT-INRETS n°690-9919-D33, juillet 2000.

GIRAULT Maurice , FOSSE Michel et JEGER François « *Circulation et consommation de carburant en France : estimation détaillée par type de véhicules* », Notes de synthèse du SES, septembre-octobre 2000.

INRETS/ADEME : « *Le parc automobile des ménages : Etude en fin d'année 1998 à partir de la source « Parc Auto » SOFRES* », rapport sur convention INRETS/ADEME, juillet 2000.

METL : « *Elaboration des schémas de services de transport : Première phase de préparation et de définition des objectifs : Diagnostic et perspectives à long terme de la demande de transport, Note de Synthèse* », METL DAEI SES 1998.

NOPPE Jane « *Emissions de polluants et consommation liées à la circulation routière : Paramètres déterminants et méthode de quantification* », collection « connaître pour agir », ADEME, 1998.

PODEVIN Hubert : « *Le transport routier dans les aires urbaines et en zone rurale* », Notes de synthèses du SES, mars-avril 2000.

ROUXEL Olivier : « *Les transports par autobus en 2001* », Notes de synthèses du SES, novembre-décembre 2002.

SES : - « *Les transports par autocars en 2001* », SES Infos rapides, n° 159- juillet 2002.
- « *Les automobiles et les véhicules utilitaires* », Dossier thématique des notes de synthèse du SES, édition 2002.
- « *Les transports routiers de marchandises* », Dossier thématique des notes de synthèse du SES, édition 2003.

SNCF : « *Trafics et Consommations d'énergie des différentes catégories de trains SNCF par mode de traction en 1999* » (tableaux SNCF/ADEME).

URF : « *Statistiques du transport en France, 2002* », Union Routière de France.

UTP : « *Les chiffres clés du transport public urbain de l'année 2001* », Union des Transports Publics.

« *Le parc des véhicules dans les réseaux de transport public urbain : situation au 31 décembre 2001* », Union des Transports Publics.

VNF : « *Efficacité énergétique des outils de navigation intérieure* », note sur la comparaison de l'efficacité énergétique des modes de transport, Voies Navigables Françaises.

ANNEXE

Partie 1 :

A1 Quelques remarques d’Air France sur cette étude.....	125
A2 Évaluation des consommations moyennes en litres au 100 km des VP selon différents profils de vitesse en ville et sur autoroute	126
A3 Etude de sensibilité des résultats aux hypothèses sur la part du trafic urbain.....	129

Partie 2 :

B1 Données de ligne Air France	133
B2 Données de ligne SNCF	133
B3 Influence du taux d’occupation	134
B4 Influence de la vitesse.....	135
B5 Influence du taux d’occupation et de la vitesse	136
B6 Influence de la distance	137
B7 Influence du taux de charge pour le transport de marchandises	137

Partie 3 :

C1 Le transport de passager : Les déplacements en zone urbaine - Les déplacements de 1 km sur la base d'une équivalence primaire pour l'électricité (1 MWh=0.222 tep).....	138
C2 Le transport de passager : Les déplacements en zone urbaine - Le cas d'un déplacement de 3 km sur la base d'une équivalence primaire pour l'électricité (1 MWh=0.222 tep).....	139
C3 Le transport de passager : Les déplacements en zone urbaine - Le cas d'un déplacement de 5 km sur la base d'une équivalence primaire pour l'électricité (1 MWh=0.222 tep).....	140
C4 Le transport de passager : Les déplacements en zone urbaine - Le cas d'un déplacement de 10 km sur la base d'une équivalence primaire pour l'électricité (1 MWh=0.222 tep).....	141
C5 Le transport de passager : Les déplacements en zone urbaine - Le cas de trajets de 20 km sur la base d'une équivalence primaire pour l'électricité (1 MWh=0.222 tep).....	143
C6 Le transport de passager : Les déplacements en zone urbaine - Le cas d'un trajet de 40 km sur la base d'une équivalence primaire pour l'électricité (1 MWh=0.222 tep).....	145
C7 Le transport de passager : Les déplacements de type régional sans détours sur la base d'une équivalence primaire pour l'électricité (1 MWh=0.222 tep)	147
C8 Le transport de passager : Les déplacements de type régional avec détours sur la base d'une équivalence primaire pour l'électricité (1 MWh=0.222 tep).....	148
C9 Le transport de passager : Les déplacements de type inter-régional sans détours - sur la base d'une équivalence primaire pour l'électricité (1 MWh=0.222 tep).....	149
C10 Le transport de passager : Les déplacements de type inter-régional avec détours - sur la base d'une équivalence primaire pour l'électricité (1 MWh=0.222 tep).....	151
C11 Le transport de marchandises sous la contrainte de rapidité sur la base d'une équivalence primaire pour l'électricité (1 MWh=0.222 tep)	153
C12 Le transport de marchandises sous la contrainte de rapidité : Le cas des trajets de 1000 km et plus sur la base d'une équivalence primaire pour l'électricité (1 MWh=0.222 tep)	155

A1 Quelques remarques d’Air France sur cette étude

Une partie des données sur lesquelles s’appuie cette étude pour le domaine aérien ont été fournies par Air France. Toutefois, leur utilisation et leur exploitation est du ressort exclusive d’ENERDATA, et n’engage en rien la compagnie aérienne.

Celle-ci a toutefois tenu à émettre quelques remarques sur ce rapport final, et à signaler quelques points sur lesquels elle était en désaccord et qui n’ont pas été prises en compte dans le corps du rapport :

- Les données sur l’influence du taux de remplissage (figure 16) fournies par Air France ne concernent que des liaisons réelles, symbolisées par des points sur le graphique. L’extrapolation de ces données à des segments de courbes est de la responsabilité d’ENERDATA. Air France pose la question du domaine de validité de ces extrapolations et aurait souhaité que les courbes soient retirées et que seuls soient conservés les points.
- Air France signale que le taux de remplissage moyen de l’avion est de 75%.

.

A2 Évaluation des consommations moyennes en litres au 100 km des VP selon différents profils de vitesse en ville et sur autoroute

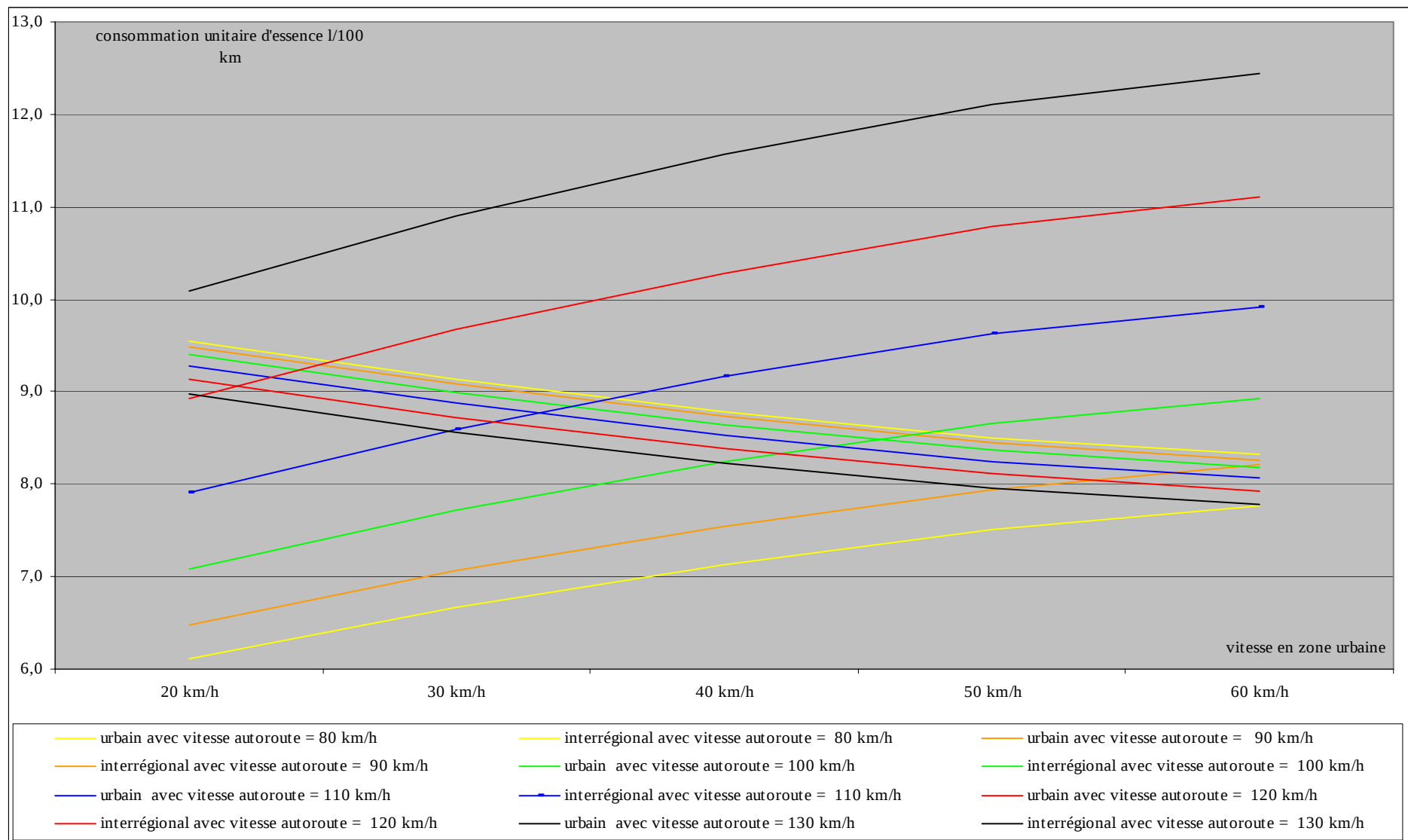
vitesse sur autoroute vitesse en ville		80 km/h		90 km/h		100 km/h		110 km/h		120 km/h		130 km/h	
		urbain	interrégional	urbain	interrégional	urbain	interrégional	urbain	interrégional	urbain	interrégional	urbain	interrégional
Essence l/100 km	20 km/h	9,5	6,1	9,5	6,5	9,4	7,1	9,3	7,9	9,1	8,9	9,0	10,1
	30 km/h	9,1	6,7	9,1	7,1	9,0	7,7	8,9	8,6	8,7	9,7	8,6	10,9
	40 km/h	8,8	7,1	8,7	7,5	8,6	8,2	8,5	9,2	8,4	10,3	8,2	11,6
	50 km/h	8,5	7,5	8,4	7,9	8,4	8,7	8,2	9,6	8,1	10,8	8,0	12,1
	60 km/h	8,3	7,8	8,3	8,2	8,2	8,9	8,1	9,9	7,9	11,1	7,8	12,4
Diesel l/100 km	20 km/h	7,8	4,9	7,8	5,0	7,7	5,3	7,6	5,9	7,5	6,6	7,3	7,4
	30 km/h	7,5	5,3	7,5	5,4	7,5	5,7	7,4	6,3	7,2	7,0	7,1	7,9
	40 km/h	7,3	5,6	7,3	5,7	7,2	6,1	7,1	6,7	7,0	7,5	6,8	8,4
	50 km/h	7,0	5,9	7,0	6,0	7,0	6,4	6,9	7,0	6,7	7,8	6,6	8,8
	60 km/h	6,9	6,1	6,8	6,3	6,8	6,7	6,7	7,3	6,6	8,1	6,4	9,1

Évaluation des consommations moyennes en litres au 100 km des VP selon différents profils de vitesse en ville et sur autoroute pour une consommation sur route fixe évaluées à partir d'Impact avec les hypothèses suivantes :

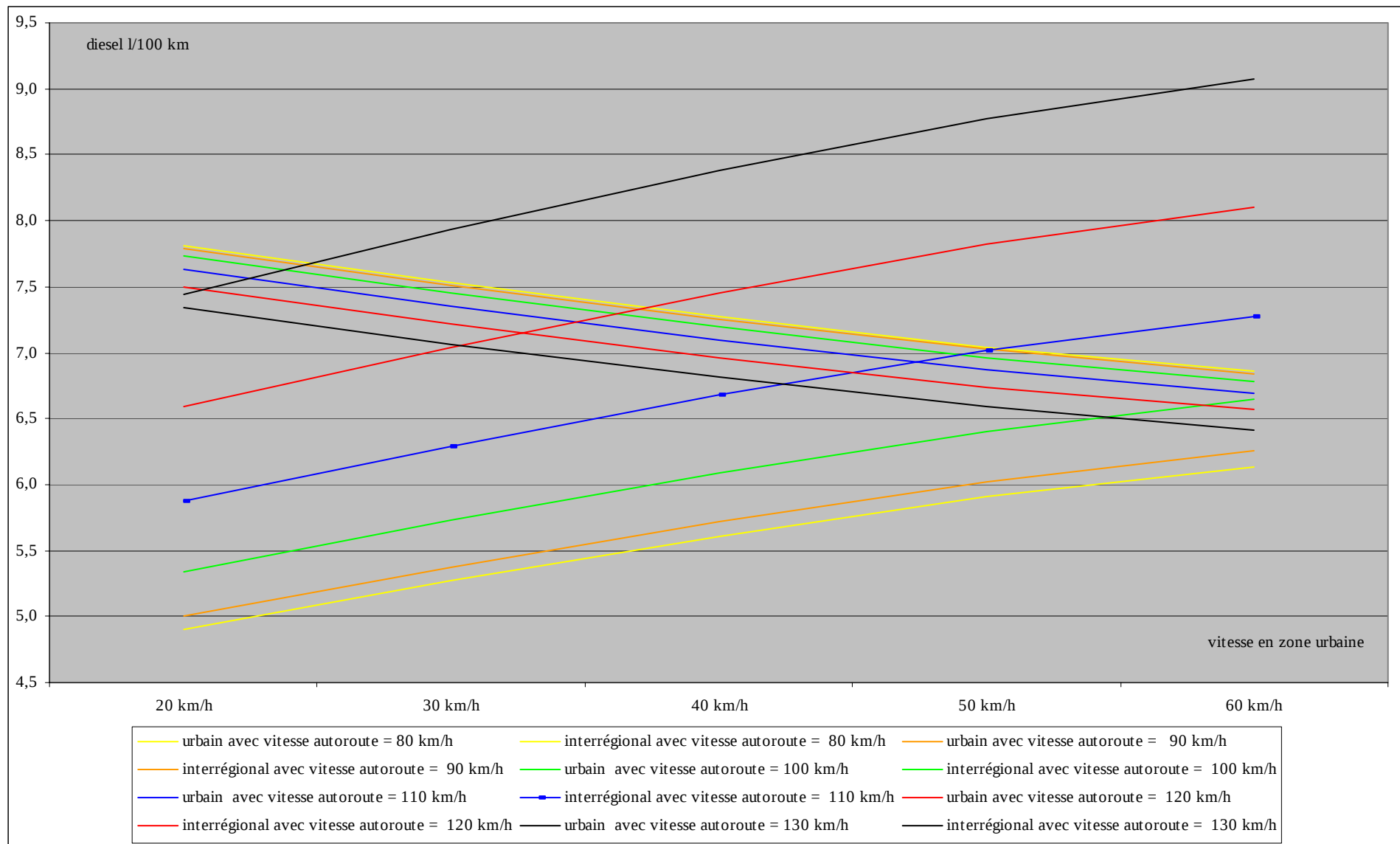
- Pour les circulations sur autoroute :
 - o 130 km/h pour tous les véhicules sans prise en compte des départs à froid
- Pour les circulations sur route :
 - o 70 km/h pour tous les véhicules sans prise en compte des départs à froid
- Pour les circulations en ville :
 - o 20 km/h pour tous les véhicules avec une distance moyenne pour les départs à froid de 7 km.

