

Les cahiers de



INSTITUT DE L'ÉNERGIE ET DE L'ENVIRONNEMENT DE LA FRANCOPHONIE



Numéro 81 / Décembre 2008

N° 26 - Janvier 2009 - 15 euros

Vers la sortie de route ?

Les transports face aux défis de l'énergie et du climat



La revue Liaison Énergie-Francophonie est publiée trimestriellement par l'Institut de l'énergie et de l'environnement de la Francophonie (IEPF).

L'IEPF est un organe subsidiaire de l'Organisation internationale de la Francophonie.

56, rue Saint-Pierre, 3^e étage
Québec G1K 4A1 Canada
Téléphone: 1 (418) 692-5727
Télécopie: 1 (418) 692-5644
Courriel: iep@iep.org
Site internet: www.iep.org

Directeur de la publication

Fatimata Dia Touré

Comité éditorial interne

Faouzia Abdoulhalik
Sory I. Diabaté
Boufeldja Benabdallah
Louis-Noël Jail
Sibi Bonfils
Jean-Pierre Ndoutoum
Josée Cerone

Comité scientifique

Samir Allal
Louis-Noël Jail, IEPF
Sibi Bonfils, IEPF
Maryse Labriet, Pour en savoir plus
Fatima Dia Touré, IEPF
Benoît Martimort-Asso
Dominique Campana
Jacques Percebois
Yves Gagnon
Mustapha Taoumi
Christine Heuraux
Claude Villeneuve
Pascal Valentin Houénu
Jean-Philippe Waaub
Jean-Claude Jacques

Rubrique Pour en savoir plus :

Maryse Labriet, Pierre Cornut

Coordination de la rédaction : Pierre Cornut

Maquette : Philippe Malisan

Couverture d'après une idée et une maquette de :

Fabien Cornut, Agence de graphisme et de création 642.
contact@642.fr

Impression : Alliance +33 (0)1 41 50 68 82

Secrétariat, diffusion et abonnements :

Jacinthe Potvin et Pauline Malenfant, IEPF

Tirage

4000 exemplaires

Dépôt légal

Bibliothèque et Archives nationales du Québec
Bibliothèque et Archives du Canada

ISSN 0840-7827

Les textes et les opinions n'engagent que leurs auteurs. Les appellations, les limites, figurant sur les cartes de LEF n'impliquent de la part de l'Institut de l'énergie et de l'environnement de la Francophonie aucun jugement quant au statut juridique ou autre d'un territoire quelconque, ni la reconnaissance ou l'acceptation d'une limite particulière.

Prix de l'abonnement annuel (4 numéros)

40 \$ CAD; 33 \$ USD; 30 €; 16000 CFA;
380000 Dongs vietnamiens

Poste-publications - Convention N° 40034719

Imprimé en France

SOMMAIRE

Éditorial 4

CONSTATS, TENDANCES, NATURE DES MARGES DE MANŒUVRE

Le constat

L'état des lieux 7
Benjamin Dessus, Philippe Girard

Vitesse, mobilités et étalement urbain: le cercle vicieux? 18
Marie-Christine Zélem

Le poids des infrastructures dans la question des transports 22
Benjamin Dessus

L'empreinte écologique des transports 27
Natacha Gondran, Aurélien Boutaud

Les visions du futur

Des prévisions qui conduisent à une double impasse 32
Global Chance

Les transports en manque de pétrole 37
Jean-Luc Wingert

LA TECHNOLOGIE ET SES LIMITES

Le progrès technique

Quelles marges de progrès d'efficacité pour les technologies actuelles de véhicules légers et lourds? 41
Gabriel Plassat

La fée électricité sous le capot? 46
Benjamin Dessus

L'industrie automobile face au défi énergie-climat 51
François Jaumain

La voiture low cost n'est pas la solution pour la planète! 54
Denis Baupin

Émissions de CO2 des voitures neuves: l'Union Européenne joue la montre 59
Olivier Louchard, Pierre Cornut

États-Unis: vers une norme sur l'intensité carbone des carburants? 64
Daniel M. Kammen

Les carburants de substitution

Regards critiques sur la « folie agrocarburants » 68
Patrick Sadones, Jean-Denis Crola, Pierre Cornut

Des carburants liquides propres à partir du charbon ou du gaz? 74
Global Chance

SORTIR DE L'IMPASSE

Le rééquilibrage modal

Reports modaux croisés entre contraintes climatiques, incantations occidentales, et rêves asiatiques 80
Francis Papon

Gros Plan: Shanghai, une ville en voie de motorisation? Le développement du transport urbain à Shanghai 85
Chao-Fu Yeh

Pollution atmosphérique, émissions de CO2 et mobilité durable à Ho-Chi-Minh-Ville 90
Fouzi Benkhelifa

La maîtrise de la demande de transports

Produit Intérieur Brut et mobilité: quel couplage?

Quelle fatalité sur la croissance des transports? 95

Bertrand Château

De l'objet au service, une chance pour le citoyen

et l'environnement 98

Gabriel Plassat

La relocalisation de l'économie 102

Geneviève Azam, Philippe Mühlstein

Mobilité durable: quel compromis entre technologie et maîtrise des besoins?

..... 105

Bertrand Château

EXPÉRIENCES, PROPOSITIONS ET TÉMOIGNAGES

Mobilité urbaine en Afrique: quels modèles et quelles

inflexions face aux défis de l'énergie et du climat? 109

Xavier Godard

Gros Plan: La question de la mobilité vue de Douala 112

Maidadi Sahabana

Gros Plan: La démarche PDE dans la zone industrielle de Sidi Bernoussi au Maroc

..... 114

Samuel Watchueng

États-Unis: vers la fin d'un modèle basé sur l'étalement urbain? . 116

Carfree France / Global Chance

Évitez l'indigestion! Le défi énergétique et climatique

de la motorisation en Inde 119

Anumita Roychowdhury

Mécanisme de Développement Propre et transports urbains 123

Maryse Labriet

La mobilité et le transport rural en Afrique subsaharienne: économiser l'énergie des populations isolées

..... 127

Julien Allaire

Gros Plan: Une réponse aux besoins de déplacements en milieu rural: la bicyclette-ambulance en Ouganda

..... 132

Patrick G. Kayemba

TABLE RONDE

Maîtriser la vitesse et l'espace?

..... 136

avec Fabrice Flipo, Hervé Kempf, Philippe Mühlstein, Marc Wiel,

animée par Benjamin Dessus

POUR EN SAVOIR PLUS

Transports, énergie et climat 142

Maryse Labriet, Pierre Cornut

Les cahiers de



Global Chance

Association loi de 1901 à but non lucratif (status sur simple demande)

17 ter, rue du Val

92190 Meudon

France

Téléphone : 33 (0)1 46 26 31 57

contact@global-chance.org

www.global-chance.org

Édition commune Liaison Énergie-Francophonie et Cahiers de Global Chance

Ce numéro des Cahiers de Global Chance est consultable à <http://www.agora21.org> rubrique Bibliothèque/Édition sur Agora 21 et sur www.global-chance.org.

Numéros précédents:

N° 11 - avril 1999 - Le nucléaire en débat - N'avons-nous pas le temps d'élaborer des solutions acceptables.

N° 12 - novembre 1999 - Environnement et mondialisation.

N° 13 - novembre 2000 - Faire l'économie du nucléaire? Un rapport récent relance le débat.

N° 14 - mars 2001 - Changement climatique. Les politiques dans la tourmente. Coédité avec le Courrier de la Planète.

N° 15 - février 2002 - Les énergies renouvelables face au défi du développement durable.

N° 16 - novembre 2002 - Maîtrise de l'énergie et développement durable.

N° 17 - septembre 2003 - Débat énergie - Une autre politique est possible.

N° hors série - janvier 2003 - Petit mémento énergétique. Éléments pour un débat sur l'énergie en France.

N° 18 - janvier 2004 - Le réacteur EPR: un projet inutile et dangereux.

N° 19 - juin 2004 - Climat, Énergie: éviter la surchauffe.

N° 20 - février 2005 - Les utopies technologiques: alibi politique, infantilisation du citoyen ou lendemains qui chantent.

N° hors série - septembre 2005 - Petit mémento des déchets nucléaires - Éléments pour un débat sur les déchets nucléaires en France

N° 21 - mai 2006 - Développement, Énergie, Environnement: changer de paradigme.

N° 22 - novembre 2006 - Débattre publiquement du nucléaire?

N° 23 - avril 2007 - Énergies renouvelables, développement et environnement: discours, réalités et perspectives (en coédition avec Liaison Énergie-Francophonie)

N° hors série - septembre 2007 - Petit mémento des énergies renouvelables. Éléments pour un débat sur les énergies renouvelables en France.

N° 24 - mars 2008 - De Grenelle à Bali: avancées, incertitudes, contradictions et perspectives.

N° 25 - septembre 2008 - Nucléaire: la grande illusion. Promesses, déboires et menaces.

Les cahiers de Global Chance

N° 26

Janvier 2009

ISSN - 1270.377X

Directeur de la publication: Benjamin Dessus

Rédaction: Pierre Cornut

Maquette: Philippe Malisan

Impression: Alliance

ABONNEMENT AUX CAHIERS DE GLOBAL CHANCE

Deux numéros par an

Nom :

Organisme :

Adresse :

Code postal : Commune :

Pays :

Abonnement individuel 25 € x =

Abonnement d'institutions ou d'organismes 80 € x =

Soutien exceptionnel à l'association =

Total =

Éditorial

L'actualité récente nous rappelle que la question des transports, aussi bien dans les pays du Nord que du Sud, aussi bien des personnes que des marchandises, est au cœur des grands défis et des grandes contradictions de ce début de siècle. Socle historique encore incontesté du développement des échanges et du commerce tous deux considérés comme indissociables du développement économique et social, les transports sont à la fois :

- symbole constamment réaffirmé de liberté et de modernité des sociétés
- enjeu industriel majeur pour les très puissantes multinationales de l'automobile, de l'aviation, de la construction navale et du pétrole, qui représentent à elles seules une part considérable de la richesse globale des entreprises,
- enjeu pour les États, aussi bien par l'activité et l'emploi qu'ils génèrent que par leurs répercussions sur l'aménagement des territoires,
- défi financier en raison des contraintes d'investissements structurels qu'ils engendrent,
- source d'externalités négatives en termes de santé, d'accidentologie, d'environnement local,
- enjeu majeur pour la planète avec les menaces d'épuisement du pétrole et du réchauffement climatique dont ils sont largement responsables.

Mais le modèle du « toujours plus loin, toujours plus vite », étroitement lié à la logique du système économique et énergétique actuel, est en train de trouver ses propres limites comme le montrent bien les propos tenus en mai 2008, à l'occasion du Forum international de Leipzig, par le secrétaire exécutif de la Convention climat Yvo de Boer qui n'a pas hésité à interpeller les acteurs des transports en ces termes : « Les tendances actuelles du



Fatimata Dia Touré
Directrice de l'IEPF



Benjamin Dessus
Président de Global Chance

secteur des transports vont toutes à l'encontre de ce que la science nous dit de faire, les politiques actuelles en matière de transport sont totalement inadaptées... Les nouvelles technologies seront certainement utiles, mais on ne peut attendre tout bonnement des solutions magiques ».

Il était logique que l'IEPF et Global Chance, étroitement associés depuis longtemps aux débats et aux recherches de solutions sur les questions énergétiques et environnementales liées au développement, aussi bien au Sud qu'au Nord, consacrent un numéro conjoint de leurs revues, Liaison énergie Francophonie et les Cahiers Global Chance, à cette problématique complexe.

Nous tentons de le faire aujourd'hui avec modestie.

Modestie tout d'abord parce que nous savons bien que nous ne sommes pas des spécialistes des questions de transport. Mais il faut reconnaître qu'il n'est pas aisé pour le grand public de trouver dans la littérature consacrée à ces questions une expertise et des analyses à la fois indépendantes, précises et accessibles : les visions techniques, industrielles et sociales partielles prédominent. Ou bien elles sont sous-tendues par des habitudes de pensée occidentales rarement remises en cause, ou bien elles émanent de spécialistes très compétents mais pointus dont l'analyse a bien du mal à dégager l'essentiel de l'accessoire au niveau planétaire. D'autant que, comme le disait le Secrétaire Exécutif de la convention climat au Forum cité plus haut, « il n'existe à l'heure actuelle aucun ensemble d'indicateurs reconnus »

C'est pourquoi nous avons souhaité, en tant que généralistes des questions d'énergie et d'environnement, mettre en perspective la question des transports dans les préoccupations actuelles concernant les ressources énergétiques et l'environnement global.

Modestie aussi parce que nous sommes bien conscients du biais que risque de provoquer dans une analyse des transports mondiaux le fait de n'aborder que la question des consommations énergétiques et des émissions de GES, alors que bien d'autres déterminants majeurs viennent participer au jeu complexe qui se joue entre le développement, l'environnement et les transports.

Modestie enfin, parce que, même dans le cadre d'étude restreint que nous avons défini, notre analyse reste très partielle, puisque nous avons surtout mis l'accent sur la question des transports terrestres et n'avons pas pu suffisamment refléter la diversité des points de vue et des cultures, ceux du sud notamment, qui caractérise ce secteur.

Nous espérons cependant que le dossier que nous vous présentons permettra au lecteur de mieux comprendre les défis, les enjeux et les risques associés au développement des transports. Il s'organise en trois chapitres principaux.

Le premier, propose un état des lieux mondial et régional, historique mais aussi prévisionnel, de l'évolution des consommations et des émissions mondiales des différents modes de transport et de leurs principaux déterminants. Globalement, ce chapitre montre que la poursuite des tendances et des politiques actuelles nous conduit droit dans le mur.

Le second chapitre analyse les marges de manœuvre que peut dégager la pénétration de technologies nouvelles dans les différents modes de

transport vis-à-vis des défis de sécurité énergétique et de réchauffement climatique.

L'analyse montre que malgré ses vertus indéniables, une rapide pénétration des divers progrès techniques raisonnablement vraisemblables est très insuffisante pour compenser à elle seule une croissance non contrôlée des transports de passagers et de marchandises telle qu'elle ressort de la plupart des scénarios prévisionnels.

Le dernier chapitre tente de rebattre les cartes en proposant des pistes nouvelles susceptibles de provoquer un changement du paradigme dans lequel nous sommes aujourd'hui enfermés : transferts de la route et de l'aérien vers le rail, de la voiture vers les transports en commun, relocalisation de la production des biens, circuit court du producteur au consommateur, etc.

Plusieurs articles concernant des pays du Sud ou des pays du Nord explicitent des politiques ou des initiatives diverses pour illustrer par des exemples concrets les différents propos de ces deux derniers chapitres.

Le dossier se termine par une table ronde consacrée à des questions sociales, culturelles et économiques telles que notre relation à la mobilité et à la vitesse, les conséquences de la mondialisation, etc.

Nous espérons que ce dossier aidera nos lecteurs à prendre une conscience, éclairée par les faits, de l'ampleur du défi que constituent les transports et de la nécessité de repenser collectivement nos modes et modèles de vie, nos modes de production et d'échanges, pour rendre compatibles la mobilité des hommes et des biens avec la notion même de développement durable.

CONSTATS, TENDANCES, MARGES DE MANŒUVRE

LE CONSTAT

LES VISIONS DU FUTUR

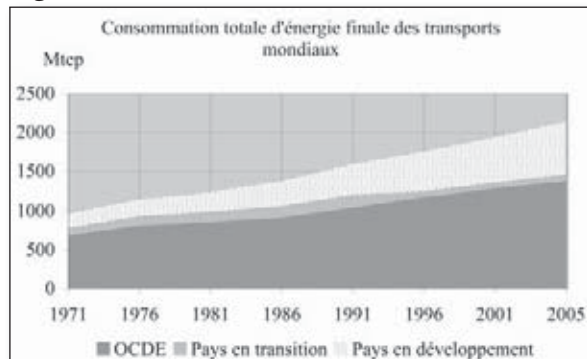
L'état des lieux

La crise pétrolière que nous connaissons et les préoccupations liées au réchauffement climatique ont replacé au centre de nos préoccupations la question des transports. La très forte dépendance au pétrole qui résulte de leur croissance rapide au cours des 30 dernières années et ses conséquences sur les émissions de gaz carbonique (CO₂) sont au cœur des préoccupations de la plupart des pays et ceci d'autant que l'histoire, au cours des dernières décennies, montre une liaison étroite entre le développement économique et la croissance de la mobilité des personnes et des biens. Dans ces conditions, les taux de croissance élevés de grands pays comme la Chine l'Inde le Brésil ou la Russie et la croissance des transports associée apparaissent bien souvent comme autant de menaces pour la sécurité énergétique des pays actuellement les plus développés et pour le climat de la planète.

