

CHAPITRE 5 : TRANSPORTS ET DEPLACEMENTS

Table des matières

CHAPITRE 5 : TRANSPORTS ET DEPLACEMENTS	1
1 Résumé.....	6
2 Introduction.....	7
3 Potentiel d'économies d'énergie pour les transports terrestres des Pays de la Loire.....	8
3.1 Données et méthodes utilisées.....	8
3.1.1 Les sources de données.....	8
3.1.2 Hypothèses.....	8
3.1.3 Méthodologie de scénarisation de l'impact énergétique et climatique des transports terrestres.....	9
3.2 Bilans des consommations d'énergie et des émissions de gaz à effet de serre des transports terrestres des Pays de la Loire.....	9
3.2.1 Les consommations d'énergie et émissions de gaz à effet de serre en 2006.....	9
3.2.2 Projection des consommations d'énergie des transports en 2010 et 2050.....	11
3.3 Analyse des déplacements de personnes dans la région Pays de la Loire.....	11
3.3.1 Les motifs de déplacements.....	11
3.3.2 Les types de trajets.....	14
3.3.3 Modes et motifs de déplacement.....	16
3.3.4 Modes de déplacements et distance domicile-travail.....	17
3.4 Comment calculer l'effet des économies d'énergie dans les transports ?.....	17
3.4.1 Qu'est ce qu'un déplacement ?.....	17
3.4.2 Méthode d'estimation des économies d'énergie réalisables dans les transports.....	18
3.5 Propositions d'actions d'économie d'énergie pour les déplacements de personnes.....	20
3.5.1 Réduire le nombre de déplacements.....	20
3.5.1.1 Déplacements d'ordre professionnel	20
3.5.1.2 Déplacements de type "accompagnement",.....	20
3.5.1.3 Réduction des déplacements des autres activités.....	21
3.5.2 Réduire les distances parcourues : rapprocher l'habitat et les activités	21
3.5.3 Remplacer la voiture par d'autres modes de déplacement.....	23
3.5.4 Améliorer l'efficacité énergétique des déplacements en voiture.....	25

3.5.4.1	Améliorer la technologie des véhicules.....	25
3.5.4.2	limiter la vitesse.....	25
3.5.4.3	Opter pour une conduite économe	26
3.5.5	Efficacité énergétique des autres modes de déplacement.....	26
3.5.5.1	Piéton, vélo, VAE	26
3.5.5.2	Covoiturage	26
3.5.5.3	Taxi à la demande, minibus.....	27
3.5.5.4	Transport en commun.....	27
3.5.6	Estimation du potentiel d'économie d'énergie pour les déplacements terrestres de personnes.....	27
3.6	Économies d'énergie pour le transport des marchandises.....	30
3.6.1	Propositions pour la réduction du tonnage des marchandises et des distances parcourues.....	31
3.6.2	Report de 50 % du trafic de marchandises de la route vers le rail.....	31
3.6.3	Amélioration de l'efficacité énergétique du transport par camion.....	32
3.6.4	Estimation du potentiel global d'économies d'énergie pour le transport de marchandises.....	33
3.7	Consommation d'énergie des transports terrestres dans les Pays de la Loire en 2050.....	34
3.7.1	Potentiel global d'économies d'énergie pour le transport terrestre dans les Pays de Loire en 2050.....	34
3.7.2	Calendrier de mise en œuvre des actions d'économies d'énergie dans le secteur des transports des Pays de la Loire.....	36
3.8	Comparaison avec le volet transport du Schéma Régional Climat Air Énergie Pays de la Loire.....	37
4	Potentiel d'économies d'énergie pour le transport aérien des Pays de la Loire.....	39
4.1	Contexte du transport aérien dans les Pays de la Loire.....	39
4.2	Méthode utilisée.....	40
4.2.1	Hypothèses.....	40
4.2.2	Méthode de scénarisation.....	41
4.3	Résultats.....	41
4.3.1	Scénario de laisser-faire pour le transport aérien.....	42
4.3.2	Scénario de sobriété énergétique dans le transport aérien.....	43
4.4	Discussion et conclusions.....	44
5	Potentiel d'économies d'énergie pour le transport maritime des Pays de la Loire.....	47
5.1	Contexte du transport maritime des Pays de la Loire.....	47
5.2	Méthode de scénarisation.....	48
5.2.1	Périmètre.....	48

5.2.2 Sources de données.....	48
5.2.3 Analyse des consommations d'énergie et émissions de GES du transport maritime des Pays de la Loire.....	48
5.3 Résultats.....	50
5.3.1 Consommations d'énergie et émissions de GES du transport maritime des Pays de la Loire en 2009.....	50
5.3.2 Scénario de sobriété énergétique du transport maritime des Pays de la Loire en 2050	50
5.4 Conclusion.....	52
6 Potentiels de réduction des consommations d'énergie et des d'émissions de GES afférentes pour les transports des Pays de la Loire.....	53
6.1.1 Évolution de la nature des besoins en énergie des transports des Pays de la Loire. .	53
Conclusion.....	56
7 Références.....	58

Index des figures

Figure 1. Répartition des motifs des déplacements locaux un jour de semaine (en %). Source : Insee, SOeS, Inrets – enquête nationale transports et déplacements 2007 – 2008	11
Figure 2. Répartition des déplacements selon le type de trajet dans les Pays de la Loire (en %).Source : Insee, SOeS, Inrets – enquête nationale transports et déplacements 2007 – 2008	12
Figure 3. Répartition des modes de transport en fonction des motifs de déplacement dans les Pays de la Loire (en %). Source : Insee, SOeS, Inrets – enquête nationale transports et déplacements 2007 – 2008	13
Figure 4. Modes de transport utilisés en fonction de la distance domicile-travail dans les Pays de la Loire (en %). Source : Insee, SOeS, Inrets – enquête nationale transports et déplacements 2007 – 2008	14
Figure 5. Prévisions de l'évolution de la consommation d'énergie du secteur des transports et déplacements (T&D) dans le scénario Virage Énergie Climat Pays de la Loire.....	32
Figure 6: Evolution du nombre de passagers et des émissions de GES totales de l'aéroport de Nantes Atlantique. Source : DGAC, 2010.....	35
Figure 7: Scénarios de consommation de kérosène de l'aéroport de Nantes.....	37
Figure 8. Évolution des consommations d'énergie des transports des Pays de la Loire 1990-2050. Source : scénario Virage Energie-Climat Pays de la Loire, octobre 2012.....	42
Figure 9. Prédications et observations de la fréquentation de l'aéroport de Nantes.....	54
Figure 10. Régression linéaire ajustée sur les émissions totales moyennes par passager et par vol à Nantes-Atlantique de 1990 à 2009. Source des données : DGAC/DTA/SDE.	55

Index des tables

Tableau 1: Consommation d'énergie et évolution selon notre scénario. Source : Scénario Virage Énergie Climat Pays de la Loire – Octobre 2012.....	7
Tableau 2. Consommations d'énergie et émissions de gaz à effet de serre (GES) du secteur des transports des Pays de la Loire, variations depuis 1990 et part du bilan régional en 2006. Source : Explicit, 2009.....	10
Tableau 3. Consommations d'énergie par types de déplacements dans les Pays de la Loire en 2006. Source : Explicit, 2009.....	11
Tableau 4. Projections en 2010 et 2050 des consommations d'énergie des transports terrestres des Pays de la Loire. Source : Scénario Virage Énergie Climat Pays de la Loire – Octobre 2012.....	12
Tableau 5. Exemple de tableau permettant de croiser les types de trajet et leurs motifs.....	17
Tableau 6. Exemple de calcul du gain total d'actions d'économies d'énergie appliquées aux transports. Source : Scénario Virage Énergie Climat Pays de la Loire – Octobre 2012.....	18
Tableau 7. Hypothèses de report des déplacements actuels en voiture, selon les trajets. Source : Scénario Virage Énergie Climat Pays de la Loire – Octobre 2012.....	21
Tableau 8: Estimation du potentiel d'économies d'énergie dans le transport terrestre de personnes des Pays de la Loire en fonction des types de trajets. Source : Scénario Virage Énergie Climat Pays de la Loire – Octobre 2012.....	26
Tableau 9. Estimation du potentiel d'économies d'énergie pour le transport terrestre de marchandises dans les Pays de la Loire en fonction des types de trajets. Source : Scénario Virage Énergie Climat Pays de la Loire – Octobre 2012.....	31
Tableau 10. Estimation du potentiel d'économies d'énergie pour le transport terrestre de marchandises et de personnes dans les Pays de la Loire en 2050. Source : Scénario Virage Énergie Climat Pays de la Loire – Octobre 2012.	32
Tableau 11: Synthèse sur les économies d'énergie en mtep et Twh.....	32
Tableau 12. Prévisions de l'évolution de la consommation d'énergie du secteur des transports et évolution par rapport à 1990 et 2010 dans le scénario Virage Énergie Climat Pays de la Loire. Source : données 1990 et 2000 : Explicit (2009), 2010-2050 : Virage Énergie Climat.	33
Tableau 13. Nature des besoins en énergie pour le transport terrestre dans les Pays de la Loire en 2050 par type de transport. Source : Scénario Virage Énergie Climat Pays de la Loire – Octobre 2012.....	34
Tableau 14. Prévisions de la fréquentation, des consommations d'énergie et des émissions de GES imputables à l'aéroport de Nantes jusqu'en 2050 pour le scénario de laisser faire. Source : Virage Énergie-Climat Pays de la Loire.....	40
Tableau 15. Evolution de la fréquentation, des consommations d'énergie et des émissions de GES du trafic aérien attribuable à l'aéroport de Nantes. Source : scénario Virage Énergie Climat, octobre 2012.....	41

Tableau 16. Estimations du potentiel d'économies d'énergie et de réduction d'émissions de GES afférent pour les transports des Pays de la Loire 1990-2050. Source : scénario Virage Énergie Climat, octobre 2012.....45

1 Résumé

Ce chapitre présente le scénario de Virage Énergie-Climat Pays de la Loire en faveur des économies d'énergie pour les transports et déplacements terrestres, maritimes et aériens des Pays de la Loire.

En 2006, les transports et déplacements représentaient 33 % de l'énergie consommée et 23 % de la totalité des émissions de gaz à effet de serre (GES) de la région des Pays de la Loire. Ce secteur est en forte croissance avec une dépendance au pétrole de 97 %. Les modes routiers sont les plus consommateurs d'énergie et les plus émetteurs de GES.

Nous proposons un scénario de réduction des consommations d'énergie des transports des Pays de la Loire à l'échéance 2050, qui intègre une augmentation de la population de 28%. Nos propositions combinent plusieurs types d'actions, adaptées aux trajets et aux motifs de déplacement :

- diminution de l'usage, notamment pour les déplacements non contraints terrestres et aériens et par l'arrêt des importations maritimes d'hydrocarbures ;
- relocalisation des activités par une amélioration de l'organisation et de l'urbanisme, pour favoriser les économies d'énergie ;
- amélioration de l'efficacité énergétique des modes de transport routier et aérien ;
- report d'une part importante des déplacements vers d'autres modes plus économes en énergie (transports collectifs, déplacements doux, ferroviaires, etc.).

Le scénario de Virage Énergie-Climat Pays de la Loire permet une réduction globale de 66 % des consommations d'énergie du secteur des transports des Pays de la Loire en 2050, par rapport à son niveau de 2010, en prenant en compte l'augmentation de la population. Ramené au niveau de 1990, le gain global est de 49 % (Tableau 1).

Consommation d'énergie pour transports et déplacements	1990	2010	2050 avec augmentation population INSEE	
	Explicit	Explicit actualisé	Projection sans économie d'énergie	Scénario VEC avec économies d'énergie
Energie (Mtep)	1.8	2.7	3.7	0.9
Energie (TWh)	21	31	43	11
Potentiel d'économies d'énergie du scénario VEC	-49%	-66%	-75%	

Tableau 1: Consommation d'énergie et évolution selon notre scénario. Source : Scénario Virage Énergie Climat Pays de la Loire.

Ces économies d'énergie permettent une réduction directe des émissions de GES des transports régionaux de 66 %.

Le scénario de Virage Énergie-Climat Pays de la Loire permet en outre de réduire le temps perdu dans les transports par la relocalisation des activités et d'envisager la sortie de notre dépendance aux énergies fossiles pour nos transports et déplacements.

2 Introduction

La région Pays de la Loire est économiquement dynamique et possède de grands centres urbains attracteurs (Nantes, Angers, La Roche/Yon), qui génèrent un étalement urbain important (voir chapitre agriculture). Le port de St Nazaire est le 5ème port français et 70 % de son activité est liée au transport de combustibles vers le terminal méthanier. La façade maritime régionale et les paysages variés de la région attirent également de nombreux touristes (Explicit 2009). Les Pays de la Loire comptent neuf aéroports et deux aérodromes sur lesquels du trafic est enregistré. L'aéroport de Nantes-Atlantique est de loin la principale infrastructure aéroportuaire de la région. Plus de 95% des voyageurs transportés par avion en Pays de la Loire le sont sur cet aéroport (Explicit, 2009)¹, dont le trafic est en augmentation depuis 1990 (Direction Générale de l'Aviation Civile, 2010)². Tous ces facteurs induisent une augmentation rapide du volume de transports dans les Pays de la Loire, non sans conséquence pour l'environnement et les habitants de la région.

Du fait des différences de nature, de méthodologie d'analyse et de priorité entre les transports terrestres, aériens et maritimes, nous présentons dans ce chapitre nos analyses sur les transports terrestres, aériens et maritimes dans trois parties séparées.

Nous réalisons dans ce chapitre un bilan énergétique et climatique des transports terrestres, aériens et maritimes des Pays de la Loire, puis faisons des propositions chiffrées d'actions visant à faire diminuer leurs consommations d'énergie.

Nous estimons le potentiel total d'économies d'énergie pour les transports de la région en 2050 et évaluons les réductions directes d'émissions de gaz à effet de serre (GES) induites par ces économies d'énergie. Les émissions totales de GES des transports dépendant des sources d'énergie qui les propulsent, le bilan carbone global des transports de notre scénario sera réalisé dans le chapitre « synthèse ».

1 <http://ademe-pdll.typepad.fr/files/rapport-bilan-pdl-v4---26-mar-09-2.pdf> et <http://ademe-pdll.typepad.fr/infos/2010/04/journ%C3%A9e-r%C3%A9gionale-energie-et-effet-de-serre-7-avril-2009.html>

2 http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Emissionsn_gazeuses_Document_finalV1-1.pdf

3 Potentiel d'économies d'énergie pour les transports terrestres des Pays de la Loire

3.1 Données et méthodes utilisées

3.1.1 Les sources de données

Nos travaux s'appuient essentiellement sur les études suivantes :

- le bilan énergie-climat de la région Pays de la Loire réalisé par Explicit en 2009 pour le compte de l'ADEME, de la préfecture et la Région des Pays de la Loire (Explicit, 2009)³,
- les documents de travail de la Direction Régionale de l'Environnement de l'Aménagement et du Logement (DREAL), concernant l'atelier Transport et Déplacements, remis à l'automne 2011 pour la préparation du Schéma Régional Climat Air Energie (SRCAE) ;
- le Dossier INSEE Pays de la Loire n° 35 : Les transports et déplacements des habitants des Pays de la Loire, avril 2010 (INSEE Pays de la Loire, 2010a)⁴ .

3.1.2 Hypothèses

- Dans le cas des transports terrestres, nous comptabilisons dans cette partie les consommations d'énergie et les émissions de GES réalisées sur le territoire régional (périmètre « cadastral ») ;
- les transports extra-régionaux et internationaux, essentiellement aériens ou maritimes, posent un problème méthodologique, car ils induisent des consommations d'énergie et des émissions de GES réalisées dans les eaux ou l'espace aérien international. Le problème est que ces consommations/émissions ne sont attribuées à aucun territoire si l'on ne comptabilise que les émissions/consommations réalisées dans la région (méthode "cadastrale"). Nous avons donc adopté pour les transports aérien et maritime un périmètre élargi, qui permet de retrouver les consommations d'énergie et/ou les émissions de GES des trafics aérien et maritime mondiaux en sommant les émissions de GES attribuées à chacun des (aéro)ports ;
- notre étude ne reprend pas les arguments généraux concernant les coûts écologiques et sociaux des transports (atteinte à la biodiversité, pollutions et risques pour la santé, bruit, utilisation des espaces, dépendance aux régions pétrolières, etc.) ;
- notre étude n'aborde pas les substitutions possibles par d'autres carburants ;
- nos travaux portent sur un potentiel d'économies d'énergie, exprimé en pourcentage par rapport à des consommations une échéance donnée ; nous travaillerons sur des quantités d'énergie sans avoir à passer par des unités intermédiaires de type personnes.km ou tonnes.km.

3 <http://ademe-pdll.typepad.fr/files/rapport-bilan-pdl-v4---26-mar-09-2.pdf> et <http://ademe-pdll.typepad.fr/infos/2010/04/journ%C3%A9e-r%C3%A9gionale-energie-et-effet-de-serre-7-avril-2009.html>

4 http://www.insee.fr/fr/themes/document.asp?reg_id=3&ref_id=16065

3.1.3 Méthodologie de scénarisation de l'impact énergétique et climatique des transports terrestres

Dans le domaine des transports et des déplacements terrestres, la méthode de scénarisation comporte les étapes suivantes :

- **étape 1** : bilan des consommations d'énergie des transports et déplacements dans la région ;
- **étape 2** : extrapolation des consommations d'énergie et des émissions de GES en 2010, puis 2050, proportionnellement à l'augmentation de la population régionale ;
- **étape 3** : analyse des déplacements dans la région, et notamment des interactions entre motifs, types de trajets et modes de déplacement ;
- **étape 4** : présentation théorique des actions d'économies d'énergie dans les transports et de la méthode de calcul pour évaluer leur efficacité ;
- **étape 5** : application de ces actions d'économies d'énergie aux déplacements de personnes, avec chiffrage du gain apporté par chacune des actions et calcul du potentiel total d'économies d'énergie ;
- **étape 6** : application des actions d'économies d'énergie aux transports de marchandises ;
- **étape 7** : évaluation du potentiel d'économies d'énergie réalisable sur la totalité des transports et des déplacements terrestres en 2050 et évaluation de la réduction des émissions de GES induite par ces économies d'énergie ;
- **étape 8** : établissement d'un calendrier pour la mise en œuvre d'actions d'économies d'énergie et l'évolution du type de vecteurs énergétiques utilisés par les transports ;
- **étape 9** : comparaison de nos résultats avec ceux d'autres scénarios de prospective énergétique.