Les consommations par zone géographiques sont évaluées avec la même méthodologie que celle présentée plus haut consistant à ajuster les consommations unitaires théoriques pour un triplet de vitesse (ville, route, autoroute) issues d'Impact aux consommations unitaires fournies par la CCTN avant de recalculer une consommation par aire géographique.

Evolution des consommations unitaires d'essence en fonction de la vitesse en ville et sur autoroutes



Evolution des consommations unitaires de diesel en fonction de la vitesse en ville et sur autoroutes



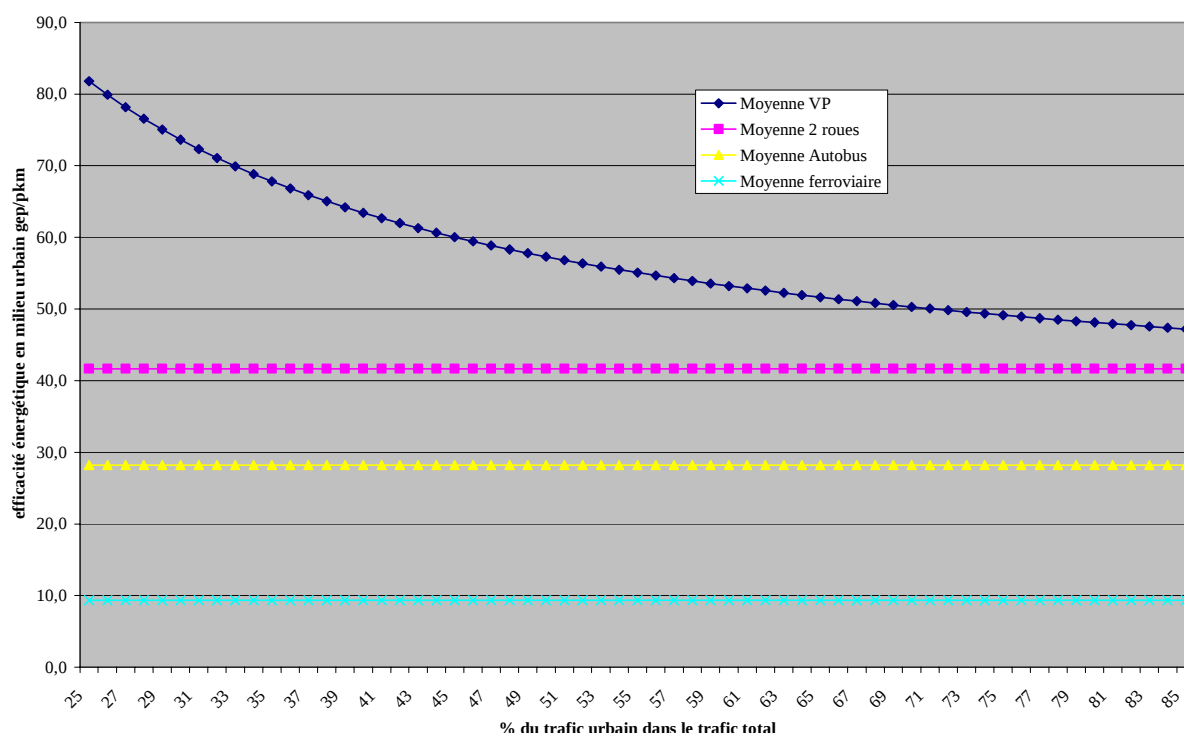
A3 Etude de sensibilité des résultats aux hypothèses sur la part du trafic urbain

A la demande du comité de pilotage de l'étude, un certain nombre de simulations ont été réalisées afin d'évaluer la sensibilité des résultats à une modification des hypothèses (essentiellement vitesse en milieu urbain et part du trafic urbain) et la robustesse des conclusions.

Sensibilité à une modification de la part de trafic affectée à du trafic urbain

En conservant une méthodologie parfaitement identique à celle présentée dans la partie 1 de l'étude, l'efficacité énergétique de la voiture a été évaluée pour différentes valeurs de la part du trafic urbain. Dans le graphique ci-dessous, sont reportées respectivement les efficacités énergétiques des différents modes concurrents de la VP en milieu urbain telles que calculées dans la partie de l'étude, et l'efficacité énergétique de la VP en milieu urbain selon la part du trafic réalisé en zone urbaine. Ainsi pour une variation de la part de l'urbain comprise entre 25% et 85%, l'efficacité énergétique de la VP varie de 82 gep/pkm à 47 gep/pkm, soit une élasticité de $-0,18$. Dans tous les cas, la hiérarchie au niveau de la zone urbaine entre les différents modes n'est pas bouleversée par une remise en variation de la part du trafic urbain dans le trafic total.

Figure 33 : Evolution de l'efficacité énergétique des VP en zone urbaine selon la part du trafic urbain dans le trafic total VP

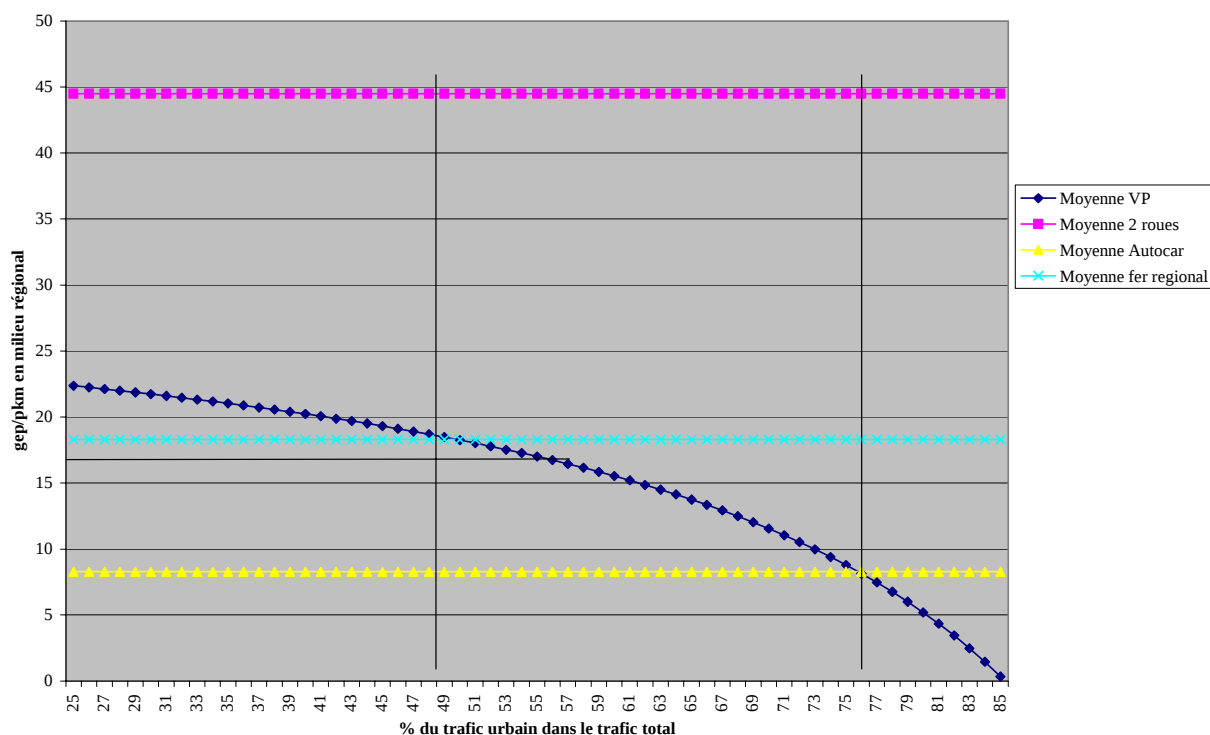


Le choix d'assurer une cohérence entre les résultats de cette étude et les données de consommation issues de la CCTN signifie que toute modification de l'efficacité énergétique en zone urbaine (et donc des consommations) conduit à une modification de l'efficacité sur les autres aires et essentiellement sur la zone régionale.

Le graphique ci-dessous permet de constater qu'une modification de la part du trafic urbain VP a un impact direct sur l'efficacité énergétique des VP en milieu régional. Ainsi, plus la part du trafic VP réalisée en zone urbaine augmente, plus l'efficacité énergétique des VP en zone régionale augmente. Si la part du trafic urbain reste comprise entre 49 et 76% du trafic VP total, la hiérarchie entre les différents modes demeure inchangée. Par contre si la part du

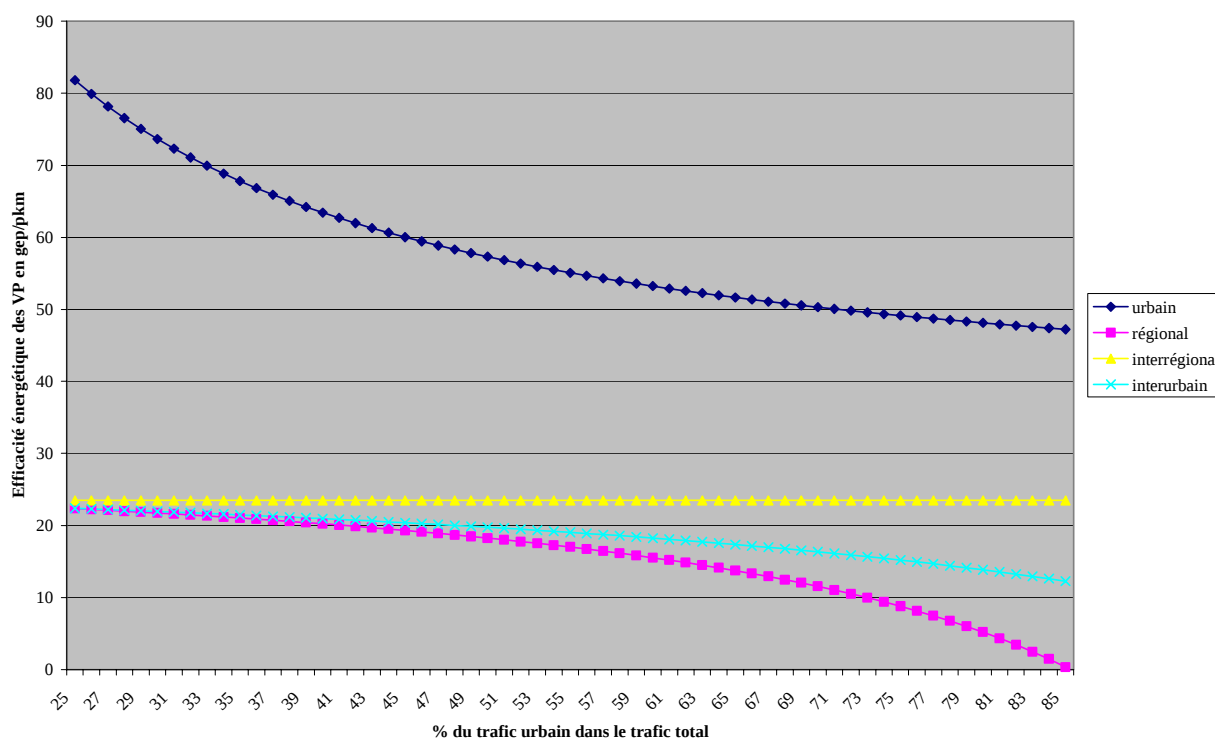
trafic VP urbain est inférieure à 49%, l'efficacité énergétique des VP en milieu régional devient inférieure à celle du TER moyen.

Figure 34 Evolution de l'efficacité énergétique des VP en milieu régional selon la part du trafic urbain dans le trafic total VP



Pour résumer, l'évolution des efficacités énergétiques de la VP selon les différentes aires géographiques considérées en fonction d'une variation de la part du trafic urbain réalisée en zone urbaine est la suivante :

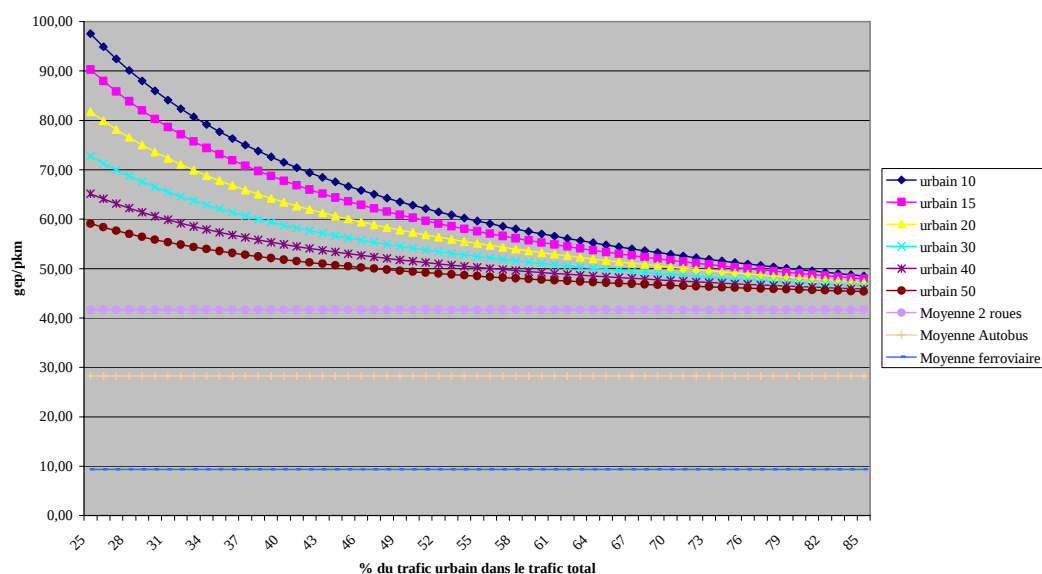
Figure 35 Efficacité énergétique selon les différents milieux géographiques en fonction d'une variation de l'hypothèse sur la part du trafic urbain



Impact des vitesses VP et de la part de trafic affectée à du trafic urbain

Afin de tester la robustesse des résultats à une variation des hypothèses sur la vitesse des VP en milieu urbain, différentes simulations ont été réalisées permettant d'évaluer l'impact d'une modification de la vitesse moyenne retenue en ville et ce selon différentes hypothèses sur la part du trafic VP urbain. Le graphique ci-dessous permet de constater que la variation de la vitesse moyenne des VP en ville ne modifie pas l'ordonnancement des résultats.