Mais cette question des transports mondiaux recouvre des réalités très diverses selon les modes de transport, les régions du monde et l'état de développement des économies. Il est donc utile d'en dresser un premier état des lieux.

Les consommations énergétiques

Figure 1



Source : Enerdata



Benjamin Dessus

président de l'association Global Chance, ingénieur et économiste, traite depuis une trentaine d'années des problèmes d'énergie et d'environnement, d'abord au sein d'EDF puis de l'AFME et du CNRS.



Philippe Girard

ancien élève de l'ENS de Saint Cloud, travaille actuellement au sein d'EDF Trading. Il a par ailleurs présidé le club Economie et stratégie d'ECRIN qui a publié en 2008 « Prospective sur les carburants : éléments de réflexion sur l'évolution de l'offre et de la demande en couple moteurs carburants à l'horizon 2050 ».

En 34 ans, la consommation d'énergie finale des transports mondiaux s'est multipliée par un facteur 2,2 (figure 1) avec des situations contrastées selon les régions du monde : une croissance soutenue et assez continue dans les pays de l'OCDE (2 % par an) qui représentent encore 64 % de la consommation mondiale de transport (contre 71 % en 1971), une chute brutale autour de 1990 dans les pays en transition qui témoigne de la profonde crise économique subie par la Russie suivie d'une lente remontée depuis 1996, une explosion dans les pays en développement avec un taux de croissance annuelle de 4 % par an sur la période et une participation de 32 % au bilan final en 2005 contre 19 % en 1971.

La déclinaison par modes de transports de cette consommation, qui fait l'objet des figures 2 à 6, est riche d'enseignement.

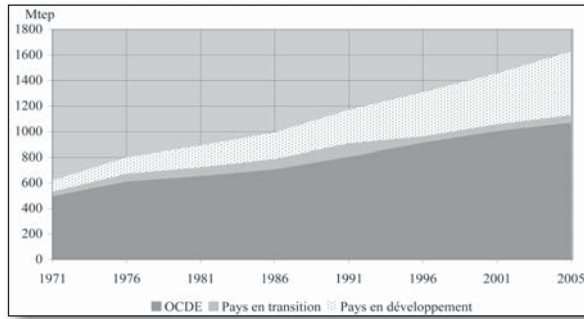
Transports routiers

Le principal poste de consommation est le transport routier (marchandises et passagers) avec 1630 Mtep. A 97 % prisonnier des carburants pétroliers, il renforce sa prééminence de 12 points dans le bilan, avec 76 % du total en 2005 contre 64 % en 1971 : une multiplication par 2,6 au niveau mondial des consommations

de ce mode, par 2,2 dans les pays de l'OCDE, mais par 5,6 dans les pays en développement, une forte croissance dans les pays en transition entre 1971 et la fin des années 80, suivie d'une chute d'un facteur deux après la chute du mur de Berlin et d'une lente remontée.

Au niveau mondial, la consommation des transports routiers de marchandises représente 35 % du total des transports routiers en 2004.

Figure 2: Consommation d'énergie finale des transports routiers mondiaux.

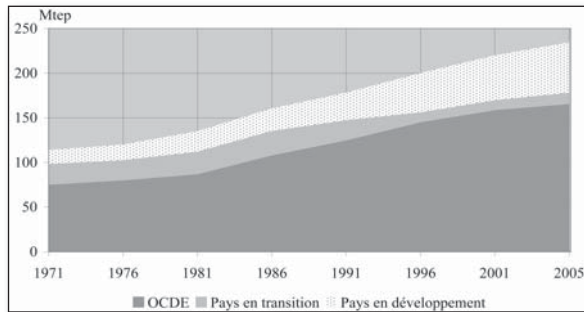


Source: Enerdata

Transports aériens

Le second poste de consommation mondiale, également totalement prisonnier des produits pétroliers, est celui des transports aériens, loin cependant derrière la route, avec 235 Mtep (11 % du bilan final) contre 113 Mtep en 1971. Après une période de croissance modérée jusqu'au début des années 80, à cause des crises pétrolières, sa consommation connaît ensuite une croissance mondiale très rapide jusqu'en 2000 (3 %) et un peu plus modérée depuis le début du siècle (2 % par an). La part des pays en développement dans cette consommation, encore marginale dans le bilan en 1971 (14 %) augmente rapidement (24 % en 2005).

Figure 3: Consommation énergétique finale du transport aérien mondial.



Source: Enerdata

Transports ferroviaires

Les transports ferroviaires mondiaux sont le seul mode de transport dont la consommation diminue très sensiblement sur la période, non seulement en valeur relative (de 8 % en 1971 à moins de 3 % en 2005), mais aussi en valeur absolue (de 77 Mtep en 1971 à 61 Mtep en 2005): une diminution de 25 % pour l'OCDE en première période, puis une stabilisation depuis 1986, un effondrement dans les pays en transition dont le trafic ferroviaire était très important du temps de l'URSS, une croissance de 40 % dans les pays en développement. A l'intérieur de ces entités régionales, on constate cependant de très fortes disparités. Au

sein de l'OCDE par exemple, dans un contexte de décroissance globale du mode ferroviaire, les Etats Unis, à forte tradition de transport ferroviaire de marchandises, augmentent leur consommation de 10 % pour ce trafic alors que l'Europe la voit décroître de 40 %. Dans les pays en développement qui sont loin de disposer tous de réseaux ferroviaires, c'est la Chine qui tire la consommation du secteur, alors que celle de l'Inde, après s'être effondrée pendant toute la première période, se redresse dans la dernière décennie comme le montre le tableau ci dessous :

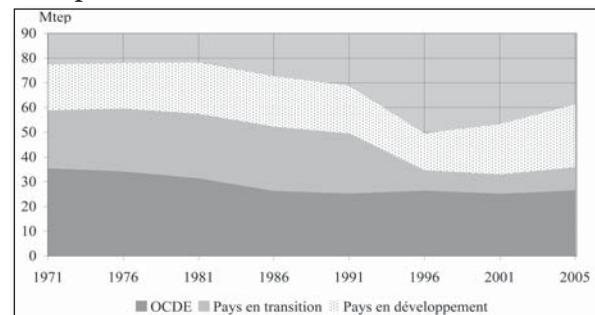
Tableau 1: Evolution des consommations d'énergie finale des transports ferroviaires en Inde et en Chine de 1971 à 2005.

Mtep	1971	1976	1981	1986	1991	1996	2001	2005
Chine	6,4	8,1	11,5	12,4	12,9	10,4	14,8	15,0
Inde	8,7	7,6	6,0	5,0	4,1	1,7	2,4	2,6

Source: Enerdata

En 2005, la Chine compte à elle seule pour 60 % des consommations d'énergie des transports ferroviaires de l'ensemble des pays en développement.

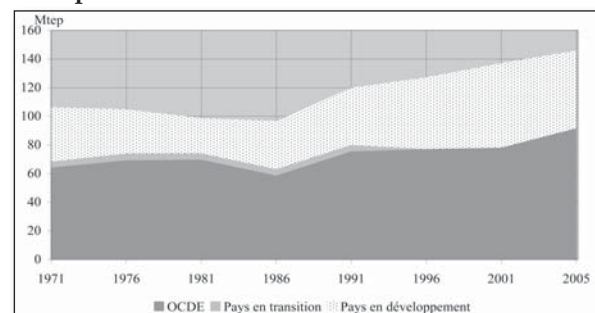
Figure 4: Consommation d'énergie finale du transport ferroviaire mondial.



Source: Enerdata

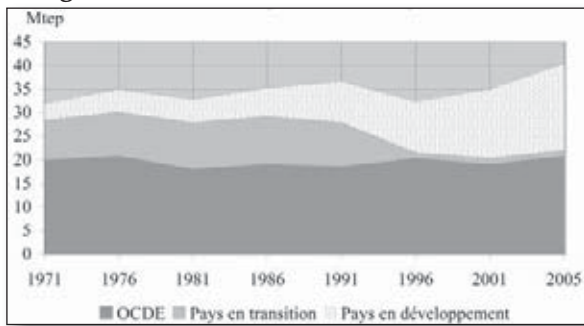
Le cabotage et les transports maritimes internationaux

Figure 5: Consommation d'énergie finale des transports maritimes mondiaux.



Source: Enerdata

Figure 6: Consommation d'énergie finale du cabotage mondial.



Source : Enerdata

Ces deux postes sont en croissance sensible malgré la chute spectaculaire constatée depuis le début des années 90 dans les pays en transition. Tirées par la mondialisation des échanges, les consommations de transport maritime, après une chute au début des années 80, augmentent fortement depuis 1985 (60 %) pour l'OCDE et les pays en développement. L'Asie du Sud Est avec l'Inde et plus encore la Chine en sont les premiers responsables. Les consommations du cabotage, stables pour les pays de l'OCDE et devenues totalement marginales pour les pays en transition, sont tirées par les pays en développement où elles explosent littéralement (une multiplication par 6) en particulier en Chine (9 Mtep en 2005 contre 0,2 en 1971 !).

Il faut noter que l'ensemble des transports par bateaux, complètement dépendants du pétrole, atteint en 2005 une consommation finale de 206 Mtep, juste derrière le transport aérien.

Au total, les trois modes de transport très majoritairement dépendants du pétrole (routier, aérien, bateaux) atteignent une consommation de 2068 Mtep soit 97 % du total de l'énergie finale consommée par les transports.

Gaz à effet de serre

La consommation de pétrole des transports mondiaux (et beaucoup plus marginalement d'électricité produite à partir de combustibles fossiles) provoque actuellement des émissions de gaz carbonique de l'ordre de 7 000 Mtonnes, 27 % de l'ensemble des émissions de CO₂ du système énergétique mondial. Ces émissions ont été en croissance constante depuis 30 ans. En 1971, ces émissions ne représentaient que moins de 20 % de l'ensemble des émissions de CO₂ et en 1990 23 %. Mais les transports contribuent aussi aux émissions de gaz à effet de serre sous la forme d'émissions de méthane et beaucoup plus marginalement de protoxyde d'azote. On peut en effet leur attribuer une

part de l'ordre de 60 % des émissions fugitives de la chaîne d'approvisionnement raffinage et stockage du pétrole estimées à 40 Mtonnes de méthane par an¹, soit 25 Mtonnes. Avec un PRG à 100 ans de 21 (en 2108) la contribution supplémentaire atteint 525 Mt d'équivalent CO₂. Mais si l'on s'intéresse aux conséquences à plus court terme, par exemple 2030, les émissions équivalentes passent à plus de 1 800 Mt d'équivalent CO₂.

Au total, en tenant compte aussi des émissions de protoxyde d'azote, les émissions des transports mondiaux sont équivalentes à l'horizon 2030 à celles de 9 000 Mtonnes de CO₂ et à l'horizon 2110 à celles de 7 700 Mtonnes de CO₂.

Derrière ces différents chiffres se cachent des évolutions contrastées de trafics et de progrès technique pour chaque mode de transport et chaque région du monde.

Les transports routiers: Une augmentation continue des trafics de passagers et de marchandises, mais des disparités de mobilité qui s'accroissent.

Le tableau n° 2 montre la très forte inégalité d'accès aux divers transports routiers des différents pays du monde: un facteur 1 000 environ entre le nombre de véhicules par habitant dans les pays industrialisés les plus riches et celui de la plupart des pays les moins avancés.

Tableau 2: Evolution du taux d'équipement en véhicules particuliers et véhicules utilitaires de différents pays entre 1985 et 2007.

Véhicules/1000 habitants	1971	2007
Union Européenne	380	593
États-Unis	708	824
Corée du Sud	25	331
Japon	375	594
Argentine	173	196
Brésil	86	127
Chine	3	28
Inde	3	13
Nigeria	2	7
Mali	1	4
Bangladesh, Tanzanie, Arménie, Ethiopie, etc	nd	< 1

Source : CCFA « Densité automobile par pays en 2007 », www.cdfa.fr et Géopopulation, www.geopopulation.com

La croissance significative du nombre de véhicules par habitant constatée (souvent un facteur 3 ou 4 dans les pays les plus pauvres) masque une part

1 - Réduire le méthane: l'autre défi du changement climatique, B Dessus et B Laponche, document de travail AFD, département de la recherche 2008. WWW.afd.fr

de la réalité. En effet, dans la plupart des pays les plus pauvres, l'augmentation du nombre de véhicules par habitant est loin d'être suffisante pour éviter l'exclusion d'un nombre croissant d'habitants de ce type de transport du fait de la croissance démographique. Au Nigeria par exemple, alors que la population en 1985 atteignait 75 millions d'habitants et le parc 150 000 véhicules, elle atteint 130 millions d'habitants et 875 000 véhicules en 2007. En faisant l'hypothèse qu'un véhicule particulier permet l'accès de 10 personnes en moyenne au service automobile, cet accès est passé de 1,5 à 9 millions de personnes. Les exclus du service automobile sont donc passés de 73,5 millions à 121 millions de personnes entre 1985 et 2007 dans ce pays.

Les voitures particulières et les petits utilitaires

Alors que le parc mondial de voitures particulières (vp) et petits utilitaires (pu) ne dépassait pas 100 millions de voitures en 1955, il atteignait déjà 375 millions en 1990, et près de 900 millions 50 ans plus tard : une progression moyenne et assez constante de 4 % par an au cours de cette période, bien supérieure à celle de la population mondiale (1,7 %/an).

Alors que les taux d'équipement par habitant atteignent des valeurs très élevées dans les pays riches (82 % aux Etats Unis et presque 60 % en Europe et au Japon), ils restent encore très faibles dans les pays émergents (12,3 % au Brésil, 2,8 % en Chine, 1,3 % en Inde) malgré une très rapide progression (près de 50 millions d'immatriculations nouvelles contre 28 en 1980).

- Une amélioration des performances des véhicules mais de fortes disparités régionales

Tableau 3 : Evolution des consommations spécifiques moyennes de 1985 à 2004 selon les régions.

Litres/100km	1985	2004
OCDE	11,5	9,3
Amérique du Nord	13	11,6
Europe	10	7,7
Pacifique	12	8,6
Pays en transition	12	10
Pays en développement	12,5	10,3
Chine	12	11,3
Inde	12	10,1
Brésil	13	9,1

Sources : L'auto- condamnation : un exercice de prospective mondiale pour l'automobile Les Cahiers du CLIP 1993, et AIE Energy Outlook 2006.

Ce tableau montre que les progrès très sensibles d'efficacité énergétique des voitures particulières ont été en partie annulés par la montée en puissance et en poids des parcs automobiles. Globale-

ment le gain d'efficacité est cependant de l'ordre de 20 % en 20 ans. On constate d'autre part une différence encore importante entre les consommations moyennes des parcs automobiles européens et japonais et ceux de l'Amérique du Nord ou des pays en développement (de 30 à 50 %).

En même temps, la généralisation de la circulation automobile dans les villes où les conditions de circulation sont particulièrement défavorables à l'usage de la voiture engendre une dégradation sensible des performances réelles des véhicules.