3.2 Bilans des consommations d'énergie et des émissions de gaz à effet de serre des transports terrestres des Pays de la Loire

3.2.1 Les consommations d'énergie et émissions de gaz à effet de serre en 2006

Le transport est le premier poste de consommation d'énergie et d'émissions de gaz à effet de serre (GES) d'origine énergétique de la région des Pays de la Loire (Explicit 2009). Le secteur est en pleine expansion et ses consommations d'énergie et émissions de GES ont augmenté d'environ 40 % de 1990 à 2006 (Tableau 2). La tendance actuelle est donc très contradictoire avec nos objectifs de réductions de consommations d'énergie et d'émissions de GES.

données Explicit	1990	1999	2006	variation de 1990 à 2006	part dans le bilan régional
Consommation d'énergie (en tep)	1 809 271	2 349 799	2 550 363	41%	33%
Emissions de GES (t eq CO2)	5 654 937	7 350 321	7 973 866	41%	23%

Tableau 2. Consommations d'énergie et émissions de gaz à effet de serre (GES) du secteur des transports des Pays de la Loire, variations depuis 1990 et part du bilan régional en 2006. Source : Explicit, 2009.

Afin de proposer des mesures d'économie d'énergie adaptées pour les transports, il nous faut détailler la nature des transports terrestres régionaux.

D'après Explicit (2009), les transports routiers de personnes consomment la majorité de l'énergie des transports dans la région Pays de la Loire (70%) (Tableau 3). Environ la moitié des consommations d'énergie des transports terrestres de la région sont dues aux transports routiers interurbains hors autoroutes. Le transport urbain représente 31 % des consommations d'énergie et le transport autoroutier environ 15 % (Tableau 3).

Types de transports et déplacements terrestres (pour l'année 2006, source Explicit)	Energie consommée (tep)	%	Dont énergie pour les déplacements de personnes (tep)	Dont énergie pour les transports de marchandises (tep)
Interurbain	1 346 716	53%	942 701	404 015
Autoroutes	353 538	14%	247 477	106 061
Urbain	790 755	31%	553 529	237 227
Collectif urbain	21 796	1%		
Ferroviaire	16 301	1%		
Total route hors transports collectifs	2 491 009	98%	1 743 707	747 303
Total	2 529 106	100%		

Tableau 3. Consommations d'énergie par types de déplacements terrestres dans les Pays de la Loire en 2006. Source : Explicit, 2009.

L'étude Explicit fournit les consommations d'énergie selon les types de trajets. Du fait de la disparité des consommations d'énergie entre transports terrestres de marchandises et de personnes, nous les avons traitées séparément.

Le rapport Explicit (2009) distingue 3 catégories de déplacements :

- la catégorie *urbain*, qui concerne les villes de plus de 10 000 habitants ;
- la catégorie *autoroute*, restreinte au territoire de la région ;
- la catégorie *interurbain*, qui regroupe les autres déplacements et transports notamment les mouvements entre la périphérie et le centre des grandes villes, ainsi que les trajets en milieu rural.

Nous avons repris dans notre étude les 3 catégories Explicit, auxquelles nous avons ajouté une catégorie unique pour le transport de marchandises, sans différencier les types de trajets.

3.2.2 Projection des consommations d'énergie des transports en 2010 et 2050

Nous avons appliqué le taux d'augmentation de la population régionale prévu par l'INSEE⁵ aux consommations d'énergie des transports terrestres estimées par l'étude Explicit pour 2006, afin d'estimer l'évolution de ces paramètres en 2010 et 2050, en l'absence d'actions d'économies d'énergie (Tableau 4).

	Consommation d'énergie en tonnes équivalent pétrole (tep)			Total
	Augmentation (%)	Déplacements routiers personnes	Transports routier de marchandises	
1990				1 809 000
2006		1 743 706	747 303	2 550 364
2010	+5%	1 830 892	784 668	2 677 882
2050	+28%	2 343 541	1 004 375	3 427 689

Tableau 4. Projections en 2010 et 2050 des consommations d'énergie des transports terrestres des Pays de la Loire. Source : Scénario Virage Énergie Climat Pays de la Loire – Octobre 2012

3.3 Analyse des déplacements de personnes dans la région Pays de la Loire

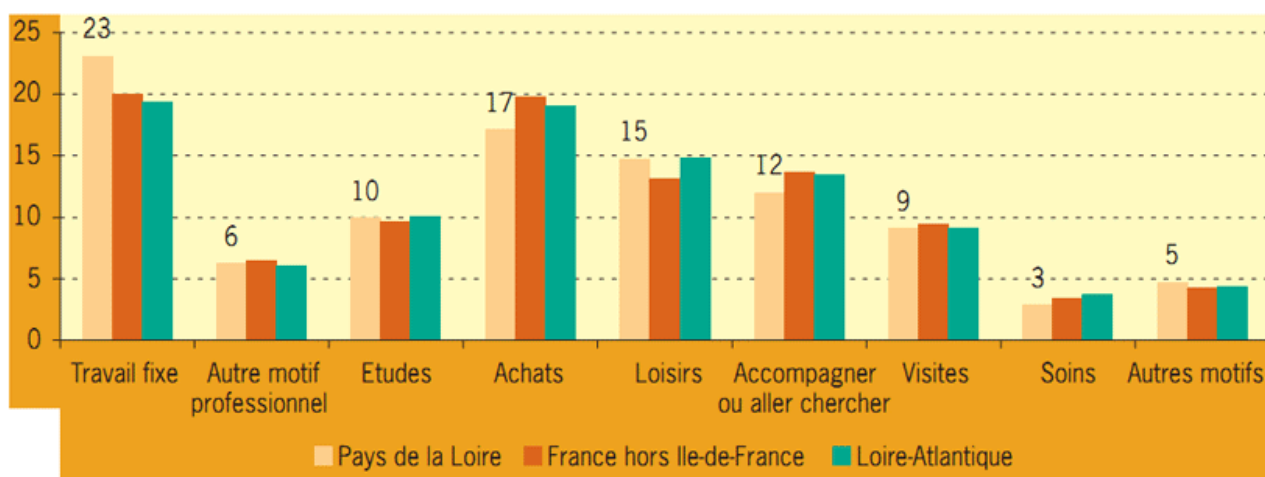
Les transports routiers de personnes mobilisant la majorité de l'énergie consommée par les transports dans la région Pays de la Loire (70%), nous avons analysé dans le détail les déplacements des personnes réalisés dans la région Pays de la Loire, à partir de l'étude de l'INSEE Pays de la Loire : *Les transports et déplacements des habitants des Pays de la Loire*⁶, d'avril 2010. Cette étude permet de caractériser finement les déplacements de personnes au sein des Pays de la Loire en fonction du motif du trajet, de sa nature et du mode de transport.

3.3.1 Les motifs de déplacements

La Figure 1 indique que les déplacements de type professionnel représentent 30 % des déplacements totaux dans les Pays de la Loire.

5 http://www.insee.fr/fr/themes/tableau.asp?reg_id=99&ref_id=t_0401R et http://www.insee.fr/fr/themes/tableau.asp?reg_id=0&ref_id=AMFd1

6 http://www.insee.fr/fr/themes/document.asp?reg_id=3&ref_id=16065



Lecture : Dans les Pays de la Loire, les déplacements pour motif professionnel ou études représentent 39% de l'ensemble des déplacements un jour de semaine.

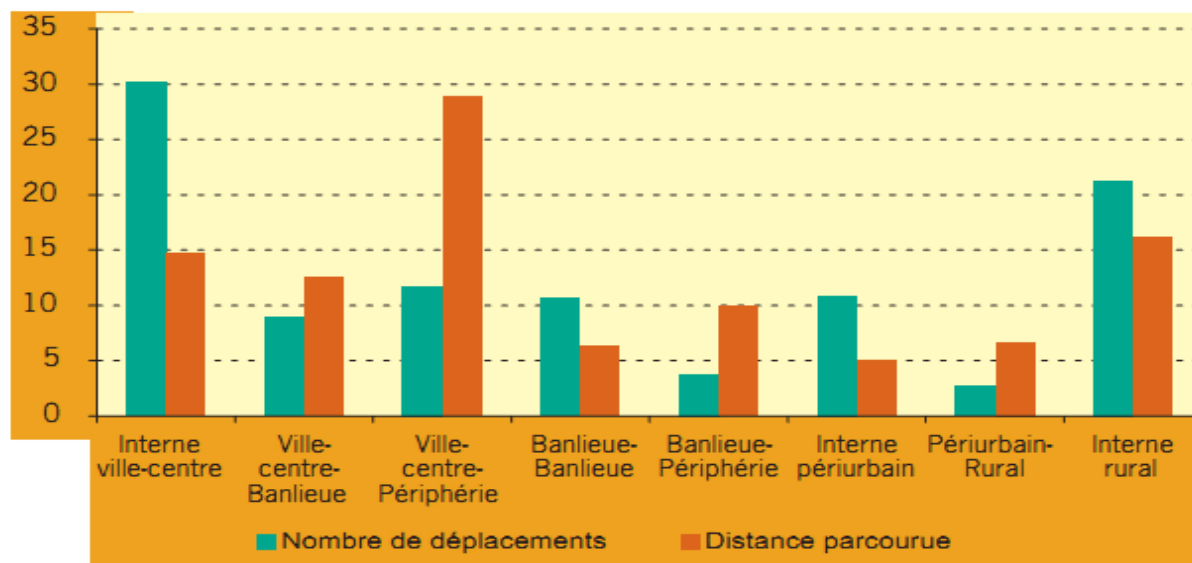
Champ : personnes de 6 ans et plus, résidant dans le territoire considéré ; déplacements effectués du lundi au vendredi à l'occasion d'activités situées dans un rayon de 80 km autour du domicile, hors déplacements pour retour au domicile.

Figure 1. Répartition des motifs des déplacements locaux un jour de semaine (en %). Source : Insee, SOeS, Inrets – enquête nationale transports et déplacements 2007 – 2008

Les déplacements professionnels sont caractérisés par des contraintes fortes sur les horaires et le lieu. La majorité des déplacements (70 %) des Pays de la Loire sont donc non-professionnels. Les autres motifs de déplacement, qui sont de 70 %, peuvent présenter des contraintes moins fortes. Une partie de ces déplacements pourra donc être réduite et/ou se faire avec un autre mode de déplacement.

3.3.2 Les types de trajets

La Figure 2 présente la décomposition des transports des Pays de la Loire par types de trajet.



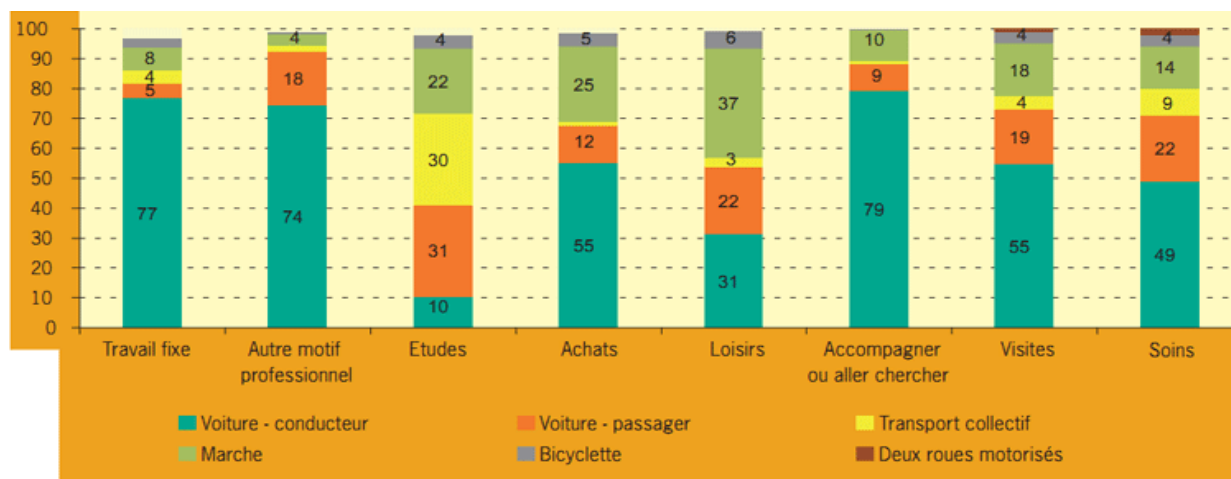
Champ : personnes de 6 ans et plus, résidant dans le territoire considéré ; déplacements effectués du lundi au vendredi à l'occasion d'activités situées dans un rayon de 80 km autour du domicile.

Figure 2. Répartition des déplacements selon le type de trajet dans les Pays de la Loire (en %). Source : Insee, SOeS, Inrets – enquête nationale transports et déplacements 2007 – 2008

Les déplacements à l'intérieur des centres villes sont les plus nombreux dans les Pays de la Loire, suivis des déplacements en milieu rural. Les déplacements entre centre et périphérie urbaine dominent en termes de distances parcourues, suivies par les déplacements ruraux. On peut sur cette base envisager le développement des transports en commun dans les zones à forte densité de population (villes, proximité des axes ferroviaires) et de nouvelles formes de transport collectif, tels que les mini-bus à la demande, le covoiturage en dynamique, ou le rabattement vers des points d'accès au transport collectif dans les zones moins densément peuplées (périphérie des grandes villes, milieu rural).

3.3.3 Modes et motifs de déplacement

La Figure 3 présente la répartition des moyens de transport utilisés, en fonction du motif du déplacement.



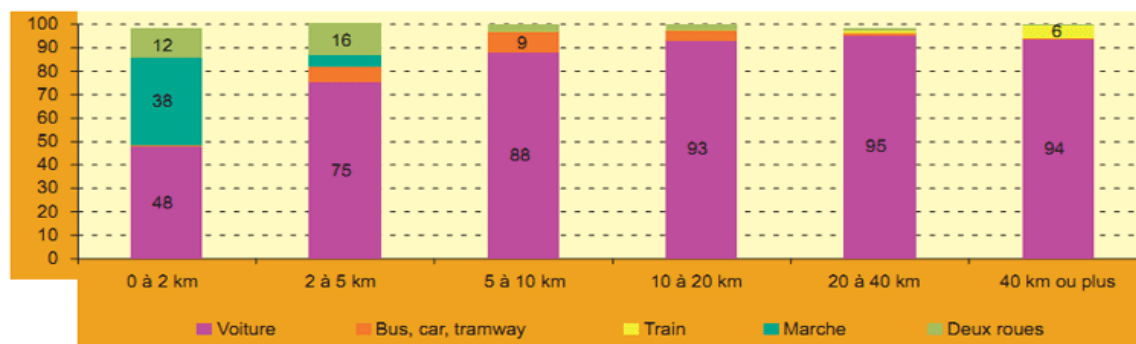
Champ : personnes de 6 ans et plus, résidant dans le territoire considéré ; déplacements effectués du lundi au vendredi à l'occasion d'activités situées dans un rayon de 80 km autour du domicile.

Figure 3. Répartition des modes de transport en fonction des motifs de déplacement dans les Pays de la Loire (en %). Source : Insee, SOeS, Inrets – enquête nationale transports et déplacements 2007 – 2008

La voiture est le moyen de transport très majoritairement utilisé pour tous les motifs de déplacements, sauf les études et les loisirs. Elle est particulièrement présente dans les déplacements professionnels et l'accompagnement de personnes. Nous proposerons des actions d'économie en relation avec ces situations. La marche rivalise avec la voiture pour les loisirs. Les transports collectifs ne sont utilisés que de façon significative, et en combinaison avec la marche, que pendant les études. La bicyclette est très minoritaire pour tous les motifs de déplacement. Nous proposerons des actions d'économie en relation avec ces situations.

3.3.4 Modes de déplacements et distance domicile-travail

La Figure 4 présente la répartition des modes de transport en fonction de la distance entre le domicile et le lieu de travail.



Champ : personnes en emploi ayant un lieu de travail fixe hors de leur domicile, résidant dans le territoire considéré.

Figure 4. Modes de transport utilisés en fonction de la distance domicile-travail dans les Pays de la Loire (en %). Source : Insee, SOeS, Inrets – enquête nationale transports et déplacements 2007 – 2008

La voiture domine encore une fois tous les moyens de transport empruntés, même dans le cas de très courts trajets entre domicile et travail. Près de la moitié des déplacements domicile-travail de moins de 2 km se font en voiture, ainsi qu'une grande partie des déplacements courts (jusqu'à 10 km). Certains de ces déplacements pourraient certainement être effectués avec des modes doux, à vélo ou à vélo à assistance électrique (VAE).

3.4 Comment calculer l'effet des économies d'énergie dans les transports ?

3.4.1 Qu'est ce qu'un déplacement ?

Sur la base de l'étude INSEE Pays de la Loire (2010), nous définissons un déplacement comme une combinaison de 3 facteurs :

- le motif : pourquoi ?
- le trajet : d'où à où ?
- le mode : comment ?

Idéalement, une étude fine des déplacements devrait être établie à partir d'un tableau mettant en relation les motifs et les types de trajets. On attribuerait ensuite à chaque cellule issue de ce croisement des indications chiffrées sur le déplacement correspondant : mode principal, répartition et distance. On pourrait proposer ensuite pour chaque cellule du tableau des actions d'amélioration et de changement de mode adaptés à chaque situation (voir le Tableau 5 pour un exemple).

Trajets	Interne ville-centre	Ville-centre-banlieue	Banlieue-banlieue	Periurbain-rural	Interne rural	...
Motifs						
Professionnel						
Etude						
Accompagnement		<i>Actions d'économies d'énergie pour ce trajet/motif</i>				
...		...				

Tableau 5. Exemple de tableau permettant de croiser les types de trajet et leurs motifs

Nous n'avons pas eu accès aux données nous permettant de construire un tel tableau dans le cadre de notre étude. Nous tiendrons cependant compte dans nos propositions des trois facteurs définissant un déplacement : type, motif et mode, pour proposer des actions d'économies d'énergie adaptées.

3.4.2 Méthode d'estimation des économies d'énergie réalisables dans les transports

Calculer la quantité d'énergie pour les déplacements de personnes

La quantité d'énergie pour les déplacements de personnes est directement liée aux facteurs suivants :

- **P** : nombre P de personnes qui se déplacent (et indication de fréquence)
- **K** : le nombre de km de chaque déplacement
- **E** : efficacité énergétique du mode de transport utilisé pour le déplacement, soit la quantité d'énergie pour déplacer une personne sur 1 km.