Figure 36 Evolution de l'efficacité en milieu urbain pour différentes vitesses selon la part de la zone urbaine



Le même exercice mené dans le cadre du trafic régional, consistant à analyser l'impact d'une variation de la part du trafic urbain pour différentes vitesses des VP permet de constater que comme précédemment, les résultats en termes d'efficacité énergétiques sont relativement plus sensibles puisque pour des vitesses supérieures à 70 km/h, avec une part de l'urbain restant inchangée, la voiture devient plus énergivore que le TER moyen. Par contre à vitesse constante, l'augmentation de la part du trafic réalisé en zone urbaine conduit à augmenter l'efficacité énergétique de la voiture en zone régionale.

B1 Données de ligne Air France

	Parcours réel *	consommation de carburant Mtep	dist orthodromique	CR %	SKO (M)	PKT (M)	gep/pkm	gep/sko
paris	Nantes							
	Bordeaux	0,036	503	73,6	936,8	689,1	52,1	38,3
	Montpellier							
	Marseille	0,066	634	78,3	1901,4	1488,6	44,6	34,9
	Lyon	0,017	406	73,7	342,4	252,2	67,1	49,4
	Nice	0,062	680	83,1	1764,1	1466,8	42,3	35,2
	Strasbourg	0,024	382	69,1	583	402,9	60,3	41,7
	Chambéry							
Lyon	Nantes	0,006	536	67,3	138,4	93,2	59,4	40,0

B2 Données de ligne SNCF

zone régionale TER	km	type de train	vitesse	pko	pkt	gep	tx occup	gep/pkm	gep/pko
* lyon / chy	133	z2, elec		160	159	420,8			2,65
* lyon / st étienne	60	2 rrr, elec		150	510	950,0			1,86
* strasbourg/mulhouse	108	5 corail		200	410	1047,9			2,56
* valence/ briançon	241	1 rrr, diésel			255	2177,7			8,54
* paris / granville	327	TER, diésel			160	961,6			6,01
zone interrégionale	km	type de train	vitesse	pko	pkt	gep	tx occup	gep/pkm	gep/pko
TRN (* 1 arrêt)		TRN							
* paris-strasbourg	502			200	966	415	1455,49	0,43	3,50
* paris-bordeaux	579			200	966	319	2669,41	0,33	8,37
TGV (trajet direct)		TGV							
* paris-lyon (tgv sud est / duplex)	427			270	386 \ 545	274 \ 387	1492 \ 1517	0,71	5,4 \ 3,9
* paris-lille (tgv res / duplex)	226				387 \ 545	239 \ 338	1613 \ 1629	0,62	6,7 \ 4,8
* paris-bordeaux (tgv atl / res)	583				485 \ 386	330 \ 262	1404 \ 1207	0,68	4,3 \ 4,6
* paris-brest (tgv atl / res)	593				486 \ 386	335 \ 266	1267 \ 1089	0,69	3,8 \ 4,1
									2,6 \ 2,8

B3 Influence du taux d'occupation

URBAIN consommation en gep/pkm													
taux d'occupa	Bus standart	articulé	midibus	minibus	total bus	VP	cyclo	50 - 125 cc	>125 cc	train banlieue	métro	RER	tram
5	66,3	64,3	165,2	130,3	67,5		21,2	35,3	41,2	27,6	35,1	34,3	43,0
10	33,2	32,2	82,6	65,2	33,7		21,2	35,3	41,2	13,8	17,6	17,2	21,5
15	22,1	21,4	55,1	43,4	22,5		21,2	35,3	41,2	9,2	11,7	11,4	14,3
20	16,6	16,1	41,3	32,6	16,9	65,7	21,2	35,3	41,2	6,9	8,8	8,6	10,8
25	13,3	12,9	33,0	26,1	13,5	52,5	21,2	35,3	41,2	5,5	7,0	6,9	8,6
30	11,1	10,7	27,5	21,7	11,2	43,8	21,2	35,3	41,2	4,6	5,9	5,7	7,2
35	9,5	9,2	23,6	18,6	9,6	37,5	21,2	35,3	41,2	3,9	5,0	4,9	6,1
40	8,3	8,0	20,7	16,3	8,4	32,8	21,2	35,3	41,2	3,5	4,4	4,3	5,4
45	7,4	7,1	18,4	14,5	7,5	29,2	21,2	35,3	41,2	3,1	3,9	3,8	4,8
50	6,6	6,4	16,5	13,0	6,7	26,3	21,2	35,3	41,2	2,8	3,5	3,4	4,3
55	6,0	5,8	15,0	11,8	6,1	23,9	10,6	17,7	20,6	2,5	3,2	3,1	3,9
60	5,5	5,4	13,8	10,9	5,6	21,9	10,6	17,7	20,6	2,3	2,9	2,9	3,6
65	5,1	4,9	12,7	10,0	5,2	20,2	10,6	17,7	20,6	2,1	2,7	2,6	3,3
70	4,7	4,6	11,8	9,3	4,8	18,8	10,6	17,7	20,6	2,0	2,5	2,5	3,1
75	4,4	4,3	11,0	8,7	4,5	17,5	10,6	17,7	20,6	1,8	2,3	2,3	2,9
80	4,1	4,0	10,3	8,1	4,2	16,4	10,6	17,7	20,6	1,7	2,2	2,1	2,7
85	3,9	3,8	9,7	7,7	4,0	15,4	10,6	17,7	20,6	1,6	2,1	2,0	2,5
90	3,7	3,6	9,2	7,2	3,7	14,6	10,6	17,7	20,6	1,5	2,0	1,9	2,4
95	3,5	3,4	8,7	6,9	3,6	13,8	10,6	17,7	20,6	1,5	1,8	1,8	2,3
100	3,3	3,2	8,3	6,5	3,4	13,1	10,6	17,7	20,6	1,4	1,8	1,7	2,2

REGIONAL consommation en gep/pkm								
taux d'occupa	Autocar	VP	VP ess	VP diesel	>125 cc	2 roues	TER 15 Lyon-st Etienne*	TER (valence briançon)
5	95,0				38,8	38,8	37,3	170,8
10	47,5				38,8	38,8	18,6	85,4
15	31,7				38,8	38,8	12,4	56,9
20	23,7	40,4	41,0	39,7	38,8	38,8	9,3	42,7
25	19,0	32,3	32,8	31,8	38,8	38,8	7,5	34,2
30	15,8	26,9	27,3	26,5	38,8	38,8	6,2	28,5
35	13,6	23,1	23,4	22,7	38,8	38,8	5,3	24,4
40	11,9	20,2	20,5	19,9	38,8	38,8	4,7	21,4
45	10,6	18,0	18,2	17,7	38,8	38,8	4,1	19,0
50	9,5	16,2	16,4	15,9	38,8	38,8	3,7	17,1
55	8,63	14,7	14,9	14,4	19,4	19,4	3,4	15,5
60	7,91	13,5	13,7	13,2	19,4	19,4	3,1	14,2
65	7,3	12,4	12,6	12,2	19,4	19,4	2,9	13,1
70	6,8	11,5	11,7	11,3	19,4	19,4	2,7	12,2
75	6,3	10,8	10,9	10,6	19,4	19,4	2,5	11,4
80	5,9	10,1	10,3	9,9	19,4	19,4	2,3	10,7
85	5,6	9,5	9,7	9,3	19,4	19,4	2,2	10,0
90	5,3	9,0	9,1	8,8	19,4	19,4	2,1	9,5
95	5,0	8,5	8,6	8,4	19,4	19,4	2,0	9,0
100	4,7	8,1	8,2	7,9	19,4	19,4	1,9	8,5

INTERREGIONAL consommation en gep/pkm														
taux d'occup	Autocar	VP	VP ess	VP diesel	>125 cc	2 roues	TRN (paris strasbourg)	TRN (paris bordeaux)	TGV duplex (paris-lyon)	TGV atlantique (paris-bordeaux)	TGV réseau (paris-lille)	avion (paris bordeaux)	avion (paris lyon)	avion (paris nice)
5	95,7				38,8	38,8	30,1	30,1	56,0	58,0				
10	47,9				38,8	38,8	15,1	15,1	28,0	29,0				
15	31,9				38,8	38,8	10,0	10,0	18,7	19,3				
20	23,9	60,4	66,3	55,8	38,8	38,8	7,5	7,5	14,0	14,5				
25	19,1	48,3	53,0	44,6	38,8	38,8	6,0	6,0	11,2	11,6				
30	16,0	40,3	44,2	37,2	38,8	38,8	5,0	5,0	9,3	9,7				
35	13,7	34,5	37,9	31,9	38,8	38,8	4,3	4,3	8,0	8,3				
40	12,0	30,2	33,1	27,9	38,8	38,8	3,8	3,8	7,0	7,3				
45	10,6	26,8	29,5	24,8	38,8	38,8	3,3	3,3	6,2	6,4				
50	9,6	24,2	26,5	22,3	38,8	38,8	3,0	3,0	5,6	5,8				
55	8,7	22,0	24,1	20,3	19,4	19,4	2,7	2,7	5,1	5,3				
60	8,0	20,1	22,1	18,6	19,4	19,4	2,5	2,5	4,7	4,8				
65	7,4	18,6	20,4	17,2	19,4	19,4	2,3	2,3	4,3	4,5				
70	6,8	17,3	18,9	15,9	19,4	19,4	2,2	2,2	4,0	4,1	6,0	54,7	70,6	50,3
75	6,4	16,1	17,7	14,9	19,4	19,4	2,0	2,0	3,7	3,9	5,6	51,1	65,9	46,9
80	6,0	15,1	16,6	13,9	19,4	19,4	1,9	1,9	3,5	3,6	5,2	47,9	61,7	44,0
85	5,6	14,2	15,6	13,1	19,4	19,4	1,8	1,8	3,3	3,4				
90	5,3	13,4	14,7	12,4	19,4	19,4	1,7	1,7	3,1	3,2				
95	5,0	12,7	14,0	11,7	19,4	19,4	1,6	1,6	2,9	3,1				
100	4,8	12,1	13,3	11,2	19,4	19,4	1,5	1,5	2,8	2,9				

B4 Influence de la vitesse

vitesse	VP	VP essence	VP diesel	Bus standart	Bus articulé	midibus	minibus	fer urbain
10	60,9	66,4	55,4	37,5	38,2	78,2	69,0	9,3
15	56,7	60,4	53,1	32,7	33,3	62,2	64,2	9,3
20	52,5	54,3	50,8	27,8	28,3	46,2	59,5	9,3
25	50,3	51,7	48,9	25,6	26,0	40,1	55,6	9,3
30	48,0	49,0	47,0	23,3	23,8	33,9	51,8	9,3
35	46,4	47,2	45,6	22,0	22,4	30,6	48,9	9,3
40	44,7	45,4	44,1	20,6	21,0	27,3	46,0	9,3
45	43,5	44,1	43,0	19,7	20,0	25,2	44,1	9,3
50	42,3	42,8	41,9	18,7	19,1	23,0	42,2	9,3

REGIONAL

gep/pkm						
vitesse	VP essence	VP diesel	Autocars tous	Autocars trans	Autocars trans	fer urbain
50	17,9	19,5	9,5	11,2	7,2	18,3
60	16,5	17,2	8,8	10,4	6,7	18,3
65	16,4	16,5	8,6	10,1	6,5	18,3
70	16,4	15,9	8,3	9,8	6,3	18,3
75	16,6	15,6	8,2	9,7	6,2	18,3
80	16,7	15,4	8,1	9,6	6,2	18,3
85	17,3	15,6	8,3	9,7	6,2	18,3
90	17,9	15,8	8,4	9,8	6,3	18,3
95	18,9	16,4	8,7	10,2	6,5	18,3
100	19,9	17,1	8,9	10,5	6,8	18,3

INTERREGIONAL

gep/pkm				
vitesse	VP essence	VP diesel	Autocars tous parcours	fer interrégional
80	16,3	15,0	5,7	7
85	16,9	15,2	5,7	7
90	17,4	15,4	5,8	7
95	18,4	16,0	6,0	7
100	19,4	16,6	6,2	7
105	20,8	17,7	6,5	7
110	22,2	18,7	6,9	7
115	24,0	20,2	7,3	7
120	25,8	21,7	7,8	7
125	28,0	23,6		7
130	30,2	25,5		7

B5 Influence du taux d'occupation et de la vitesse

URBAIN

gép/pkm

vitesse	Moyenne VP		VP diesel		Moyenne VP		VP diesel		Moyenne VP		VP diesel		Moyenne VP		VP diesel		Moyenne VP		VP diesel	
	occ 20%	occ 20%	occ 20%	occ 20%	occ 40%	occ 40%	occ 40%	occ 40%	occ 60%	occ 60%	occ 60%	occ 60%	occ 80%	occ 80%	occ 80%	occ 80%	occ 100%	occ 100%	occ 100%	occ 100%
10	76,1	69,2	38,0	34,6	25,4	23,1	19,0	17,3	15,2	13,8										
15	70,9	66,3	35,4	33,2	23,6	22,1	17,7	16,6	14,2	13,3										
20	65,7	63,5	32,8	31,7	21,9	21,2	16,4	15,9	13,1	12,7										
25	62,8	61,1	31,4	30,6	20,9	20,4	15,7	15,3	12,6	12,2										
30	60,0	58,8	30,0	29,4	20,0	19,6	15,0	14,7	12,0	11,8										
35	58,0	56,9	29,0	28,5	19,3	19,0	14,5	14,2	11,6	11,4										
40	55,9	55,1	28,0	27,6	18,6	18,4	14,0	13,8	11,2	11,0										
45	54,4	53,7	27,2	26,9	18,1	17,9	13,6	13,4	10,9	10,7										
50	52,9	52,4	26,5	26,2	17,6	17,5	13,2	13,1	10,6	10,5										

vitesse	Moyenne bus		Moyenne bus		Moyenne bus		Moyenne bus		Moyenne bus		Moyenne bus		Moyenne bus		Moyenne bus		Moyenne bus		Moyenne bus	
	occ 5%	occ 10%	occ 20%	occ 30%	occ 40%	occ 50%	occ 60%	occ 70%	occ 80%	occ 90%	occ 100%	occ 5%	occ 10%	occ 20%	occ 30%	occ 40%	occ 50%	occ 60%	occ 70%	occ 80%
10	91,6	45,8	22,9	15,3	11,5	9,2	7,6	6,5	5,7	5,1	4,6									
15	79,7	39,8	19,9	13,3	10,0	8,0	6,6	5,7	5,0	4,4	4,0									
20	67,7	33,9	16,9	11,3	8,5	6,8	5,6	4,8	4,2	3,8	3,4									
25	62,3	31,1	15,6	10,4	7,8	6,2	5,2	4,4	3,9	3,5	3,1									
30	56,8	28,4	14,2	9,5	7,1	5,7	4,7	4,1	3,5	3,2	2,8									
35	53,4	26,7	13,4	8,9	6,7	5,3	4,5	3,8	3,3	3,0	2,7									
40	50,1	25,0	12,5	8,3	6,3	5,0	4,2	3,6	3,1	2,8	2,5									
45	47,7	23,9	11,9	8,0	6,0	4,8	4,0	3,4	3,0	2,7	2,4									
50	45,4	22,7	11,4	7,6	5,7	4,5	3,8	3,2	2,8	2,5	2,3									