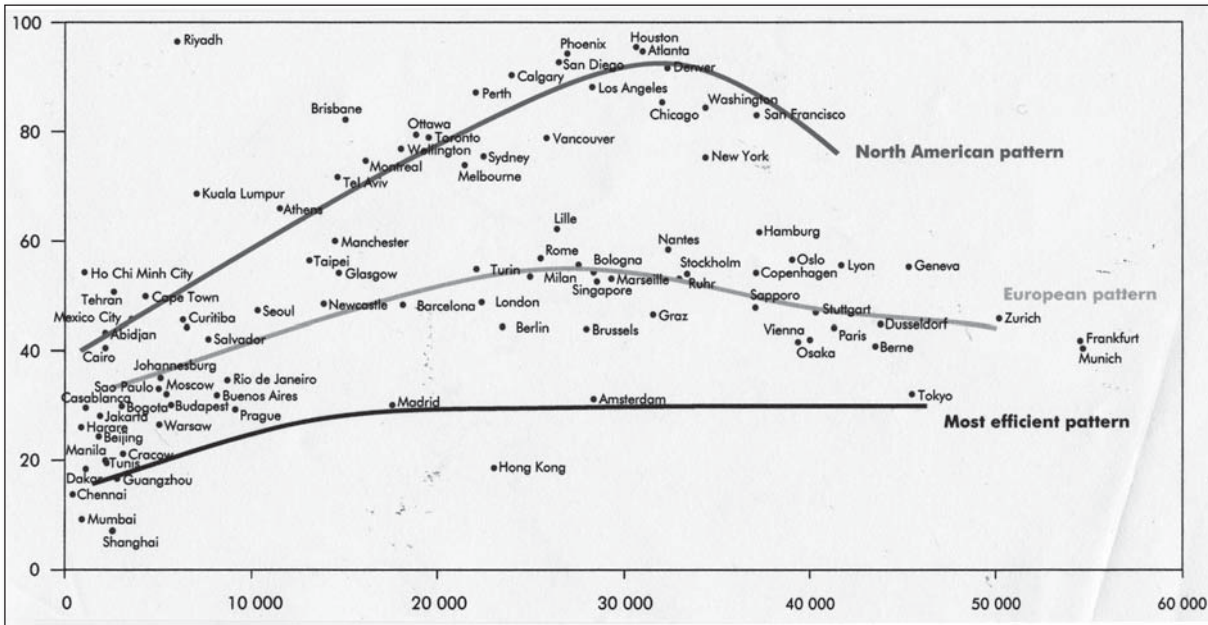
A ce propos les deux graphiques ci dessous sont éloquentes :

Le graphique 7 qui indique la part des trajets effectués en véhicule individuel en fonction de la richesse des habitants des villes montre trois modèles très divergents :

- Le modèle américain caractérisé par une croissance très rapide du transport automobile jusqu'à des Pib/hab de l'ordre de 30 000 dollars et des taux de plus de 90 %, puis une légère décroissance au delà de 30 000 \$ de pib.
- Le modèle européen avec une saturation du taux de transport en voiture qui se situe aussi vers 30 000 \$ de pib/hab, mais à une valeur de l'ordre de 55 % et une décroissance ensuite vers 50 % aux pib les plus élevés.
- Le modèle le plus efficace enfin où la saturation du taux de trajets en voiture se produit pour des pib/hab nettement plus faibles (20 000 dollars) à une valeur de l'ordre de 35 %. C'est le cas de villes comme Madrid, Amsterdam ou Tokyo.



Figure 7: Trois modèles contrastés de déplacement dans les villes du monde en fonction de la richesse de leurs habitants

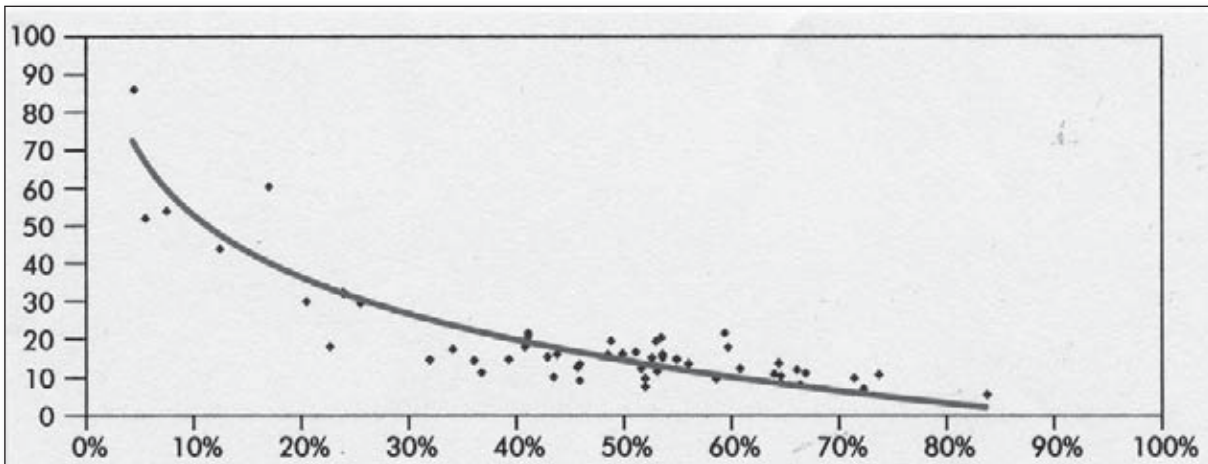


Source: AIE Energy technology perspectives 2008

Le graphique 8 quant à lui montre l'évolution de la consommation annuelle d'énergie d'un individu moyen en ville en fonction du taux de trajets effectués quotidiennement en transport en commun, à bicyclette ou à pied. Dans les villes américaines comme Atlanta ou Houston où 95 % des trajets sont faits en voiture individuelle,

la consommation d'énergie est 7 ou 8 fois supérieure à celle d'habitants de villes comme Madrid, Amsterdam, Casablanca, Buenos Aires ou Tokyo où 30 % à 35 % des trajets ont lieu en voiture et 4 fois supérieure à celle d'habitants de villes comme Mexico ou Londres où 50 % des trajets s'effectuent en voiture.

Figure 8: Consommation d'énergie des transports en ville en fonction du taux de déplacement hors véhicule particulier



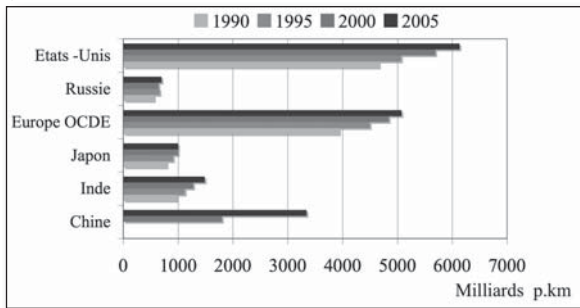
Source: AIE Energy technology perspectives 2008

- Une augmentation des trafics dans tous les pays du monde avec une inflexion très récente dans les pays riches.

Les statistiques d'évolution du trafic routier de passagers ne sont ni complètes ni uniformément fiables. Il n'est donc pas possible de donner une bonne estimation de cette évolution par grande région du monde. Mais l'exemple d'un certain nombre de grands pays permet de dégager les tendances principales d'évolution depuis une quinzaine d'années.

Les deux graphiques qui suivent montrent l'évolution depuis 1990 du trafic de l'ensemble des transports routiers de passagers. Il inclut donc en plus du trafic automobile celui des deux (ou trois roues) et celui des cars et des bus.

Figure 9. Evolution des trafics routiers de passagers de 1990 à 2005 (milliards de p.km).



Source: François Cuenot, AIE

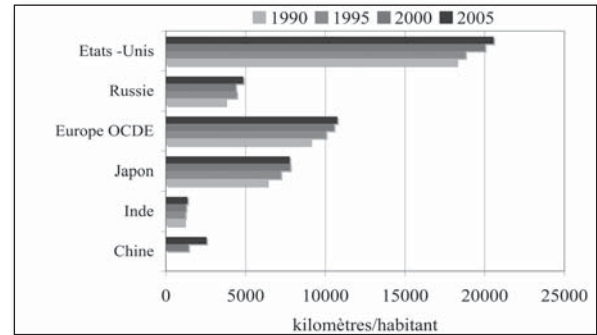
Partout, la croissance des trafics routiers de passagers est très étroitement liée à la croissance du produit intérieur brut des différents pays analysés.

Dans les pays de l'OCDE, l'augmentation du trafic reste vive entre 1990 et 2005 (29 % en Europe et 30 % aux Etats Unis, 27 % au Japon). Elle explose dans les grands pays émergents, en Inde avec une croissance de 57 % en 15 ans et en Chine avec une croissance de 86 % en 5 ans, supérieure à la croissance du PIB au cours de la même période.

En valeur absolue, la prééminence traditionnelle des Etats Unis et de l'Europe dans les trafics routiers est fortement entamée par celle des pays émergents. En 2005 la Chine et l'Inde réunies rattrapent quasiment le trafic européen.

La figure 10 permet d'apprécier l'évolution des trajets annuels par habitant effectués par la route de ces mêmes pays.

Figure 10. Evolution du nombre de km routiers par an effectué par un habitant selon les pays entre 1990 et 2005 (km/an/hab).



Aux Etats Unis, en Europe et au Japon, l'augmentation de la mobilité routière per capita est encore significative au cours de ces 15 dernières années (respectivement 13 %, 19 % et 22 %). Elle atteint 30 % en Russie, 19 % en Inde et 80 % en Chine: un rapport 10 à 15 entre les pays les plus riches et les pays émergents et probablement 10 fois plus important encore avec la plupart des pays les moins avancés.

Dans la période post 2005 une inflexion de cette tendance à une hausse constante s'est fait sentir en Europe et aux Etats Unis en réponse à la flambée des prix du pétrole. Mais il est trop tôt pour en inférer des tendances à plus long terme surtout dans un environnement de prix pétroliers qui fluctue très rapidement au gré de la conjoncture internationale.

Les véhicules de transport routier de marchandises et de transport collectif (cars et bus)

Le parc mondial de véhicules de transport routiers et de transport collectif dépasse 200 millions de véhicules en 2008. Près de la moitié de ce parc est concentrée aux Etats-Unis.

Tableau 4: Répartition régionale du parc de véhicules de transport de marchandises et de transport collectif.

Régions	Part du parc
Amérique du Nord	46%
Amérique du Sud	4%
Europe de l'Ouest	10%
Europe de l'Est	4%
Japon	9%
Asie (hors Japon)	16%
Moyen Orient	6%
Afrique	5%
Dont : Afrique du Nord	(2%)
Afrique du Sud	(2%)
Afrique subsaharienne	(1%)
Total	100

Source : www.sasi.group.shef.ac.uk/worldmapper

Là encore, les disparités d'équipement sont considérables: 30 véhicules pour 100 habitants aux Etats Unis, 14 au Japon, 6 en Europe de l'Ouest, mais inférieure à 1 pour 100 habitants en Afrique subsaharienne ou au Bangladesh.

- Les trafics routiers de marchandises affichent des croissances importantes étroitement liées à la croissance des Pib

L'étude sur les transports routiers de marchandises réalisée dans les années 90 par le Club d'Ingénierie prospective² (CLIP) avait montré une très forte croissance de ce mode de transport dans la plupart des pays du monde depuis 1965, fortement corrélée à l'augmentation des produits intérieurs

bruts. Dans tous les cas pendant la période 1965-1988 la croissance observée était au moins égale à celle du Pib des pays concernés: une élasticité au pib de 1,67 pour l'Europe des 12, de 1,01 pour les Etats-Unis et de plus de 2 en Inde entre 1965 et 1988, de 1,63 pour la Chine de 1980 à 1990.

Comme pour le trafic routier de passagers, les séries dont on dispose aujourd'hui ne permettent pas de décrire de façon fiable l'évolution mondiale depuis 1990. Cependant le tableau 5 qui décrit l'évolution des trafics pour un certain nombre de pays ou de régions du monde entre 1990 à 2005 montre une liaison encore forte de la croissance des trafics avec celle des pib.

Tableau 5. Evolution du trafic routier de marchandises entre 1990 et 2005.

Milliards T.km	1990	1995	2000	2005	Taux de croissance transport	Taux de croissance pib
Canada	247	283	348	346	2,5%	2,7%
Chine	0	0	439	751	11%	9%
Japon	779	904	967	916	1%	1,4%
Europe OCDE		1370	1591	1705	2%	1,8%
Russie	258	220	197	223	-0,7%	-0,6%
USA	1755	2154	2490	2693	2,3%	3%

Source: François Cuenot, AIE

Dans les pays occidentaux et en transition, la croissance du trafic, encore significative, reste étroitement liée à la croissance du pib avec une élasticité autour de 1 (0,71 au Japon, 0,77 aux USA, 1,1 en Europe, 1,1 au Canada. 1,15 en Russie). En Chine, le trafic augmente au rythme de 11 % entre 2000 et 2005, deux points de plus que la croissance économique.

Quand on rapproche ce tableau de celui des consommations d'énergie sur la période 1990-2005 on ne constate, malgré les progrès techniques sur les moteurs, qu'une lente amélioration de l'efficacité énergétique moyenne, à un rythme de l'ordre de 0,7 % par an. Comme pour les véhicules particuliers, une partie des gains d'efficacité a été effacée par la montée en puissance des motorisations. Les consommations de carburant sont très contrastées selon les pays: 110 gep/tkm³ au Japon, un peu moins de 80 en France, de l'ordre de 45 à

50 gep en Australie, en Allemagne et en Australie. Elles reflètent à la fois des différences de taille moyenne des camions, d'âge moyen des véhicules des parcs et de nature des trajets effectués (zone urbaines, routes, autoroutes)⁴.

Des transports ferroviaires mondiaux qui résistent mal à la concurrence de la route, en particulier dans le domaine des marchandises.

- Les trafics de passagers: une croissance mondiale sensible dans la dernière période avec des situations très contrastées selon les pays pour un mode qui reste marginal au niveau mondial.

Le tableau 6 ci dessous permet de prendre conscience de la diversité des situations et des évolutions depuis 1970:

2 - Le moteur à explosion: exercice de prospective mondiale des transports routiers « les Cahiers du CLIP » 1993

3 - Gep/tkm, gramme équivalent pétrole par tonne transportée sur un kilomètre

4 - Energy technology perspectives 2008 AIE

Tableau 6. Trafics ferroviaires de passagers: des situations et des évolutions très contrastées selon les pays.

Milliards de passagers km	1970	1990	2000	2005	2006
USA	9,9	9,7	8,8	8,7	n.a.
Japon	288,8	387,5	384,3	391,2	393,7
Russie	191,1	274,4	167,1	172,2	177,6
Ukraine	n.a.	82,0	51,8	52,7	53,4
Union Européenne (27)	277,2	344,9	348,1	359,8	374,4
Pologne	36,9	50,4	19,7	18,2	18,6
Italie	32,5	44,7	47,1	46,1	48,2
Belgique	8,3	6,5	7,8	9,2	9,6
France	41,0	63,7	69,9	76,5	78,8
Espagne	15,0	16,7	20,1	21,6	22,1

L'Union Européenne ou le Japon voient leur trafic augmenter de 35 % sur la période alors que les pays de l'ancien bloc de l'Est connaissent une nette décroissance sur la même période. En Europe même coexistent des situations très contrastées avec des pays comme la France où le trafic a augmenté de 90 % sur la période, des pays comme l'Espagne ou l'Italie qui ont connu des croissances plus modestes, de l'ordre de 50 %, et des pays

comme la Pologne où le trafic ferroviaire s'est effondré d'un facteur 2. Aux Etats-Unis, le trafic est très modeste (40 fois plus faible qu'en Europe) et continue à décroître.

Au niveau mondial, on assiste globalement depuis 2002 à un regain d'intérêt pour le transport ferroviaire comme le montre le tableau 7 (20 % en 5 ans).

Tableau 7: Evolution récente des trafics ferroviaires de passagers (2002 -2007)

Milliards de Passagers-km	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Europe*	596 087	599 438	593,8	621,4	633,8	642,0
Afrique	49 069	49 324	62,7	62,8	63,0	63,4
Amérique	17 959	18 854	11,3	11,1	11,2	11,3
Asie et Océanie	1 344	1 348	1 481,6	1 559,0	1 656,8	1 751,6
Monde estimation	2 007	2 016	2 149,4	2 254,3	2 364,8	2 468,3

* y compris la Turquie et la Russie

Source UIC-statistics 2007- www.uic.asso.fr

L'Asie et l'Océanie dominent très largement (71 % du trafic). En 2007, l'Inde et la Chine, avec un trafic respectif de 695 Giga p.km et 690 Giga p.km et une croissance respective annuelle de 12 et 9 %, en sont les premiers responsables⁵. L'Europe (y compris Turquie et Russie) y contribue pour 25,4 %, l'Afrique pour à peine 3 %, l'Amérique de façon totalement marginale (<1%).