Une formule générale serait : $Q = \text{quantité d'énergie nécessaire} = P \times K \times E$

Sur la base de cette formule générale, nous avons défini une méthode générale d'identification et de quantification des économies d'énergie des transports :

- **étape 1** : diminuer globalement les déplacements (moins de personnes se déplacent et/ou elles se déplacent moins loin), tout en gardant le mode voiture ;

- **étape 2** : selon le type de trajets, proposer de changer de mode de déplacement, en diminuant la part de la voiture au profit d'autres modes de déplacements plus économes en énergie ;
- **étape 3** : pour la partie des déplacements restant en voiture, améliorer l'efficacité de la voiture ;
- **étape 4** : pour les déplacements reportés sur d'autres modes, évaluer l'efficacité de ces autres modes de déplacements.

Pour chaque action, il s'agit alors d'évaluer le gain et les économies obtenus. L'efficacité de l'action d'économie d'énergie est alors exprimée comme la part d'énergie économisée par rapport à la situation de départ, exprimée en pourcentage (%). Le gain d'énergie total est obtenu en cumulant les actions d'économies d'énergie élémentaires (voir exemple présenté ci-dessous).

Enchaînement d'actions d'économies d'énergie et calcul du potentiel total	Nb de personnes se déplaçant en voiture	Nb de personnes se déplaçant en train	Nb de km parcourus	Consommation d'énergie/ km voiture (L/km)	Consommation d'énergie/jour voiture	Consommation d'énergie/km train (L/km)	Consommation d'énergie/jour train	Consommation d'énergie journalière totale	% d'économies d'énergie
A / Situation de départ	100	0	40	7	280	2.3	0	280	0%
B / moins de personnes de déplaçant	-10%								
	90	0	40	7	252	2.3	0	252	10%
C / et parcourent moins de km			-20%						
	90	0	32	7	202	2.3	0	202	28%
D / Transfert de 50% des déplacements vers le train	45	45	32	7	101	2.3	33	134	52%
E / amélioration de l'efficacité, voiture plus économe de 25%				-25%					
	45	45	32	5.25	76	2.3	33	109	61%
F / Potentiel d'économies d'énergie								171	61%

Tableau 6. Exemple de calcul du gain total d'actions d'économies d'énergie appliquées aux transports. Source : Scénario Virage Énergie Climat Pays de la Loire.

Situation de départ : 100 personnes se déplacent tous les jours sur des distances de 40 km avec des voitures qui consomment en moyenne 7 l/100 km.

A/ situation initiale, quantité d'énergie $Q = 100 \times 40 \times 7/100 = 280$ litres

B/ 10 % de personnes n'ont plus besoin de se déplacer. Alors, $Q = 252$ litres

C/ les déplacements sont plus courts de 20%. Alors, $Q = 202$ litres

D/ la moitié des déplacements effectués en voiture se reportent sur le train. Le train est très économe (1/3 de la voiture). Alors, la quantité d'énergie pour le train est $Q_t = 34$

E/ les déplacements en voiture se font avec des voitures plus économes de 25%. Alors, la quantité d'énergie pour la voiture $Q_v = 76$

F/ quantité d'énergie pour ces déplacements = $Q_v + Q_t = 76 + 34 = 110$, soit 39 % de la consommation d'énergie initiale. Le potentiel d'économies d'énergie est ici de 61 %

C'est la conjonction de plusieurs actions élémentaires qui permet ce gain important.

A noter que le transport de marchandises se prête à un calcul analogue, en remplaçant le nombre de personnes en déplacement par un volume de marchandises transportées.

3.5 Propositions d'actions d'économie d'énergie pour les déplacements de personnes

3.5.1 Réduire le nombre de déplacements

3.5.1.1 Déplacements d'ordre professionnel

Nous avons vu que les **déplacements d'ordre professionnel** représentaient 30 % de déplacements terrestres totaux. Pour permettre une réduction notable de ce type de déplacements, nous pouvons :

- remplacer une partie des rencontres professionnelles par des visioconférences, des rencontres téléphoniques, espacer ce type de rencontre ;
- opter pour la semaine de travail de 4 jours ;
- favoriser le travail à domicile ou à distance, par exemple, un jour/semaine travaillé dans un pôle mutualisé offrant des services adaptés et proche de l'habitat ;
- inciter la mise en place de Plans de Déplacements Entreprise (PDE). Si le besoin de déplacement professionnel est réduit de 10 % par une combinaison de ces différentes actions, le gain serait de 3 % sur la totalité des déplacements terrestres.

3.5.1.2 Déplacements de type "accompagnement",

Pour permettre une réduction notable du nombre de **déplacements de type "accompagnement"**, nous proposons de :

- développer des circuits de type "pedibus" et "velobus" qui permettent aux enfants d'aller à l'école sans besoin d'accompagnement en voiture ;
- rapprocher des activités, afin de diminuer le besoin d'accompagnement ;
- inciter la mise en place de Plans de Déplacements Établissement Scolaire (PDES).

Les accompagnements représentent 12 % des déplacements en voiture. Si ce besoin de déplacement est réduit de 25 %, le gain serait de 3 % pour les trajets interurbains et urbains.

Ces actions s'appuient sur des mesures de type organisationnel et sont réalisables à court terme.

Ils l'ont fait !

A Jacou, zone périurbaine de Montpellier, le collège Mendès-France est facilement accessible à vélo, grâce à un réseau de douze kilomètres de pistes cyclables éclairées et à un parking offrant 225 places, dont 105 couvertes, pour bicyclettes. Ce dispositif permet à 50 % des élèves de venir au collège sans se faire déposer en voiture par leurs familles.

Pour en savoir plus : Opération ADEME : [Se déplacer autrement, on est tous gagnants!](#)

3.5.1.3 Réduction des déplacements des autres activités

Les activités comme les achats, la culture, les loisirs, les visites représentent encore près de la moitié des déplacements. Pour permettre une réduction notable de ce type de déplacements, nous proposons de :

- privilégier les activités de proximité qui demandent moins de déplacement ;
- organiser un déplacement unique pour réaliser plusieurs activités ;
- pratiquer l'auto-partage, qui se traduit souvent par une diminution d'usage du véhicule et une réduction du nombre de km.

Nos propositions de regroupement et de diminution de ces autres déplacements concernent toutes les catégories de trajets. Nous proposons de diminuer de 8 % le nombre de trajets en milieu urbain (en raison d'une offre plus importante d'activités de proximité), de 5 % en interurbain et de 2 % seulement sur autoroute.

Ces actions sont de type comportemental, réalisables à court terme.

3.5.2 Réduire les distances parcourues : rapprocher l'habitat et les activités

Un habitant d'un pôle urbain émet deux fois moins de CO₂ que la moyenne, pour se rendre à son lieu de travail ou d'études (Insee, 2011). Nous devons donc penser et construire **la ville des courtes distances**⁷, de manière à privilégier les déplacements effectués par les modes actifs ou en transports en commun. Ce raisonnement est valable pour les centres villes, déjà souvent denses, mais aussi pour les zones périphériques et les bourgs ruraux qui, disposent tous d'outils de planification à travers le Plan Local d'Urbanisme (PLU).

Pour permettre une réduction notable, nous proposons de :

- lutter contre l'étalement urbain et densifier les villes ;
- maintenir ou regrouper des activités (emplois, achats, services, etc.) proches de l'habitat, même en zone de faible densité, pour assurer un rééquilibrage des territoires ;
- regrouper les services d'aide à la personne en un lieu unique, associé éventuellement à un service de covoiturage ou de navette.

⁷ Étalement urbain et changements climatiques : état des lieux et propositions du Réseau Action Climat France (RAC-F) <http://www.rac-f.org/IMG/pdf/Etalement%20urbain%20et%20changements%20climatiquespdf.pdf>

Ces actions seront efficaces pour les trajets effectués actuellement en zone peu dense (interurbain et autoroute). En envisageant ces actions sur le long terme, le gain peut être estimé à 20 % en interurbain, 10 % pour la catégorie autoroute et 5 % pour la catégorie urbain.

Ces actions s'appuient sur des mesures de type urbanistique et aménagement du territoire. Elles sont réalisables entre moyen et long terme.

Ils l'ont fait !

Une étude la FNAUT, sur les déplacements de ménages ayant déménagé d'une zone périphérique vers la ville de Tours, indique une réduction de l'usage de la voiture de 38 %.

<http://www.fnaut.asso.fr/images/docs/communiques/11habitat.pdf>

3.5.3 Remplacer la voiture par d'autres modes de déplacement

Après avoir réduit le volume des déplacements effectués en voiture, nous faisons des hypothèses de report d'une partie des déplacements restants vers d'autres modes de déplacement, plus économes en énergie. Voici nos hypothèses pour 2050 :

Pour 100 déplacements actuels en voiture, proposition de report vers les autres modes ...	Interurbain	Autoroutes	Urbain
Maintien de la voiture	40	40	30
Passage à un mode doux (pied, vélo, VAE)	10	0	32
Covoiturage	20	18	10
Taxi à la demande, minibus	12	17	8
Transport en commun (train , tram, bus, autocar)	18	25	20

Tableau 7. Hypothèses de report des déplacements actuels en voiture, selon les trajets. Source : Scénario Virage Énergie Climat Pays de la Loire – Octobre 2012

Exemple de calcul de la nouvelle part modale d'un mode de transport : si la part modale de la voiture en ville est actuellement proche de 60 % et si on prévoit un nouveau coefficient de 30 % en urbain, on passera alors à $60\% \times 30\% = 18\%$ de nouvelle part modale de la voiture en ville.

Nous détaillons ci-dessous les choix de reports modaux selon les trajets. L'efficacité recherchée à terme pour chaque mode de déplacement sera analysé dans le paragraphe suivant.

L'usage de la voiture diminue beaucoup en urbain et devient inférieur à 50 % pour les autres trajets. Le plan de déplacement urbain proposé par Nantes Métropole prévoit déjà en 2030 une part modale « voiture conducteur » réduite à 23 % pour l'intérieur du périurbain, proche de notre catégorie « urbain ». Notre proposition (équivalente à 18 %) représente ainsi une prolongation à l'échéance 2050 d'une telle tendance.

Le mode doux gagne beaucoup en urbain (à Copenhague déjà près de 40 % des déplacements se font à vélo), il reste intermédiaire en interurbain, où le Vélo à Assistance Électrique (VAE) peut se développer sur des distances proches de 10 km, mais n'est pas adaptable à l'autoroute.

Covoiturage, taxi à la demande, minibus : ces nouvelles formes de transport collectif sont adaptables à différents types de trajets, mais ne remplaceront pas ou peu les Transports Collectifs (TC) classiques en urbain et interurbain.

Les transports collectifs (tram, train, bus, autocar) augmentent fortement, pour tous les types des trajets, du fait du développement d'infrastructures nouvelles (voir par exemple les propositions de la FNAUT pour le développement de l'étoile ferroviaire autour de Nantes) et de la réouverture de lignes de Trains Express Régionaux (TER).

Le rabattement permet à une personne de faire une petite partie d'un trajet en voiture (ou à vélo) pour accéder à un point de départ de transport collectif, avec lequel sera effectué ensuite la majeure partie du trajet. Des équipements (parking, abribus, etc.) favorisent l'usage de ce mode collectif. Cette action n'est pas directement chiffrée, car elle est plutôt une mesure, qui favorisera le changement vers d'autres modes de déplacement. De nombreuses expériences ont déjà été menées en France⁸.

En ce qui concerne la mobilité non contrainte, et notamment la mobilité de loisirs et touristique, les principales actions en faveur du changement de comportement sont très liées à la diffusion de l'information sur les offres alternatives, mises en place par les collectivités et les secteurs touristiques⁹. Une tarification attractive devrait également inciter au changement.

8 L'agglomération de Rennes a mis en place des solutions de stationnement sécurisé pour les vélos aux terminus des lignes de bus, pour favoriser l'usage des transports collectifs urbains et réduire le temps d'accès aux arrêts de bus à pied.

9 Les grands sites de France ont consacré leurs 12èmes Rencontres à "L'écomobilité dans les Grands Sites" :

[http://www.grandsitedefrance.com/index.php?](http://www.grandsitedefrance.com/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=19&Itemid=49&lang=fr)

[option=com_content&view=category&layout=blog&id=19&Itemid=49&lang=fr](http://www.grandsitedefrance.com/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=19&Itemid=49&lang=fr)

L'inventaire des mobilités douces, réalisé par France Nature Environnement, CIPRA-France et Mountain Wilderness, recense de nombreuses expériences pour se rendre ou se déplacer en montagne en France autrement qu'avec sa voiture. Pour plus d'information :

[http://www.mountainwilderness.fr/index.php?](http://www.mountainwilderness.fr/index.php?option=com_content&task=view&id=2330)

[option=com_content&task=view&id=2330](http://www.mountainwilderness.fr/index.php?option=com_content&task=view&id=2330)

Ils l'ont fait !

La ville de Lund en Suède (90 000 habitants) poursuit depuis quarante ans le même objectif : aménager la voirie, les transports et le foncier de façon à rendre accessibles toutes les activités et tous les emplois à pied, en vélo ou en transport public performant et attractif.

Afin d'encourager un changement de comportement, des actions de marketing individualisé ont été déployées, parallèlement à une politique promotionnelle, offrant aux automobilistes des facilités d'accès aux autres modes de transport (abonnements à prix réduit). Une fois l'habitude prise, peu sont revenus à la voiture.

Bilan : 30 % des habitants sont des cyclistes quotidiens, deux voyageurs sur dix vont prendre le train à vélo, les emplois sont accessibles sans voiture, les piétons, même à mobilité réduite, se déplacent en sécurité et les villes voisines sont reliées par train ou autocar tout au long de la journée.

3.5.4 Améliorer l'efficacité énergétique des déplacements en voiture

L'amélioration de l'efficacité concerne le véhicule, en tant que tel et les conditions de son usage.

3.5.4.1 Améliorer la technologie des véhicules

L'amélioration technique des véhicules implique le développement d'une motorisation plus efficace, une conception de véhicules plus légers et une réduction de la puissance. Ces nouveaux véhicules seront mieux adaptés à l'urbain et l'interurbain. Les exemples présentés ci-dessous montrent que les indicateurs et les retours d'expériences en la matière sont bons :

- le scénario SESP 170 (Axenne-TML-Ecofys, 2007)¹⁰, dans une « hypothèse volontariste », indique un gain possible de 35 %. En intégrant les facteurs de légèreté et de réduction de puissance, nous évaluons un gain possible de 40 %, sur tous les types de trajets.
- une réduction rapide des émissions de CO₂ (baisse de plus de 15 % sur les voitures neuves de 2007 à 2009¹¹), a été observée suite à la mesure réglementaire « bonus malus ». Cela montre que des objectifs ambitieux sont atteignables par les constructeurs ;
- l'optimisation des flottes de véhicules des entreprises et des collectivités intervient sur les émissions de polluants grâce, d'une part, à une meilleure adéquation entre les besoins de déplacements professionnels et les véhicules à disposition et d'autre part, sur la carburation des véhicules avec la possibilité de se doter d'un parc de véhicules peu polluants. Les gains attendus peuvent aller de 10 à 30 % de réduction des émissions de CO₂ et des coûts de carburants liés¹².

10 Scénario SESP 170 : Scénario de forte réduction des émissions de gaz à effet de serre dans les transports et les bâtiments à l'horizon 2050, - été 2008 :

http://temis.documentation.equipement.gouv.fr/documents/temis/NS/NS_170_1.pdf

11 http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/110619_PNAEE.pdf (voir page 46)

12 <http://www.r-co2.com/Optimisation-Parc-Vehicules--FRANCAIS>

Ces actions s'appuient sur des mesures de type technique et réglementaire, avec un délai de réalisation de 1 an (pour l'optimisation des flottes de véhicules) à 20 ans (pour le remplacement du parc de véhicules par de nouveaux modèles).

3.5.4.2 Limiter la vitesse

Une réduction de la vitesse maximale de 10 à 20 %¹³, selon le type de routes, engendre une diminution de la consommation d'environ 15 % sur grandes routes et autoroutes. Cette diminution est moindre sur les autres trajets. Des mesures, comme le bridage des moteurs, peuvent être envisagées en ce sens.

Ces actions s'appuient sur des mesures de type réglementaire et sont immédiatement applicables.

3.5.4.3 Opter pour une conduite économe

La conduite économe ou éco-conduite est efficace en urbain et interurbain, là où la circulation est moins fluide et demande donc plus de souplesse. En la matière, différentes études indiquent également un potentiel important d'économies d'énergie :

- le scénario SESP 170, dans une « hypothèse volontariste », indique un gain possible de 10 % ;
- le guide de formation à l'éco-conduite, édité par l'ADEME¹⁴, indique un gain de 15 % en carburant ;
- nous prenons en compte une valeur plus faible (7%) pour les trajets de type autoroute.

Ces actions s'appuient sur des mesures de type comportemental, avec un délai d'application de 1 à 5 ans.

3.5.5 Efficacité énergétique des autres modes de déplacement

3.5.5.1 Piéton, vélo, VAE

La consommation électrique d'un VAE représente environ 1,5 % de l'énergie d'une voiture. Nous négligeons donc cette consommation résiduelle et considérons que le passage de la voiture au mode actif (piéton, vélo, VAE) est efficace à 100 %.

13 Les différentes études en la matière ne sont pas unanimes, mais il est constaté que la réduction de la vitesse réglementaire sur les voies rapides (où la limite de vitesse est supérieure à 90 km/h) permet de réduire jusqu'à 20% les émissions de CO2.

(source : http://www.atmopaca.org/files/et/101025_AtmoPACA_Impact_reduction_vitesse_ozone.pdf)

14 ADEME, Le guide de l'Eco-conduite, Janvier 2010

<http://www2.ademe.fr/servlet/getDoc?sort=1&cid=96&m=3&id=66885&ref=12441&nocache=yes&p1=111>

3.5.5.2 Covoiturage

Le covoiturage permet de multiplier environ par 2 le nombre de personnes par voiture dont on a, par ailleurs, amélioré l'efficacité énergétique. Nous évaluons le gain d'efficacité énergétique du covoiturage à 66 %.

Ils l'ont fait !

La politique incitative du Grand Lyon a permis de constater une augmentation de 3 à 15 % du nombre de covoitureurs sur deux zones analysées, 9 mois après la mise en service du site internet (source : www.covoiturage-grandlyon.com).

Le Parc d'Activités Plaine de l'Ain a mené une action volontariste qui a permis d'augmenter très fortement la pratique du covoiturage des salariés du site et d'atteindre environ 20 %.

3.5.5.3 Taxi à la demande, minibus

Ces nouvelles formes de mobilité vont se développer dans les zones peu denses. Elles permettent une mobilité adaptée à des personnes, qui se trouvent parfois exclues des autres modes de transport. Nous évaluons une efficacité à 60 %, soit un peu inférieure au covoiturage¹⁵.