REGIONAL

vitesse	Moyenne VP		VP diesel		Moyenne VP		VP diesel		Moyenne VP		VP diesel		Moyenne VP		VP diesel		Moyenne VP		VP diesel	
	1 pers	1 pers	2 pers	2 pers	3 pers	3 pers	4 pers	4 pers	5 pers	5 pers										
50,0	46,68	48,78	23,34	24,39	15,56	16,26	11,67	12,20	9,34	9,76										
55,0	44,43	45,96	22,22	22,98	14,81	15,32	11,11	11,49	8,89	9,19										
60,0	42,19	43,14	21,09	21,57	14,06	14,38	10,55	10,78	8,44	8,63										
65,0	41,29	41,43	20,65	20,72	13,76	13,81	10,32	10,36	8,26	8,29										
70,0	40,40	39,72	20,20	19,86	13,47	13,24	10,10	9,93	8,08	7,94										
75,0	40,34	39,10	20,17	19,55	13,45	13,03	10,08	9,78	8,07	7,82										
80,0	40,27	38,49	20,14	19,24	13,42	12,83	10,07	9,62	8,05	7,70										
85,0	41,29	38,98	20,64	19,49	13,76	12,99	10,32	9,75	8,26	7,80										
90,0	42,30	39,48	21,15	19,74	14,10	13,16	10,58	9,87	8,46	7,90										
95,0	44,39	41,09	22,20	20,55	14,80	13,70	11,10	10,27	8,88	8,22										
100,0	46,48	42,70	23,24	21,35	15,49	14,23	11,62	10,68	9,30	8,54										

vitesse	Autocars tous parcours		Autocars tous parcours		Autocars tous parcours		Autocars tous parcours		Autocars tous parcours		Autocars tous parcours		Autocars tous parcours		Autocars tous parcours		Autocars tous parcours		Autocars tous parcours	
	occ 5%	occ 10%	occ 20%	occ 30%	occ 40%	occ 50%	occ 60%	occ 70%	occ 80%	occ 90%	occ 100%	occ 5%	occ 10%	occ 20%	occ 30%	occ 40%	occ 50%	occ 60%	occ 70%	occ 80%
50,0	109,42	54,71	27,36	18,24	13,68	10,94	9,12	7,82	6,84	6,08	5,47									
55,0	105,22	52,61	26,31	17,54	13,15	10,52	8,77	7,52	6,58	5,85	5,26									
60,0	101,02	50,51	25,26	16,84	12,63	10,10	8,42	7,22	6,31	5,61	5,05									
65,0	98,05	49,03	24,51	16,34	12,26	9,81	8,17	7,00	6,13	5,45	4,90									
70,0	95,09	47,54	23,77	15,85	11,89	9,51	7,92	6,79	5,94	5,28	4,75									
75,0	94,22	47,11	23,56	15,70	11,78	9,42	7,85	6,73	5,89	5,23	4,71									
80,0	93,36	46,68	23,34	15,56	11,67	9,34	7,78	6,67	5,83	5,19	4,67									
85,0	94,60	47,30	23,65	15,77	11,82	9,46	7,88	6,76	5,91	5,26	4,73									
90,0	95,84	47,92	23,96	15,97	11,98	9,58	7,99	6,85	5,99	5,32	4,79									
95,0	99,18	49,59	24,80	16,53	12,40	9,92	8,27	7,08	6,20	5,51	4,96									
100,0	102,53	51,26	25,63	17,09	12,82	10,25	8,54	7,32	6,41	5,70	5,13									

INTERREGIONAL

	Moyenne VP	VP diesel	Moyenne VP	VP diesel	Moyenne VP	VP diesel	Moyenne VP	VP diesel	Moyenne VP	VP diesel	Moyenne VP	VP diesel	Autocars	Autocars	Autocars
vitesse	occ 20%	occ 20%	occ 40%	occ 40%	occ 60%	occ 60%	occ 80%	occ 80%	occ 100%	occ 100%	occ 100%	occ 100%	occ 10%	occ 20%	occ 30%
80	40,0	38,5	20,0	19,2	13,3	12,8	10,0	9,6	8,0	7,7	46,7	23,3	15,6		
85	40,9	39,0	20,5	19,5	13,6	13,0	10,2	9,7	8,2	7,8	47,3	23,6	15,8		
90	41,9	39,5	20,9	19,7	14,0	13,2	10,5	9,9	8,4	7,9	47,9	24,0	16,0		
95	43,9	41,1	21,9	20,5	14,6	13,7	11,0	10,3	8,8	8,2	49,6	24,8	16,5		
100	45,9	42,7	22,9	21,4	15,3	14,2	11,5	10,7	9,2	8,5	51,3	25,6	17,1		
105	49,0	45,4	24,5	22,7	16,3	15,1	12,2	11,4	9,8	9,1	54,0	27,0	18,0		
110	52,1	48,1	26,0	24,1	17,4	16,0	13,0	12,0	10,4	9,6	56,7	28,4	18,9		
115	56,2	51,9	28,1	26,0	18,7	17,3	14,1	13,0	11,2	10,4	60,5	30,2	20,2		
120	60,4	55,8	30,2	27,9	20,1	18,6	15,1	13,9	12,1	11,2	64,3	32,1	21,4		
125	65,7	60,7	32,8	30,3	21,9	20,2	16,4	15,2	12,1	11,2					
130	70,9	65,6	35,5	32,8	23,6	21,9	17,7	16,4	12,1	11,2					

B6 Influence de la distance

km	avion tx occup 100%	avion tx occup 50%	avion tx occup 25%	VP tx occup 25%	VP tx occup 50%	VP tx occup 100%	TGV duplex (paris-lyon)	TGV atlantique (paris-bordeaux)	TGV réseau (paris-lille)
420	47,8	95,6	191,1	48,3	24,2	12,1	4,0	4,1	7,0
440	45,5	91,0	182,0	48,3	24,2	12,1	4,0	4,1	7,0
460	43,2	86,4	172,8	48,3	24,2	12,1	4,0	4,1	7,0
480	40,9	81,8	163,7	48,3	24,2	12,1	4,0	4,1	7,0
500	38,6	77,3	154,5	48,3	24,2	12,1	4,0	4,1	7,0
520	39,2	78,3	156,7	48,3	24,2	12,1	4,0	4,1	7,0
540	40,2	79,6	159,1	48,3	24,2	12,1	4,0	4,1	7,0
560	41,1	77,5	155,0	48,3	24,2	12,1	4,0	4,1	7,0
580	42,0	75,4	150,8	48,3	24,2	12,1	4,0	4,1	7,0
600	43,0	73,3	146,6	48,3	24,2	12,1	4,0	4,1	7,0
620	43,9	71,2	142,5	48,3	24,2	12,1	4,0	4,1	7,0
640	44,3	69,9	139,7	48,3	24,2	12,1	4,0	4,1	7,0
660	43,3	70,1	140,3	48,3	24,2	12,1	4,0	4,1	7,0
680	42,3	70,4	140,8	48,3	24,2	12,1	4,0	4,1	7,0

les données « avion » extrapolées par Enerdata à partir de données Air France, ne sont pas validées par celle-ci

B7 Influence du taux de charge pour le transport de marchandises

charges	train complet	transport combiné	transport isolé	camion (131 camion/train)	camion (49 camion/train)	camion (75 camion/train)
100	23,3	18,8	16,8	413,7	155,3	238,9
200	11,7	9,4	8,4	206,8	77,6	119,4
300	7,8	6,3	5,6	137,9	51,8	79,6
400	5,8	4,7	4,2	103,4	38,8	59,7
500	4,7	3,8	3,4	82,7	31,1	47,8
600	3,9	3,1	2,8	68,9	25,9	39,8
700	3,3	2,7	2,4	59,1	22,2	34,1
800	2,9	2,4	2,1	51,7	19,4	29,9
900	2,6	2,1	1,9	46,0	17,3	26,5
1000	2,3	1,9	1,7	41,4	15,5	23,9
1100	2,1	1,7	1,5	37,6	14,1	21,7
1200	1,9	1,6	1,4	34,5	12,9	19,9
1300	1,8	1,4	1,3	31,8	11,9	18,4
1400	1,7	1,3	1,2	29,5	11,1	17,1
1420	1,6	1,3	1,2	29,1	10,9	16,8

camion sur la base de 131 camions pour un train (rapport entre la charge moyenne d'un camion et d'un train)

camions sur la base de 49 camions pour un train (rapport entre la charge moyenne d'un train complet et la charge moyenne maximale des camions sur la base de 75 camions pour un train (rapport entre les charges maxi)

C1 Le transport de passager : Les déplacements en zone urbaine - Les déplacements de 1 km sur la base d'une équivalence primaire pour l'électricité (1 MWh=0.222 tep)

Distance = 1 km						
gep/pkm	tout VP			Tout TC	Tout TC	Tout TC
pers/VP	1	2	3	Bus	Tram	Métro
% mode doux*						
0%	65,99	33,00	22,00	28,23	16,65	20,74
10%	59,40	29,70	19,80	25,41	14,99	18,67
20%	52,80	26,40	17,60	22,58	13,32	16,59
50%	33,00	16,50	11,00	14,12	8,33	10,37

gep/trajet	tout VP			Tout TC*	Tout TC*	Tout TC*
pers/VP	1	2	3	Bus	Tram	Métro
% mode doux*						
0%	65,99	33,00	22,00	31,99	18,86	23,50
10%	59,40	29,70	19,80	28,79	16,98	21,15
20%	52,80	26,40	17,60	25,59	15,09	18,80
50%	33,00	16,50	11,00	15,99	9,43	11,75

C2 Le transport de passager : Les déplacements en zone urbaine - Le cas d'un déplacement de 3 km sur la base d'une équivalence primaire pour l'électricité (1 MWh=0.222 tep)

Distance = 3 km													
gep/pkm pers/VP	tout VP			Tout TC* Bus	1/3	VP,TC	2/3	1/2			2/3		
	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3
% mode doux*													
0%	66,0	33,0	22,0	28,2	40,8	29,8	26,2				53,4	31,4	24,1
10%	59,4	29,7	19,8	25,4	36,7	26,8	23,5				48,1	28,3	21,7
20%	52,8	26,4	17,6	22,6	32,7	23,9	20,9				42,7	25,1	19,3
50%	33,0	16,5	11,0	14,1	20,4	14,9	13,1				26,7	15,7	12,0

Distance = 3 km													
gep/trajet pers/VP	tout VP			Tout TC* Bus	1/3	VP,TC	2/3	1/2			2/3		
	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3
% mode doux*													
0%	198,0	99,0	66,0	96,0	130,0	97,0	86,0				164,0	98,0	76,0
10%	178,2	89,1	59,4	86,4	117,0	87,3	77,4				147,6	88,2	68,4
20%	158,4	79,2	52,8	76,8	104,0	77,6	68,8				131,2	78,4	60,8
50%	99,0	49,5	33,0	48,0	65,0	48,5	43,0				82,0	49,0	38,0

* en combinaison avec les autres modes sur le même déplacement

Distance = 3 km													
gep/pkm pers/VP	tout VP			Tout TC* Tram	1/3	VP,TC	2/3	1/2			2/3		
	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3
% mode doux*													
0%	66,0	33,0	22,0	16,65	33,1	22,1	18,4				49,5	27,5	20,2
10%	59,4	29,7	19,8	14,99	29,8	19,9	16,6				44,6	24,8	18,2
20%	52,8	26,4	17,6	13,32	26,5	17,7	14,7				39,6	22,0	16,2
50%	33,0	16,5	11,0	8,33	16,5	11,0	9,2				24,8	13,8	10,1

Distance = 3 km													
gep/trajet pers/VP	tout VP			Tout TC*	1/3	VP,TC	2/3						
	1	2	3	Tram	1	2	3	1	2	3	1	2	3
% mode doux*													
0%	198,0	99,0	66,0	56,6	103,7	70,7	59,7				150,9	84,9	62,9
10%	178,2	89,1	59,4	50,9	93,4	63,7	53,8				135,8	76,4	56,6
20%	158,4	79,2	52,8	45,3	83,0	56,6	47,8				120,7	67,9	50,3
50%	99,0	49,5	33,0	28,3	51,9	35,4	29,9				75,4	42,4	31,4

* en combinaison avec les autres modes sur le même déplacement

C3 Le transport de passager : Les déplacements en zone urbaine - Le cas d'un déplacement de 5 km sur la base d'une équivalence primaire pour l'électricité (1 MWh=0.222 tep)

Distance = 5 km													
gép/pkm pers/VP	tout VP			Tout TC* Tram	1/3	VP,TC	2/3	1/2	VP,TC	1/2	2/3	VP,TC	1/3
	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3
% mode doux*													
0%	65,8	32,9	21,9	16,65	33,0	22,1	18,4	41,2	24,8	19,3	49,4	27,5	20,2
10%	59,2	29,6	19,7	14,99	29,7	19,9	16,6	37,1	22,3	17,4	44,5	24,7	18,2
20%	52,7	26,3	17,6	13,32	26,4	17,7	14,7	33,0	19,8	15,4	39,5	22,0	16,1
50%	32,9	16,5	11,0	8,33	16,5	11,0	9,2	20,6	12,4	9,6	24,7	13,7	10,1

* avec un taux de remplissage de x%

Distance = 5 km													
gép/trajet pers/VP	tout VP			Tout Tram	1/3	VP,TC	2/3	1/2	VP,TC	1/2	2/3	VP,TC	1/3
	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3
% mode doux*													
0%	329	165	110	94,3	172,6	117,7	99,5	211,7	129,4	102,0	250,9	141,1	104,6
10%	296	148	99	84,9	155,3	106,0	89,5	190,5	116,5	91,8	225,8	127,0	94,1
20%	263	132	88	75,5	138,1	94,2	79,6	169,4	103,6	81,6	200,7	112,9	83,7
50%	165	82	55	47,2	86,3	58,9	49,7	105,9	64,7	51,0	125,4	70,6	52,3