Les trafics ferroviaires par habitant sont également très divers comme le montre le tableau 8.

Tableau 8: nombre de km/an effectué en train par un habitant selon les pays

Km par habitant	2007
Europe des 27	1200
Inde	620
Chine	530
Etats Unis	25 km
Afrique	7km

Source: Calcul des auteurs

Globalement, le transport ferroviaire de passagers mondial reste marginal en 2007: il ne représente en effet que 8 % du trafic mondial de passagers, bien loin derrière le trafic routier. Dès 1995, il était également devancé par le trafic aérien.

5 - UIC « Statistiques internationales UIC pour 2007: le trafic ferroviaire mondial porté par la croissance urbaine et la globalisation des échanges »

Un trafic ferroviaire de marchandises en récente augmentation qui ne parvient pourtant pas à maintenir sa part dans le trafic mondial de marchandises.

On retrouve des caractéristiques analogues pour le transport ferroviaire de marchandises, avec une diversité considérable de situations et d'évolution des trafics comme le montre le tableau 9.

Tableau 9: Evolution des trafics ferroviaires de marchandises dans différents pays ou régions depuis 1970.

Milliards de T.km	1970	1990	2000	2005	2006
USA	n.a.	1 554,1	2 257,6	2 531,3	2900
Japon	63,4	27,2	22,1	22,8	23,1
Russie	1672	2 522,9	1 373,2	1 858,1	1 950,8
Ukraine	n.a.	488,2	172,8	224,0	237,9
Union Européenne (27)	n.a.	488,2	172,8	224,0	237,9
Pologne	99,3	83,5	54,0	50,0	53,6
Italie	18,1	21,2	25,8	22,2	20,9
Belgique	7,8	8,4	7,7	8,0	8,6
France	67,6	49,7	55,4	39,7	40,8
Espagne	10,3	11,6	12,2	11,6	11,6

Source UIC-statistics 2007- www.uic.asso.fr

Alors que le trafic de marchandises des USA, très important (au contraire de son trafic passager), est multiplié par deux depuis 1990, celui de l'Europe accuse une chute spectaculaire d'un facteur 2,1 de-

puis cette époque. En Europe, l'Italie voit son trafic légèrement progresser (de 10 %) depuis 1970, la France et la Pologne régresser de plus de 50 %.

Tableau 10. Evolution récente des trafics ferroviaires de marchandises selon les régions

Milliards de Tonne-km	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Europe*	2141,3	2339,2	2 500,6	2 532,7	2 653,6	2 797,5
Afrique	130,6	130,3	128,8	130,8	131,3	129,1
Amérique	2732,9	2827,6	3 050,3	3 371,4	3 503,2	3 498,1
Asie et Océanie	2148	2315,2	2 544,7	2 709,5	2 866,5	3 061,0
Monde estimation	71530	7612,6	8 224,4	8 744,4	9 154,6	9 485,7

* yc Turquie et la Russie

Source UIC-statistics 2007- www.uic.asso.fr

Depuis 5 ans, on constate une vive reprise au niveau mondial (6 %/ an). C'est l'Amérique qui vient en tête avec 37 % du trafic (dont plus de 80 % aux Etats-Unis) suivie de l'Asie Océanie avec 32 %, là encore avec une très forte prééminence de la Chine (73 % et une croissance annuelle de 7 %) et de l'Inde (16 %). L'Europe (yc la CEI et la

Turquie) compte pour près de 30 % du total, avec une très forte prééminence de la Russie (75 %). L'Afrique affiche de nouveau un trafic ferroviaire marginal (1,4 % du total mondial).

Un dernier indicateur utile de l'évolution de l'ensemble des transports ferroviaires est l'évolution par région de la longueur des réseaux ferrés.

Tableau 11. Longueur des réseaux de transport ferroviaire.

Longueur des réseaux (km)	2004	2005	2006	2007
Europe*	349 695	352 364	360 169	356 058
Afrique	56 099	57 517	57 779	58 582
Amérique	391 720	389 199	386 945	381 884
Asie et Océanie	213 209	215 632	216 851	215 492
Monde estimation	1 010 723	1 014 712	1 021 744	1 012 016

* yc la Turquie et la Russie

Source UIC-statistics 2007- www.uic.asso.fr

La longueur totale des réseaux évolue peu. On peut par contre observer que le taux d'emploi de ces réseaux varie fortement d'une région à l'autre.

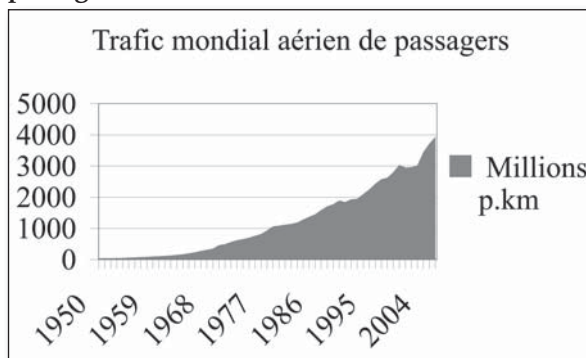
- En Europe pour 350 000 km de réseau, on observe en 2007 un trafic de marchandises de 2 800 GigaT.km et de 640 Giga p.km de passagers.
- En Asie pour 215 000 km de réseau, un trafic de 3 000 GigaT.km et de 1 750 Giga p.km traduisant un taux d'utilisation du réseau au moins deux fois supérieur à celui de l'Europe.
- En Amérique, un taux d'utilisation nettement plus faible avec, pour 380 000 km de réseau, un trafic négligeable de passagers et de 3 500 Giga T.km de marchandises.
- Enfin, un taux faible d'utilisation du réseau africain avec, pour 60 000 km de réseau, des trafics de 130 Giga T.km et de 63 Giga p.km. qui traduisent une faible utilisation des réseaux existants.

Les trafics aériens: une croissance que rien ne semble pouvoir contenir.

Le trafic aérien a connu une croissance quasi ininterrompue depuis les années 70. Il atteint en 2005 4 milliards de p.km, plus de 12 % du trafic de passager mondial, contre à peine 1 milliard de p.km en 1980 (un taux de croissance de 5,7 %/an).

Ce taux de croissance exceptionnel masque des disparités considérables de distance parcourue en avion: elle est souvent inférieure à 10 km par an et par habitant dans les pays les moins avancés où le transport aérien est exclusivement réservé à une très petite élite (< 1% de la population), atteint 1 200 km par habitant en Europe et 3 500 km/habitant aux Etats Unis.

Figure 11 Evolution du trafic aérien mondial de passagers de 1950 à 2004



Source: IATA www.iata.org/index, cité par Philippe Girard dans « Prospective sur les carburants » Ecrin 2008

Il en est de même pour le fret aérien qui se développe à très vive allure⁶:

Entre 1960 et 2002, le trafic de fret aérien (intérieur et international confondus), est passé de 2 à 117 milliards de T.km, son importance a été ainsi multipliée par 58. Jusqu'en 1970, la croissance du fret aérien a suivi celle des passagers; depuis lors, cette activité, avec la mise en service des gros porteurs et de leur version tout cargo, puis le développement du fret express, se développe encore plus rapidement que le trafic de passagers.

Ces développements sont la conséquence de deux phénomènes concomitants: le nombre de passagers et la masse de marchandises embarquées augmentent chaque année mais la longueur moyenne des trajets aussi.

Dans le même temps, on a assisté à des progrès techniques importants sur le plan des consommations par passager ou tonne transportée: de 8 litres de carburant pour 100 km.passagers en moyenne à 5litres en 2005. Quant l'A380, il consomme environ 3litres/100 p.km⁷. Mais ces derniers progrès ne se généraliseront pas avant une vingtaine d'années à l'ensemble de la flotte dont la grande majorité ne sera renouvelée qu'au delà de 2020.

Le transport maritime et le cabotage

Considérablement dopé par la montée en puissance extrêmement rapide des échanges commerciaux engendrée par la mondialisation depuis le tournant des années 90, le transport maritime (dont la moitié de pétrole) connaît une très forte croissance surtout depuis le tournant des années 2000. La masse de matières transportées est ainsi passée de 5,1 milliards de tonnes en 2000 à 7,4 en 2007⁸, au rythme de 7 % de progression par an.

Une véritable rupture s'est produite dans la géographie des échanges sur ces dix dernières années. L'impact du développement des exportations de l'Asie du Sud Est et en particulier de la Chine en est largement responsable: en huit ans, entre 1997 et 2005, la part des marchandises mondiales manutentionnées en Chine est passée de 2,5 % à 8,8 %, du trafic mondial. La taille des porte-containers construits a plus que doublé depuis 1990. Les puissances des moteurs des derniers bateaux construits (de l'ordre de 80 MW) permettent d'atteindre couramment des vitesses de croisière de plus de 40 km.heure. Les progrès de rendement de ces moteurs et la rationalisation de la logistique

6 - Le fret aérien: une importance méconnue DGAC - www.aviation.civile.gouv.fr

7 - Philippe Girard « Prospective sur les carburants » Ecrin 2008

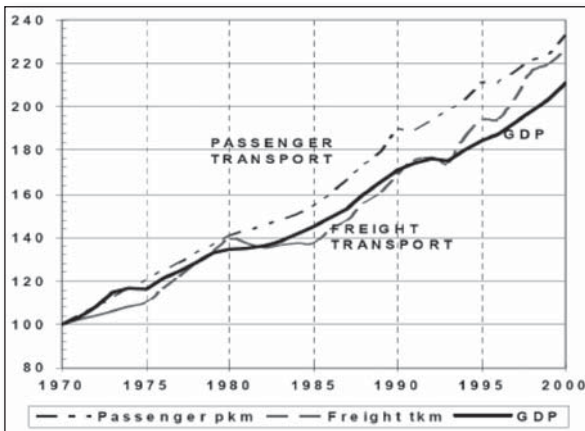
8 - Le Monde 25 octobre 2008

permettent de maintenir les consommations spécifiques de ces modes de transport à des valeurs de l'ordre de 10 à 12 gep/t.km d'énergie primaire, bien inférieures à celles de la plupart des autres modes de transport. Ils sont cependant très insuffisants pour ralentir significativement la croissance rapide des consommations globales de pétrole qu'entraîne l'explosion du trafic.

Globalement un constat alarmant pour l'avenir

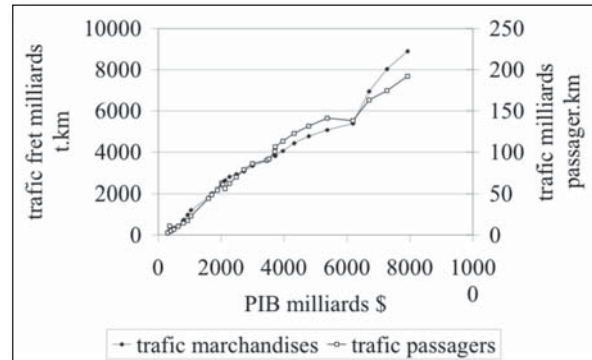
Depuis une trentaine d'années, tous modes de transport confondus, on constate une croissance apparemment irrésistible aussi bien des transports de passagers que des trafics de marchandises avec la croissance économique, aussi bien dans les pays industrialisés que dans les pays émergents comme le montrent les figures 12 et 13 pour l'Europe et la Chine.

Fig 12: Evolution du pib, du trafic de passagers et du trafic de marchandises dans l'Union Européenne de 1970 à 2000.



Source: energy and transport in figures – Direction générale de l'énergie et des transports – Commission européenne.

Figure 13 Evolution des trafics de passagers et de marchandises tous modes confondus en fonction du produit intérieur brut en Chine (1952- 2005)



Source : <http://www.stats.gov.cn/english/statisticaldata/index.htm>

L'élasticité au pib de ces trafics totaux (tous modes confondus) de passagers et de marchandises varie selon les régions et les époques, mais elle reste toujours positive et, dans la plupart des cas proche de l'unité.

C'est dans ce contexte historique qu'il nous faut donc replacer les perspectives d'évolution des consommations énergétiques des transports mondiaux et leurs conséquences sur les ressources de pétrole et les émissions de gaz à effet de serre.



Vitesse , mobilités et étalement urbain : le cercle vicieux ?

Si la voiture, le train et l'avion sont le produit d'une histoire technologique d'amélioration fonctionnelle, en tant que moyens de transports, ils imposent des choix en matière d'aménagement du territoire et de gestion des énergies. En retour, ils se transforment au gré de l'évolution de l'environnement urbain, mais aussi en fonction du contexte socio-économique. Les modes de transport ne sont qu'un élément d'un système plus vaste dans lequel, hommes, aménagement de l'espace, technologies pour se déplacer et réseaux de communication sont en étroite interdépendance.



Marie-Christine Zélem

Socio-anthropologue,
responsable de l'Equipe de
Recherche Technologique
«Services Publics et Écono-
mies d'Énergie Durables», au
CERTOP-CNRS UMR 5044,
Toulouse II, France.

Cette interdépendance est largement entretenue par la croyance générale en la technique salvatrice. C'est pourquoi l'équation transports-énergie-pollutions ne revêt pas de caractère véritablement préoccupant tant les consommateurs, tout comme les politiques, font confiance aux ingénieurs pour mettre au point des solutions qui évitent de se priver de l'automobile ou de l'avion, symboles forts du progrès.

Mais du fait de l'étalement urbain, l'interdépendance transports-urbanisme représente une difficulté centrale face au développement constant de la mobilité urbaine. Comment expliquer les déterminants de cette mobilité ?

Une civilisation de la vitesse et de la mobilité

Malgré la volonté de revalorisation de l'image des transports en commun, qui va avec une politique d'urbanisme soucieuse d'intégrer la problématique des déplacements, les ménages restent fortement contraints par un univers complexe dans lequel entrent en conflit au moins deux priorités : l'accessibilité à leur lieu de travail et un budget logement-transport acceptable. La précarisation du travail, l'arbitrage de localisation résidentielle entre les membres actifs du ménage, parfois le double domicile, la pendularité de longue distance, mais aussi la globalisation des marchés qui

implique des déplacements professionnels toujours plus éloignés, sont autant de facteurs explicatifs du recours à l'automobile. A ces facteurs s'ajoute l'effet structurant des infrastructures (transports, services, offre de logements...) qui organisent le territoire. La morphologie institutionnelle et spatiale de ce dernier, ajoutée à la sectorisation des politiques (logement, transport, urbanisme), conditionne fortement les possibilités offertes aux ménages de modifier leurs manières de se déplacer.

Certes, on peut toujours mettre en avant la place symbolique de la

vitesse, ou du sentiment de liberté procuré par l'automobile, l'attrait pour le caractère innovant ou moderne des technologies de transport. On peut aussi montrer du doigt le caractère fortement individualiste de l'individu en société. Mais cela ne caractérise pas l'ensemble des ménages pour lesquels la voiture représente plutôt un instrument de facilitation de la vie quotidienne, centrée autour de cet enjeu premier qu'est la possibilité de se rendre à son travail. La fonction première de la voiture (se déplacer) est alors d'autant plus renforcée que la possession d'un permis et d'une voiture en propre fonctionne comme une ressource et représente une assurance supplémentaire sur un marché de l'emploi largement saturé.

Se déplacer efficacement pour gérer un quotidien toujours plus complexe

Contexte de changement climatique ou pas, la fonction utilitaire de la voiture pour les uns ou de l'avion pour d'autres, reste associée à une image de confort, de gain de temps et de facilité de vie au quotidien. Les usages sociaux de l'automobile sont déterminés par une logique d'utilisation guidée par une rationalité de type « individualiste », « à court terme » et « contrainte ». La perception du caractère impératif de certains déplacements ne favorise pas le changement des comportements automobilistiques. Dans un pays comme la France, 85 % des déplacements motorisés peuvent

être associés au travail. Cette mobilité domicile-travail, perçue comme associée à un usage « obli-gé » de l'automobile reste relativement stable¹. Par contre, les autres types de déplacements (domicile-école, domicile-loisirs...) sont en hausse, avec une dépendance forte entre les sphères du travail, du domicile, du loisir et de l'engagement (activités publiques) qui se traduit par une imbrication des formes de mobilité. Les temps de déplacement n'y sont plus des temps intermédiaires, mais des temps sociaux à part entière.