3.5.5.4 Transport en commun

Pour l'efficacité du transport en commun, nous nous basons sur les chiffres clés de l'ADEME¹⁶. Par exemple, le tram est très efficace en milieu urbain, le TER est moyennement efficace sur les moyennes distances. A l'inverse, le car et le train sont efficaces sur les moyennes et longues distances. Nous évaluons l'efficacité moyenne des différents transports collectifs à 66 %.

3.5.6 Estimation du potentiel d'économie d'énergie pour les déplacements terrestres de personnes

Nous avons proposé des actions d'économies d'énergie, en tenant compte de nos trois types de trajets. Nous pouvons maintenant appliquer ces actions et estimer les économies d'énergie correspondantes.

Le Tableau 8 présente l'enchaînement des actions et l'estimation du potentiel d'économies d'énergie dans les transports terrestres de personnes des Pays de la Loire selon les types de déplacement.

15 ADEME - Se déplacer autrement - <http://www2.ademe.fr/servlet/KBaseShow?sort=-1&cid=96&m=3&catid=13628>

16 Énergie et climat, Chiffres clés - Édition 2010 : <http://www.ademe.fr/internet/Flash/chiffres-cles-energie-climat-2010/catalogue/appli.htm> (graphiques D25 à D31)

		Trajets interurbain	Écon. Énergie		Trajets autoroutes	Écon. Énergie		Trajets urbains	Écon. Énergie	
A	Consommation d'énergie en 2006 (tep)	942 701			247 477			553 529		
B	Augmentation des déplacements 2006-2010	5%	989 836		5%	259 851		5%	581 205	
C	Augmentation des déplacements 2010-2050	28%	1 266 990		28%	332 609		28%	743 943	
1. Moins de personnes se déplacent et/ou elles parcourent moins de km										
D	Diminution du besoin d'accompagnement		1 228 980	-3%		322 631	-3%		721 625	-3%
F	Diminution des déplacements professionnels		1 192 111	-3%		312 952	-3%		699 976	-3%
G	Diminution des autres déplacements		1 096 742	-8%		287 916	-8%		629 978	-10%
H	Rapprochement habitat / activités		877 394	-20%		316 707	-10%		598 479	-5%
I	Nb personnes.km en voiture à répartir selon mode	Répart. modale	877 394		Répart. modale	316 707		Répart. modale	598 479	
2. Amélioration de l'efficacité des déplacements en voiture										
J	Amélioration moteur, véhicule moins puissant et plus léger	40%	350 957		40%	126 683		30%	179 544	
K	Réduction vitesse		210 574	-40%		177 356	-40%		107 726	-40%
L	Conduite économe		189 517	-10%		150 753	-15%		103 417	-4%
M			170 565	-10%		140 200	-7%		93 076	-10%
3. Report des déplacements en voiture vers un mode plus économe										
N	Passage vers mode actif (pied , vélo, VAE)	60%	526 436		60%	190 024		70%	418 936	
O	Covoiturage	10%	<u>0</u>	-100%	0%	<u>0</u>	-100%	32%	<u>0</u>	-100%
P	Taxi à la demande, minibus	20%	<u>59 663</u>	-66%	18%	<u>19 382</u>	-66%	10%	<u>20 348</u>	-66%
Q	Passage sur transport collectif	12%	<u>42 115</u>	-60%	17%	<u>21 536</u>	-60%	8%	<u>19 151</u>	-60%
		18%	<u>53 696</u>	-66%	25%	<u>26 920</u>	-66%	20%	<u>40 697</u>	-66%
L	4. Besoins d'énergie en 2050 par trajet et économies par rapport à 2006		326 040	-65%		208 039	-16%		173 272	-69%
M	Besoin total en énergie en 2050 après économies d'énergie (tep)	707 350								
N	Besoin d'énergie total 2006 (tep) et potentiel d'économies d'énergie en 2050 (%)	1 743 707							-59%	
O	Besoin d'énergie total 2010 (tep) et potentiel d'économies d'énergie en 2050 (%)	1 830 892							-61%	
P	Besoin d'énergie total 2050 sans économies d'énergie (tep) et potentiel d'économies d'énergie (%)	2 343 542							-70%	

Tableau 8: Estimation du potentiel d'économies d'énergie dans le transport terrestre de personnes des Pays de la Loire en fonction des types de trajets. Source : Scénario Virage Énergie Climat Pays de la Loire.

Comment lire ce tableau ?

Nous prenons comme exemple la colonne concernant les déplacements « personnes interurbain » :

- Ligne A, B, C : ligne A, indication de la consommation d'énergie en 2006, suivie de l'actualisation pour 2010 (ligne B), puis de la projection en 2050 (ligne C) avec l'augmentation de la population.
- Ligne E : la diminution du besoin d'accompagnement permet 3 % d'économie sur le niveau précédent, soit $1\,266\,990 \text{ tep} - 3\% = 1\,228\,980 \text{ tep}$.
- Lignes F, G et H : on enchaîne 3 autres actions d'économie d'énergie avec calcul sur le niveau immédiatement précédent (par ex : action sur le rapprochement de l'habitat (ligne H) : $1\,096\,742 \text{ tep} - 20\% = 877\,394 \text{ tep}$).
- Ligne J : 40% de l'énergie (équivalente à un nombre de personnes.km) est attribuée aux déplacements en voiture, soit $350\,957 \text{ tep}$, et l'énergie restante est affectée aux lignes N,O,P et Q avec les pourcentages correspondants.

- Ligne K, L et M : on enchaîne 3 actions d'amélioration de l'efficacité de la voiture, par exemple Ligne L : $210\,574 \text{ tep} - 10\% = 189\,517 \text{ tep}$
- Ligne O : le covoiturage reçoit 20% de la quantité $877\,394 \text{ tep}$, et l'économie d'énergie est de 66 %, on obtient en résultat : $877\,394 \text{ tep} * 20\% * 34\% = 59\,663 \text{ tep}$.
- Ligne L : cumul des énergies restantes pour les différents modes : $326\,040 \text{ tep} = 170\,565 \text{ tep} + 0 \text{ tep} + 59\,663 \text{ tep} + 42\,115 \text{ tep} + 53\,696 \text{ tep}$.
- Ligne M : cumul pour les 3 trajets
- Ligne N, O et P : comparaison de la consommation d'énergie des transports terrestres de personnes du scénario VEC en 2050 avec les consommations des années 2006 et 2010 et la projection en 2050 sans actions d'économies d'énergie.

Les actions d'économie d'énergie que nous préconisons pour le secteur du transport terrestre de personnes permettent d'économiser 67 % de l'énergie consommée en 2010 (Tableaux 8). Le potentiel d'économie d'énergie est le plus élevé pour les trajets urbains (69%) et interurbains (65%) où l'offre de transports en commun est plus importante, et plus faible mais néanmoins encore très significative pour les trajets sur autoroutes (58%) (Tableau 8).

La composition du gisement de négaWatts des déplacements de personnes des Pays de la Loire est résumé dans la Figure 5 :

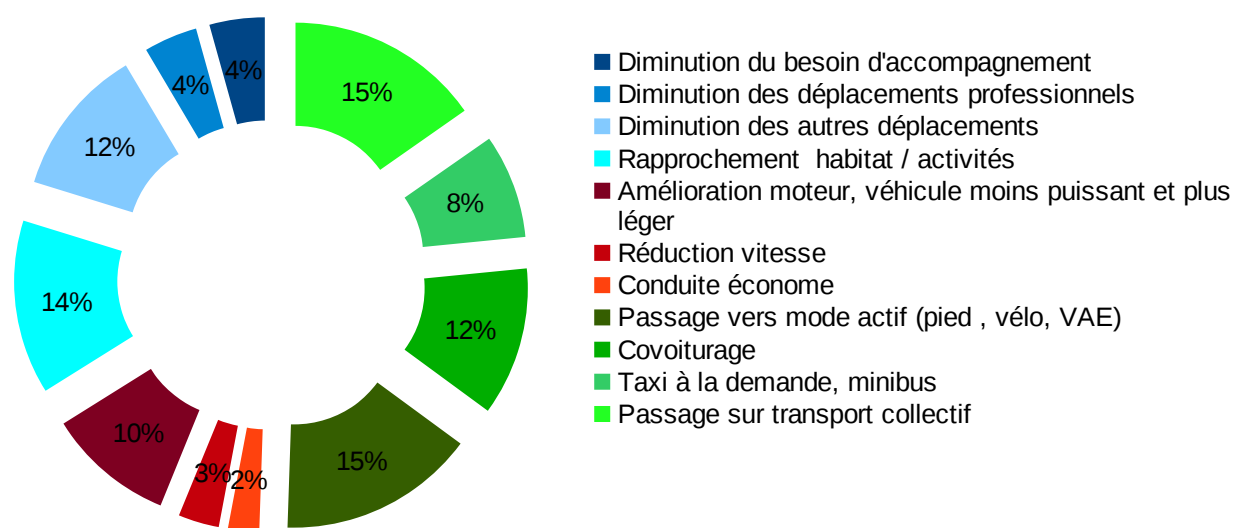


Figure 5. Composition du gisement de négaWatts des déplacements de personnes des Pays de la Loire. Les actions de sobriété sont en bleu, les actions d'efficacité énergétique des déplacements en voiture en rouge et les reports vers des modes de transport plus économes en vert. Source : Scénario Virage Énergie Climat Pays de la Loire.

La diminution des autres déplacements et le rapprochement habitat/activités sont les actions de sobriété prépondérantes (plus de 10 % des négaWatts chacune). Le report vers des modes de transport plus économe est l'action d'efficacité qui présente le potentiel d'économies d'énergie le plus important (44 % du gisement de négaWatts).

3.6 Économies d'énergie pour le transport des marchandises

La méthode que nous avons utilisée pour estimer le potentiel d'économies d'énergie pour le transport des marchandises dans la région des Pays de la Loire est proche de celle mise en œuvre précédemment pour les économies d'énergie pour le déplacement des personnes :

- **étape 1** : proposer des actions de réduction du tonnage et des distances parcourues par les marchandises transportées ;

- **étape 2** : transférer des marchandises de la route vers le rail et estimer le gain d'efficacité énergétique obtenu ;
- **étape 3** : améliorer l'efficacité du transport routier restant ;
- **étape 4** : estimer le potentiel d'économies d'énergie résultant de ces actions.

3.6.1 Propositions pour la réduction du tonnage des marchandises et des distances parcourues

Entre 1970 et 2003, le trafic routier de marchandises en France a été multiplié par presque 3, avec une forte diminution de la part fluviale et ferroviaire¹⁷. Une étude de l'ADEME a cependant montré que les marges de manœuvre pour réduire les volumes de marchandises transportées étaient très importantes¹⁸. Nous reprenons plusieurs des pistes évoquées dans nos propositions d'actions de réduction de la quantité de marchandises transportées :

- inciter à la fabrication près des lieux d'usage et de consommation de produits non alimentaires ayant une durée de vie plus longue et étant faciles à réparer ;
- aider au développement des circuits courts de distribution de biens alimentaires, tels que les Associations pour le Maintien d'une Agriculture Paysanne (AMAP), les épiceries locavores etc... ;
- inciter les consommateurs à la sobriété, au ré-emploi de produits de seconde main (troc, ressourceries¹⁹), à la mutualisation des produits d'usage peu fréquent (coopératives d'usagers et mutualisation d'équipements) et à ne plus utiliser de produits jetables (consignes, vaisselle réutilisable) ;
- rapprocher au maximum les activités des usagers, en réimplantant des commerces et des services dans les cités dortoirs et les zones rurales et en encourageant la création de monnaies complémentaires locales, qui stimulent globalement les échanges de produits locaux.

Ces actions sont efficaces de 5 à 15 % pour chacune²⁰. Nous avons évalué que leur combinaison entraînerait une réduction globale d'environ 35 % du volume transporté.

3.6.2 Report de 50 % du trafic de marchandises de la route vers le rail

Les expériences de **ferrouitage** (chargement d'un camion complet sur un train : tracteur + remorque + chauffeur) sont largement développées en Allemagne et en Suisse. Le ferrouitage présente l'avantage de combiner la souplesse du transport par camion sur les distances inférieures à 200 km et l'efficacité supérieure du transport ferroviaire sur les longues distances.

La combinaison camion/tramway peut même s'envisager en milieu urbain (cf. encadré ci-après).

17 Mobilité et Transport en Ile-de-France, État des lieux, IV-6-1 - http://www.stif.info/IMG/pdf/6.modes_alternatifs.pdf

18 Transporter moins : c'est possible ? Bien sûr ! C'est même évident si on y réfléchit un peu ?

<http://www2.ademe.fr/servlet/KBaseShow?sort=-1&cid=96&m=3&catid=13630>

19 Exemple d'Ecorev, une ressourcerie alimentée par les déchetteries de la métropole nantaise, ce qui lui permet de revendre à très bas prix et de valoriser artistiquement des produits de seconde main.

20 Transporter moins : c'est possible ? Bien sûr ! C'est même évident si on y réfléchit un peu ?

<http://www2.ademe.fr/servlet/KBaseShow?sort=-1&cid=96&m=3&catid=13630>

Nous proposons donc de transférer 50 % des marchandises restant à transporter par route après les actions de réduction des échanges vers le transport ferroviaire, sous ces différentes formes (ferroutage, container etc.). Le transport ferroviaire permet d'économiser environ deux tiers (66%) de l'énergie qui aurait été nécessaire pour transporter les mêmes marchandises par la route²¹.

Ils s'apprêtent à le faire !

Des projets, tels que le CargoTram de Dresde (Allemagne) ou de Zürich (Suisse), laissent entrevoir des perspectives intéressantes de report de trafic des camions vers le ferroviaire, notamment sur les courtes distances et en milieu urbain. Le principe repose sur l'insertion d'un tram fret sur les infrastructures de tramway existantes dans les grandes villes, en dehors des heures de pointe. Si ce type de projet semble relativement complexe à mettre en œuvre, la ville de Paris y réfléchit sérieusement et expérimente le tram-fret²².

3.6.3 Amélioration de l'efficacité énergétique du transport par camion

L'ADEME a détaillé et chiffré l'efficacité de nombreuses actions permettant d'améliorer l'efficacité du transport par camions dans le cadre du programme « *Objectif CO2, les transporteurs s'engagent* »²³. Les actions majeures, que nous proposons de mettre en œuvre, et qui sont chiffrées dans le cadre du programme du programme « *Objectif CO2, les transporteurs s'engagent* » sont :

- l'amélioration de la logistique en assurant un meilleur remplissage des camions, une optimisation des trajets et une optimisation du ratio volume/poids. Cette mesure d'efficacité pourrait permettre d'économiser 25% de l'énergie dépensée lors d'un trajet ;
- l'optimisation du transport sur le « dernier kilomètre », par l'amélioration des circuits de distribution en ville, l'utilisation des réseaux de transport en commun, la mutualisation avec des véhicules adaptés, le dépôt des colis à proximité. Cette mesure d'efficacité pourrait permettre d'économiser 5% de l'énergie dépensée, lors d'un trajet ;
- l'économies d'énergie sur la motorisation et l'aérodynamisme. Cette mesure d'efficacité pourrait permettre d'économiser 20% de l'énergie dépensée lors d'un trajet d'après l'ADEME et le scénario SESP 170 ;
- la limitation de la vitesse. Cette mesure d'efficacité pourrait permettre d'économiser 5% de l'énergie dépensée lors d'un trajet ;
- la formation à la conduite économe. Cette mesure d'efficacité pourrait permettre d'économiser de 10 % (ADEME) à 15% (scénario SESP 170) de l'énergie dépensée lors d'un trajet.

21 <http://www.ademe.fr/internet/Flash/chiffres-cles-energie-climat-2010/catalogue/appli.htm> (graphique D32)

22 <http://www.innovcity.fr/2011/11/16/livraisons-marchandises-paris-experimente-tram-fret/>

23 Fiches actions ADEME : Objectif CO2, les transporteurs s'engagent - mars 2011 - <http://www2.ademe.fr/servlet/KBaseShow?sort=-1&cid=96&m=3&catid=22274>

3.6.4 Estimation du potentiel global d'économies d'énergie pour le transport de marchandises

	Evolution population	Transport de marchandises	Potentiel unitaire d'économies d'énergie	Réduction par rapport au tendanciel
Consommation d'énergie en 2006 (tep)		747 303		
Consommation d'énergie actualisée en 2010	5%	784 668		
Consommation d'énergie actualisée en 2050	28%	1 004 375		100 %
A / réduction du tonnage et des distances				
Produits de durée de vie plus longue		903 937	-10%	-10%
Facilité de réparation locale		813 544	-10%	-9%
sobriété des consommateurs		772 866	-5%	-4%
Relocalisation des activités		695 580	-10%	-8%
Total des actions de réduction de tonnage et distances				-31%
Répartition des transports restant selon mode		<i>Nouvelle répartition modale</i>	695 580	
B / Amélioration de l'efficacité énergétique des camions				
	50%	347 790		
Amélioration de la logistique, meilleur remplissage		260 842	-25%	-9%
Optimisation du « dernier km »		247 800	-5%	-1%
Économie sur moteur et aérodynamisme		198 240	-20%	-5%
Limitation de la vitesse		188 328	-5%	-1%
Conduite économe		169 495	-10%	-2%
Total des actions d'efficacité énergétique des transports en camion				-18%
C / Report sur le transport ferroviaire				
	50%	118 249	-66%	-23%
D / Consommation (tep) et potentiel d'économie d'énergie en 2050 (ref. 2010)				
		287 744	-63%	
D / Consommation (tep) et potentiel d'économie d'énergie en 2050 (ref. 2050)				
			-71%	

Tableau 9. Estimation du potentiel d'économies d'énergie pour le transport terrestre de marchandises dans les Pays de la Loire en fonction des types de trajets. Source : Scénario Virage Énergie Climat Pays de la Loire.

Le Tableau 9 présente une estimation du potentiel d'économies d'énergie pour le transport terrestre de marchandises dans les Pays de la Loire, en fonction des types de trajets.

La diminution du volume de marchandises transportées permet de réduire la facture énergétique de 31 % par rapport au scénario tendanciel. Le report de la moitié des transports restants vers le rail, plus efficace énergétiquement permet une économie supplémentaire de 23 %.

L'amélioration de l'efficacité des camions permet une économie d'énergie supplémentaire de 18 %. La composition du gisement de négaWatts du transport de marchandises terrestre des Pays de la Loire est résumé dans la Figure 6.