* en combinaison avec les autres modes sur le même déplacement

Distance = 5 km													
gép/pkm pers/VP	tout VP			Tout bus	1/3	VP,TC	2/3	1/2	VP,TC	1/2	2/3	VP,TC	1/3
	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3
% mode doux*													
0%	65,8	32,9	21,9	28,23	40,8	29,8	26,1	47,0	30,6	25,1	53,3	31,4	24,0
10%	59,2	29,6	19,7	25,41	36,7	26,8	23,5	42,3	27,5	22,6	48,0	28,2	21,6
20%	52,7	26,3	17,6	22,58	32,6	23,8	20,9	37,6	24,5	20,1	42,6	25,1	19,2
50%	32,9	16,5	11,0	14,12	20,4	14,9	13,1	23,5	15,3	12,5	26,6	15,7	12,0

* avec un taux de remplissage de x%

Distance = 5 km													
gép/trajet pers/VP	tout VP			Tout bus	1/3	VP,TC	2/3	1/2	VP,TC	1/2	2/3	VP,TC	1/3
	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3
% mode doux*													
0%	329	165	110	160	216,3	161,5	143,2	244,5	162,2	134,8	272,7	163,0	126,4
10%	296	148	99	144	194,7	145,3	128,9	220,1	146,0	121,3	245,5	146,7	113,8
20%	263	132	88	128	173,1	129,2	114,6	195,6	129,8	107,9	218,2	130,4	101,2
50%	165	82	55	80	108,2	80,7	71,6	122,3	81,1	67,4	136,4	81,5	63,2

* en combinaison avec les autres modes sur le même déplacement

C4 Le transport de passager : Les déplacements en zone urbaine - Le cas d'un déplacement de 10 km sur la base d'une équivalence primaire pour l'électricité (1 MWh=0.222 tep)

Distance = 10 km													
gep/pkm pers/VP	tout VP			Tout TC*									
	1	2	3	Tram	1/3 1	VP,TC 2	2/3 3	1/2 1	VP,TC 2	1/2 3	2/3 1	VP,TC 2	1/3 3
% mode doux*													
0%	65,4	32,7	21,8	16,65				41,0	24,7	19,2	49,1	27,3	20,1
10%	58,8	29,4	19,6	14,99				36,9	22,2	17,3	44,2	24,6	18,1
20%	47,1	23,5	15,7	11,99				29,5	17,8	13,8	35,4	19,7	14,5
50%	23,5	11,8	7,8	5,99				14,8	8,9	6,9	17,7	9,8	7,2

Distance = 10 km													
gep/trajet pers/VP	tout VP			Tout TC*	1/3 VP,TC 2/3			1/2 VP,TC 1/2			2/3 VP,TC 1/3		
	1	2	3	Tram	1	2	3	1	2	3	1	2	3
% mode doux*													
0%	654	327	218	188,6				421	258	203	499	281	208
10%	588	294	196	169,8				379	232	183	449	253	187
20%	471	235	157	135,8				303	186	146	359	202	150
50%	235	118	78	67,9				152	93	73	180	101	75

* en combinaison avec les autres modes sur le même déplacement

Distance = 10 km													
gep/pkm pers/VP	tout VP			Tout TC* bus	1/3 VP,TC 2/3			1/2 VP,TC 1/2			2/3 VP,TC 1/3		
	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3
% mode doux*													
0%	65,38	32,69	21,79	28,23				46,8	30,5	25,0	53,0	31,2	23,9
10%	58,84	29,42	19,61	25,41				42,1	27,4	22,5	47,7	28,1	21,5
20%	47,08	23,54	15,69	20,33				33,7	21,9	18,0	38,2	22,5	17,2
50%	23,54	11,77	7,85	10,16				16,9	11,0	9,0	19,1	11,2	8,6

Distance = 10 km													
gep/trajet pers/VP	tout VP			Tout TC* bus	1/3 VP,TC 2/3			1/2 VP,TC 1/2			2/3 VP,TC 1/3		
	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3
% mode doux*													
0%	654	327	218	320				487	323	269	543	325	252
10%	588	294	196	288				438	291	242	488	292	227
20%	471	235	157	230				351	233	194	391	234	181
50%	235	118	78	115				175	116	97	195	117	91

* en combinaison avec les autres modes sur le même déplacement

C4 (Suite) Le transport de passager : Les déplacements en zone urbaine - Le cas d'un déplacement de 10 km sur la base d'une équivalence primaire pour l'électricité (1 MWh=0.222 tep)

Distance = 10 km													
gep/pkm pers/VP	tout VP			Tout TC* Car	1/3 VP,TC 2/3			1/2 VP,TC 1/2			2/3 VP,TC 1/3		
	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3
% mode doux*													
0%	65,38	32,69	21,79	14,4	31,4	20,5	16,8						
10%	58,84	29,42	19,61	12,9	28,2	18,4	15,2						
20%	47,08	23,54	15,69	10,3	22,6	14,7	12,1						
50%	23,54	11,77	7,85	5,2	11,3	7,4	6,1						

Distance = 10 km													
gep/trajet pers/VP	tout VP			Tout TC* Car	1/3 VP,TC 2/3			1/2 VP,TC 1/2			2/3 VP,TC 1/3		
	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3
% mode doux*													
0%	654	327	218	163	326	217	181						
10%	588	294	196	146	294	196	163						
20%	471	235	157	117	235	157	130						
50%	235	118	78	59	118	78	65						

* en combinaison avec les autres modes sur le même déplacement

Distance = 10 km													
gep/pkm pers/VP	tout VP			Tout TC* RER	1/3 VP,TC 2/3			1/2 VP,TC 1/2			2/3 VP,TC 1/3		
	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3
% mode doux*													
0%	65,4	32,7	21,8	19,8	35,0	24,1	20,4						
10%	58,8	29,4	19,6	17,8	31,5	21,7	18,4						
20%	47,1	23,5	15,7	14,2	25,2	17,3	14,7						
50%	23,5	11,8	7,8	7,1	12,6	8,7	7,4						

Distance = 10 km													
gep/trajet pers/VP	tout VP			Tout TC* RER	1/3	VP,TC	2/3	1/2	VP,TC	1/2	2/3	VP,TC	1/3
	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3
% mode doux*													
0%	654	327	218	223,9	367	258	222						
10%	588	294	196	201,5	331	232	200						
20%	471	235	157	161,2	264	186	160						
50%	235	118	78	80,6	132	93	80						

* en combinaison avec les autres modes sur le même déplacement

C5 Le transport de passager : Les déplacements en zone urbaine - Le cas de trajets de 20 km sur la base d'une équivalence primaire pour l'électricité (1 MWh=0.222 tep)

Distance = 20 km													
gep/pkm	tout VP			Tout TC*	1/3 VP,TC 2/3			1/2 VP,TC 1/2			2/3 VP,TC 1/3		
	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3
pers/VP	1	2	3	TRAM	1	2	3	1	2	3	1	2	3
% mode doux*													
0%	65,1	32,6	21,7	16,7							49,0	27,3	20,0
10%	58,6	29,3	19,5	15,0							44,1	24,5	18,0
20%	46,9	23,4	15,6	12,0							35,3	19,6	14,4
50%	23,4	11,7	7,8	6,0							17,6	9,8	7,2

Distance = 20 km													
gep/trajet	tout VP			Tout TC*	1/3 VP,TC 2/3			1/2 VP,TC 1/2			2/3 VP,TC 1/3		
	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3
pers/VP	1	2	3	TRAM	1	2	3	1	2	3	1	2	3
% mode doux*													
0%	1302	651	434	377							994	560	415
10%	1172	586	391	340							895	504	374
20%	938	469	313	272							716	403	299
50%	469	234	156	136							358	202	149

* en combinaison avec les autres modes sur le même déplacement

Distance = 20 km													
gep/pkm	tout VP			Tout TC* bus	1/3	VP,TC	2/3	1/2	VP,TC	1/2	2/3	VP,TC	1/3
pers/VP	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3
% mode doux*													
0%	65,1	32,6	21,7	28,2							52,8	31,1	23,9
10%	58,6	29,3	19,5	25,4							47,5	28,0	21,5
20%	46,9	23,4	15,6	20,3							38,0	22,4	17,2
50%	23,4	11,7	7,8	10,2							19,0	11,2	8,6

Distance = 20 km													
gep/trajet pers/VP	tout VP			Tout TC* bus	1/3 VP,TC 2/3			1/2 VP,TC 1/2			2/3 VP,TC 1/3		
	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3
% mode doux*													
0%	1302	651	434	640							1081	647	503
10%	1172	586	391	576							973	583	452
20%	938	469	313	461							779	466	362
50%	469	234	156	230							389	233	181

* en combinaison avec les autres modes sur le même déplacement

C5 (Suite) Le transport de passager : Les déplacements en zone urbaine - Le cas de trajets de 20 km sur la base d'une équivalence primaire pour l'électricité (1 MWh=0.222 tep) (Suite)

Distance = 20 km													
gep/pkm pers/VP	tout VP			Tout TC* Car	1/3 VP,TC 2/3			1/2 VP,TC 1/2			2/3 VP,TC 1/3		
	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3
% mode doux*													
0%	65,1	32,6	21,7	14,4	31,3	20,4	16,8	39,7	23,5	18,0			
10%	58,6	29,3	19,5	12,9	28,2	18,4	15,1	35,8	21,1	16,2			
20%	46,9	23,4	15,6	10,3	22,5	14,7	12,1	28,6	16,9	13,0			
50%	23,4	11,7	7,8	5,2	11,3	7,4	6,1	14,3	8,4	6,5			

Distance = 20 km													
gep/trajet pers/VP	tout VP			Tout TC* Car	1/3 VP,TC 2/3			1/2 VP,TC 1/2			2/3 VP,TC 1/3		
	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3
% mode doux*													
0%	1302	651	434	326	651	434	362	814	488	380			
10%	1172	586	391	293	586	391	326	733	439	342			
20%	938	469	313	234	469	313	260	586	352	273			
50%	469	234	156	117	234	156	130	293	176	137			

* en combinaison avec les autres modes sur le même déplacement

Distance = 20 km													
gep/pkm pers/VP	tout VP			Tout TC* RER	1/3	VP,TC	2/3	1/2	VP,TC	1/2	2/3 VP,TC 1/3		
	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3
% mode doux*													
0%	65,1	32,6	21,7	19,8	34,9	24,0	20,4	42,4	26,2	20,7			
10%	58,6	29,3	19,5	17,8	31,4	21,6	18,4	38,2	23,5	18,7			
20%	46,9	23,4	15,6	14,2	25,1	17,3	14,7	30,6	18,8	14,9			
50%	23,4	11,7	7,8	7,1	12,6	8,7	7,3	15,3	9,4	7,5			

Distance = 20 km													
gep/trajet pers/VP	tout VP			Tout TC* RER	1/3 VP,TC 2/3			1/2 VP,TC 1/2			2/3 VP,TC 1/3		
	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3
% mode doux*													
0%	651	326	217	447,8	516	407	371	549	387	332			
10%	586	293	195	403,1	464	366	334	495	348	299			
20%	469	234	156	322,4	371	293	267	396	278	239			
50%	234	117	78	161,2	186	147	134	198	139	120			

* en combinaison avec les autres modes sur le même déplacement

C6 Le transport de passager : Les déplacements en zone urbaine - Le cas d'un trajet de 40 km sur la base d'une équivalence primaire pour l'électricité (1 MWh=0.222 tep)

Distance = 40 km													
gep/pkm	tout VP			Tout TC*	1/3 VP,TC 2/3			1/2 VP,TC 1/2			4/5 VP,TC 1/5		
	1	2	3		TRAM	1	2	3	1	2	3	1	2
pers/VP													
% mode doux*													
0%	65,1	32,6	21,7	16,7							55,4	29,4	20,7
10%	58,6	29,3	19,5	15,0							49,9	26,4	18,6
20%	46,9	23,4	15,6	12,0							39,9	21,2	14,9
50%	23,4	11,7	7,8	6,0							20,0	10,6	7,4

Distance = 40 km													
gep/trajet	tout VP			Tout TC*	1/3 VP,TC 2/3			1/2 VP,TC 1/2			4/5 VP,TC 1/5		
	1	2	3		TRAM	1	2	3	1	2	3	1	2
pers/VP													
% mode doux*													
0%	2605	1302	868	755							2235	1193	845
10%	2344	1172	781	679							2011	1073	761
20%	1875	938	625	543							1609	859	609
50%	938	469	313	272							804	429	304

* en combinaison avec les autres modes sur le même déplacement

Distance = 40 km													
gep/pkm	tout VP			Tout TC* bus	1/3 VP,TC 2/3			1/2 VP,TC 1/2			4/5 VP,TC 1/5		
pers/VP	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3
% mode doux*													
0%	65,1	32,6	21,7	28,2							58	31,7	23,0
10%	58,6	29,3	19,5	25,4							52,0	28,5	20,7
20%	46,9	23,4	15,6	20,3							41,6	22,8	16,6
50%	23,4	11,7	7,8	10,2							20,8	11,4	8,3

Distance = 40 km													
gep/trajet pers/VP	tout VP			Tout TC* bus	1/3 VP,TC 2/3			1/2 VP,TC 1/2			4/5 VP,TC 1/5		
	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3
% mode doux*													
0%	1302	651	434	640							1170	649	475
10%	1172	586	391	576							1053	584	428
20%	938	469	313	461							842	467	342
50%	469	234	156	230							421	234	171

* en combinaison avec les autres modes sur le même déplacement

C6 (Suite) Le transport de passager : Les déplacements en zone urbaine - Le cas d'un trajet de 40 km sur la base d'une équivalence primaire pour l'électricité (1 MWh=0.222 tep)

Distance = 40 km													
gep/pkm pers/VP	tout VP			Tout TC* Car	1/3 VP,TC 2/3			1/2 VP,TC 1/2			2/3 VP,TC 1/3		
	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3
% mode doux*													
0%	65,1	32,6	21,7	14,4	31,3	20,4	16,8	39,7	23,5	18,0			
10%	58,6	29,3	19,5	12,9	28,2	18,4	15,1	35,8	21,1	16,2			
20%	46,9	23,4	15,6	10,3	22,5	14,7	12,1	28,6	16,9	13,0			
50%	23,4	11,7	7,8	5,2	11,3	7,4	6,1	14,3	8,4	6,5			

Distance = 40 km													
gep/trajet pers/VP	tout VP			Tout TC* Car	1/3 VP,TC 2/3			1/2 VP,TC 1/2			2/3 VP,TC 1/3		
	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3
% mode doux*													
0%	2605	1302	868	651	1302	868	723	1628	977	760			
10%	2344	1172	781	586	1172	781	651	1465	879	684			
20%	1875	938	625	469	938	625	521	1172	703	547			
50%	938	469	313	234	469	313	260	586	352	273			