La mobilité n'est donc pas seulement réductible à une question de transports. Elle se construit par le jeu de contraintes liées aux lieux et aux modes de déplacements, combinées à des choix de vie et de résidence.

L'étalement urbain comme facteur aggravant, mais aussi comme conséquence

Au cours des vingt dernières années, en France et dans de nombreux pays européens, l'habitat s'est développé en banlieue, puis en couronnes concentriques, dans des zones de plus en plus éloignées. Facteur facilitateur de l'accès au logement (notamment au rêve pavillonnaire), ce « desserrement » urbain a conduit les ménages à s'installer en périphérie. Faute de transports collectifs adéquats, ce phénomène de migration spatiale s'est accompagné d'une augmentation du recours à la motorisation.

La périurbanisation de l'habitat a nécessité à son tour des aménagements qui présentent la particularité d'une sectorisation des fonctions urbaines sous forme de zonages excentrés (loisirs, tertiaire, production...). Cette reconfiguration fonctionnelle a non seulement engendré une modification de la géographie des déplacements, mais aussi une augmentation des flux périphériques.²

A l'échelle européenne, l'analyse de la coordination urbanisme-transports montre que les régimes urbains préexistants et les morphologies spatiales conditionnent fortement les possibilités d'évolution vers des solutions plus efficaces en matière de politique de déplacements urbains. On constate que dans la plupart des cas, des logiques économiques (développement d'infrastructures, politique industrielle de promotion de technologies innovantes...) ou politiques (concurrence entre

collectivités vis-à-vis du passage des grandes infrastructures (TGV, tunnels, autoroutes...) prévalent lors des arbitrages politiques. Régie par des impératifs économiques ou politiques, la planification urbaine et les politiques d'aménagement du territoire fonctionnent comme des instruments aux mains des politiques. Elles font alors peu de place aux effets des infrastructures sur l'environnement et les transformations socio-spatiales. A charge pour les usagers de se soumettre aux différents outils de régulation (péages, stationnements payants, limitation de vitesse...).

Un parc automobile plus performant mais... des trajets toujours plus longs

Après le logement, et devant l'alimentation, la part du budget que les ménages consacrent aux transports est la plus élevée. Ils réalisent les deux tiers de leurs déplacements en voiture³. Et si l'on constate bien une montée en gamme du parc automobile, elle ne concerne que les ménages à haut revenu. Chez les ouvriers et employés, on observe par contre une forte baisse des immatriculations neuves, au profit des véhicules d'occasion et diesel (plus de la moitié du parc).

Quant aux gains de vitesse générés par l'amélioration des réseaux de transports, ils ont eu pour conséquence de contribuer à l'étalement urbain du fait que, à budget-temps constant, les ménages ont pu choisir de s'éloigner davantage des centres urbains. Et malgré l'amélioration des transports collectifs (fréquence, réseau de desserte, rapidité des liaisons...)⁴, les reports modaux de l'automobile restent par ailleurs modestes, probablement parce que les transports publics ne parviennent pas à concurrencer la voiture en termes de déplacements ou de sentiment de liberté et d'autonomie.

L'usage du train et de l'avion en hausse constante

Bien qu'en concurrence sur certains trajets, les parts de l'avion et du train dans le budget des ménages ont fortement augmenté. L'arrivée des charters, des compagnies low cost (qui captent près de 10 % des passagers), le développement des lignes régulières, l'ouverture du marché intérieur à la concurrence et l'extension des aéroports, le développement du tourisme international, ont contribué à cette démocratisation du recours au

1 - « Les Français et les transports collectifs », 2006, Enquête SOFRES.

2 - Kaufmann, V., Barbey, J., 2005, « Politiques des transports : état des lieux de la recherche française avant le prédit 3 », « 2001 Plus... » Synthèses et recherches, DRAST, n° 67.

3 - « Le budget transports des ménages depuis 40 ans. La domination de l'automobile s'est accrue ». INSEE Première, 2005, n° 1039.

4 - « Les déplacements domicile-travail amplifiés par la périurbanisation », INSEE Première, 2007, n° 1129.

transport aérien⁵. Les chiffres sont éloquentes: la proportion de personnes de plus de 15 ans ayant pris l'avion est passée de 9 % en 1980, à 26 % en 2004. On observe par ailleurs une tendance à l'allongement progressif des longueurs moyennes d'étapes pour les vols réguliers⁶. Grâce au développement du TGV et à l'ouverture de l'Eurostar et de Thalys, le transport ferroviaire a connu une augmentation en volume comparable.

Une mobilité aux multiples facettes

La facilité accrue à se déplacer, conséquence de la diffusion de l'automobile et de l'équipement en infrastructures routières qui l'accompagne, engendre des pratiques modales multiformes et complexes. Elles résultent de la combinaison de plusieurs paramètres au nombre desquels on trouve le lieu de résidence, le type de ménage, le but du déplacement, les infrastructures de transport disponibles, mais aussi le moyen de locomotion adopté et le budget qui lui est consacré.

Une mobilité liée aux raisons des déplacements

Un premier type de mobilité concerne l'ensemble des déplacements de la vie quotidienne (déplacements de type sauts de puce pour le travail, les courses, l'école, les loisirs), caractérisés par des temps courts et une relative proximité. Ils nécessitent soit d'utiliser les transports en commun, soit d'aller à pied, à vélo ou à moto. A ce premier type de mobilité s'ajoutent les déplacements professionnels de type pendulaires et journaliers qui renvoient à des temporalités plus longues, et à des espaces-temps plus éloignés (recours plus fréquent au train et à l'avion, voire à l'automobile). A ces deux types de mobilité viennent se greffer des mobilités plus ponctuelles liées à des voyages plus ou moins longs qui peuvent être professionnels ou d'agrément et qui se caractérisent par le recours quasi général à des moyens de locomotion tels l'avion ou la voiture.

Une mobilité liée aux modes de vie et au travail

La communauté scientifique distingue trois grandes catégories de mode de vie qui influencent les pratiques de mobilité autour de la combinaison

entre inscription territoriale et niveau de vie en zone urbaine⁷:

- Le mode de vie citadin caractérisé par une localisation résidentielle en centre-ville et un lieu de travail situé à proximité. Les modes de transports privilégiés sont les transports en commun ou les déplacements à pied et à vélo. Ce mode de vie est propre aux ménages sans enfants et aux personnes seules, plutôt jeunes.
- Le mode de vie rurbain (dit aussi « californien ») est associé à des familles avec enfants résidant dans le tissu périurbain qui ont largement et très souvent recours à la voiture, qu'elles possèdent en double souvent, pour se déplacer.
- Le dernier mode de vie est qualifié de métropolitain, car inscrit dans un réseau de villes qui nécessite d'avoir recours à des modes de transports rapides tels l'avion ou le TGV. Cette localisation résidentielle concerne davantage les ménages à hauts revenus que les autres.

Une mobilité liée aux propriétés sociales

L'accession généralisée à la motorisation masque des différences d'équipement notables qui se traduisent par des pratiques de renouvellement et d'entretien également différenciées de la voiture. En effet, le mode d'équipement des ménages dépend de leur niveau de vie, mais aussi des positions différenciées que chacun occupe dans le cycle de vie. Les inégalités économiques et sociales habituelles ont donc un rôle considérable non seulement dans la distribution du parc automobile, mais aussi dans le rapport à l'automobile⁸.

On distingue en fait deux sous-parcs tout à fait spécifiques, un sous-parc automobile vieux, peu entretenu, et un sous-parc automobile constitué de véhicules récents, plus régulièrement entretenus. Deux contextes sociologiques y contribuent: l'un réfère à l'influence du revenu et des conditions de vie, l'autre réfère au mode d'insertion professionnelle. L'âge et l'activité professionnelle jouent aussi un rôle important dans la fréquence d'utilisation des véhicules. Selon que l'on travaille ou pas, on observe également des différences d'attitudes vis-à-vis de l'automobile: les actifs tendent

5 - « Le TGV et l'avion: une complémentarité qui se développe ». Les Notes thématiques, n° 4, 2006, DGAC.

6 - « Transport aérien de passagers et effet de serre », IFEN, 2004, Les données de l'environnement, n° 97.

7 - Kaufmann, V., 1999, « Mobilité et vie quotidienne: synthèse et questions de recherche » « 2001 Plus... » Synthèses et recherches, DRAST, n° 48.

8 - Zélem, M. C., Golovtchenko, N., 2003, « La place des usagers dans les politiques de réduction des pollutions automobiles », in: Gendron, C., Vaillancourt, J.-G., (eds), Développement durable et participation publique, Presses Universitaires de Montréal, chap. 10: pp. 173-205.

à posséder des véhicules en meilleur état de fonctionnement, qu'ils changent plus souvent et qu'ils font vérifier régulièrement. Les inactifs paraissent moins précautionneux, faute du budget adéquat, mais aussi du fait qu'ils roulent moins.

Par ailleurs, les politiques d'aménagement du territoire et celles des transports ont des conséquences différentes selon les ménages. Si la voiture est un objet technique qui s'est fortement démocratisé, de fortes inégalités sociales apparaissent dans le mode et le taux d'équipement. Les ménages à faible revenu tendent en effet à résider dans les banlieues où le coût du logement est moindre. Or, plus on est vulnérable sur le plan financier, plus on habite dans des zones éloignées et mal desservies par les transports en commun. Paradoxalement donc, plus on descend dans l'échelle sociale, plus le budget consacré aux déplacements est important. Et cette caractéristique s'aggrave avec le jeu des outils tarifaires (péages, stationnements payants...).

Quand les flux structurent la mobilité

Les techniques de transports organisées autour d'infrastructures de circulation rapides ont joué un rôle fondamental dans le processus de concentration qui contribue à générer des effets de métropolisation, avec une desserte discontinuée des territoires qui modifie les centralités urbaines. Les villes sont alors de plus en plus ordonnées par les flux et les modes de déplacements⁹. La tendance observée aujourd'hui est donc celle de ménages raisonnant à partir de leur localisation résidentielle. Le sentiment de maîtriser ses itinéraires et ses contraintes temporelles tend à engendrer une subordination des choix de destination à la possibilité d'utiliser sa voiture (alors que la destination pourrait fort bien être l'élément déterminant du choix du mode de déplacement).

Le développement croissant d'un mode d'insertion sociale par la connexité tend alors à placer de plus en plus de ménages sans automobile dans une situation dramatique. La voiture est devenue un instrument de mobilité tel que le fait de ne pas en posséder devient un facteur d'exclusion sociale. Et comme les moyens de transport conditionnent les accessibilités et les connexités, ils contribuent à de véritables coupures urbaines rendant certains réseaux inaccessibles. Ainsi, dépendants des in-

frastructures routières et des transports, nombre d'habitants restent captifs de l'offre.

Enrayer l'hypermobilité, un véritable choix de société

L'approche technique et positive de la vitesse, en permettant d'améliorer l'efficacité moyenne des modes de transport, a conduit en fait à l'allongement des trajets : on parcourt aujourd'hui une distance journalière dix fois plus importante qu'il y a 50 ans. Ce paradoxe¹⁰, qui rend compte des transformations de la mobilité, décrit sous le nom de conjoncture de Zahavi, se traduit par le fait que les gains temporels sur une même distance ne s'accompagnent pas d'une diminution des déplacements, mais d'un allongement des déplacements. On parle de « la loi de constance des budgets-temps de transports ». L'accessibilité primant sur les enjeux de proximité, l'accroissement des vitesses a pour conséquence directe une augmentation des distances parcourues, qui met en cause de fait l'idée de densifier les villes. A contrario, cela autorise le processus d'extension périurbaine et l'installation toujours plus loin des lieux de travail et de consommation.

Si le processus d'hypermobilité que nous venons de décrire se poursuit et si l'on continue de faire le pari d'une plus grande sophistication des technologies pour résoudre les problèmes actuels d'encombrement et de concentration des pollutions¹¹, on court le risque de créer davantage de problèmes qu'on en résout. En effet, développer des moteurs moins polluants, donc plus éco-performants, constitue une autorisation à privilégier des modes de déplacements particulièrement polluants, tout en déculpabilisant vis-à-vis des impacts sur le climat. Les ménages vont de fait tendre à accepter plus facilement de vivre en dehors des centres urbains, contribuant ainsi à cet étalement de l'habitat qui porte préjudice à l'environnement. Et si, parallèlement, se développe la société virtuelle (la multiplication des télécommunications, le télétravail...), cela risque fort de renforcer ce schéma de décentralisation et, par contrecoup, de faire progresser les transports longue distance et le recours au transport aérien.

9 - De Jouvenel, H., Lamblin, V., Theys, J., (dirs), 2003, « Radioscopie de la France en mutation, 1950-2030 : l'évolution socio-économique, les modes de vie, les territoires, les villes, la mobilité et l'environnement », Paris, groupe Futuribles. <http://www.equipement.gouv.fr>.

10 - Halleux, J-M, 2001, « Évolutions des organisations urbaines et mobilités quotidiennes : espace de référence et analyse des processus », *L'Espace géographique*, n° 1, pp. 67-80.

11 - Adams, J., 2000, « L'hypermobilité », *Londres, Prospect*.

Le poids des infrastructures dans la question des transports

Les transports et leurs infrastructures entretiennent une relation dialectique complexe avec l'urbanisme, l'aménagement du territoire, les modes de production des biens et leur distribution, au point qu'on a souvent bien du mal à séparer l'œuf de la poule.

En France par exemple, est-ce la banalisation du véhicule individuel qui explique principalement l'exode en banlieue de plus en plus lointaine des urbains des grandes villes, ou bien au contraire les politiques très volontaristes d'accession à la propriété sous la forme de pavillons individuels pratiquées depuis bientôt quarante ans (et qui ont rencontré une forte adhésion sociale) qui ont entraîné l'explosion du parc automobile? Probablement les deux dans une relation complexe d'incitation réciproque dont les paramètres varient selon les sociétés, leur développement, leurs valeurs et leur organisation.

L'urbanisme

La comparaison d'une ville latine comme Barcelone et d'une ville américaine comme Atlanta, toutes deux fortes d'environ un million d'habitants, mais avec une densité d'habitants vingt fois plus importante pour la première, met en évidence des différences de conception urbanistique considérables, avec des conséquences importantes en termes d'infrastructures de transports. A Atlanta une faible densité de construction, très peu d'immeubles collectifs, des réseaux autoroutiers urbains, des centres commerciaux déconcentrés, une circulation à 95 % automobile. A Barcelone un centre-ville piétonnier, de nombreux immeubles collectifs et des transports en commun, un trafic routier bien moindre en proportion.

Bien évidemment, cela induit un écart majeur dans les consommations d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre. Sous l'effet combiné de plus grandes distances à parcourir et de l'emploi presque unique de la voiture en absence de transports en commun, un habitant d'Atlanta consomme sept fois plus d'énergie pour effectuer ses trajets quotidiens qu'un habitant de Barcelone qui parcourt des distances moins importantes, beaucoup

Benjamin Dessus
Global Chance

plus souvent à pied ou dans des transports en commun moins dispendieux en énergie que la voiture individuelle.

Les exemples de ce genre abondent :

Les besoins d'énergie d'une mère de famille emmenant ses enfants à l'école dans son 4x4 climatisé au milieu des encombrements du matin pour leur éviter d'être écrasés (par une autre mère de famille conduisant également ses enfants en voiture pour les mêmes raisons?) et ceux de celle qui les conduit à pied ou en métro à l'école voisine sont aussi dans un rapport de 10 à l'infini.

Les dépenses énergétiques de transport d'un ménage habitant un pavillon moderne bien isolé en grande banlieue et travaillant en centre ville ou dans une autre banlieue (de l'ordre de 1,6 tep par an¹) dépassent aujourd'hui bien souvent l'ensemble de celles liées au confort domestique (moins d'une tep par an).