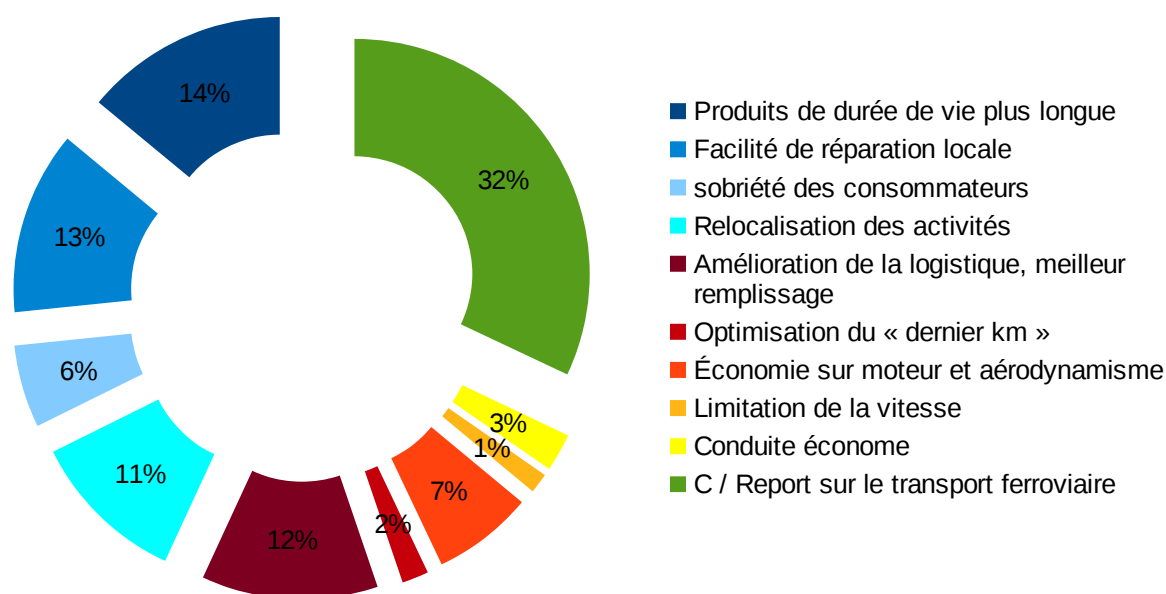


Figure 6. Composition du gisement de négaWatts du transport de marchandises des Pays de la Loire. Les actions de sobriété sont en bleu, les actions d'efficacité énergétique des camions en rouge/jaune et le report vers le rail en vert. Source : Scénario Virage Énergie Climat Pays de la Loire.

La mise en œuvre des actions proposées dans notre scénario permettrait de réduire de 63 % la quantité d'énergie consommée pour le transport de marchandises dans les Pays de la Loire en 2050, par rapport au niveau de 2010 (71 % par rapport au scénario tendanciel).

3.7 Consommation d'énergie des transports terrestres dans les Pays de la Loire en 2050

3.7.1 Potentiel global d'économies d'énergie pour le transport terrestre dans les Pays de Loire en 2050

Le Tableau 10 présente notre estimation du potentiel d'économies d'énergie pour le transport terrestre de marchandises et de personnes dans les Pays de la Loire en 2050.

		Consommation d'énergie en tonnes équivalent pétrole (tep)			
		Évolution de la population (%)	Déplacements routiers de personnes	Transports routier de marchandises	Total
A	1990				1 809 000
B	2006		1 743 706	747 303	2 550 364
C	2010	+5%	1 830 892	784 668	2 677 882
D	2050	+28%	2 343 541	1 004 375	3 427 689
E	2050, avec économie d'énergie		603 977	287 744	971 494
F	Potentiel d'économies d'énergie (ref.1990)				-46%
G	Potentiel d'économies d'énergie (ref. 2010)		-67%	-63%	-64%
H	Potentiel d'économies d'énergie (ref. 2050)		-74%	-71%	-72%

Tableau 10. Estimation du potentiel d'économies d'énergie pour le transport terrestre de marchandises et de personnes dans les Pays de la Loire en 2050. Source : Scénario Virage Énergie Climat Pays de la Loire.

A / Consommation d'énergie des transports et déplacements (T&D) en 1990 (Explicit, 2009) ;

B/ Consommation d'énergie des T&D en 2006 (Explicit, 2009) ;

C / Mise à niveau entre 2006 et 2010 : augmentation de 5 % sur toutes les valeurs ;

D / Augmentation de la population entre 2010 et 2050 : +28 % sur toutes les valeurs ;

E/ Bilan en 2050, après nos actions d'économies d'énergie ;

F / Potentiel d'économie d'énergie pour l'ensemble des T&D par rapport à 1990 ;

G/ Potentiel d'économie d'énergie pour l'ensemble des T&D par rapport à 2010 ;

H/ Potentiel d'économie d'énergie pour l'ensemble des T&D par rapport au scénario tendanciel démographique en 2050.

En 2050, en tenant compte de l'augmentation de la population, le potentiel d'économies d'énergie pour les transports et déplacements terrestres de la région des Pays de la Loire représente 64 % de la consommation énergétique actuelle, soit 46% des consommations des transports régionaux terrestres de 1990 (Tableau 11).

Source	1990	2010	2050, avec augmentation de la population	
	Explicite	Explicite actualisé	Projection sans économie d'énergie	Scénario VEC avec économie d'énergie
Consommation d'énergie des transports et déplacement terrestres en Mtep	1.8	2.7	3.4	1.0
Consommation d'énergie des transports et déplacement terrestres en TWh	21	31	40	11
Potentiel d'économie d'énergie du scénario VEC	-46%	-64%	-72%	

Tableau 11: Synthèse du potentiel d'économies d'énergie dans le secteur des transports et déplacements terrestres des Pays de la Loire. Source : scénario Virage Énergie-Climat Pays de la Loire.

Les actions d'économie d'énergie proposées par notre scénario permettent donc en 2050 une forte réduction des consommations énergétiques liées aux transports terrestres.

Le simple fait de ne pas consommer ces négaWatts en 2050 permettraient de diminuer par 2 les émissions de GES des transports terrestres de la région.

3.7.2 Calendrier de mise en œuvre des actions d'économies d'énergie dans le secteur des transports des Pays de la Loire

Dans la présentation des actions d'économies d'énergie, nous avons indiqué le type de décisions à prendre pour susciter les différents changements (comportemental, organisationnel, urbanistique, etc.), ainsi qu'un délai de mise en œuvre. Il ressort de l'analyse des délais des différentes mesures que de nombreuses actions peuvent être réalisées à court ou moyen terme, c'est à dire d'ici à 10 ou 20 ans.

Nous prévoyons donc que la moitié du potentiel d'économies d'énergie des transports terrestres pourrait être réalisée dès la première décennie (2010-2020) de mise en application de notre scénario (Tableau 12, Figure 7).

Année	Consommation d'énergie des transports (Mtep)	Evolution par rapport à 1990	Evolution par rapport à 2010
1990	1.81		
2000	2.35	30%	
2010	2.68	48%	
2020	1.82	1%	-32%
2030	1.36	-25%	-49%
2040	1.07	-41%	-60%
2050	0.97	-46%	-64%

Tableau 12. Prévisions de l'évolution de la consommation d'énergie du secteur des transports et évolution par rapport à 1990 et 2010 dans le scénario Virage Énergie Climat Pays de la Loire. Source : données 1990 et 2000 : Explicit (2009), 2010-2050 : Virage Énergie Climat.

Dans le cadre de notre scénario, environ 25% du potentiel d'économies d'énergie serait réalisé lors de la seconde décennie (2020-2030), lorsque les mesures, dont la réalisation est plus longue (urbanisme et aménagement du territoire, densification des réseaux de transports collectif, etc.), commenceront à porter leurs fruits. Les économies d'énergie réalisables après 2030 seraient beaucoup plus faibles (Tableau 12, Figure 7).

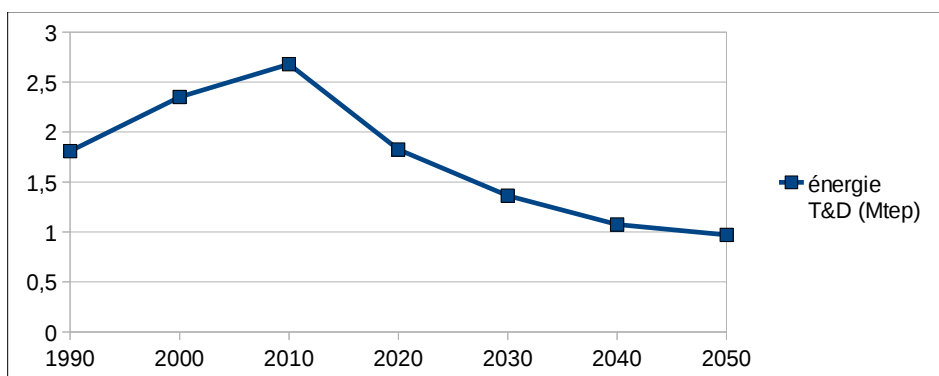


Figure 7. Prévisions de l'évolution de la consommation d'énergie du secteur des transports et déplacements (T&D) dans le scénario Virage Énergie Climat Pays de la Loire.

3.8 Comparaison avec le volet transport du Schéma Régional Climat Air Énergie Pays de la Loire

Notre association a participé aux réunions de préparation du Schéma Régional Climat Air Énergie (SRCAE), à l'automne 2011. Des informations ont été communiquées lors de ces réunions, qui permettent une comparaison sommaire des scénarios "transport" formulés pour les Pays de la Loire.

S'agissant du déplacement des personnes, le "scénario volontariste" du SRCAE est basé sur les hypothèses suivantes :

- diminution très forte de la voiture pour les déplacements courts, avec passage à des modes de transport doux ;
- amélioration du coefficient d'occupation par covoiturage (2,75 passagers par voitures en 2050) ;
- 30% des trajets longues distances par voie ferroviaire en 2030 ;
- amélioration de l'efficacité énergétique des transports de 30% ;
- aménagement des formes urbaines induisant de diminution des distances parcourues de 10 %.

Le scénario volontariste présenté lors des réunions du SRCAE aboutit en cumulant certaines de ces hypothèses à un potentiel d'économies d'énergie pour les transports de personnes d'environ 50% en 2050 .

Ce résultat est relativement proche du potentiel d'économies d'énergie estimé dans le cadre de notre scénario Virage Énergie Climat Pays de la Loire pour les transports : 66% (ref. 2010).

Dans le cas du transport de marchandises, les hypothèses avancées pour préparer la construction du "scénario volontariste" SRCAE sont :

- amélioration de l'efficacité énergétique : hypothèse basse (+ 10 %), hypothèse très haute (+ 50 %) en 2050 ;
- réduction des distances parcourues de 10 % en 2050.

Le scénario volontariste présenté lors des réunions du SRCAE aboutit en cumulant ces hypothèses à un potentiel d'économies d'énergie pour les transports de marchandises d'environ 30% en 2050 Ce potentiel SRCAE est près de deux fois inférieur au potentiel que nous avons évalué dans notre scénario (63% ref. 2010).

Il faut cependant noter que les détails méthodologiques et les hypothèses de travail du scénario SRCAE n'ont pas été communiqués au public. Il est donc difficile d'expliquer avec certitude les différences de résultats observés.

4 Potentiel d'économies d'énergie pour le transport aérien des Pays de la Loire

4.1 Contexte du transport aérien dans les Pays de la Loire

Les Pays de la Loire comptent neuf aéroports et deux aérodromes, sur lesquels du trafic est enregistré. L'aéroport de Nantes-Atlantique est de loin la principale infrastructure aéroportuaire de la région. Plus de 95% des voyageurs transportés par avion en Pays de la Loire le sont sur cet aéroport (Explicit, 2009)

Les données publiées par la Direction Générale de l'Aviation Civile (DGAC) en 2010 indiquent que le transport aérien de passagers de Nantes-Atlantique, est en forte augmentation. Le fret aérien reste très inférieur à celui des passagers. Le nombre de passagers fréquentant l'aéroport de Nantes-Atlantique a ainsi presque triplé en 20 ans (Figure 8).

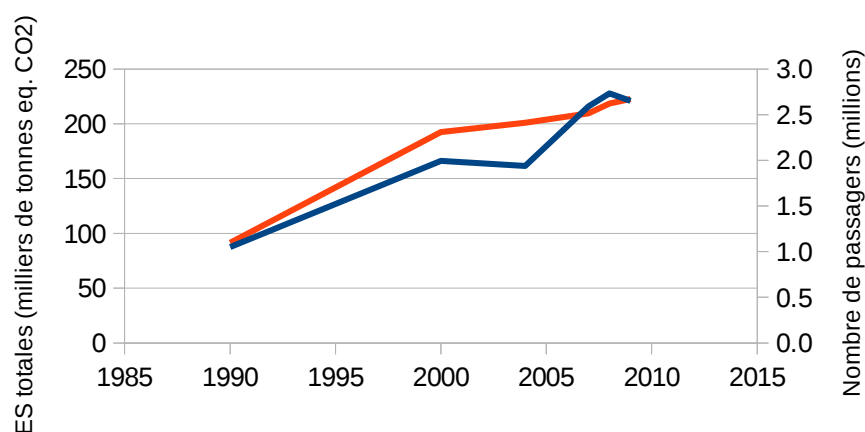


Figure 8: Evolution du nombre de passagers et des émissions de GES totales de l'aéroport de Nantes Atlantique. Source : DGAC, 2010.

Il est prévu de transférer les activités de Nantes Atlantique sur un nouvel aéroport qui serait construit à Notre Dame des Landes, à 30 kilomètres au Nord de Nantes.

Il faut noter que les consommations d'énergie du transport aérien estimées par Explicit (2009) sont à notre sens sous-estimés d'un facteur 9 environ. Les émissions totales de GES attribuables à l'aéroport de Nantes, calculées par la DGAC, sont un indicateur beaucoup plus fiable de l'impact climatique d'un aéroport (voir annexe 1). Ces estimations d'émissions de GES totales sont présentées sur la Figure 8. Le transport aérien régional aurait donc un impact climatique et énergétique qui se situerait plus au niveau de celui des autoroutes que du transport collectif urbain.

4.2 Méthode utilisée

4.2.1 Hypothèses

Nous avons adopté pour le transport aérien un périmètre élargi, qui permet de retrouver les consommations d'énergie et/ou les émissions de GES du trafic aérien mondial en sommant les émissions de GES attribuées à chacun des aéroports (cf. annexe 1 du chapitre transport sur notre site pour des détails sur le périmètre des inventaires d'émissions de GES par aéroports).

L'autre spécificité du transport aérien est d'utiliser un carburant à très haute intensité énergétique (c.a.d. qui produit une très forte énergie par unité de volume), le kérosène, qui ne peut actuellement être produit en grandes quantités qu'en raffinant très fortement du pétrole. Le remplacement du pétrole par des agro-carburants pour produire du kérosène nécessiterait l'utilisation d'énormes surfaces de terres agricoles, mettant le transport aérien en compétition directe avec la production de nourriture des Pays du Sud, où poussent les plantes les plus prometteuses pour la production d'agrocarburants aériens. Le conseil scientifique de l'Agence Européenne de l'Environnement a, notamment, signalé la dangerosité du développement des agrocarburants en termes de sécurité alimentaire (European Environment Agency, 2011). Nous considérons donc que le transport aérien régional ne pourra pas être propulsé par des énergies renouvelables non polluantes. Il nécessitera d'importer du pétrole pour produire du kérosène et contribuera donc toujours au dérèglement du climat en émettant des gaz à effet de serre d'origine fossile. On pourra donc déduire directement les émissions de GES du transport aérien des consommations d'énergies du secteur, que nous supposons satisfaites par des hydrocarbures d'origine fossile.

Les émissions de GES du trafic aérien de Nantes-Atlantique représentent 95 % des émissions de GES régionales du transport aérien en 2006 (Explicit, 2009), ainsi que l'essentiel des consommations d'énergie de l'aviation. Nous avons donc assimilé les consommations d'énergie et les émissions de GES du trafic aérien régional à celles de l'aéroport de Nantes (Nantes-Atlantique ou notre Dame des Landes). Nous n'avons donc modélisé que l'évolution des consommations d'énergie et les émissions de GES de l'aéroport de Nantes et les avons utilisées pour approximer celles de la région. Nous avons de plus considéré que l'impact énergétique et climatique d'un aéroport étaient essentiellement dû au trafic aérien et négligé les émissions induites par le fonctionnement des installations aéroportuaires.

4.2.2 Méthode de scénarisation

La méthode que nous avons utilisée permet d'estimer directement les consommations d'énergie et les émissions de GES du transport aérien des Pays de la Loire. Elle est basée sur des prévisions d'évolution du trafic passagers de l'aéroport de Nantes. Des projections officielles de ce nombre de passagers étant disponibles, nous les avons utilisées pour produire un scénario de "laisser-faire", que nous avons comparé à notre scénario "VEC" de sobriété énergétique. Notre méthode de scénarisation comporte 5 étapes :

- **étape 1** : estimation du nombre de passagers fréquentant l'aéroport de Nantes par décades jusqu'en 2050 pour le scénario de laisser-faire, d'après les projections officielles. Ces hypothèses officielles de croissance du trafic aérien dans la région sont : +5.9 % entre 2005 et 2015, +2.9 % entre 2015 et 2025 et +2.1 % entre 2015 et 2025 (Projet d'aéroport du grand Ouest - Notre Dame des Landes 2006) ;
- **étape 2** : définition d'objectifs de réduction des consommations de kérosène de l'aéroport de Nantes pour notre scénario de sobriété énergétique. Nous avons choisi d'appliquer au transport aérien les mêmes objectifs d'économie d'énergie que celles évaluées pour le transport terrestre : +1% en 2020 et -46% en 2050 (ref. 1990) ;
- **étape 3** : calcul des quantités de kérosène "consommées" et des GES émis en moyenne par passager et par vol jusqu'en 2050. Les calculs ont été réalisés à partir des statistiques de consommation de kérosène et d'émissions de GES des aéroports disponibles.(voir l'annexe Erreur : source de la référence non trouvée pour les détails des calculs). Les émissions de GES en altitude ont été multipliées par 2, afin de tenir compte du forçage radiatif supplémentaire induit par les rejets gazeux des avions en haute altitude en phase croisière²⁴ ;
- **étape 4** : estimation des consommations d'énergie et des émissions de GES du scénario de laisser faire en multipliant le nombre de passagers par les consommations d'énergie et les émissions de GES moyennes ;
- **étape 5**: estimation du nombre de passagers énergétiquement et climatiquement soutenable pour l'aéroport de Nantes, en divisant nos objectifs de consommation d'énergie en 2050 par la consommation moyenne d'un passager.