* en combinaison avec les autres modes sur le même déplacement

Distance = 40 km													
gep/pkm pers/VP	tout VP			Tout TC* RER	1/3 VP,TC 2/3			1/2 VP,TC 1/2			2/3 VP,TC 1/3		
	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3
% mode doux*													
0%	65,1	32,6	21,7	19,8	34,9	24,0	20,4	42,4	26,2	20,7			
10%	58,6	29,3	19,5	17,8	31,4	21,6	18,4	38,2	23,5	18,7			
20%	46,9	23,4	15,6	14,2	25,1	17,3	14,7	30,6	18,8	14,9			
50%	23,4	11,7	7,8	7,1	12,6	8,7	7,3	15,3	9,4	7,5			

Distance = 40 km													
gep/trajet pers/VP	tout VP			Tout TC* RER	1/3	VP,TC	2/3	1/2	VP,TC	1/2	2/3 VP,TC 1/3		
	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3
% mode doux*													
0%	2605	1302	868	896	1465	1031	887	1750	1099	882			
10%	2344	1172	781	806	1319	928	798	1575	989	794			
20%	1875	938	625	645	1055	742	638	1260	791	635			
50%	938	469	313	322	528	371	319	630	396	317			

* en combinaison avec les autres modes sur le même déplacement

C7 Le transport de passager : Les déplacements de type régional sans détours sur la base d'une équivalence primaire pour l'électricité (1 MWh=0.222 tep)

Distance = 50 km y compris le trajet pour rallier l'arrêt le plus proche																	
gép/pkm	Tout VP					Cars				TER élec				TER diesel			
taux de remplissage	1p	2p	3p	4p	5p	10%	20%	30%	40%	10%	20%	30%	40%	10%	20%	30%	40%
kilométrage en VP*	40,4	20,2	13,5	10,1	8,1												
0						47,5	23,7	15,8	11,9	48,1	24,0	16,0	12,0	85,4	42,7	28,5	21,4
1						47,6	24,3	16,6	12,7	48,2	24,6	16,8	12,8	84,7	42,9	28,9	22,0
5	Moyenne VP urbain					48,0	26,6	19,5	15,9	48,5	26,9	19,7	16,1	82,1	43,7	30,9	24,5
10						48,5	29,5	23,2	20,0	49,0	29,7	23,3	20,1	78,8	44,7	33,3	27,6
20						49,5	35,3	30,5	28,1	49,9	35,4	30,6	28,2	72,2	46,6	38,1	33,8
50	Moyenne VP régional					16,14											

* en combinaison avec les autres modes sur le même déplacement

gép/trajet pers/VP	Tout VP					Cars				TER élec				TER diesel			
kilométrage en VP*	1p	2p	3p	4p	5p	10%	20%	30%	40%	10%	20%	30%	40%	10%	20%	30%	40%
0	2020	1010	673	505	404												
1						2374	1187	791	594	2404	1202	801	601	4270	2135	1423	1068
5	Moyenne VP urbain					2379	1216	828	634	2409	1231	838	642	4322	2188	1476	1121
10						2400	1331	975	797	2426	1345	984	804	4516	2403	1698	1346
20						2425	1475	1158	1000	2449	1487	1166	1006	4729	2680	1997	1655
50	Moyenne VP régional					2475	1763	1525	1407	2493	1772	1531	1411	5057	3264	2666	2367

Distance = 100 km y compris le trajet pour rallier l'arrêt le plus proche																	
gép/pkm	Tout VP					Cars				TER élec				TER diesel			
pers/VP	1p	2p	3p	4p	5p	10%	20%	30%	40%	10%	20%	30%	40%	10%	20%	30%	40%
kilométrage en VP*	40,4	20,2	13,5	10,1	8,1												
0						47,5	23,7	15,8	11,9	48,1	24,0	16,0	12,0	85,4	42,7	28,5	21,4
1						47,5	24,0	16,2	12,3	48,1	24,3	16,4	12,4	85,1	42,8	28,7	21,7
5	Moyenne VP urbain					47,7	25,2	17,7	13,9	48,3	25,5	17,9	14,0	83,8	43,2	29,7	22,9
10						48,0	26,6	19,5	15,9	48,5	26,9	19,7	16,1	82,1	43,7	30,9	24,5
20						48,5	29,5	23,2	20,0	49,0	29,7	23,3	20,1	78,8	44,7	33,3	27,6
50	Moyenne VP régional					16,14				39,4	27,4	23,4	21,4	58,0	36,7	29,6	26,0

* en combinaison avec les autres modes sur le même déplacement

gép/trajet pers/VP	Tout VP					Cars				TER élec				TER diesel			
kilométrage en VP*	1p	2p	3p	4p	5p	10%	20%	30%	40%	10%	20%	30%	40%	10%	20%	30%	40%
0	4040	2020	1347	1010	808												
1						4749	2374	1583	1187	4809	2404	1603	1202	8540	4270	2847	2135
5						4754	2403	1620	1228	4813	2433	1639	1243	8507	4280	2871	2166
10						4774	2518	1766	1390	4831	2547	1785	1405	8376	4319	2967	2291
20						4799	2662	1950	1594	4853	2689	1968	1607	8211	4368	3087	2447
50						4849	2950	2317	2000	4897	2974	2333	2012	7882	4466	3328	2758
										3939	2737	2336	2136	5805	3670	2958	2602

Distance = 150 km y compris le trajet pour rallier l'arrêt le plus proche																		
gép/pkm	Tout VP					Cars				TER élec				TER diesel				
pers/VP	1p	2p	3p	4p	5p	10%	20%	30%	40%	10%	20%	30%	40%	10%	20%	30%	40%	
kilométrage en VP*	40,4	20,2	13,5	10,1	8,1													
0						47,5	23,7	15,8	11,9	48,1	24,0	16,0	12,0	85,4	42,7	28,5	21,4	
1						47,5	23,9	16,1	12,1	48,1	24,2	16,3	12,3	85,2	42,8	28,6	21,6	
5	Moyenne VP urbain					47,7	24,7	17,1	13,2	48,2	25,0	17,2	13,4	84,3	43,0	29,3	22,4	
10						47,8	25,7	18,3	14,6	48,4	25,9	18,5	14,7	83,2	43,4	30,1	23,4	
20						48,2	27,6	20,7	17,3	48,7	27,8	20,9	17,4	81,0	44,0	31,7	25,5	
50	Moyenne VP régional					16,14	43,3	25,5	19,5	16,6	43,7	25,7	19,7	16,7	71,7	39,7	29,0	23,7

* en combinaison avec les autres modes sur le même déplacement

* en combinaison avec les autres modes sur le même déplacement																		
gép/trajet pers/VP	Tout VP					Cars				TER élec				TER diesel				
	1p	2p	3p	4p	5p	10%	20%	30%	40%	10%	20%	30%	40%	10%	20%	30%	40%	
kilométrage en VP*	6060	3030	2020	1515	1212													
0						7123	3562	2374	1781	7213	3606	2404	1803	12810	6405	4270	3203	
1	Moyenne VP urbain					7128	3590	2411	1821	7217	3635	2441	1844	12777	6415	4294	3234	
5						7148	3705	2558	1984	7235	3749	2587	2006	12646	6454	4390	3358	
10						7173	3849	2741	2187	7257	3891	2769	2208	12481	6503	4511	3514	
20						7224	4137	3108	2594	7301	4176	3134	2613	12152	6601	4751	3826	
50	Moyenne VP régional					16,14	6493	3822	2932	2486	6560	3856	2954	2503	10758	5955	4353	3553

C8 Le transport de passager : Les déplacements de type régional avec détours sur la base d'une équivalence primaire pour l'électricité (1 MWh=0.222 tep)

Distance = 50 km non compris le trajet pour rallier l'arrêt le plus proche																	
gép/pkm	Tout VP					Cars				TER élec				TER diesel			
taux de remplis	1p	2p	3p	4p	5p	10%	20%	30%	40%	10%	20%	30%	40%	10%	20%	30%	40%
kilométrage en	40	20	13	10	8												
0						47,5	23,7	15,8	11,9	48,1	24,0	16,0	12,0	85,4	42,7	28,5	21,4
1						47,6	24,3	16,5	12,7	48,2	24,6	16,7	12,8	84,7	42,9	28,9	22,0
5	Moyenne VP urbain					47,9	26,4	19,2	15,6	48,5	26,6	19,3	15,7	82,1	43,7	30,9	24,5
10						48,3	28,5	21,9	18,6	48,8	28,8	22,1	18,8	78,8	44,7	33,3	27,6
20						48,9	32,0	26,3	23,5	49,4	32,2	26,5	23,6	72,2	46,6	38,1	33,8
50	Moyenne VP régional																
	16,14																

* en combinaison avec les autres modes sur le même déplacement

gép/trajet pers/VP	Tout VP					Cars				TER élec				TER diesel			
kilométrage en	1p	2p	3p	4p	5p	10%	20%	30%	40%	10%	20%	30%	40%	10%	20%	30%	40%
	2020	1010	673	505	404												
0						2374	1187	791	594	2404	1202	801	601	4270	2135	1423	1068
1						2427	1240	844	646	2457	1255	854	654	4322	2188	1476	1121
5	Moyenne VP urbain					2637	1450	1054	856	2667	1465	1064	864	4516	2403	1698	1346
10						2900	1712	1317	1119	2929	1727	1327	1126	4729	2680	1997	1655
20						3425	2238	1842	1644	3455	2253	1852	1651	5057	3264	2666	2367
50	Moyenne VP régional																
					16,14												

Distance = 100 km non compris le trajet pour rallier l'arrêt le plus proche																	
gép/pkm pers/VP	Tout VP					Cars				TER élec				TER diesel			
kilométrage en	1p	2p	3p	4p	5p	10%	20%	30%	40%	10%	20%	30%	40%	10%	20%	30%	40%
	40,4	20,2	13,5	10,1	8,1												
0						47,5	23,7	15,8	11,9	48,1	24,0	16,0	12,0	85,4	42,7	28,5	21,4
1						47,5	24,0	16,2	12,3	48,1	24,3	16,4	12,4	85,1	42,8	28,7	21,7
5	Moyenne VP urbain					47,7	25,1	17,6	13,8	48,3	25,4	17,8	13,9	83,8	43,2	29,7	22,9
10						47,9	26,4	19,2	15,6	48,5	26,6	19,3	15,7	82,1	43,7	30,9	24,5
20						48,3	28,5	21,9	18,6	48,8	28,8	22,1	18,8	78,8	44,7	33,3	27,6
50	Moyenne VP régional									42,3	26,3	20,9	18,2	67,2	38,7	29,2	24,5

* en combinaison avec les autres modes sur le même déplacement

gép/trajet pers/VP	Tout VP					Cars				TER élec				TER diesel			
kilométrage en	1p	2p	3p	4p	5p	10%	20%	30%	40%	10%	20%	30%	40%	10%	20%	30%	40%
	4040	2020	1347	1010	808												
0						4749	2374	1583	1187	4809	2404	1603	1202	8540	4270	2847	2135
1						4801	2427	1635	1240	4861	2457	1655	1255	8592	4323	2899	2188
5	Moyenne VP urbain					5011	2637	1845	1450	5071	2667	1865	1465	8794	4535	3115	2405
10						5274	2900	2108	1712	5334	2929	2128	1727	9032	4805	3396	2691
20						5799	3425	2633	2238	5859	3455	2653	2253	9459	5360	3993	3310
50	Moyenne VP régional									6343	3939	3137	2737	10075	5805	4381	3670

Distance = 150 km non compris le trajet pour rallier l'arrêt le plus proche																	
gép/pkm	Tout VP					Cars				TER élec				TER diesel			
pers/VP	1p	2p	3p	4p	5p	10%	20%	30%	40%	10%	20%	30%	40%	10%	20%	30%	40%
kilométrage en	40	20	13	10	8												
0						47,5	23,7	15,8	11,9	48,1	24,0	16,0	12,0	85,4	42,7	28,5	21,4
1						47,5	23,9	16,1	12,1	48,1	24,2	16,3	12,3	85,2	42,8	28,6	21,6
5	Moyenne VP urbain					47,6	24,7	17,0	13,2	48,2	25,0	17,2	13,3	84,3	43,0	29,2	22,4
10						47,8	25,5	18,1	14,4	48,4	25,8	18,3	14,6	83,3	43,3	30,0	23,3
20						48,1	27,1	20,1	16,7	48,6	27,4	20,3	16,8	81,5	43,9	31,3	25,0
50	Moyenne VP régional					43,3	25,5	19,5	16,6	43,7	25,7	19,7	16,7	71,7	39,7	29,0	23,7

* en combinaison avec les autres modes sur le même déplacement

gép/trajet pers/VP	Tout VP					Cars				TER élec				TER diesel			
kilométrage en	1p	2p	3p	4p	5p	10%	20%	30%	40%	10%	20%	30%	40%	10%	20%	30%	40%
	6060	3030	2020	1515	1212												
0						7123	3562	2374	1781	7213	3606	2404	1803	12810	6405	4270	3203
1						7176	3614	2427	1833	7265	3659	2457	1856	12863	6458	4323	3255
5	Moyenne VP urbain					7386	3824	2637	2043	7475	3869	2667	2066	13073	6668	4533	3465
10						7648	4087	2900	2306	7738	4132	2929	2328	13335	6930	4795	3728
20						8173	4612	3425	2831	8263	4657	3455	2854	13860	7455	5320	4253
50	Moyenne VP régional					8658	5096	3909	3315	8747	5141	3939	3338	14345	7940	5805	4737

C9 Le transport de passager : Les déplacements de type inter-régional sans détours - sur la base d'une équivalence primaire pour l'électricité (1 MWh=0.222 tep)

Distance = 300 km y compris le trajet pour rallier le mode principal																	
gép/pkm	Tout VP					Corail				TGV				Avion			
Tx remplissage	1p	2p	3p	4p	5p	20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%
kilométrage en VP*	60,41	30,20	20,14	15,10	12,08												
0						19,4	9,7	6,5	4,9	37,4	18,7	12,5	9,3				
10	Moyenne VP urbain					20,5	11,2	8,0	6,5	37,9	19,8	13,8	10,8				
20						21,7	12,6	9,6	8,0	38,4	20,9	15,1	12,2				
50	Moyenne VP régional					21,3	13,2	10,5	9,2	36,2	20,7	15,5	12,9				
100						20,8	14,3	12,1	11,0	32,7	20,3	16,1	14,0				
kilométrage en TC*																	
0						19,4	9,7	6,5	4,9	37,4	18,7	12,5	9,3				
10	Moyenne bus urbain					19,7	10,3	7,2	5,6	37,0	19,0	13,0	10,0				
20						18,8	9,7	6,7	5,2	35,5	18,1	12,2	9,3				
50	Moyenne fer urbain					17,8	9,7	7,0	5,6	32,7	17,1	11,9	9,3				
100						19,1	12,6	10,4	9,3	31,0	18,5	14,4	12,3				

gép/trajet	Tout VP					Corail				TGV				Avion			
Tx remplissage	1p	2p	3p	4p	5p	20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%
kilométrage en VP*	18123	9061	6041	4531	3625												
0						5834	2917	1945	1459	11206	5603	3735	2801				
10	Moyenne VP urbain					6165	3345	2405	1935	11357	5941	4136	3233				
20						6496	3773	2865	2412	11509	6280	4537	3665				
50	Moyenne VP régional					6396	3965	3155	2750	10873	6204	4647	3869				
100						6231	4286	3638	3314	9812	6077	4832	4209				
kilométrage en TC*																	
0						5834	2917	1945	1459	11206	5603	3735	2801				
10	Moyenne bus urbain					5922	3102	2162	1692	11115	5698	3893	2990				
20						5632	2910	2002	1548	10646	5416	3673	2802				
50	Moyenne fer urbain					5329	2898	2088	1683	9806	5136	3580	2802				
100						5718	3774	3125	2801	9299	5564	4319	3697				