L'histoire et les politiques économiques

L'histoire du développement modèle la nature des infrastructures de transport des différents pays. Aux Etats Unis, où la conquête de l'Ouest et le réseau ferroviaire sont étroitement liés, s'est maintenue une très forte tradition de transport ferroviaire de marchandises qui représente encore aujourd'hui, malgré le développement de l'infrastructure routière et l'explosion du fret aérien, une part importante du trafic interne de marchandises. C'est très différent au Brésil ou au Mexique, des pays aux dimensions comparables, où la pénétration vers l'Ouest n'a pas reposé sur le train, et dont les trafics ferroviaires restent marginaux par rapport à la route.

De même, des politiques publiques, a priori sans rapport avec la question des transports peuvent se révéler très structurantes en termes de transport. C'est le cas par exemple des politiques très décentralisées d'emploi local telles qu'il s'en développe aujourd'hui dans tous les villages de France qui

1 - Sur la base de deux travailleurs effectuant chaque jour ouvrable 50 km de trajet domicile travail avec un véhicule consommant 8 litres aux 100 km.

tentent d'attirer dans des zones industrielles ou artisanales des petites et moyennes entreprises. Ces politiques imposent en fait un quasi monopole du transport routier de marchandises, car les quantités de marchandises livrées annuellement à chacune de ces zones sont généralement très insuffisantes pour rentabiliser un terminal ferroviaire.

Au delà des choix individuels, l'aménagement et l'organisation de la ville, le type d'organisation internationale, régionale et locale de production, de commerce et de distribution des produits de consommation et les habitudes sociales jouent un rôle prépondérant dans le développement des transports et les dépenses énergétiques qui y sont associées. Pourtant nous avons spontanément tendance à attribuer l'essentiel des écarts de dépenses énergétiques de transport à la plus ou moins grande efficacité énergétique des outils que nous employons. Dans le cas de la comparaison Barcelone/Atlanta, la différence pourtant très significative des performances moyennes des véhicules (7,7 litres aux cent km en Europe contre 11,6 aux Etats-Unis²) ne contribue qu'à 20 % de la différence des performances globales.

Infrastructures de transport et inertie des dépenses énergétiques

Les infrastructures de transport se caractérisent dans la plupart des cas par des coûts initiaux élevés et des durées de vie importantes, souvent supérieures au siècle, très rarement inférieures au demi-siècle. C'est en particulier le cas pour les

transports ferroviaires, les installations portuaires et les grands axes autoroutiers, mais un peu moins pour les réseaux routiers dont la constitution s'effectue souvent par étapes successives, depuis les chemins vicinaux ou les pistes non asphaltées d'intérêt local ou régional, jusqu'aux routes à grand débit d'intérêt national. Cette progressivité est un élément important de l'attrait du réseau routier puisque les véhicules (camions, voitures, mais aussi deux roues motorisées ou non) tolèrent relativement aisément de passer sans rupture de routes modernes et bitumées à des pistes ou chemins en plus ou moins bon état, ce qui est totalement exclu pour les transports guidés.

Mais, dans tous les cas, ces infrastructures engendrent des inerties considérables dans les usages de transport et se révèlent très structurantes pour l'urbanisme, pour les modes de production et de distribution des biens et des produits, pour l'activité sociale. Une autoroute avec une bretelle tous les 20 km a des conséquences très différentes sur les futures implantations humaines de celles d'un Train à Grande Vitesse avec des arrêts tous les 200 km, ou d'un train régional desservant tous les gros bourgs, y compris en termes d'emplois.

Cette très grande inertie rend d'autant plus importante une attention particulière aux dépenses énergétiques unitaires des trafics effectués à partir de ces différents modes de transport.

Infrastructures de transport de passagers

C'est l'objet du tableau 1

Tableau 1- Consommation d'énergie finale des différents modes de transport de passagers en Europe (passager.km)

Mode de transport Urbain	Gramme équivalent pétrole/pkm	Mode de transport Interurbain	Gramme équivalent pétrole /pkm
Tramways	4-6	Trains à grande vitesse	5-8
Métros	7-15	Trains nationaux	9 -11
Autobus urbains	20-30	Autocars	10-12
Véhicules particuliers	50-60	Véhicules particuliers	25-30
		Avion	50-60

Sources : Explicit « actualisation des efficacités énergétiques des transports » et Commission Française des comptes de l'environnement Rapport 2006

2 - Source: AIE « World energy outlook 2006, The alternative policy scenario »

Ce tableau tient compte de taux d'occupation moyens de chacun des modes de transport. Ces taux, très différents selon les modes, faibles pour les véhicules particuliers en ville (souvent inférieurs à 30 %) et un peu plus élevés sur autoroute (jusqu'à 50 %), nettement plus élevés pour les trains à grande vitesse, le métro ou l'avion (70 à 80 %), varient eux-mêmes fortement selon les pays et les politiques publiques mises en œuvre (ex. covoiturage). Notons que les consommations

unitaires de ce tableau sont données en énergie finale. Dans le cas des transports guidés consommateurs d'électricité, la consommation d'énergie primaire peut être multipliée par un facteur de 1 à 3,5³ qui dépend de la nature de la filière de production d'électricité.

Infrastructures de transport de marchandises

C'est l'objet du tableau 2.

Tableau 2 - Consommation d'énergie finale des différents modes de transport de marchandises en Europe (Tonne.km)

Mode de transport Urbain	Gramme équivalent pétrole/Tonne.km	Mode de transport Interurbain	Gramme équivalent pétrole/Tonne.km
Véhicules utilitaires légers	150 -160	Véhicules utilitaires légers	120- 130
Poids lourds 3-6 T	130 140	Poids lourds 3-6 T	65 -70
Poids lourds >25 T	50- 55	Poids lourds >25 T	25 -30
Moyenne poids lourds en milieu urbain	80	Moyenne poids lourds en interurbain	40
		Trains entiers électriques	3-4
		Trains entiers diesel	13 - 15
		Wagon isolé électrique	6 -7
		Wagon isolé diesel	25 - 27
		Fret Aérien	400 - 410
		Voie dieau	10- 12

Il tient compte également de taux d'occupation moyens de chacun des modes de transport.

Les écarts sont considérables: la voiture en ville consomme dix fois plus d'énergie finale que le tramway (3 fois plus d'énergie primaire environ) et, de plus, sous forme de pétrole. Quant au fret aérien, il est 100 fois plus dispendieux en énergie finale (et plus de trente fois en énergie primaire) que le transport par train entier électrique.

Bien entendu les ordres de grandeur cités sont susceptibles de varier sensiblement selon les régions. En Amérique du Nord par exemple, où les consommations unitaires des véhicules particuliers sont en moyenne 50 % plus élevées et le taux d'occupation de ces véhicules plus faibles qu'en Europe, les consommations spécifiques des véhicules urbains par passager sont 60 % plus élevées. En Afrique, au contraire, on peut penser que malgré des consommations spécifiques également élevées, le taux d'occupation plus élevé des véhicules (covoiturage, taxi brousse etc.) permet de

maintenir des valeurs plus proches de celles de l'Europe.

Infrastructures de transport et émissions de gaz à effet de serre

Les émissions de gaz à effet de serre des différents moyens de transport sont également très diverses puisque les moyens de transports guidés, qui peuvent être alimentés à partir d'électricité (pourtant souvent produite avec des rendements médiocres) peuvent échapper en partie à la contrainte d'emploi des énergies fossiles. Elles font l'objet des deux tableaux suivants:

3 - Typiquement 1 pour l'hydraulique, le photovoltaïque et l'éolien, 2 pour l'électricité ex gaz naturel, 2,8 pour l'électricité ex charbon, 3,5 pour l'électricité nucléaire.

Tableau 3 - Emissions de CO2 des différents modes de transport de passagers en Europe (gramme de CO2/p.km)

Mode de transport Urbain	Gramme de CO2/p.km	Mode de transport Interurbain	Gramme de CO2/p.km
Tramways	18 - 27	Trains à grande vitesse électriques	22 - 37
Métros	30 - 65	Trains nationaux électriques	40 - 50
Autobus urbains	60 - 90	Autocars	32- 40
Véhicules particuliers	160 - 190	Véhicules particuliers	78 - 95
		Avion	155-185

Source : calcul de l'auteur. Pour l'électricité on a pris le mix européen de production d'électricité qui conduit à des émissions un peu inférieures à 400 g par kWh.

Le tramway en ville émet 8 fois moins de CO2 que la voiture et les trains à grande vitesse, (malgré la dégradation des performances d'efficacité qu'en-

traîne cette grande vitesse⁴), sont 6 à 7 fois moins émetteurs de CO2 que l'avion et 3,5 moins que la voiture en Europe.

Tableau 4 - Emissions de CO2 des différents modes de transport de marchandises en Europe

Mode de transport Urbain	Gramme CO2/Tonne.km	Mode de transport Interurbain	Gramme CO2/Tonne.km
Véhicules utilitaires légers	465- 495	Véhicules utilitaires légers	370- 400
Poids lourds 3-6 T	400 - 435	Poids lourds 3-6 T	200 -220
Poids lourds >25 T	155 - 170	Poids lourds >25 T	75 - 95
Moyenne poids lourds en zone urbaine	250	Moyenne poids lourds en zone interurbaine	125
		Trains entiers électriques	14 - 18
		Trains entiers diesel	40- 45
		Wagon isolé électrique	28 -32
		Wagon isolé diesel	78 - 84
		Fret Aérien	1240 - 1270
		Voie d'eau	30 - 37

Source : calcul de l'auteur. Pour l'électricité on a pris le mix européen de production d'électricité qui conduit à des émissions un peu inférieures à 400 g par kWh.

Le tableau fait encore apparaître des différences considérables d'émission de CO2 pour les transports sur longue distance: un rapport de l'ordre de 80 entre les émissions du transport aérien et « train entier » électrique (et encore de 40 pour un wagon isolé) d'une tonne de fret entre Paris et Berlin par exemple.

Les coûts d'investissement.

Les capacités d'écoulement de trafic des infrastructures de transports sont très variables: elles peuvent atteindre 30 000 à 60 000 passagers par

heure pour un métro ou un réseau express régional comme celui de la région parisienne, contre 9 000 passagers au maximum (6 000 voitures) pour une autoroute urbaine deux fois trois voies.

Les coûts d'investissement des infrastructures, très divers selon les modes de transport dépendent beaucoup, pour un mode donné, des conditions locales (montagne ou plaine, densité de construction, etc). La fourchette des coûts d'investissement de chacun est donc large.

⁴ - Cahiers du CLIP- Transports à l'horizon 2030 p 54 -55 Carine Barbier et al

Le tableau suivant donne quelques indications sur les ordres de grandeur des coûts d'investissement au km et les surfaces de terrain artificialisées des infrastructures les plus lourdes.

Tableau 5 - Infrastructures de transport urbain

Mode de transport Urbain	Investissement au km Infrastructure	Capacité de pointe Passagers/h	Investissement / Passager de pointe/km	Encombrement Hectares par km
Autoroute 2*3 voies	70 à 110 M \$	7500 à 9000 (6000 voitures)	9000 - 15000 \$	4 à 5 ha
Metro	35 à 84 M \$	30 000	1200 - 2800 \$	1,5 ha
Réseau express régional	70 à 125 M \$	60 000	1100 - 2100 \$	1,5 ha
Tramway	28 à 56 M \$	2000 - 4000	7000 - 28000 \$	< 1 ha

Source : *La mobilité en milieu urbain: de la préférence pour la congestion à la préférence pour l'environnement*". Sous la direction d'Yves Crozet, Laboratoire d'Economie des Transports.

Tableau 6 - Infrastructures de transport interurbain

Mode de transport Interurbain	Investissement au km Infrastructure	Capacité de pointe Passagers/h	Investissement / Passager de pointe/km	Encombrement Hectares par km
Ligne à grande vitesse	24 à 48 M \$	2000 - 4000	6000 - 24000 \$	1 ha
Autoroute 2* 3 voies	9 à 35 M \$	7000 - 9 000 (6000 voitures)	1000 - 5000 \$	4 à 5 ha

Source : www.journaldunet.com/management « Le réseau autoroutier en chiffres »

En ville l'écoulement des pointes de trafic par métro ou RER est beaucoup plus efficace, à la fois en termes de capacité, d'espace artificialisé et d'économie d'investissement par passager de pointe que l'autoroute urbaine ou le tramway. En rase campagne, l'autoroute s'avère plus efficace et moins chère en infrastructure pour écouler les pointes de circulation, mais elle consomme 4 à 5 fois plus d'espace. De plus l'autoroute reporte une part considérable de l'investissement à la charge directe de l'utilisateur.⁵

L'ensemble de ces éléments met en évidence la très forte dépendance des consommations de transport (en nature et en quantité d'énergie) à

l'aménagement du territoire et aux choix initiaux d'infrastructure de transport. Ces choix, bien souvent exercés au titre de considérations dans lesquelles le transport n'est pas le paramètre dominant, introduisent de très fortes inerties, souvent supérieures au siècle, dans les comportements de mobilité et induisent des phénomènes d'exclusion qui rendent très difficiles un retour en arrière par rapport aux choix initiaux. La prise de conscience de l'importance de ces phénomènes est donc cruciale dans la conduite de politiques de transport économes en énergie et peu émetteurs de gaz à effet de serre au service du développement économique et social.

5 - A ce propos on pourra noter que le transport en train à grande vitesse d'un passager en Europe entraîne l'investissement de 6 à 12 k W de motrice, le transport automobile 40 à 100 kW de moteur, le transport aérien en avion de ligne moderne de 35 à 130 kW de réacteur.

L'empreinte écologique des transports

Grâce à ses qualités pédagogiques, l'empreinte écologique connaît aujourd'hui un succès spectaculaire. L'objectif de ses concepteurs est d'en faire un indicateur incontournable qui permettrait aux décideurs politiques et aux citoyens de suivre l'évolution des « actifs écologiques » d'un pays au même titre que le PIB suit sa santé économique¹. Cependant, si les calculs d'empreinte au niveau « micro » (régions, villes, organisations) différencient les responsabilités liées à l'alimentation, au logement, à la mobilité et aux biens et services, les calculs nationaux ne représentent pas clairement les contributions de ces divers secteurs à l'empreinte nationale. Est-il possible d'estimer le poids des transports dans l'empreinte écologique d'une nation ? Cet indicateur est-il pertinent pour évaluer le poids écologique lié aux transports ?

Qu'est-ce que l'empreinte écologique ?

L'empreinte écologique cherche à représenter la quantité de « nature » qu'il faut mobiliser pour faire fonctionner durablement l'économie humaine². Plus précisément, elle s'intéresse aux aspects les plus critiques de cette quantité de « nature », c'est à dire ceux qui concernent la partie vivante et régénérative de l'écosystème terrestre (la biosphère) dont le maintien dans le temps dépend de sa capacité de charge... elle-même caractérisée par deux fonctions essentielles : la capacité de renouvellement des ressources issues de la biomasse, et sa capacité d'assimilation des déchets. Partant de là, le système comptable de l'empreinte écologique repose sur un constat simple : la plupart de ces services biologiques (production de ressources renouvelables, épuration et séquestration de nos déchets) trouvent leur origine dans le processus de photosynthèse. La quantité de services que



Natacha Gondran

est maître-assistante au centre SITE (Sciences, informations et technologies pour l'environnement) de l'École nationale supérieure des mines de Saint-Étienne



Aurélien Boutaud

docteur en sciences et génie de l'environnement de l'École nationale supérieure des mines de Saint-Étienne, est aujourd'hui conseiller et chercheur indépendant, spécialiste des indicateurs alternatifs.

la biosphère peut rendre dépend donc en grande partie de la surface disponible sur Terre pour capter la lumière du soleil par le biais de la photosynthèse. Les surfaces mondiales de sol et de mer dotées de cette capacité (surfaces dites « bioproductives ») représentent environ 13,4 milliards d'hectares (soit un « seuil de durabilité écologique » de 2,1 hag/hab)³. Cette « offre de nature » (biocapacité) est ensuite comparée à la « demande » : l'empreinte écologique (2,7 hag/hab)⁴.