4.3 Résultats

La Figure 9 présente les résultats des scénarios de consommation de kérosène de l'aéroport de Nantes. Les tendances observées sur ce graphique pour la consommation de kérosène sont les mêmes pour le trafic de passagers et les émissions de GES.

24 https://fr.wikipedia.org/wiki/Tra%C3%A9n%C3%A9e_de_condensation

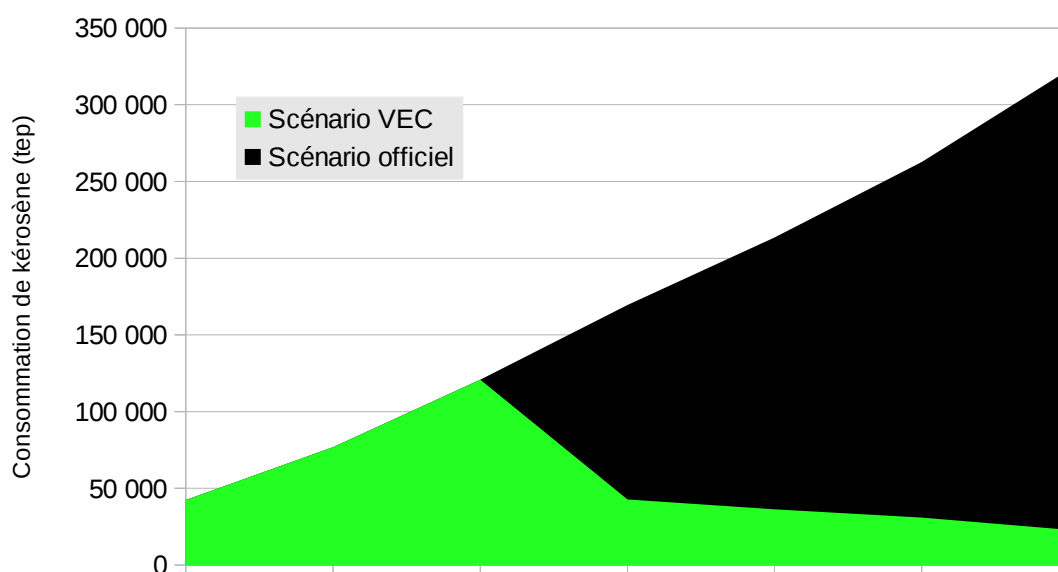


Figure 9: Scénarios de consommation de kérosène de l'aéroport de Nantes. Source : Virage Énergie-Climat Pays de la Loire.

Le scénario de laisser faire officiel entraîne un triplement des consommations de kérosène de l'aéroport de Nantes en 2050. Le scénario VEC qui prend en compte une forte réduction du trafic aérien se traduit par une forte diminution des consommations de kérosène de 2010 à 2020, puis une stabilisation à un niveau légèrement inférieur la moitié des consommations de 2010. La différence entre les deux courbes (en noir) illustre le gisement d'économies d'énergie dans le transport aérien (négaWatts).

Les paragraphes suivants présentent les résultats des deux scénarios de façon détaillée.

4.3.1 Scénario de laisser-faire pour le transport aérien

Le Tableau 13 présente les estimations du trafic passager, des consommations de kérosène et des émissions de GES du scénario de "laisser-faire" officiel.

Année	Nb passagers observé DGAC	ITA scénario 2 (officiel) 2004	Estimation des consommations de kérosène (tep)	Emissions moyennes par passager et trajet au départ de Nantes (kg eqCO2)	Emissions de CO2 attribuables à l'aéroport de Nantes (teqCO2)	Emissions de CO2 du transport aérien, par rapport à celles de 1990, scénario VEC	Contribution du transport aérien au total des émissions de GES régionales (réf 1990)
1990	1 036 000		42 395		182 800	100%	1%
2000	1 879 000		76 891		385 000	211%	1%
2010	2 954 000	2 735 774	120 882	172	469 869	257%	2%
2020		4 141 630	169 481	164	680 263	372%	2%
2030		5 214 667	213 391	157	817 399	447%	3%
2040		6 419 246	262 684	149	958 072	524%	3%
2050		7 890 000	322 869	142	1 118 408	612%	4%

Tableau 13. Prévisions de la fréquentation, des consommations d'énergie et des émissions de GES imputables à l'aéroport de Nantes jusqu'en 2050 pour le scénario de laisser faire. Source : Virage Énergie-Climat Pays de la Loire.

Dans le cas du scénario de laisser faire, les émissions de CO2 du trafic aérien imputables à l'aéroport de Nantes sont multipliées par 6 en 60 ans, du fait de la forte augmentation du nombre de passagers. Elles atteignent 1 million de tonnes d'équivalent CO2 en 2050.

L'augmentation des émissions du trafic aérien du scénario de laisser faire contribue négativement à l'effort de réduction des émissions de GES régionales, en entraînant des surplus d'émissions de 2 % en 2020 et de 4 % en 2050, par rapport aux émissions de GES totales des Pays de la Loire de 1990.

4.3.2 Scénario de sobriété énergétique dans le transport aérien

Avec les mêmes hypothèses de consommations de kérosène et d'émissions de CO2 moyennes par passager que le scénario de laisser-faire, le scénario proposé par Virage Energie-Climat entraîne une réduction des émissions de GES imputables à l'aéroport de Nantes de -20% en 2020 et -46% en 2050 (Tableau 14).

Année	Nb passagers observé DGAC	Nb. passagers prédit	Estimations des consommations de kérosène (tep)	Émissions moyennes par passager et trajet au départ de Nantes (kg eqCO2)	Émissions de CO2 attribuables à l'aéroport de Nantes (teqCO2)	Evolution de la consommation d'énergie du transport aérien, ref 1990	Emissions de CO2 du transport aérien, par rapport au total des émissions de GES régional de 1990
1990	1 036 000		42 395		91 400	100%	
2000	1 879 000		76 891		192 500	81%	1%
2010	2 954 000		120 882	172	234 935	185%	1%
2020		1 046 360	42 818	164	171 865	1%	1%
2030		889 406	36 396	157	139 414	-14%	0%
2040		755 995	30 936	149	112 832	-27%	0%
2050		559 440	22 893	142	79 301	-46%	0%

Tableau 14. Evolution de la fréquentation, des consommations d'énergie et des émissions de GES du trafic aérien attribuable à l'aéroport de Nantes. Source : scénario Virage Énergie Climat.

Cette réduction d'émission est rendue possible par une baisse de la fréquentation de l'aéroport de Nantes, dont le nombre de passager passe d'environ 3 millions en 2010 à environ 600 000 en 2050 (division du trafic par environ 5). Cette diminution du trafic aérien se traduit par une annulation de la contribution du transport aérien à l'augmentation des émissions de GES régionales dès 2030 (ref. 1990) (Tableau 14).

4.4 Discussion et conclusions

Le choix du périmètre est déterminante dans l'inventaire des émissions de GES aériens. La DGAC estime à 37 800 tonnes eq.CO2 les émissions de GES de l'aéroport de Nantes en 2008 avec la méthode LTO. Avec la méthode LTO+50 % des émissions en croisière, l'estimation DGAC passe à 218 600 tonnes eq.CO2 pour le même aéroport et la même année. Enfin, le cabinet Futur Facteur 4 estime à 800 000 tonnes eq.CO2 les émissions de GES de tous les déplacements aériens des habitants des Pays de la Loire en 2008, à partir de l'enquête transport de l'INSEE (INSEE Pays de la Loire, 2010b).

Avec la méthode LTO, les émissions de GES de la phase « croisière » du vol disparaissent complètement du total. Nous n'avons donc pas utilisé cette méthode car elle ne permet pas de retrouver les émissions totales du trafic aérien, en sommant les émissions attribuées à chaque aéroport. Attribuer toutes les émissions de GES des déplacements aériens des habitants des Pays de la Loire à la région comme dans la méthode Futur Facteur 4 ne nous paraît pas non plus pertinent car cela revient à ne pas comptabiliser dans le bilan de GES aériens régional les émissions des habitants d'autres zones qui viennent dans les Pays de Loire en avion. A notre sens, si la région bénéficie des retombées économiques d'un aéroport situé sur son territoire, elle doit en contrepartie assumer les émissions de GES de tous les voyageurs qui le fréquente, ligériens ou non.

La méthode Futur Facteur 4 ne permet pas non plus actuellement de retrouver le total des émissions de GES mondiales du transport aérien en sommant les émissions attribuées à chaque territoire, puisque des enquêtes transport ne sont pas réalisées dans tous les territoires. Elle repose en outre sur des données d'enquêtes qui ne sont réalisées que tous les 10 ans environ, ce qui ne permet pas de suivre l'évolution du trafic aérien avec précision²⁵.

Nous avons donc utilisé la méthode alternative de la DGAC, qui inclut les émissions de la phase LTO plus 50% des émissions en croisière. Cette méthode a le triple avantage de pouvoir être appliquée chaque année à partir des données de trafic enregistrées, d'éviter les doubles comptage, et de conserver les émissions totales de GES du trafic aérien. Elle est équivalente à la méthode préconisée officiellement aux États Unis pour attribuer des émissions de GES à un aéroport (Groupe de Recherche sur les Transports de l'Académie des Science des États Unis ²⁶ : Transportation Research Board, 2009).

Les prévisions officielles de fréquentation de l'aéroport de Nantes ont été réalisées en 2004 pour le projet d'aéroport du Grand Ouest, dans une conjoncture économique très différente d'aujourd'hui. Elles se basaient notamment sur des hypothèses de croissance économique soutenue (au moins 2 % par an) et sur un prix du pétrole faible (60\$ le baril en 2025). D'après l'INSEE, la croissance économique et le prix du pétrole moyens ayant été respectivement de 0.96 % et 80\$/baril sur la période 2005-2011. Ces hypothèses économiques apparaissent rétrospectivement peu réalistes. Les compagnies aériennes commencent notamment à voir leur rentabilité fortement entamée par l'augmentation du prix du pétrole (cf. encadré et ^{27, 28, 29}).

La fréquentation de l'aéroport de Nantes pourrait donc être moindre que prévue officiellement. Le rapport prospectif « Transports 2050 » du Ministère des Transports, publié en mars 2006 et qui propose 4 scénarios d'évolution des transports mondiaux semble étayer cette thèse (Conseil général des ponts et chaussées, 2006). Dans ce rapport, les augmentations annuelles de la fréquentation aéroportuaire française (+1.4 %, +1.4 %, +2.5 % et +1.1%) sont en effet toutes inférieures à la croissance moyenne prédite pour l'aéroport de Notre Dame des Landes (+3 %/an). Une croissance du nombre de passagers moins forte que prévue contribuerait à limiter les émissions de GES du trafic aérien dans la région.

25 <http://www.insee.fr/fr/methodes/default.asp?page=sources/ope-enq-transports-deplac-2007.htm>

26 <http://144.171.11.107/Main/Public/Blurbs/160829.aspx>

27 <http://www.lefigaro.fr/conjoncture/2011/03/02/04016-20110302ARTFIG00472-le-petrole-va-plomber-le-transport-aerien-en-2011.php>

28 http://www.liberation.fr/economie/2012/05/04/le-kerosene-plombe-les-comptes-d-air-france-klm_816368

29 <http://www.lesechos.fr/entreprises-secteurs/energie-environnement/dossier/0201977067999/0201977796392-le-transport-aerien-sous-la-pression-du-prix-du-petrole-307288.php>

Les améliorations de l'efficacité énergétique des avions fréquentant l'aéroport de Nantes se traduisent par une diminution modérée des émissions de GES moyennes d'un passager sur un trajet (-17% de 2010 à 2050). La consommation moyenne de kérosène par passager est de même restée stable entre 2000 à 2011. L'effet de l'amélioration de l'efficacité énergétique des appareils sur les consommations d'énergie et les émissions de GES moyennes par passager est en effet contrebalancée par l'augmentation concomitante des distances parcourues par les passagers (« effet rebond »). La proportion des vols moyens et de longs courriers, dont les émissions totales de GES sont plus importantes que celles des courts-courriers, a ainsi augmenté de 29% de 2000 à 2009 à Nantes-Atlantique (Direction Générale de l'Aviation Civile 2010). Nous avons supposé que cette tendance allait se maintenir à l'avenir, puisque, d'après le projet d'aéroport du Grand Ouest (2006) : « le trafic international intracommunautaire constitue déjà, et constituera de plus en plus, le moteur de la croissance des aéroports régionaux. ».

Les réductions de fréquentation de l'aéroport de Nantes affichées dans les scénarios VEC et GIEC sont importantes. Elles restent cependant dans la fourchette des réductions potentielles de trafic aérien envisagées par les constructeurs d'avions eux-mêmes (cf. scénario « Down-to-Earth », (ONERA, 2011).

On peut de plus anticiper que la réduction de l'usage de l'avion sera plus acceptable socialement que la réduction de l'usage des transports routiers, car les transports aériens ne sont empruntés que par une minorité de français(es). Des enquêtes ont ainsi montré que seul un français sur cinq prenait l'avion (Direction Générale de l'Aviation Civile, 2007). De même, en 2006, les voyages en avion n'intervenaient que dans 7% des séjours touristiques, tandis que 75% des séjours se faisaient en voiture (Direction des Etudes Economiques et de l'Evaluation Environnementale, 2008). De plus, au niveau français, les voyages en avion satisfont des besoins qui sont beaucoup moins essentiels que ceux satisfaits par les voitures ou les camions, ce qui facilitera d'autant leur diminution. L'enquête de la Direction Générale de l'Aviation Civile (2007) a ainsi montré que, sur les 18 % de français(e)s qui prenaient l'avion, 83% le faisait pour des motifs de loisirs et seulement 17% pour des motifs professionnels.

La France étant la première destination touristique mondiale, la minorité de français(es) prenant l'avion pour le plaisir devrait pouvoir se rabattre aisément sur des destinations de vacances accessibles par la route ou le rail. De plus, du fait du développement des nouvelles technologies de l'information, le petit nombre de voyages d'affaires réalisés en avion pourra être remplacé par des téléconférences. La relocalisation des activités des habitants des Pays de la Loire résultant de la diminution de leurs voyages aériens lointains aura enfin certainement des conséquences économiques positives pour la région.

Le nombre de visiteurs étrangers arrivant en avion diminuera, mais 83% de nos visiteurs étrangers étant européens (Direction Générale de la compétitivité, de l'Industrie et des Services, 2012), la majorité des touristes étrangers visitant la France pourra certainement continuer à se rendre dans notre pays par la route ou le rail.

5 Potentiel d'économies d'énergie pour le transport maritime des Pays de la Loire

5.1 Contexte du transport maritime des Pays de la Loire

En Pays de la Loire, en 2008, le trafic maritime était assuré à 97% par le Grand Port Maritime Nantes Saint-Nazaire (GPMNSN). Le reste était réalisé par les ports vendéens des Sables d'Olonne et de Port Joinville (Ile d'Yeu)³⁰.

Pour la suite de l'étude, nous ne considérerons que le GPMNSN.

En 2009, le GPMNSN était le quatrième Grand Port Maritime de France par le tonnage, après Marseille, Le Havre, Dunkerque, et représentait 11% du trafic national (29 752 369 tonnes de trafic extérieur en 2009)³¹.

En 2008, 70% du trafic du GPMNSN était généré par les entrées, 22% par les sorties et 8% par le trafic intérieur³².

En moyenne sur 2008 à 2011 et par ordre décroissant, les produits énergétiques suivants : pétrole, gaz naturel, charbon et produits raffinés, ont représenté 72% des entrées.

Le GPMNSN est donc un port fortement caractérisé par l'importation énergétique.

Mais les trafics conteneurisés et rouliers se sont développés ces dernières années, ainsi que certains trafics spécifiques (éléments d'éoliennes).

Par ailleurs, alimentation du bétail et oléagineux (plutôt importés), céréales (plutôt exportées) et engrais (plutôt importés) ont constitué, en moyenne de 2008 à 2011, 11% du trafic extérieur du GPMNSN.

Le GPMNSN comprend 5 sites dans lesquels le trafic total se répartit ainsi en 2011 selon la DREAL³³ : Saint Nazaire (2%), Montoir (42%), Donges (44%), Cordemais (5%) et Nantes (8%).

L'annexe au rapport relatif au « Plan Climat Énergie Départemental de la Loire-Atlantique millésime 2012 » indique que le mode maritime représente 86% des tonnes par kilomètres à l'origine ou à destination de ce département, mais seulement 27% des consommations d'énergie du fret. En tonnes par kilomètres, le maillon maritime du fret est donc plus efficace que le maillon routier.

30 Inventaire énergétique et des émissions polluantes issues des transports en Pays de la Loire (DREAL Pays de la Loire, septembre 2011), http://webissimo.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Inventaire_energetique_cle7ca989.pdf

31 Etude énergétique et environnementale du passage portuaire, rapport final (Direction Générale des Infrastructures des Transports et de la Mer (DGITM), 26 novembre 2010), http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Rapport_final_Passage_Portuaire-2.pdf

32 Trafic annuel du port de Nantes Saint-Nazaire pour le trafic extérieur, <http://www.nantes.port.fr/lautorite-portuaire/statistiques/>, et inventaire DREAL pour le trafic total

33 Les flux maritimes et fluviaux en 2011 (DREAL Pays de la Loire, septembre 2012), http://www.pays-de-la-loire.-developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/AC_No_54_-_Mer_fleuve_2011.pdf

5.2 Méthode de scénarisation

5.2.1 Périmètre

Avec la même logique que celle employée pour le transport aérien, l'étude Explicit n'a considéré que les consommations d'énergie situées dans la limite des eaux territoriales. Nous n'avons pas utilisé cette méthode car elle ne permet pas de retrouver les émissions totales du trafic maritime, en additionnant les consommations et émissions attribuées à chaque port.

5.2.2 Sources de données

Les consommations d'énergie du transport maritime des Pays de la Loire en 2006 ont été estimées à 244 000 tep à partir de documents édités par la Direction Générale des Infrastructures des Transports et de la Mer (DGITM) sur les impacts environnementaux du trafic maritime (Ministère du Développement durable, 2009)³⁴ et du passage portuaire (Ministère du Développement durable, 2010)³⁵.