Distance = 500 km y compris le trajet pour rallier le mode principal																	
gép/pkm	Tout VP					Corail				TGV				Avion			
Tx remplissage	1p	2p	3p	4p	5p	20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%
kilométrage en VP*	60,41	30,20	20,14	15,10	12,08												
0						19,4	9,7	6,5	4,9	37,4	18,7	12,5	9,3	191,5	95,7	63,8	47,9
10	Moyenne VP urbain					20,1	10,6	7,4	5,8	37,7	19,4	13,3	10,2	188,7	94,9	63,6	48,0
20						20,8	11,4	8,3	6,8	38,0	20,0	14,1	11,1	185,9	94,0	63,4	48,1
50	Moyenne VP régional					20,6	11,8	8,9	7,4	36,7	19,9	14,3	11,5	175,4	89,2	60,5	46,1
100						20,2	12,5	9,9	8,6	34,6	19,6	14,6	12,2	157,9	81,3	55,7	43,0
kilométrage en TC*																	
0						19,4	9,7	6,5	4,9	37,4	18,7	12,5	9,3	191,5	95,7	63,8	47,9
10	Moyenne bus urbain					19,6	10,1	6,9	5,3	37,2	18,9	12,8	9,7	188,2	94,4	63,1	47,5
20						19,0	9,7	6,6	5,0	36,2	18,3	12,3	9,3	184,2	92,3	61,6	46,3
50	Moyenne fer urbain					18,4	9,7	6,8	5,3	34,6	17,7	12,1	9,3	173,3	87,1	58,4	44,0
100						19,2	11,4	8,8	7,5	33,5	18,6	13,6	11,1	156,8	80,2	54,7	42,0

gép/trajet	Tout VP					Corail				TGV				Avion			
Tx remplissage	1p	2p	3p	4p	5p	20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%
kilométrage en VP*	30204	15102	10068	7551	6041												
0						9724	4862	3241	2431	18676	9338	6225	4669	95732	47866	31911	23933
10	Moyenne VP urbain					10054	5290	3702	2907	18828	9677	6626	5101	94342	47434	31798	23979
20						10385	5718	4162	3384	18980	10015	7027	5533	92953	47002	31685	24026
50	Moyenne VP régional					10286	5910	4452	3722	18343	9939	7137	5737	87693	44614	30254	23074
100						10120	6231	4934	4286	17282	9812	7322	6077	78927	40634	27870	21488
kilométrage en TC*																	
0						9724	4862	3241	2431	18676	9338	6225	4669	95732	47866	31911	23933
10	Moyenne bus urbain					9811	5047	3459	2665	18585	9434	6383	4858	94099	47191	31555	23737
20						9522	4854	3299	2521	18116	9152	6163	4669	92089	46138	30821	23163
50	Moyenne fer urbain					9219	4843	3384	2655	17276	8872	6070	4670	86626	43547	29187	22007
100						9608	5718	4422	3774	16770	9299	6809	5564	78414	40122	27357	20975

C9 (Suite) Le transport de passager : Les déplacements de type inter-régional sans détours - sur la base d'une équivalence primaire pour l'électricité (1 MWh=0.222 tep)

Distance = 1000 km y compris le trajet pour rallier le mode principal																	
gép/pkm	Tout VP					Corail				TGV				Avion			
Tx remplissage	1p	2p	3p	4p	5p	20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%
kilométrage en VP*	60,41	30,20	20,14	15,10	12,08												
0						19,4	9,7	6,5	4,9	37,4	18,7	12,5	9,3	191,5	95,7	63,8	47,9
10						19,8	10,2	6,9	5,3	37,5	19,0	12,9	9,8	190,1	95,3	63,7	47,9
20	Moyenne VP urbain					20,1	10,6	7,4	5,8	37,7	19,4	13,3	10,2	188,7	94,9	63,6	48,0
50	Moyenne VP régional					20,0	10,8	7,7	6,2	37,0	19,3	13,4	10,4	183,4	92,5	62,2	47,0
100						19,8	11,1	8,2	6,7	36,0	19,2	13,5	10,7	174,7	88,5	59,8	45,4
kilométrage en TC*																	
0						19,4	9,7	6,5	4,9	37,4	18,7	12,5	9,3	191,5	95,7	63,8	47,9
10	Moyenne bus urbain					19,5	9,9	6,7	5,1	37,3	18,8	12,6	9,5	189,8	95,1	63,5	47,7
20	Moyenne fer urbain					19,2	9,7	6,5	5,0	36,8	18,5	12,4	9,3	187,8	94,0	62,7	47,1
50						18,9	9,7	6,6	5,1	36,0	18,2	12,3	9,3	182,4	91,4	61,1	45,9
100	Moyenne fer régional					19,3	10,6	7,7	6,2	35,4	18,6	13,0	10,2	174,1	88,0	59,3	44,9

gép/trajet	Tout VP					Corail				TGV				Avion			
Tx remplissage	1p	2p	3p	4p	5p	20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%
kilométrage en VP*	60409	30204	20136	15102	12082												
0						19447	9724	6482	4862	37353	18676	12451	9338	191464	95732	63821	47866
10						19778	10152	6943	5338	37504	19015	12852	9770	190074	95300	63708	47912
20	Moyenne VP urbain					20109	10580	7403	5815	37656	19353	13252	10202	188685	94868	63595	47959
50	Moyenne VP régional					20009	10772	7693	6153	37020	19277	13363	10406	183425	92480	62165	47007
100						19844	11093	8176	6717	35959	19150	13547	10746	174659	88500	59780	45421
kilométrage en TC*																	
0						19447	9724	6482	4862	37353	18676	12451	9338	191464	95732	63821	47866
10	Moyenne bus urbain					19535	9909	6700	5095	37262	18772	12609	9527	189831	95057	63465	47670
20	Moyenne fer urbain					19245	9716	6540	4952	36793	18490	12389	9338	187821	94004	62732	47096
50						18942	9705	6626	5086	35952	18210	12296	9339	182358	91413	61098	45940
100	Moyenne fer régional					19331	10580	7663	6205	35446	18638	13035	10233	174146	87987	59268	44908

Distance = 1500 km y compris le trajet pour rallier le mode principal																	
gép/pkm	Tout VP					Corail				TGV				Avion			
Tx remplissage	1p	2p	3p	4p	5p	20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%
kilométrage en VP*	60,4	30,2	20,1	15,1	12,1												
0						19,4	9,7	6,5	4,9	37,4	18,7	12,5	9,3	191,5	95,7	63,8	47,9
10						19,7	10,0	6,8	5,2	37,5	18,9	12,7	9,6	190,5	95,4	63,7	47,9
20	Moyenne VP urbain					19,9	10,3	7,1	5,5	37,6	19,1	13,0	9,9	189,6	95,2	63,7	47,9
50	Moyenne VP régional					19,8	10,4	7,3	5,7	37,1	19,1	13,1	10,0	186,1	93,6	62,7	47,3
100						19,7	10,6	7,6	6,1	36,4	19,0	13,2	10,3	180,3	90,9	61,1	46,2
kilométrage en TC*																	
0						19,4	9,7	6,5	4,9	37,4	18,7	12,5	9,3	191,5	95,7	63,8	47,9
10	Moyenne bus urbain					19,5	9,8	6,6	5,0	37,3	18,7	12,6	9,5	190,4	95,3	63,6	47,7
20	Moyenne fer urbain					19,3	9,7	6,5	4,9	37,0	18,6	12,4	9,3	189,0	94,6	63,1	47,4
50						19,1	9,7	6,6	5,0	36,4	18,4	12,3	9,3	185,4	92,9	62,0	46,6
100	Moyenne fer régional					19,4	10,3	7,3	5,8	36,1	18,7	12,8	9,9	179,9	90,6	60,8	45,9

gép/trajet	Tout VP					Corail				TGV				Avion			
Tx remplissage	1p	2p	3p	4p	5p	20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%
kilométrage en VP*	90613	45307	30204	22653	18123												
0						29171	14585	9724	7293	56029	28015	18676	14007	287195	143598	95732	71799
10						29502	15013	10184	7769	56181	28353	19077	14439	285806	143166	95619	71845
20	Moyenne VP urbain					29832	15441	10644	8246	56332	28691	19478	14871	284417	142733	95506	71892
50	Moyenne VP régional					29733	15634	10934	8584	55696	28615	19588	15075	279157	140346	94075	70940
100						29567	15954	11417	9148	54635	28488	19773	15415	270390	136366	91691	69354
kilométrage en TC*																	
0						29171	14585	9724	7293	56029	28015	18676	14007	287195	143598	95732	71799
10	Moyenne bus urbain					29259	14770	9941	7526	55938	28110	18834	14196	285563	142923	95376	71602
20	Moyenne fer urbain					28969	14578	9781	7382	55469	27828	18614	14007	283553	141870	94642	71028
50						28666	14567	9867	7517	54629	27548	18521	14008	278090	139278	93008	69873
100	Moyenne fer régional					29055	15442	10904	8635	54123	27976	19260	14902	269878	135853	91179	68841

C10 Le transport de passager : Les déplacements de type inter-régional avec détours - sur la base d'une équivalence primaire pour l'électricité (1 MWh=0.222 tep)

Distance = 300 km non compris le trajet pour rallier le mode principal																	
gép/pkm	Tout VP					Corail				TGV				Avion			
Tx remplissage	1p	2p	3p	4p	5p	20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%
kilométrage en VP*	60,41	30,20	20,14	15,10	12,08												
0						19,4	9,7	6,5	4,9	37,4	18,7	12,5	9,3				
10	Moyenne VP urbain					20,5	11,1	8,0	6,4	37,8	19,8	13,7	10,7				
20						21,5	12,4	9,4	7,8	38,3	20,8	15,0	12,0				
50	Moyenne VP régional					21,1	12,7	9,9	8,6	36,4	20,4	15,1	12,4				
100						20,4	13,1	10,7	9,5	33,9	19,9	15,2	12,9				
kilométrage en TC*																	
0						19,4	9,7	6,5	4,9	37,4	18,7	12,5	9,3				
10	Moyenne bus urbain					19,7	10,3	7,2	5,6	37,1	19,0	13,0	9,9				
20						18,8	9,7	6,7	5,1	35,6	18,1	12,3	9,3				
50	Moyenne fer urbain					18,0	9,7	6,9	4,2	33,4	17,3	12,0	9,3				
100						19,2	11,9	9,4	8,2	32,6	18,6	13,9	11,6				

gép/trajet	Tout VP					Corail				TGV				Avion			
Tx remplissage	1p	2p	3p	4p	5p	20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%
kilométrage en VP*	18123	9061	6041	4531	3625												
0						5834	2917	1945	1459	11206	5603	3735	2801				
10	Moyenne VP urbain					6359	3442	2470	1984	11731	6128	4260	3327				
20						6885	3967	2995	2509	12256	6653	4786	3852				
50	Moyenne VP régional					7369	4452	3479	2993	12740	7137	5270	4336				
100						8176	5258	4286	3800	13547	7944	6077	5143				
kilométrage en TC*																	
0						5834	2917	1945	1459	11206	5603	3735	2801				
10	Moyenne bus urbain					6116	3199	2227	1741	11488	5885	4018	3084				
20						6021	3104	2132	1645	11393	5790	3922	2988				
50	Moyenne fer urbain					6302	3384	2412	1459	11673	6070	4203	3269				
100						7663	4746	3774	3287	13035	7432	5564	4630				

Distance = 500 km non compris le trajet pour rallier le mode principal																	
gép/pkm	Tout VP					Corail				TGV				Avion			
Tx remplissage	1p	2p	3p	4p	5p	20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%
kilométrage en VP*	60,41	30,20	20,14	15,10	12,08												
0						19,4	9,7	6,5	4,9	37,4	18,7	12,5	9,3	191,5	95,7	63,8	47,9
10	Moyenne VP urbain					20,1	10,6	7,4	5,8	37,7	19,3	13,2	10,2	188,7	94,9	63,6	48,0
20						20,7	11,4	8,3	6,7	37,9	20,0	14,0	11,0	186,1	94,1	63,4	48,0
50	Moyenne VP régional					20,5	11,6	8,7	7,2	36,7	19,8	14,1	11,3	176,8	89,8	60,8	46,3
100						20,1	12,0	9,3	8,0	35,0	19,5	14,3	11,7	163,5	83,7	57,1	43,8
kilométrage en TC*																	
0						19,4	9,7	6,5	4,9	37,4	18,7	12,5	9,3	191,5	95,7	63,8	47,9
10	Moyenne bus urbain					19,6	10,1	6,9	5,3	37,1	18,9	12,8	9,7	188,3	94,4	63,1	47,5
20						19,1	9,7	6,6	5,0	35,6	18,3	12,3	9,3	184,5	92,4	61,7	46,4
50	Moyenne fer urbain					18,5	9,7	6,7	4,4	33,4	17,8	12,2	9,3	174,9	87,9	58,9	44,4
100						19,3	11,2	8,5	7,1	32,6	18,6	13,4	10,8	162,6	82,8	56,2	42,9

gép/trajet	Tout VP					Corail				TGV				Avion			
Tx remplissage	1p	2p	3p	4p	5p	20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%
kilométrage en VP*	30204	15102	10068	7551	6041												
0						9724	4862	3241	2431	18676	9338	6225	4669	95732	47866	31911	23933
10	Moyenne VP urbain					10249	5387	3766	2956	19202	9863	6751	5194	96257	48391	32436	24458
20						10774	5912	4292	3481	19727	10389	7276	5719	96782	48916	32961	24983
50	Moyenne VP régional					11258	6396	4776	3965	20211	10873	7760	6204	97266	49400	33445	25467
100						12065	7203	5583	4772	21018	11680	8567	7010	98073	50207	34252	26274
kilométrage en TC*																	
0						9724	4862	3241	2431	18676	9338	6225	4669	95732	47866	31911	23933
10	Moyenne bus urbain					10006	5144	3524	2713	18900	9620	6508	4951	96014	48148	32193	24215
20						9911	5049	3428	2618	18513	9525	6412	4856	95919	48053	32098	24120
50	Moyenne fer urbain					10191	5329	3709	2431	18344	9806	6693	5136	96199	48333	32378	24400
100						11552	6691	5070	4260	19552	11167	8054	6498	97561	49695	33739	25762