Au niveau des nations, une des spécificités de l'empreinte écologique consiste à imputer aux consommateurs de biens et services les impacts liés à leur production et transports. Le poids de tous les biens et services échangés entre nations est passé de 8 % de l'empreinte écologique mondiale en 1961 à plus de 40 % en 2005. L'augmentation de ces échanges internationaux génère des interdépendances de plus en plus fortes entre les modes de consommation et les biocapacités des différents pays du monde. Les pays à haut revenu sont les plus dépendants de ces importations de ressources écologiques : en 2005, l'empreinte de

leurs importations (production et transports des produits alimentaires, biens et services consommés) représentait 61 % de leur empreinte totale, contre seulement 12 % en 1961 tandis que, pour les pays à faible revenu, elle était de 13 % en 2005 contre seulement 2 % en 1961. Mais retracer les trajets et imputer les impacts de ces biens est complexe et approximatif : si une part des ressources importées est effectivement consommée dans le pays d'importation, d'autres sont transformées et ré-exportées pour réaliser un gain économique.

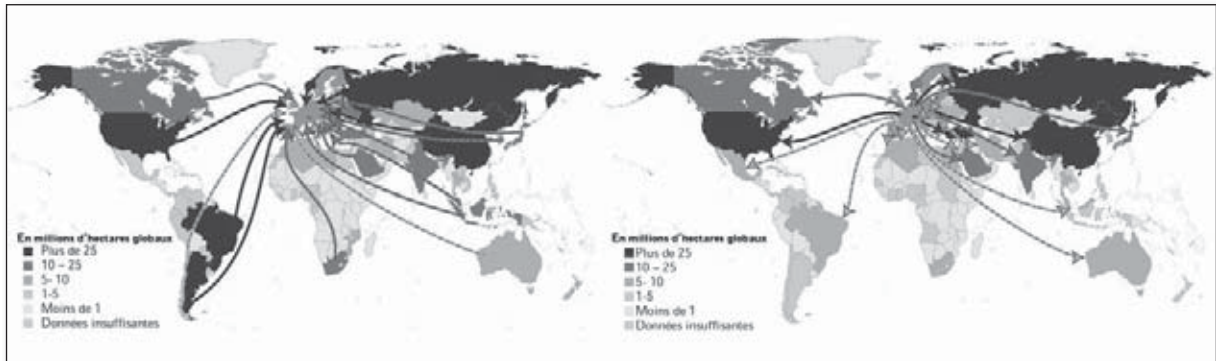
1 - Aurélien Boutaud, Natacha Gondran (2009) *L'empreinte écologique*, Coll. Repères, Éditions de La Découverte, Paris.

2 - Aurélien Boutaud (2008) *L'empreinte écologique, entre fantasmes et réalité*, article à paraître dans la revue *EcoRev* <http://www.corev.org/>

3 - Chris Hails (ed.) (2008) *Rapport Planète vivante 2008*, World Wildlife Fund, Gland. Disponible sur http://assets.panda.org/downloads/lpr_wwf_2008_french.pdf

4 - hag : un hectare global est un hectare dont la productivité équivaut à la productivité moyenne mondiale.

Figure 1. Empreinte écologique des importations (figure de gauche) et exportations (figure de droite) des 27 pays de l'Union Européenne à partir (et vers) ses 20 principaux partenaires commerciaux (Hails, 2008)



Quelle est la part des transports dans l'empreinte écologique ?

Si les calculs d'empreinte écologique au niveau « micro » (régions, villes, organisations) font apparaître la mobilité comme une catégorie bien définie, les calculs nationaux ne proposent pas encore d'analyse thématique des diverses contributions à l'empreinte écologique. La répartition par type de sol permet cependant de visualiser les impacts respectifs de la production de ressources biologiques (cultures, pâturages, forêts, pêcheries) et des consommations d'énergie.

L'empreinte écologique prend en compte les aspects suivants liés aux transports :

- Les surfaces rendues non productives à cause de la construction des infrastructures de transports : réseaux routiers interurbains, chemins de fer, ports et aéroports : ces zones sont en forte expansion (+ 14 % de 1990 à 2000)⁵.
- La surface de forêt⁶ qui serait nécessaire pour absorber les émissions de CO₂ liées à la combustion des énergies fossiles consommées par les

transports sur le territoire étudié, déduction faite de la part assimilée par les océans.⁷

- La surface nécessaire à la culture des agrocarburants consommés, dans le pays étudié, pour les transports.
- La surface de forêt qui serait nécessaire pour absorber les émissions de CO₂ liées à la combustion des énergies fossiles nécessaires aux transports des biens importés consommés par la population étudiée.

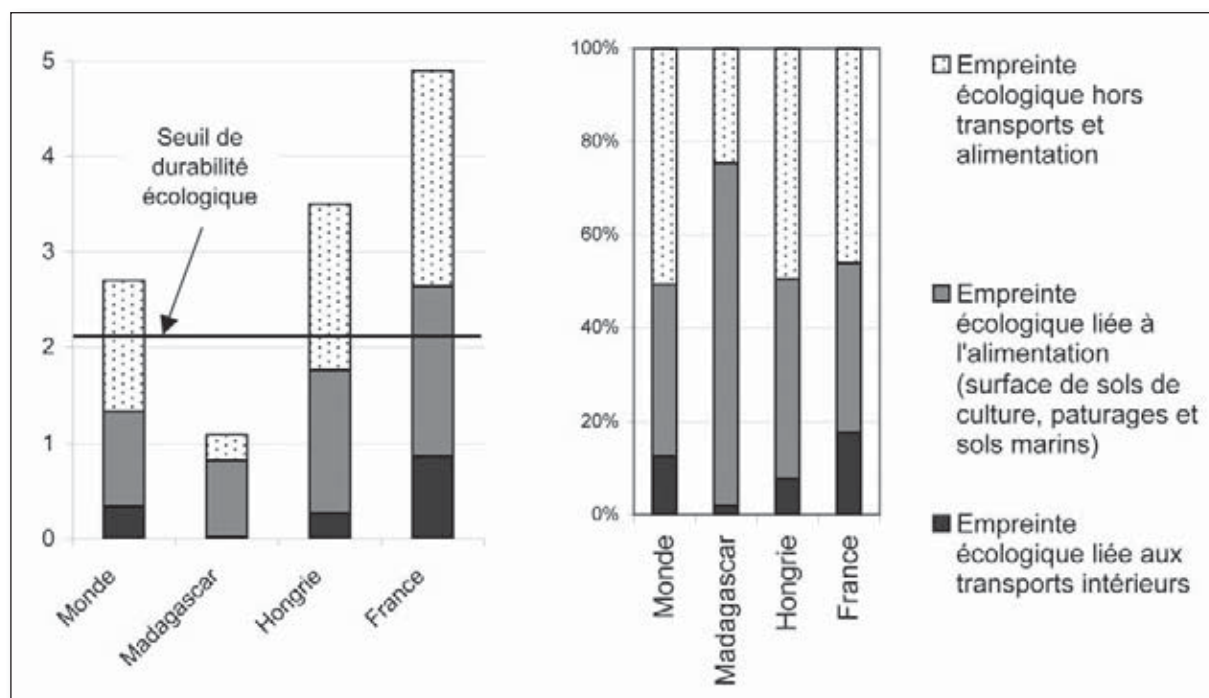
Si les deux premiers points sont facilement identifiables avec la méthode de calcul actuelle, ce n'est pas le cas des deux derniers aspects, qui sont pour l'instant intégrés dans le résultat final d'empreinte écologique de chaque pays mais ne sont pas distingués en tant que tels. On ne peut donc estimer facilement leur part dans l'empreinte totale de chaque pays. Il en résulte que les résultats de calculs « d'empreinte écologique des transports » minimisent la part réelle des transports puisque seuls les deux premiers aspects identifiés sont pris en compte.

5 - Les données utilisées sont celles de la base de données européenne CORINE land cover, elles sont donc disponibles pour l'Europe seulement. En France, par exemple, ces infrastructures représentent 4 % de l'ensemble des sols construits.

6 - Cette méthode de comptabilisation des émissions de CO₂ découle de la logique conceptuelle de l'empreinte écologique ; elle ne signifie donc pas que la plantation de forêts soit la bonne réponse face au changement climatique. Bien au contraire, elle conduit à conclure que la planète n'a pas la capacité d'assimiler ainsi tous les gaz à effet de serre émis par les activités humaines !

7 - Par exemple, en France, les transports représentent 34 % des émissions de CO₂ (source : CHANG Jean-Pierre (Dir.) Inventaire des émissions de gaz à effet de serre en France au titre de la convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, Synthèse CCNUCC / CRF, décembre 2007, disponible sur http://unfccc.int/files/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/application/x-zip-compressed/fra_2008_nir_10apr.zip)

Figure 2. Exemple de résultats de calculs d'empreintes écologiques (données 2005, d'après (Hails, 2008))



La figure ci-dessus présente les résultats des estimations de l'empreinte écologique⁸ liée aux transports pour la France⁹, Madagascar¹⁰, la Hongrie, et le Monde dans son ensemble. Nous avons représenté le poids écologique du secteur des transports par rapport à celui d'une fonction que l'on peut considérer comme plus « vitale » pour l'être humain : l'alimentation.

Pour un « Français moyen », les transports intérieurs représentent près de 18 % de son empreinte écologique totale (4,9 hag/habitant/an). Pour un pays à revenu moyen tel que la Hongrie, la part des transports dans l'empreinte écologique est bien plus faible (moins de 8 %). Pour un pays à faible revenu (Madagascar), elle n'est plus que de 2 % ! Au niveau mondial, les transports représentent près de 13 % de l'empreinte écologique moyenne mondiale de 2,7 hag : mais cette valeur intègre l'empreinte écologique liée aux transports internationaux, contrairement aux données pour

la Hongrie et la France où l'empreinte écologique liée aux transports des biens importés est imputée aux biens et services consommés (et donc noyés dans la partie « Empreinte écologique hors transports et alimentation » de la figure ci-dessus).

Ces résultats sont sans réelle surprise : d'une part, l'empreinte écologique de la majorité de la population mondiale, vivant dans des pays à faible revenu, est bien plus basse que la nôtre (et proche, voire conforme au seuil de durabilité écologique!). Automatiquement, l'empreinte écologique consacrée aux transports est plus faible en valeur absolue. Mais les données en valeurs relatives nous indiquent également un autre phénomène : la composition de l'empreinte écologique est très différente selon les différents modes de vie. La part d'empreinte écologique liée à la production de ressources biologiques, principalement alimentaires, est bien plus forte pour les pays à faibles revenus (0,55 hag, ce qui correspond à 55 % de leur empreinte écologique totale en 2008¹¹) que pour ceux à revenus élevés (1,6 hag, mais qui ne correspond qu'à un quart de leur empreinte écologique totale!). La part d'empreinte écologique consacrée aux transports est donc bien plus faible dans les pays à faibles revenus que dans les pays industrialisés.

8 - Nos calculs ont été réalisés à partir de C. Hails (ed.) (2008) op.cit.

9 - Pour voir l'évolution de l'empreinte écologique totale de la France et de la Belgique : Thierry Thouvenot, Geoffroy De Schutter, EMPREINTE ECOLOGIQUE France et Belgique, WWF France et WWF Belgique, Disponible sur <http://www.wwf.fr/pdf/7LPR-bijlage-2008FRANS.pdf>

10 - Données tirées du rapport national d'émissions de gaz à effet de serre disponible sur <http://unfccc.int/resource/docs/natc/md-gnc1.pdf>

11 - C. Hails (ed.) (2008) op.cit.

Les limites de l'exercice

Les impacts environnementaux qui dégradent à moyen ou long terme la productivité des sols ne sont pas directement pris en compte par l'empreinte écologique – si ce n'est par une réduction probable de la biocapacité des années à venir. Ces impacts ne sont pourtant pas négligeables. En particulier, pour les infrastructures de transports, on peut distinguer deux types d'effets qui provoquent une dégradation des écosystèmes et qui ne sont pas pris en compte par l'empreinte écologique :

- Certains impacts « directs » des infrastructures et de leur utilisation : modification des hydrosystèmes (altération des écoulements superficiels et des cours d'eau, dégradation de la qualité des eaux par la mise en circulation de polluants divers (MES, hydrocarbures), consommations d'eau (pour les chantiers, par exemple), dégradation de la terre végétale, destruction d'habitats et coupures pour la biodiversité (faune et flore), contribution à l'extinction d'espèces animales et végétales, pollution atmosphérique locale, production de déchets (déblais inertes, déchets dangereux liés aux opérations de construction, maintenance et d'utilisation), consommation de matières premières (remblais, granulats, chaux, énergies fossiles, acier, explosifs, etc.), nuisances sonores et visuelles, etc.
- Les effets « collatéraux » sur l'aménagement du territoire et sa biodiversité : remembrements qui recomposent les surfaces des exploitations agricoles et la physionomie du territoire (destruction de haies et bocages, par exemple), incitations aux implantations d'entreprises et de zones d'habitations le long des accès aux infrastructures, mais aussi introduction délibérée ou non d'espèces invasives.

Ainsi que l'affirme le Président de la Commission Européenne, José Manuel Barroso¹² « On ne peut mesurer les défis du futur avec les outils du passé ». Nous avons besoin de nouvelles lunettes pour observer les conséquences de nos modes de vie. L'empreinte écologique est un indicateur agrégé, certes imparfait et qui nécessite encore des améliorations méthodologiques, mais qui donne une représentation facilement compréhensible et pédagogique des défis écologiques. En particulier, cela permet de comparer des aspects qui sont généralement traités de façon séparée. Par exemple, il apparaît que les consommations de ressources des populations des pays à faibles revenus se concentrent sur la réponse aux « besoins vitaux » de leur population (se nourrir, en particulier) tandis que la part d'empreinte écologique consacrée à des activités moins vitales, comme les transports, est plus élevée pour les pays à hauts revenus. Cela soulève des questions quant aux choix inévitables et aux priorités à établir en termes de répartition de la consommation des ressources limitées de notre planète. Par exemple, on peut se demander si les « débauches » de transports constatées actuellement de par le monde répondent réellement à un besoin « essentiel » des populations. D'autant que l'essentiel de ces transports profite précisément aux pays qui sont déjà les mieux nantis...



12 - *Beyond GDP: Measuring progress, true wealth, and the well-being of nations*, Conférence organisée par la Commission Européenne, le Parlement Européen, le Club de Rome, l'OCDE, et le WWF, 19 & 20 November 2007, Disponible sur <http://www.beyond-gdp.eu/download/bgdp-summary-notes.pdf>

CONSTATS, TENDANCES, MARGES DE MANŒUVRE

LE CONSTAT

LES VISIONS DU FUTUR

Des prévisions qui conduisent à une double impasse vis-à-vis des ressources énergétiques et des émissions de gaz à effet de serre

La plupart des scénarios prévisionnels à moyen et long terme concernant les divers modes de transport anticipent, sur la base de l'expérience des 30 dernières années, une croissance toujours vive de l'ensemble des trafics de passagers et de marchandises mondiaux et en analysent les conséquences énergétiques et environnementales à des horizons donnés.

A titre d'exemple nous analyserons les scénarios développés en 2006 par l'AIE « Energy Outlook 2006 » à horizon 2030 et les scénarios développés en 2007 par le Conseil mondial de l'énergie « Energy Scenario Development Analysis: Wec policy until 2050 ».

Global Chance

Les scénarios de l'AIE.

L'AIE développe un scénario mondial dit de « Référence » où les politiques suivies par les différents pays sont celles décidées en 2006 et un scénario dit de « Politique alternative » dans lequel des politiques volontaristes sont envisagées pour réduire les consommations de pétrole et les émissions de gaz à effet de serre (en fait le CO₂) des différents secteurs économiques, le tout dans un contexte d'énergie relativement bon marché (un pétrole autour de 50 \$ le baril).