5.2.3 Analyse des consommations d'énergie et émissions de GES du transport maritime des Pays de la Loire

- **Étape 1 : estimation de la consommation de carburant du GPMNSN.** Nous avons utilisé les livraisons de carburant aux soutes maritimes françaises et étrangères pour la France métropolitaine en 2009 et estimé la part du GPMNSN à proportion de la consommation d'énergie de la partie maritime du passage portuaire du GPMNSN, rapportée à la consommation d'énergie de la partie maritime du passage portuaire dans les 7 Grands Ports Maritimes français en 2009.
- **Étape 2 : estimation des consommations de carburants pour les principaux types de trafic.** Le trafic intérieur de 2009 est fourni par l'étude de la DREAL « Les flux maritimes et fluviaux en 2009 »³⁶. La consommation d'énergie est estimée grâce aux émissions de CO₂ par tonne kilomètre³⁷, converties en grammes équivalent pétrole avec le ratio obtenu dans la partie maritime de l'étude passage portuaire (p32). Faute d'informations précises sur la taille des navires, nous avons supposé une équiprobabilité de la taille du navire par tonne transportée. Nous avons toutefois exclu les porte-conteneurs de plus de 6 000 EVP (Equivalent Vingt Pieds (6,06m))³⁸. Nous avons caractérisé certains trafics (trafic de sable entrant, trafic roulier, trafic intérieur) par la consommation d'énergie par tonne kilomètre du navire et le nombre de kilomètres estimé :

34 <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Etude-de-l-efficacite-energetique.html>

35 <http://www.developpement-durable.gouv.fr/ETUDE-ENERGETIQUE-ET.20686.html>

36 Les flux maritimes et fluviaux en 2009 (DREAL Pays de la Loire, septembre 2010), http://www.pays-de-la-loire.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/AC_No_6_-_Mer_fleuve_2009_cle2779f9.pdf. Attention, quand, dans ce type de document, il est question de trafic total, le trafic intérieur est compté deux fois (départ et arrivée).

37 Etude de l'efficacité énergétique et environnementale du transport maritime (DGITM, janvier 2009), http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/spipdgmt/pdf/Etude_DGITM_cle619d42.pdf

38 Rapport annuel 2011, p31 (GPMNSN), <http://www.nantes.port.fr/uploads/rapports/fr/index.htm>

- du large de l'embouchure de la Loire à Cheviré pour le sable de mer entrant ;
 - d'une moyenne de Montoir à Vigo ou Gijon (estimée à 700 kms), et divisée par deux (pour prendre en compte la livraison en carburant aux ports de destination), pour approcher le trafic roulier ;
 - de Montoir multivrac à Cordemais pour le charbon livré à Cordemais ;
 - de Donges à Cordemais pour du fioul livré à Cordemais (mais qui est sans rapport avec la quantité de fioul nécessaire aux deux tranches fioul de Cordemais qui sont alimentées majoritairement par oléoduc depuis Donges) ;
 - de Montoir multimodal à Cheviré pour des conteneurs ;
 - de Cheviré à Montoir multimodal pour des tronçons d'avion.
- **Étape 3 : estimation des consommations de carburants pour les autres types de trafic.** Faute d'informations précises sur les distances, le reste de la consommation d'énergie se partage entre les autres trafics à proportion de la consommation d'énergie par tonne kilomètre, multipliée par le tonnage, avec donc une hypothèse d'équidistance entre deux livraisons de carburant aux soutes, et sans l'effet « prix du carburant » qui détermine sans doute différemment l'approvisionnement en carburant au niveau continental ou mondial pour certains trafics et/ou certaines destinations par rapport à l'hypothèse retenue ici.
 - **Étape 4 : définition du scénario tendanciel 2050 pour le transport maritime des Pays de la Loire.** Le scénario tendanciel 2050 a été obtenu en prolongeant tendanciellement le trafic du GPMNSN selon l'augmentation démographique prévue par l'INSEE pour la France (+11%). Le GPMNSN ayant principalement vocation à accueillir les hydrocarbures qui vont alimenter le reste de la France, il nous a semblé plus probable que son activité suive la croissance démographique française, plutôt que la croissance démographique régionale utilisée dans le reste du scénario pour définir les scénarios tendanciels des autres secteurs.
 - **Étape 5 : hypothèses de gains d'efficacité énergétique et d'évolution du trafic.** Des hypothèses de sobriété et d'efficacité énergétique ont été formulées pour chacun des types de trafic du GPMNSN et appliquées au scénario tendanciel 2050, afin de définir le scénario VEC de sobriété énergétique du transport maritime des Pays de la Loire. Les importations d'hydrocarbures ont été diminuées proportionnellement au développement des énergies renouvelables produites dans la région, jusqu'à s'annuler en 2040.

5.3 Résultats

5.3.1 Consommations d'énergie et émissions de GES du transport maritime des Pays de la Loire en 2009

Nous avons utilisé les livraisons de carburant aux soutes maritimes françaises et étrangères : 2 490 000 tep pour la France métropolitaine en 2009. Nous avons estimé la part du GPMNSN à 243 919 tep, à proportion de la consommation d'énergie de la partie maritime du passage portuaire du GPMNSN (30 658 tep), rapportée à la consommation d'énergie de la partie maritime du passage portuaire dans les 7 Grands Ports Maritimes français (312 971 tep) en 2009.

Les consommations d'énergie par grands types de trafics sont détaillées en [annexe 2](#).

5.3.2 Scénario de sobriété énergétique du transport maritime des Pays de la Loire en 2050

Des améliorations de l'efficacité énergétique du transport maritime, de type cargo à voile³⁹, sont prévues dans le scénario. L'évolution de la facture énergétique des transports maritimes est cependant beaucoup plus déterminée par :

- la relocalisation de la production d'énergie et de la production de biens manufacturés ;
- la plus longue durée de vie et la meilleure réparabilité des biens ainsi que la sobriété énergétiques des consommateurs ;
- l'évolution de l'agriculture vers plus d'autonomie et d'économie.

Les résultats du scénario de sobriété énergétique du transport maritime des Pays de la Loire en 2050 sont présentés dans le Tableau 16.

Trafic annuel 2009 (t)	base	TOTAL	
Distance moyenne (km)		31 695 982	
Profil moyen (g CO2/t.km) « réservoir à la roue »		25	
Consommation d'énergie par tonne transportée (gep/t/km)		8	
Consommation d'énergie, base 100 en 2009 (tep)	100	243 919	
Actualisation 2010	24%	302 911	
Avec augmentation de la population de 2010 à 2050 (F), selon type de trafic	10%	328 070	
A. Réduction du tonnage et des distances			Économies d'énergie
Produits de durée de vie plus longue		316 066	-4%
Facilité de réparation locale		305 262	-3%
Sobriété des consommateurs		190 881	-35%
Relocalisation des activités		89 785	-31%
Répartition des transports restant selon mode	Coef répart.	89 785	
B. Navires avec amélioration efficacité	100%	89 785	
Amélioration de la logistique, meilleur remplissage des navires		70 333	-6%
Recours au vent, économie sur moteur et carénage		35 321	-11%
C. Report éventuel de ou sur autre transport	0%	0	
D. Consom. restante et gain par rapport à situation de départ		35 013	-88%
D. Consom. restante et gain par rapport à 2050 tendanciel			-89%

Tableau 15. Scénario de sobriété énergétique du transport maritime des Pays de la Loire en 2050. La colonne « économies d'énergie » présente les réductions de consommation énergétique induites par les différentes actions, par rapport aux consommations 2050 du scénario tendanciel. Source : scénario Virage Énergie-Climat Pays de la Loire.

39 <http://www.techno-science.net/?onglet=news&news=5730>,
<http://www.b9energy.com/B9Shipping/tabid/4036/language/en-US/Default.aspx>

Le potentiel d'économie d'énergie est très important : environ 90% des consommations tendanciennes estimées pour 2050. Ce potentiel repose essentiellement sur des actions de sobriété des consommateurs (-35%) et sur la relocalisation des activités (-31%). Ceci est dû à la vocation de terminal d'hydrocarbures du GPMNSN. En effet, le trafic et la consommation d'énergie du port va nécessairement fortement diminuer du fait de l'application des mesures de sobriété énergétique et de production locale d'énergie renouvelable préconisées dans le scénario Virage Énergie-Climat Pays de la Loire (Figure 10).

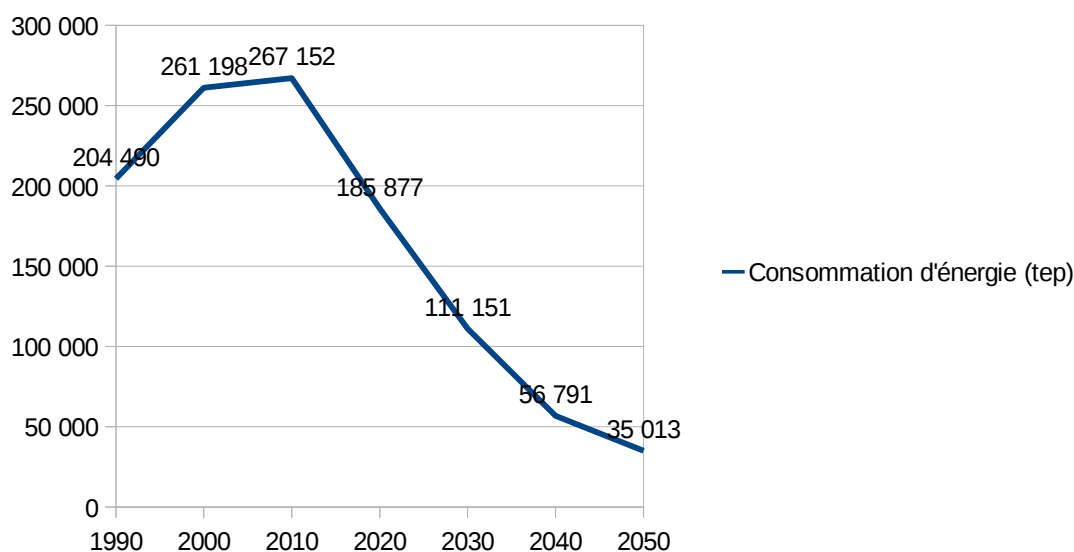


Figure 10. Evolution des consommations d'énergie du transport maritime des Pays de la Loire. Source : scénario Virage Énergie-Climat Pays de la Loire

5.4 Conclusion

La baisse de la consommation d'énergie du transport maritime des Pays de la Loire prévue dans le scénario Virage Énergie-Climat Pays de la Loire est amplifiée par la vocation actuelle essentielle du Grand Port Maritime Nantes Saint Nazaire : l'approvisionnement en énergies fossiles.

Les mesures du scénario VEC vont en effet aboutir en 2040 à l'arrêt des importations d'hydrocarbures et à une forte diminution de celles d'intrants agricoles dans la région et donc à une diminution très forte des consommations énergétiques du transport maritime à destination des Pays de la Loire.

Nous envisageons également une réduction forte des importations de biens manufacturés provenant actuellement essentiellement de Chine. Cette baisse devrait être pour partie compensée dans notre scénario par les actions de sobriété entreprises dans les autres secteurs d'activité, qui feront baisser la demande régionale de produits manufacturés. La relocalisation des activités, et des productions, évoquées [dans ce chapitre](#) et dans le chapitre agriculture devraient permettre dans un second temps de palier à la diminution des marchandises importées par voie maritime.

6 Potentiels de réduction des consommations d'énergie et des d'émissions de GES afférentes pour les transports des Pays de la Loire

La Figure 11 présente l'évolution des consommations d'énergie des transports des Pays de la Loire prévue dans le cadre de l'application du scénario Virage Énergie-Climat Pays de la Loire.

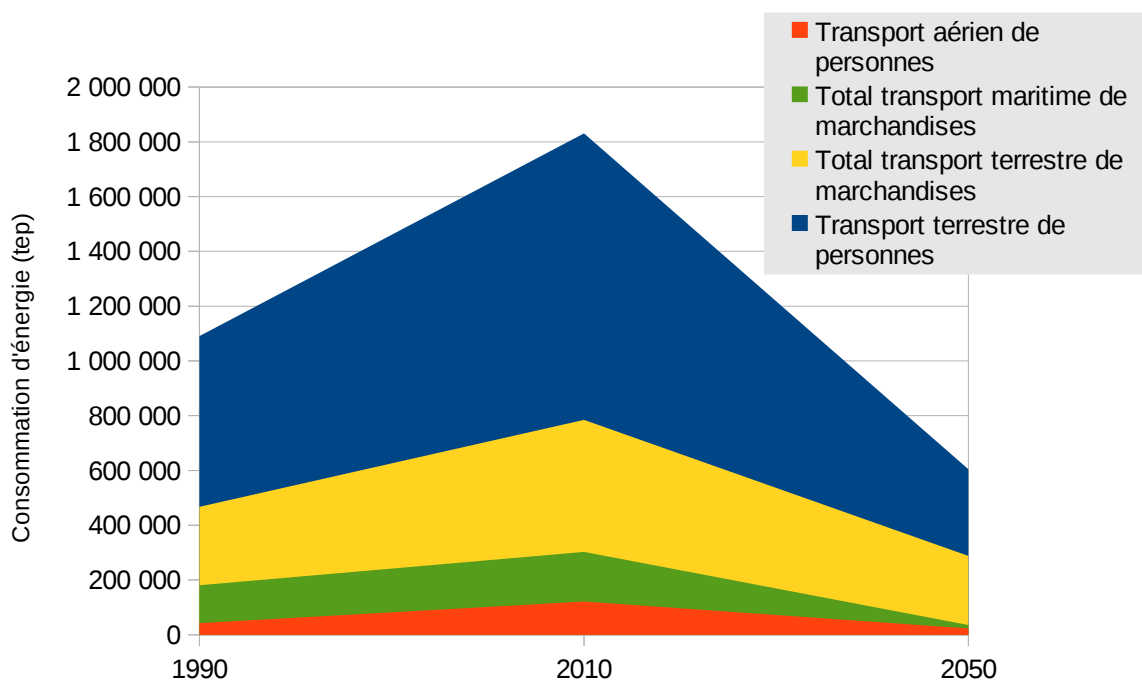


Figure 11. Évolution des consommations d'énergie des transports des Pays de la Loire 1990-2050. Source : scénario Virage Énergie-Climat Pays de la Loire.

Les consommations d'énergie du secteur des transports sont globalement divisés par 3 dans le cadre de notre scénario, par rapport à leur niveau de 2010. Le gisement de négaWatts est donc très important dans ce secteur.

6.1.1 Évolution de la nature des besoins en énergie des transports des Pays de la Loire

Dans notre scénario, le total du besoin en énergie pour les transports des Pays de la Loire est de 0,95 Mtep en 2050. Nous avons évalué dans le tableau suivant la répartition entre les besoins de type thermique et ceux de type électrique dans ce besoin d'énergie global.

	Consommation d'énergie en 2050 (tep)	Besoin en énergie thermique mobilité (%)	Besoin en énergie électrique mobilité (%)	Besoin en énergie thermique mobilité (tep)	Besoin en énergie électrique mobilité (tep)
Voitures	312 802	66%	34%	206 449	106 353
Covoiturage	95 869	50%	50%	47 935	47 935
Taxi, minibus	78 887	50%	50%	39 443	39 443
Transports collectifs terrestres	116 419	50%	50%	58 209	58 209
Transport aérien	22 893	100%	0%	22 893	0
Sous total déplacements de personnes	626 870			374 930	251 940
Camions	169 495	90%	10%	152 546	16 950
Transport de marchandises ferroviaire	118 249	0	100%	0	118 249
Transport maritime de marchandises	35 013	100%	0%	35 013	0
Sous total transport de marchandises	322 757			187 559	135 199
Total transports et déplacements	949 627			562 488	387 139

Tableau 16. Nature des besoins en énergie des transports des Pays de la Loire en 2050. Source : Scénario Virage Énergie Climat Pays de la Loire.

Du fait du développement important des transports en commun, notamment ferroviaires, et des voitures électriques, le besoin en électricité des transports des Pays de la Loire (0.39 Mtep) est en 2050 du même ordre de grandeur que le besoin en énergie thermique (0.62 Mtep pour alimenter les moteurs).

Nous préciserons dans le chapitre "synthèse" avec quelles énergies nous prévoyons de satisfaire la consommation résiduelle d'énergie des transports. Nous évaluerons ensuite les émissions de GES induites par le transport dans le scénario Virage Énergie Climat Pays de la Loire, en fonction du contenu carbone du bouquet énergétique qui les propulserons.

Le Tableau 17 présente un récapitulatif des consommations d'énergie et émissions de GES des transports terrestres, aériens et maritimes des Pays de la Loire, ainsi que le potentiel d'économies d'énergie estimé dans le scénario Virage Énergie Climat par secteur.

Type de transport	Consommation d'énergie 1990 (tep)	Consommation d'énergie 2010 (tep)	Consommation d'énergie 2050 (tep)	Évolution grâce aux économies d'énergie (ref. 2010)	Contribution à l'évolution du total de la région (ref. 2010)
<i>Transport terrestre de personnes</i>		1 830 892	603 977	-67%	-13%
<i>Transport aérien de personnes</i>	42 395	120 882	22 893	-81%	-1%
Total transport de personnes		1 951 774	626 870	-68%	-14%
Total transport terrestre de marchandises		784 668	287 744	-63%	-5%
Total transport maritime de marchandises		302 911	35 013	-88%	-3%
Total transport	1 809 271	3 039 352	949 935	-69%	-23%

Tableau 17. Estimations du potentiel d'économies d'énergie pour les transports des Pays de la Loire 1990-2050. Sources : 1990 : Explicit&VEC ; 2010 : Explicit actualisé&VEC ; 2050 : scénario Virage Énergie Climat.

La colonne évolution exprime la variation par rapport à son niveau de 2010. La colonne "contribution à l'évolution du total de la région" exprime la contribution de chaque ligne à l'évolution du total de la région en 2010.

D'importants potentiels d'économies d'énergie peuvent être réalisés dans les transports de personnes (-67% pour le transport terrestre et -81% pour le transport aérien par rapport à leurs niveaux de 2010), ainsi que dans le transport de marchandises (-63% sur terre et -88% sur mer, ref. 2010).

Le potentiel global d'économies d'énergies réalisable en 2050 dans les transports grâce au scénario Virage Énergie Climat s'élève à 66% des consommations d'énergies des transports des Pays de la Loire en 2010.

Le Tableau 18 présente un récapitulatif des émissions de GES évitées par secteur grâce aux économies d'énergie réalisées dans les transports terrestres, aériens et maritimes des Pays de la Loire, dans le cadre du scénario Virage Énergie Climat.