C10 (Suite) Le transport de passager : Les déplacements de type inter-régional avec détours - sur la base d'une équivalence primaire pour l'électricité (1 MWh=0.222 tep) (Suite)

Distance = 1000 km non compris le trajet pour rallier le mode principal																	
gép/pkm	Tout VP					Corail				TGV				Avion			
Tx remplissage	1p	2p	3p	4p	5p	20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%
kilométrage en VP*	60,41	30,20	20,14	15,10	12,08												
0						19,4	9,7	6,5	4,9	37,4	18,7	12,5	9,3	191,5	95,7	63,8	47,9
10						19,8	10,1	6,9	5,3	37,5	19,0	12,8	9,8	190,1	95,3	63,7	47,9
20	Moyenne VP urbain					20,1	10,6	7,4	5,8	37,7	19,3	13,2	10,2	188,7	94,9	63,6	48,0
50	Moyenne VP régional					20,0	10,7	7,6	6,1	37,0	19,2	13,3	10,4	183,8	92,6	62,2	47,0
100						19,8	11,0	8,0	6,5	36,1	19,1	13,4	10,6	176,2	89,2	60,1	45,6
kilométrage en TC*																	
0						19,4	9,7	6,5	4,9	37,4	18,7	12,5	9,3	191,5	95,7	63,8	47,9
10	Moyenne bus urbain					19,5	9,9	6,7	5,1	37,1	18,8	12,6	9,5	189,8	95,1	63,5	47,7
20	Moyenne fer urbain					19,2	9,7	6,5	4,9	35,6	18,5	12,4	9,3	187,9	94,0	62,8	47,1
50						19,0	9,7	6,6	4,6	33,4	18,2	12,3	9,3	182,8	91,6	61,2	46,0
100	Moyenne fer régional					19,3	10,5	7,6	6,1	32,6	18,6	13,0	10,2	175,7	88,7	59,7	45,2

gép/trajet	Tout VP					Corail				TGV				Avion			
Tx remplissage	1p	2p	3p	4p	5p	20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%
kilométrage en VP*	60409	30204	20136	15102	12082												
0						19447	9724	6482	4862	37353	18676	12451	9338	191464	95732	63821	47866
10						19972	10249	7008	5387	37878	19202	12976	9863	191989	96257	64346	48391
20	Moyenne VP urbain					20498	10774	7533	5912	38403	19727	13501	10389	192514	96782	64872	48916
50	Moyenne VP régional					20982	11258	8017	6396	38887	20211	13985	10873	192998	97266	65356	49400
100						21789	12065	8824	7203	39694	21018	14792	11680	193805	98073	66163	50207
kilométrage en TC*																	
0						19447	9724	6482	4862	37353	18676	12451	9338	191464	95732	63821	47866
10	Moyenne bus urbain					19730	10006	6765	5144	37429	18959	12733	9620	191746	96014	64104	48148
20	Moyenne fer urbain					19634	9911	6669	5049	36314	18863	12638	9525	191651	95919	64008	48053
50						19915	10191	6950	4862	35020	19144	12918	9806	191931	96199	64289	48333
100	Moyenne fer régional					21276	11552	8311	6691	35845	20505	14280	11167	193292	97561	65650	49695

Distance = 1500 km non compris le trajet pour rallier le mode principal																	
gép/pkm	Tout VP					Corail				TGV				Avion			
Tx remplissage	1p	2p	3p	4p	5p	20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%
kilométrage en VP*	60,4	30,2	20,1	15,1	12,1												
0						19,4	9,7	6,5	4,9	37,4	18,7	12,5	9,3	191,5	95,7	63,8	47,9
10						19,7	10,0	6,8	5,2	37,5	18,9	12,7	9,6	190,5	95,4	63,7	47,9
20	Moyenne VP urbain					19,9	10,3	7,1	5,5	37,6	19,1	13,0	9,9	189,6	95,2	63,7	47,9
50	Moyenne VP régional					19,8	10,4	7,3	5,7	37,1	19,1	13,0	10,0	186,3	93,6	62,8	47,3
100						19,7	10,6	7,5	6,0	36,5	19,0	13,1	10,2	181,0	91,2	61,3	46,3
kilométrage en TC*																	
0						19,4	9,7	6,5	4,9	37,4	18,7	12,5	9,3	191,5	95,7	63,8	47,9
10	Moyenne bus urbain					19,5	9,8	6,6	5,0	37,1	18,7	12,6	9,5	190,4	95,3	63,6	47,7
20	Moyenne fer urbain					19,3	9,7	6,5	4,9	35,6	18,6	12,4	9,3	189,1	94,6	63,1	47,4
50						19,1	9,7	6,6	4,7	33,4	18,4	12,4	9,3	185,6	92,9	62,1	46,6
100	Moyenne fer régional					19,4	10,3	7,2	5,7	32,6	18,7	12,8	9,9	180,6	90,9	61,0	46,0

gép/trajet	Tout VP					Corail				TGV				Avion			
Tx remplissage	1p	2p	3p	4p	5p	20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%
kilométrage en VP*	90613	45307	30204	22653	18123												
0						29171	14585	9724	7293	56029	28015	18676	14007	287195	143598	95732	71799
10						29696	15111	10249	7818	56554	28540	19202	14532	287721	144123	96257	72324
20	Moyenne VP urbain					30221	15636	10774	8343	57079	29065	19727	15058	288246	144648	96782	72849
50	Moyenne VP régional					30705	16120	11258	8827	57564	29549	20211	15542	288730	145132	97266	73333
100						31512	16927	12065	9634	58370	30356	21018	16349	289537	145939	98073	74140
kilométrage en TC*																	
0						29171	14585	9724	7293	56029	28015	18676	14007	287195	143598	95732	71799
10	Moyenne bus urbain					29453	14868	10006	7575	55958	28297	18959	14290	287478	143880	96014	72081
20	Moyenne fer urbain					29358	14772	9911	7480	54116	28202	18863	14194	287382	143785	95919	71986
50						29638	15053	10191	7293	51696	28482	19144	14475	287663	144065	96199	72266
100	Moyenne fer régional					31000	16414	11552	9122	52139	29843	20505	15836	289024	145427	97561	73628

C11 Le transport de marchandises sous la contrainte de rapidité sur la base d'une équivalence primaire pour l'électricité (1 MWh=0.222 tep)

Service: Apporter des légumes à Rungis dans la journée depuis la Bretagne

Distance = 300 km											
	Tout camions	Train complet		Combiné train diésel/camion**				Combiné train élec/camion**			
gép/tkm	> 32 t	D	E	10%	20%	30%	40%	10%	20%	30%	40%
collecte (km camions)*											
0	41,5	13,8	8,3	15,4	18,3	21,2	24,1	14,7	17,6	20,6	23,6
10	42,4	15,5	10,2	17,1	19,9	22,7	25,5	16,4	19,2	22,1	25,0
20	43,1	17,1	12,0	18,6	21,4	24,1	26,8	17,9	20,7	23,5	26,3
50	45,2	21,4	16,7	22,8	25,3	27,8	30,3	22,2	24,7	27,3	29,8
100	48,0	27,1	23,0	28,4	30,5	32,7	34,9	27,8	30,0	32,3	34,5

gép/trajet	Tout camions > 32 t	Train complet		Combiné train diesel/camion**				Combiné train élec/camion**			
Hors collecte		D	E	10%	20%	30%	40%	10%	20%	30%	40%
	12462	4958	2976	5296	6092	6889	7685	5029	5855	6681	7507

* collecte avant expédition

** pourcentage de la distance inter-régionale couverte par le camion

Service: Apporter des légumes à Rungis dans la journée

Distance = 500 km											
	Tout camions	Train complet		Combiné train diésel/camion**				Combiné train élec/camion**			
gép/tkm	> 32 t	D	E	10%	20%	30%	40%	10%	20%	30%	40%
collecte (km camions)*											
0	41,5	13,8	8,3	15,4	18,3	21,2	24,1	14,7	17,6	20,6	23,6
10	42,0	14,8	9,4	16,4	19,3	22,1	25,0	15,7	18,6	21,5	24,5
20	42,5	15,8	10,5	17,4	20,2	23,0	25,8	16,7	19,6	22,4	25,3
50	43,9	18,6	13,6	20,1	22,8	25,4	28,0	19,4	22,2	24,9	27,6
100	45,8	22,7	18,1	24,0	26,5	28,9	31,3	23,4	25,9	28,4	30,9

gép/trajet	Tout camions > 32 t	Train complet		Combiné train diesel/camion**				Combiné train élec/camion**			
Hors collecte		D	E	10%	20%	30%	40%	10%	20%	30%	40%
	20770	8263	4961	8827	10154	11481	12808	8382	9758	11135	12511

* collecte avant expédition

** pourcentage de la distance inter-régionale couverte par le camion

C 11 (Suite) Le transport de marchandises sous la contrainte de rapidité sur la base d'une équivalence primaire pour l'électricité (1 MWh=0.222 tep)

Distance = 1000 km											
gép/tkm	Tout camions > 32 t	Train complet		Combiné train diesel/camion**				Combiné train élec/camion**			
collecte (km camions)*		D	E	10%	20%	30%	40%	10%	20%	30%	40%
0	41,5	13,8	8,3	15,4	18,3	21,2	24,1	14,7	17,6	20,6	23,6
10	41,8	14,3	8,9	15,9	18,8	21,7	24,5	15,2	18,1	21,1	24,1
20	42,0	14,8	9,4	16,4	19,3	22,1	25,0	15,7	18,6	21,5	24,5
50	42,8	16,3	11,1	17,9	20,6	23,4	26,2	17,2	20,0	22,9	25,7
100	43,9	18,6	13,6	20,1	22,8	25,4	28,0	19,4	22,2	24,9	27,6

gép/trajet	Tout camions > 32 t	Train complet		Combiné train diesel/camion**				Combiné train élec/camion**			
Hors collecte		D	E	10%	20%	30%	40%	10%	20%	30%	40%
	41539	16526	9922	17654	20308	22962	25616	16764	19517	22270	25023

* collecte avant expédition

** pourcentage de la distance inter-régionale couverte par le camion

Service: Apporter des fleurs coupées à Rungis dans la journée

Distance = 1500 km											
gép/tkm	Tout camions > 32 t	Train complet		Combiné train diesel/camion**				Combiné train élec/camion**			
collecte (km camions)*		D	E	10%	20%	30%	40%	10%	20%	30%	40%
0	41,5	13,8	8,3	15,4	18,3	21,2	24,1	14,7	17,6	20,6	23,6
10	41,7	14,1	8,7	15,7	18,6	21,5	24,4	15,0	18,0	20,9	23,9
20	41,9	14,5	9,0	16,1	19,0	21,8	24,7	15,4	18,3	21,2	24,2
50	42,4	15,5	10,2	17,1	19,9	22,7	25,5	16,4	19,2	22,1	25,0
100	43,1	17,1	12,0	18,6	21,4	24,1	26,8	17,9	20,7	23,5	26,3

gép/trajet	Tout camions > 32 t	Train complet		Combiné train diesel/camion**				Combiné train élec/camion**			
Hors collecte		D	E	10%	20%	30%	40%	10%	20%	30%	40%
	62309	24789	14882	26481	30462	34443	38424	25146	29275	33405	37534

* collecte avant expédition

** pourcentage de la distance inter-régionale couverte par le camion

C12 Le transport de marchandises sous la contrainte de rapidité : Le cas des trajets de 1000 km et plus sur la base d'une équivalence primaire pour l'électricité (1 MWh=0.222 tep)

Distance = 300 km									
gép/tkm	Tout camions	Train complet		Autres trains		Combiné train/camion		Combiné VE/camion	
		D	E	D	E	D	E	RHK	CP
Camions, km	41,5								
0		13,8	8,3	26,4	16,1				
10						15,9	14,9	8,6	5,9
20						16,7	15,7	9,7	7,0
50						18,8	17,9	12,4	9,9
100						21,6	20,9	16,0	13,9

gep/trajet	Tout camions	Train complet		Autres trains		Combiné train/camion		Combiné VE/camion	
		D	E	D	E	D	E	RHK	CP
Camions, km	12462								
0		4958	2976	10278	6288				
10						4915	4619	2677	1819
20						5331	5034	3093	2235
50						6577	6280	4339	3481
100						8654	8357	6416	5558

Distance = 500 km										
	Tout camions		Train complet		Autres trains		Combiné train/camion		Combiné VE/camion	
gep/tkm			D	E	D	E	D	E	RHK	CP
Camions, km		41,5								
0			13,8	8,3	26,4	16,1				
10							15,5	14,6	8,2	5,4
20							16,0	15,1	8,8	6,1
50							17,4	16,5	10,6	8,0
100							19,4	18,6	13,2	10,8

gep/trajet	Tout camions	Train complet		Autres trains		Combiné train/camion		Combiné VE/camion	
		D	E	D	E	D	E	RHK	CP
Camions, km	20770								
0		8263	4961	17129	10479				
10						7915	7421	4185	2755
20						8331	7836	4601	3171
50						9577	9083	5847	4417
100						11654	11160	7924	6494

C12 (Suite) Le transport de marchandises sans contrainte de rapidité : Le cas d'un trajet de 300 km sur la base d'une équivalence primaire pour l'électricité (1 MWh=0.222 tep)

Distance = 1000 km								
gép/tkm	Tout camions	Train complet		Autres trains		Combiné train/camion		Combiné VE/camion
		D	E	D	E	D	E	RHK CP
Camions, km	41,5							
0		13,8	8,3	26,4	16,1			
10						15,3	14,3	7,9 5,0
20						15,5	14,6	8,2 5,4
50						16,3	15,3	9,2 6,4
100						17,4	16,5	10,6 8,0

gép/trajet	Tout camions	Train complet		Autres trains		Combiné train/camion		Combiné VE/camion
		D	E	D	E	D	E	RHK CP
Camions, km	41539							
0		16526	9922	34259	20959			
10						15415	14427	7955 5095
20						15831	14842	8371 5511
50						17077	16088	9617 6757
100						19154	18165	11694 8834

Distance = 1500 km								
gép/tkm	Tout camions	Train complet		Autres trains		Combiné train/camion		Combiné VE/camion
		D	E	D	E	D	E	RHK CP
Camions, km	41,5							
0		13,8	8,3	26,4	16,1			
10						15,2	14,2	7,8 4,9
20						15,3	14,4	8,0 5,2
50						15,9	14,9	8,6 5,9
100						16,7	15,7	9,7 7,0

gép/trajet	Tout camions	Train complet		Autres trains		Combiné train/camion		Combiné VE/camion
		D	E	D	E	D	E	RHK CP
Camions, km	62309							
0		24789	14882	51388	31438			
10						22915	21433	11725 7435
20						23331	21848	12141 7851
50						24577	23094	13387 9097
100						26654	25171	15464 11174