Type de transport	Emissions de GES 1990 (t eq.CO2)	Emissions de GES 2010 (t eq.CO2)	Emissions de GES 2050 (t eq.CO2)	Évolution grâce aux économies d'énergie (ref. 2010)	Contribution à l'évolution du total de la région (ref. 2010)
Transport terrestre de personnes		5 724 686	*	-66%	-12%
Transport aérien de personnes	91 400	234 935	79 301	-66%	-1%
Total transport de personnes		5 959 620	*	-69%	-13%
Total transport terrestre de marchandises		2 453 437	*	-63%	-5%
Total transport maritime de marchandises		992 336	114 703	-88%	-3%
Total transport	5 654 937	9 405 393	*	-69%	-21%

Tableau 18. Estimations du potentiel de réduction d'émissions de GES découlant des économies d'énergie réalisées dans les transports des Pays de la Loire 1990-2050. Sources : 1990 : Explicit&VEC ; 2010 : Explicit actualisé&VEC ; 2050 : scénario Virage Énergie Climat.

* : les émissions de GES des transports dépendent des sources d'énergie utilisées en 2050 et seront précisées dans le chapitre « synthèse » du scénario. L'évolution des émissions de GES de ce tableau ne concerne que les émissions de GES évitées en réalisant les économies d'énergie.

Les réductions d'émissions de GES découlant des économies d'énergie ont été estimées en multipliant les consommations d'énergie évitées (les « négaWatts »), par un facteur d'émission de GES moyen par unité d'énergie. Ce facteur d'émission moyen a été calculé en divisant les consommations d'énergie totales des transports régionaux par leurs émissions de GES, telles qu'estimées par Explicit (2009). Ce « contenu carbone moyen » de l'énergie des transports régionaux était égal à 3.1 teqCO2/tep en 1990, 2000 et 2006 (Explicit, 2009).

Faire les économies d'énergie préconisées par notre scénario permettrait de réduire de 2 tiers les émissions de GES des transports régionaux en 2050, par rapport à leur niveau de 2010 (-66%).

Globalement, l'exploitation du gisement de négaWatt des transports permettrait en 2050 de diminuer les consommations d'énergie totales de la région de 23% et les émissions de GES régionales de 21%, par rapport à leur niveau de 2010.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons brossé à grands traits un système de transports durables pour la région Pays de la Loire. Ce scénario d'avenir est basé sur une combinaison d'actions de sobriété et d'efficacité énergétiques, qui permettent de réduire de deux tiers la facture énergétique et les émissions de GES du secteur des transports en 2050 par rapport à leurs niveaux de 2010.

Les réductions importantes des consommations d'énergie des transports terrestres, les plus énergivores le bilan régional, sont obtenues pour un tiers en diminuant le nombre de trajets et leur distance (sobriété) et pour la moitié en reportant des déplacements effectués en voiture vers des modes de transport plus économes. En ce qui concerne le transport de marchandises terrestres, la forte réduction des consommations d'énergie repose pour moitié sur des actions de sobriété (relocalisation, économie circulaire...) et pour un tiers sur le report vers le rail.

Cette forte réduction du trafic routier ne peut se faire qu'en repensant en profondeur nos sociétés afin de relocaliser toutes nos activités.

Dans la vie quotidienne, les populations des territoires périurbains et ruraux sont en effet fortement pénalisées et dépendantes de la voiture individuelle. Au coût d'utilisation, s'ajoutent les conséquences sur l'environnement et la santé (émissions de gaz polluants, bruit, stress, encombrement des villes). Agir sur l'urbanisme, c'est à dire revoir l'implantation des habitations ainsi que la distribution des emplois et des services à l'origine des déplacements en voiture, permettrait de limiter cette dépendance.

Cependant, cela ne peut se concevoir que sur le long terme, par la mise en œuvre de politiques volontaristes de déplacements découpées en phases, pour assurer une continuité et une cohérence des actions avec les besoins de déplacement à l'échelle locale.

Ces actions d'aménagement du territoire devront s'articuler autour du développement massif des transports en commun, et notamment du transport ferroviaire, afin de proposer des modes de transport de personnes alternatifs à la route ou à l'aérien.

Le report du transport routier vers le fret ferroviaire, couplé à un soutien des circuits courts, une sobriété des consommateurs et des achats responsables permettraient de réaliser des économies d'énergie très importantes dans le transport des marchandises. Cependant, tant qu'il sera plus rentable de faire voyager les biens de consommation sur des milliers de kilomètres, plutôt que de les produire et de les consommer localement, la mise en œuvre efficace de nos propositions d'économies d'énergie pour le transport de marchandises demeurera difficile.

Il faudra donc mettre en œuvre, en plus des mesures d'aménagement du territoire, des mesures réglementaires de type taxe kilométrique ou introduction de critères de production locale dans les appels d'offres publics, afin de limiter les distances faramineuses parcourues par les biens de consommation pour réduire le bilan énergétique et climatique du transport de marchandises.

Sur un temps plus court, les solutions consistent à tirer parti de toutes les possibilités des technologies de l'information, à développer à l'échelle du bassin d'emploi des modes inédits d'utilisation et de partage de la voiture et à organiser à l'échelle du bassin de vie les mobilités de proximité. Depuis plusieurs années, de nouvelles pratiques et solutions alternatives à la voiture individuelle (voitures en autopartage, covoiturage, etc) se sont développées. Elles restent encore marginales et peu connues et doivent s'élargir en s'appuyant sur des communautés d'initiatives locales (collectivités locales, entreprises, associations, etc.).

Les économies d'énergie obtenues dans les transports aériens et maritimes reposent essentiellement sur la réduction de l'usage de ces modes de transport, car les gains d'efficacité énergétiques envisageables sont faibles. En lien avec la mutation du reste de la société, le trafic aérien diminue fortement, du fait de la baisse de l'approvisionnement en hydrocarbures et de la relocalisation des activités, qui induisent une forte diminution des déplacements lointains très polluants en avion. L'activité portuaire de la région est de même très fortement réduite du fait de l'arrêt des importations d'hydrocarbures.

Pour limiter nos déplacements automobiles et aériens au strict nécessaire, il faudra enfin globalement déconstruire les imaginaires en affirmant que la mobilité à outrance n'est pas forcément une bonne chose.

En effet, comme le dit le très officiel Centre d'Analyse Stratégique « qu'il s'agisse de voitures partagées ou d'organisation des activités et des services, les difficultés pour généraliser les expériences réussies ne sont pas d'ordre économique et financier, mais d'ordre culturel et social. Nos modes de pensée et de représentation, le cloisonnement des champs de responsabilité entre les entreprises, les particuliers et les collectivités publiques, l'accumulation de règles inadaptées, l'aversion de chacun à l'incertitude liée au changement sont autant de freins qui limitent la pertinence ou la portée des initiatives possibles.⁴⁰.»

L'objectif sera de dépasser la société de la voiture, synonyme de dépendance pétrolière et d'impasse climatique, afin de bâtir une société relocalisée, dont les transports et déplacements seraient propulsés durablement par des énergies renouvelables produites le plus localement possible. Perdant moins de temps dans des transports incessants et polluants, nous pourrions nous concentrer alors sur des activités plus essentielles et non polluantes.

40 Centre d'analyse stratégique : *Pour une nouvelle approche des mobilités dans les territoires péri-urbains et ruraux* (Note de synthèse 262 - Février 2012 : <http://www.strategie.gouv.fr/content/pour-une-nouvelle-approche-des-mobilites-dans-les-territoires-periurbains-et-ruraux-note-de->

7 Références

AXENNE-TML-ECOFYS (2007) – *Scénarios de forte réduction des émissions de gaz à effet de serre à l'horizon 2050.*, SESP, CDAT, 2007 Consultable à http://temis.documentation.equipement.gouv.fr/documents/temis/NS/NS_170_1.pdf.

CONSEIL GÉNÉRAL DES PONTS ET CHAUSSÉES (2006) – *Démarche prospective transports 2050. Eléments de réflexion*, 2006 Consultable à <http://www.ladocumentationfrancaise.fr/rapports-publics/064000342/index.shtml>.

DIRECTION DES ETUDES ECONOMIQUES ET DE L'EVALUATION ENVIRONNEMENTALE (2008) – *Déplacements touristiques des Français: hyper concentration des comportements les plus émetteurs de gaz à effet de serre.*, 2008 Consultable à http://temis.documentation.equipement.gouv.fr/documents/Temis/0068/Temis-0068535/LE_HS11_02_2008.pdf.

DIRECTION GÉNÉRALE DE LA COMPÉTITIVITÉ, DE L'INDUSTRIE ET DES SERVICES (2012) – Bilan du tourisme en 2011, Consultable à http://www.tourisme.gouv.fr/stat_etudes/bilans/2011/bilan-ete-2011.pdf.

DIRECTION GÉNÉRALE DE L'AVIATION CIVILE (2010) – Les émissions gazeuses en France liées au trafic aérien en 2009. Chiffres clefs. Décomposition par aéroport, Consultable à www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Emissionsn_gazeuses_Document_finalV1-1.pdf.

DIRECTION GÉNÉRALE DE L'AVIATION CIVILE (2007) – *L'utilisation du transport aérien. Enquête sur le taux de pénétration du transport aérien en France.*, 2007 Consultable à http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/enquete_07_07.pdf.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (2011) – *SC Opinion on Greenhouse Gas Accounting in Relation to Bioenergy*, European Environment Agency, 2011 Consultable à <http://www.eea.europa.eu/about-us/governance/scientific-committee/sc-opinions/opinions-on-scientific-issues/sc-opinion-on-greenhouse-gas/view> [Accédé le 7 octobre 2012].

EXPLICIT (2009) – Etude régionale sur l'énergie et l'effet de serre - Pays de la Loire, Consultable à http://paysdelaloire.ademe.fr/sites/default/files/files/ADEME%20en%20Pays%20de%20la%20Loire/Domains%20d%27intervention/Changement%20climatique/T%C3%A9nergie%20et%20environnement/Rapport_Bilan_PDL.pdf.

GIEC (1999) – *Aviation and the Global Atmosphere*, Cambridge University Press, UK, 1999, 373 p. Consultable à <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/french/vol2.html>.

INSEE PAYS DE LA LOIRE (2010a) – *Les transports et déplacements des habitants des Pays de la Loire*, 2010 Consultable à http://www.insee.fr/fr/themes/document.asp?reg_id=3&ref_id=16065 [Accédé le 7 octobre 2012].

INSEE PAYS DE LA LOIRE (2010b) – Les transports et déplacements des habitants des Pays de la Loire, Consultable à http://www.insee.fr/fr/themes/document.asp?reg_id=3&ref_id=16065 [Accédé le 10 janvier 2013].

MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE (2009) – Etude de l'efficacité énergétique et environnementale du transport maritime, Consultable à <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Etude-de-l-efficacite-energetique.html> [Accédé le 17 janvier 2013].

MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE (2010) – Etude énergétique et environnementale du passage portuaire, Consultable à <http://www.developpement-durable.gouv.fr/ETUDE-ENERGETIQUE-ET,20686.html> [Accédé le 17 janvier 2013].

ONERA (2011) – Transport aérien 2050 - Des recherches pour préparer l'avenir, Consultable à <http://www.onera.fr/dpra/ats2050/index.php> [Accédé le 4 septembre 2012].

PROJET D'AÉROPORT DU GRAND OUEST - NOTRE DAME DES LANDES (2006) – PIECE F Evaluation socio- économique et financière, *in Dossier d'enquête préalable à la déclaration d'utilité publique*, Ministère des transports,.

TRANSPORTATION RESEARCH BOARD (2009) – *Guidebook on Preparing Airport Greenhouse Gas Emissions Inventories*, 2009 Consultable à <http://144.171.11.107/Main/Public/Blurbs/160829.aspx> [Accédé le 30 août 2012].

Conseil général des ponts et chaussées. 2006. Démarche prospective transports 2050. Eléments de réflexion. CGPC les rapports. <http://www.ladocumentationfrancaise.fr/rapports-publics/064000342/index.shtml>.

Direction des Etudes Economiques et de l'Evaluation Environnementale. 2008. Déplacements touristiques des Français : hyper concentration des comportements les plus émetteurs de gaz à effet de serre. Evaluation : la Lettre de la Direction des Etudes Economiques et de l'Evaluation Environnementale. http://temis.documentation.equipement.gouv.fr/documents/Temis/0068/Temis-0068535/LE_HS11_02_2008.pdf.

Direction Générale de la compétitivité, de l'Industrie et des Services. 2012, July. Bilan du tourisme en 2011. http://www.tourisme.gouv.fr/stat_etudes/bilans/2011/bilan-ete-2011.pdf.

Direction Générale de l'Aviation Civile. 2007. L'utilisation du transport aérien. Enquête sur le taux de pénétration du transport aérien en France. Etudes et Enquêtes. http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/enquete_07_07.pdf.

Direction Générale de l'Aviation Civile. 2010. Les émissions gazeuses en France liées au trafic aérien en 2009. Chiffres clefs. Décomposition par aéroport. www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Emissionsn_gazeuses_Document_finalV1-1.pdf.

Explicit. 2009. Etude régionale sur l'énergie et l'effet de serre - Pays de la Loire. Préfecture, Région et Ademe des Pays de la Loire. http://paysdelaloire.ademe.fr/sites/default/files/files/ADEME%20en%20Pays%20de%20la%20Loire/Domaines%20d%27intervention/Changement%20climatique/T%C3%A9nergie%20et%20l%27effet%20de%20serre/Rapport_Bilan_PDL.pdf.

GIEC. 1999. Aviation and the Global Atmosphere. *In* Cambridge University Press, UK. *Edité par* J.E. Penner, D.H. Lister, D.J. Griggs, D.J. Dokken, and M. McFarland. from <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/french/vol2.html>.

ONERA. 2011, May. Transport aérien 2050 - Des recherches pour préparer l'avenir. ONERA. <http://www.onera.fr/dpra/ats2050/index.php> [accessed 4 September 2012].

Projet d'aéroport du grand Ouest - Notre Dame des Landes. 2006. PIECE F Evaluation socio- économique et financière. *In* Dossier d'enquête préalable à la déclaration d'utilité publique. Ministère des transports.

Transportation Research Board. 2009. Guidebook on Preparing Airport Greenhouse Gas Emissions Inventories. Airport Cooperative Research Program Report. <http://144.171.11.107/Main/Public/Blurbs/160829.aspx>.

Pour aller plus loin : bibliographie thématique

Documents généraux sur les transports et les déplacements

Etude nationale, enquête et déplacement, la mobilité des français 2008

http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/La_mobilite_des_Francais_ENTD_2008_revue_cle7b7471.pdf

Réseau Action Climat France (RAC-F) transport et changements climatiques

http://www.rac-f.org/DocuFixes/etudes/etude_transport_racf.pdf

Chaque Français émet en moyenne deux tonnes de CO2 par an pour effectuer ses déplacements,

http://www.certu.fr/fr/IMG/pdf/RevueCGDD-ENTD-article_CO213_12_10.pdf

site Ademe avec page sur transport

<http://www2.ademe.fr/servlet/KBaseShow?sort=-1&cid=96&m=3&catid=12618>

Étude Rhone Alpes Énergie,

http://www.ddrhonealpesraee.org/doc/ddrhonealpes/AT_RessNat_RAEE_energie_deplacements.pdf

Scénarios et propositions

L'analyse du livre blanc des transports de la commission européenne dans le contexte français (RAC-F)

<http://www.fnaut.asso.fr/images/docs/dossiers/db11anlbtrans.pdf>

Scénarios de forte réduction des émissions de gaz à effet de serre dans les transports et les bâtiments à l'horizon 2050

http://temis.documentation.equipement.gouv.fr/documents/temis/NS/NS_170_1.pdf

CERTU, mobilités et transport, le point sur, fiche 17 , réduction des émissions de gaz à effet de serre : viser juste

http://www.certu.fr/fr/_Mobilit%C3%A9_et_d%C3%A9placements-n25/Les_fiches_Mobilite_et_Transports-a2103-s_article_theme.html

Certu, Plan transport, urbanisme, gaz à effet de serre, Rapport de synthèse du GT2 "déplacements courtes distances"

<http://www.certu-catalogue.fr/plan-transport-urbanisme-gaz-a-effet-de-serre.html>

Centre d'analyse stratégique, Pour une nouvelle approche des mobilités dans les territoires périurbains et ruraux (Note de synthèse 262 - Février 2012)

<http://www.strategie.gouv.fr/content/pour-une-nouvelle-approche-des-mobilites-dans-les-territoires-periurbains-et-ruraux-note-de->

Étalement urbain, densification

Etalement urbain en Pays de la Loire

http://www.insee.fr/fr/insee_regions/pays-de-la-loire/themes/dossiers/dossier38/dossier38.pdf

Réseau Action Climat France (RAC-F) - Étalement urbain et changements climatiques : état des lieux et propositions

<http://www.rac-f.org/IMG/pdf/Etalement%20urbain%20et%20changements%20climatiquespdf.pdf>

Vélo, mode « doux » et ferroviaires

Fubicy, "Vélo : des clés pour réussir la transition"

http://www.fubicy.org/IMG/pdf/velo_-_des_clefs_pour_reussir_la_transition.pdf

Etude de Fédération Européenne des Cyclistes (ECF).

<http://carfree.free.fr/index.php/2011/12/14/comment-reduire-les-emissions-de-gaz-a-effet-de-serre-pour-les-nuls-tout-simplement-en-faisant-plus-souvent-du-velo/>

Valoriser l'étoile ferroviaire de Nantes, propositions de la FNAUT

http://www.nantes-citoyennete.com/X_FICHIERSPDF/090831contrib_Lugadet.pdf

Transport des marchandises

site Ademe, page sur les transports routiers

<http://www2.ademe.fr/servlet/KBaseShow?sort=-1&cid=96&m=3&catid=22274>

fiche action Ademe, les transporteurs s'engagent

http://www2.ademe.fr/servlet/getBin?name=B32ABC57001592E95B7DCE1FF17D8132_tomcatlocal1304588148211.pdf

relancer le fret non routier

<http://www.environnement-france.fr/0917-fret-ferroviaire-grenelle-environnement>

Transport aérien

Déplacement en avion : Déplacements touristiques des Français : hyper concentration des comportements les plus émetteurs de gaz à effet de serre.

<http://www.tourismeetcarbone.fr/documents/TC-Deplacements.touristiques.des.francais.2008.pdf>

L'avion : des voyages toujours plus nombreux et plus lointains, CGDD, la revue decembre 2010

http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/fileadmin/documents/_shared/pdf/8_RevueCGDD-ENTD-article_8_aerien_08_12_10_cle72bd5f.pdf

Forçage radiatif et communication des acteurs de l'aérien

http://mem-envi.ulb.ac.be/Memoires_en_pdf/MFE_09_10/MFE_Lepoutre_09_10.pdf