Le scénario de référence

Dans ce scénario, la consommation d'énergie du domaine des transports est décrite à travers les chiffres suivants :

Tableau I : Consommation d'énergie finale du secteur des transports du scénario de référence

Scénario de référence Energie finale (Mtep) (dont pétrole)	1990	2004	2015	2030
Pays de l'OCDE	985 (960)	1282 (1245)	1484 (1413)	1659 (1571)
Pays en Transition	154 (135)	140 (90)	176 (115)	204 (133)
Pays en développement	296 (275)	547 (526)	794 (758)	1248 (1180)
Total	1435 (1370)	1969 (1861)	2454 (2286)	3111 (2884)

On y constate une augmentation de 60 % de l'énergie finale du secteur au niveau mondial et de 55 % de l'usage du pétrole qui reste très largement dominant en 2030 (93 % contre 95 % en 2004). Sa part dans la consommation finale de pétrole mondiale passe dans la période de 54 % à 60 %.

Les situations régionales sont contrastées: une augmentation d'encore 30 % des consommations finales d'énergie dans les pays de l'OCDE pour-

tant déjà très équipés en moyens de transport, une multiplication par 2,3 dans les pays en développement (3 %/an) en énergie finale et en carburants pétroliers, une augmentation de 46 % des consommations finales d'énergie et de 48 % des carburants pétroliers dans les pays en transition.

Le tableau deux en donne la répartition par mode de transport :

Tableau 2 . Consommation d'énergie finale des transports mondiaux par mode

Scénario de référence Energie finale (Mtep)	2004	2030
Route	1567	2425
Aviation	238	455
Rail et maritime	165	231
Total	1969	3111

Des prévisions qui conduisent à une double impasse vis-à-vis des ressources énergétiques et des émissions de gaz à effet de serre

L'essentiel de la consommation de pétrole vient des transports routiers dont la forte augmentation des trafics (aussi bien pour les transports de marchandises que de passagers) n'est pas, et de loin, compensée par les gains d'efficacité énergétique (de l'ordre de 10 %) des véhicules particuliers et des poids lourds à horizon 2030. La propriété individuelle des automobiles et les modes d'organisation de la mobilité occidentaux restent la règle générale. Le nombre de voitures est multiplié par deux en 2030. L'augmentation des trafics n'est pas chiffrée dans le scénario, mais, compte tenu des considérations précédentes, elle doit se situer autour d'un facteur 1,8 sur la période pour les marchandises et les passagers.

Les transports aériens voient leur flotte passer de 16 800 avions à 44 000 en 2030, une croissance de 3,8 %/an¹. Mais la progression du trafic envisagée dans le scénario de référence est encore plus rapide et atteint 4,7 % par an sur la période. Dans ces conditions, la consommation finale des transports aériens, totalement pétrolière, atteint 455 Mtep en 2030 contre 238 en 2004 et 16 % de la consommation pétrolière des transports mondiaux.

Le scénario ne donne pas d'indication précise, ni sur l'évolution du transport maritime, ni sur celui du transport ferroviaire. Cependant, les indications sur l'évolution de la consommation des carburants alternatifs qui stagne dans la zone des

4 % du total montre que la part des transports ferroviaires demeure négligeable dans les dépenses énergétiques finales.

En résumé, pour le scénario de référence, une évolution sans changement majeur des déterminants principaux des évolutions passées: possession individuelle des voitures (et donc étroite relation entre les parcs nationaux, les trafics et la richesse des habitants), faible développement du rail, poursuite à un rythme rapide de la croissance des transports aériens tirés par la mondialisation des échanges.

Il en résulte une augmentation de consommation du pétrole de 60 % par rapport à 2004. Pour répondre à cette demande des transports, la production de pétrole doit passer de 48 Mbarils/jour à 70 Mbarils en 2030, soit 85 % de la production actuelle de pétrole. Les émissions de CO₂ passent d'environ 6 800 Mt de CO₂ en 2004 à 10 700 Mtonnes en 2030².

Le scénario Politique Alternative

Il a pour ambition de tester les conséquences de la généralisation des politiques de maîtrise de l'énergie et de diversification énergétique qui sont proposées pour assurer une meilleure sécurité énergétique et une réduction des émissions de gaz à effet de serre mondiales. Le tableau 3 en résume les caractéristiques.

Tableau 3 . Consommation d'énergie finale des transports mondiaux par mode du scénario « Politique alternative »

Scénario « Politique alternative » Energie finale (Mtep)	2004	2030	D 2030 Référence - Pol alternative
Route	1567	2159	266
Aviation	238	419	36
Rail et maritime	165	226	5
Total	1969	2804	307

La dernière colonne du tableau 3 montre que l'effort porte principalement sur les transports routier et aérien, bien plus que sur un transfert de mode vers le rail et le transport maritime.

Dans ce scénario où la propriété individuelle de la majorité des parcs automobiles et l'organisation de la mobilité ne sont pas plus remis en cause que dans le scénario de référence, l'effort porte principalement sur le progrès technique appliqué à l'efficacité énergétique de ces deux modes

de transport³. C'est donc principalement sur le progrès technique que se fonde ce scénario. Dans le domaine automobile par exemple, ce progrès se traduit par des consommations moyennes des véhicules nettement plus faibles dans chacune des régions que dans le scénario de référence (tableau 4).

1 - Les trois quart de cette flotte sera par conséquent mise en service pendant la période 2005 – 2030 et bénéficieront des progrès techniques aujourd'hui acquis.

2 - Compte tenu de pertes de la chaîne amont du pétrole (extraction raffinage, transports) estimées à 15 % et d'émissions de CO₂ de 3 tonnes par tep (hors émissions fugitives de méthane).

3 - Des transferts de modes très marginaux vers les modes guidés sont cependant envisagés pour quelques pays, en particulier les Etats Unis et la Chine.

Tableau 4 . Consommation moyenne des nouveaux véhicules en 2030 dans les scénarios référence et politique alternative.

Consommation litre :100km	2004	2030 Référence	2030 Pol alternative
OCDE	9,3	8,3	6,2
Pays en transition	10	9	7
Pays en développement	10,3	9,1	7,1

Cette différence considérable d'efficacité des véhicules (22 % à 25 % selon les régions) entre les deux scénarios explique l'essentiel des économies de carburant réalisées. Il en est de même pour l'aviation.

D'autre part, un effort important de recours à des carburants alternatifs est réalisé au cours de la période. Il porte la production de l'ensemble de ces carburants (agrocarburants, électricité, etc.) à 190 Mtep environ contre 135 dans le scénario de référence.

Globalement, ce scénario d'intense pénétration du progrès technique permet de limiter la production de pétrole indispensable aux transports à 63 Mbarils/jour (75 % de la production actuelle totale de pétrole) au lieu de 70 Mbarils/jour dans le scénario de référence et les émissions de CO₂ à 9000 Mtonnes en 2030.

Les scénarios du Conseil mondial de l'énergie (CME)

Ces scénarios établis en 2007 en utilisant le modèle « Pôles » du CNRS décrivent des évolutions différentes des consommations et productions d'énergie mondiale jusqu'en 2050 en fonction d'hypothèses qualitatives concernant le degré d'engagement et de coopération internationale des gouvernements des différents pays du monde dans le domaine de l'énergie et de l'environnement. L'évolution de la population et du pib des différentes régions du monde constituent les dé-

terminants principaux des différents scénarios envisagés. Les différences d'évolution des intensités énergétiques de chacun des scénarios sont prises en compte dans le modèle Pôles à travers des facteurs additifs à ceux engendrés par le marché, le progrès technique et les prix de l'énergie qui sont l'essentiel des leviers du modèle.

Quatre scénarios sont présentés :

- Léopard décrit un scénario d'engagement et de coopération faible des gouvernements sur les questions énergétiques et environnementales,
- Eléphant décrit un scénario de forte implication des gouvernements mais de faible coopération sur ces questions,
- Lion décrit un scénario de fort engagement et de forte coopération des gouvernements sur ces questions,
- Girafe décrit un scénario de faible engagement des gouvernements mais de fort engagement de coopération internationale.

Tous quatre décrivent des évolutions identiques de la population mondiale jusqu'en 2035 et légèrement différentes après cette date (croissance 1,1 % jusqu'en 2020, 0,9 % jusqu'à 2035). En 2035 la population mondiale est de l'ordre de 8 600 millions d'habitants contre 6 400 en 2005

Les évolutions des pib de chaque scénario sont indiquées dans le tableau suivant en même temps que la consommation finale de carburant par habitant des transports.

Tableau 5 . Evolution du Pib et des consommations de carburant pétrolier par habitant des 4 scénarios du CME

Croissance du pib %	2020	2035	Consommation transport/ habitant (tep)	2005 tep/hab	2020 tep/hab	2035 tep/hab
Léopard	3,3	2,3	Léopard	0,33	0,36	0,36
Elephant	3,1	1,9	Elephant	0,33	0,33	0,33
Lion	3,7	2,8	Lion	0,33	0,36	0,38
Girafe	3,8	3	Girafe	0,33	0,36	0,43

Des prévisions qui conduisent à une double impasse vis-à-vis des ressources énergétiques et des émissions de gaz à effet de serre

En 2035 les consommations de pétrole pour les transports et les prix au baril des différents scénarios⁴ sont les suivants :

Tableau 6. Prix du pétrole et consommations mondiales de carburant en 2035 pour les 4 scénarios du CME

2035 Mtep	Consommation Mondiale de pétrole des transports	Prix/ baril (\$ 2005ppp)
Léopard	3100	90
Elephant	2840	74
Lion	3270	70
Girafe	3700	82

Ces deux tableaux montrent les limites de la sensibilité du secteur des transports à la diversité des politiques décrites par les scénarios. Ce sont les politiques publiques qui ont le plus d'influence: 30 % d'écart en 2035 entre le scénario Eléphant de forte implication des gouvernements et le scénario Girafe de faible implication des gouvernements. La consommation mondiale de pétrole pour les transports augmente de 35 % dans le scénario le

plus économe et de 76 % dans le plus dispendieux par rapport à 2005 et les prix du baril restent dans une fourchette assez étroite entre 70 et 90 \$ le baril.

L'analyse par région fait apparaître le maintien d'une grande hétérogénéité des situations (tableau 7).

Tableau 7. Fourchettes de consommations totales et par habitant de carburants pétroliers selon les régions en fonction des différents scénarios du CME

Consommation de pétrole de transport	2005 tep/hab	Consommation totale de carburant	2035 tep/hab	Consommation totale de carburant
Afrique	0,07	62	0,07 à 0,12	120 à 204
Asie	0,14	540	0,21 à 0,29	1080 à 1490
Europe	0,6	470	0,6 à 0,67	454 à 507
Amérique latine	0,29	129	0,48 à 0,71	274 à 405
Amérique du nord	1,76	757	1,48 à 1,55	772 à 810

Le rapport des consommations de carburant par habitant d'un Américain et d'un Africain passe dans la période de 25 à 21, ce qui, compte tenu de la pénétration très probablement plus rapide des progrès d'efficacité énergétique des automobiles en Amérique qu'en Afrique implique en fait un renforcement de l'inégalité d'accès des africains aux services de l'automobile.

Le tableau montre aussi la faible sensibilité de ce secteur aux actions publiques envisagées.

À l'exception de l'Europe qui maintient à peu près constante sa consommation quelque soit le scénario, l'augmentation de consommation régionale de carburants pétroliers est généralisée dans toutes les autres régions.

Le rapprochement des consommations de carburant et des émissions des différents scénarios du CME avec ceux des scénarios de l'AIE au même horizon, en 2030, (tableau 8) montre que ces deux exercices de prévisions se confortent: des consommations de carburant de 2700 Mtep environ et des émissions de CO₂ de l'ordre de 9000 Mtonnes de CO₂ pour les politiques les plus volontaristes de maîtrise de consommation, jusqu'à 3300 Mtep et plus de 11000 Mtonnes de gaz carbonique dans les scénarios les moins ambitieux en termes de réduction d'émissions.

⁴ - Dans le modèle Pôles, les prix du pétrole sont le résultat d'un calcul à partir d'une simulation de l'offre et de la demande

Tableau 8 : Consommations de carburant et émissions de CO2 en 2030 de l'ensemble des scénarios du CME et de l'AIE

2030	Consommation de carburant	Emissions de CO2
Léopard	2850	9830
Elephant	2655	9160
Lion	2980	9970
Girafe	3300	11400
AIE Référence	2880	10730
AIE Pol Alternative	2580	8900

Le rapprochement des besoins de pétrole ainsi engendrés à l'horizon 2030 (de 60 à 75 Mbarils/jour) avec les prévisions de production pétrolière à cette époque qui fait l'objet de l'article « Les transports en manque de pétrole » (pages 37 à 39) dans ce même numéro montre tension extrême sur les ressources pétrolières.

Il en est de même pour les émissions de CO2. Dans l'optique d'une division par deux des émissions de CO2 mondiales à l'horizon 2050, autour de 13 Gtonnes de gaz carbonique, il serait indispensable d'avoir stabilisé les émissions vers 2020 et d'amor-

cer ensuite une réduction continue des émissions dans les 10 années suivantes pour atteindre une valeur de 20 à 22 Gtonnes de CO2. Dans ces conditions la part des transports dans les émissions de CO2 deviendrait considérable et passerait de 25 % en 2005 à 40 ou 50 % en 2030.

L'ensemble de ces prévisions met donc en relief des contradictions majeures entre l'évolution des consommations mondiales des transports, celle de production potentielle de pétrole et l'exigence de réduction des émissions de gaz à effet de serre mondiales.



Les transports en manque de pétrole

Lorsque les équipes de spécialistes des transports s'attellent à des exercices de prospective, elles se concentrent sur les évolutions du secteur, mais leurs hypothèses concernant la disponibilité du carburant sont-elles réalistes? Les transports sont dépendants du pétrole à 98 % et la part des transports dans la consommation mondiale de pétrole est de l'ordre de 50 %. Le domaine de la prospective pétrolière a beaucoup fait parler de lui ces dernières années avec la hausse continue des prix du baril mais il est fondamental de distinguer les données utilisées en fonction de leurs sources. De nombreux organismes fournissent

des données pétrolières, mais les plus consultés et les plus facilement accessibles sont l'Agence Internationale de l'Énergie d'un côté et la compagnie pétrolière BP de l'autre. Les nombreuses données qu'ils fournissent sur la production et la consommation passée sont relativement fiables. Il existe toutefois de petites différences entre les deux : par exemple, pour 2006, la production déclarée par BP est de 81,66 Mb/j (Millions de barils par jour) tandis que l'AIE indique 85,2 Mb/j. La différence, non négligeable, est due à des différences de définitions et modes de calculs. Concernant les prévisions de production de pétrole futur, la tâche se complique, car les écarts de vision sont considérables entre les différents organismes publiant des scénarios et il est impossible de s'exonérer d'une analyse en profondeur de ces décalages. Ce n'est pas directement l'objet de cet article mais nous serons forcés d'indiquer les principales raisons justifiant le choix des scénarios prospectifs les plus pertinents.

Les scénarios prospectifs de l'AIE sont très contestés. Le débat sur leur pertinence remonte à plusieurs années déjà. Il faut comprendre que l'AIE, fondée en 1974, juste après le premier choc pétrolier, est en quelque sorte un club des pays consommateurs de pétrole. Sous influence politique des états fondateurs, l'AIE a longtemps produit ses prévisions limitées à 30 ans en évaluant la demande à cet horizon et en calculant le montant des investissements nécessaires pour y parvenir. De fait, les experts pétroliers de l'AIE sont des



Jean-Luc Wingert est ingénieur-conseil, spécialisé dans les questions d'énergie et de développement, est l'auteur du livre «La vie après le pétrole, de la pénurie aux énergies nouvelles» Editions Autrement.

économistes. Les contraintes techniques qui limitent la production de pétrole n'ont initialement pas été comprises par cette agence, puis ont été plus ou moins censurées politiquement par la suite. Les prévisions de cette agence sont donc réputées pour être particulièrement optimistes. Si la compagnie pétrolière BP ne se prononce pas en matière de prospective, la compagnie Total le fait et a déclaré publiquement à plusieurs reprises que les prévisions de l'AIE n'étaient pas réalistes. Reste à voir quelles seront leurs prévisions dans le World Energy Outlook qui doit sortir fin 2008, puisqu'ils baissent régulièrement leurs prévisions, les

rendant progressivement et lentement de moins en moins irréalistes.

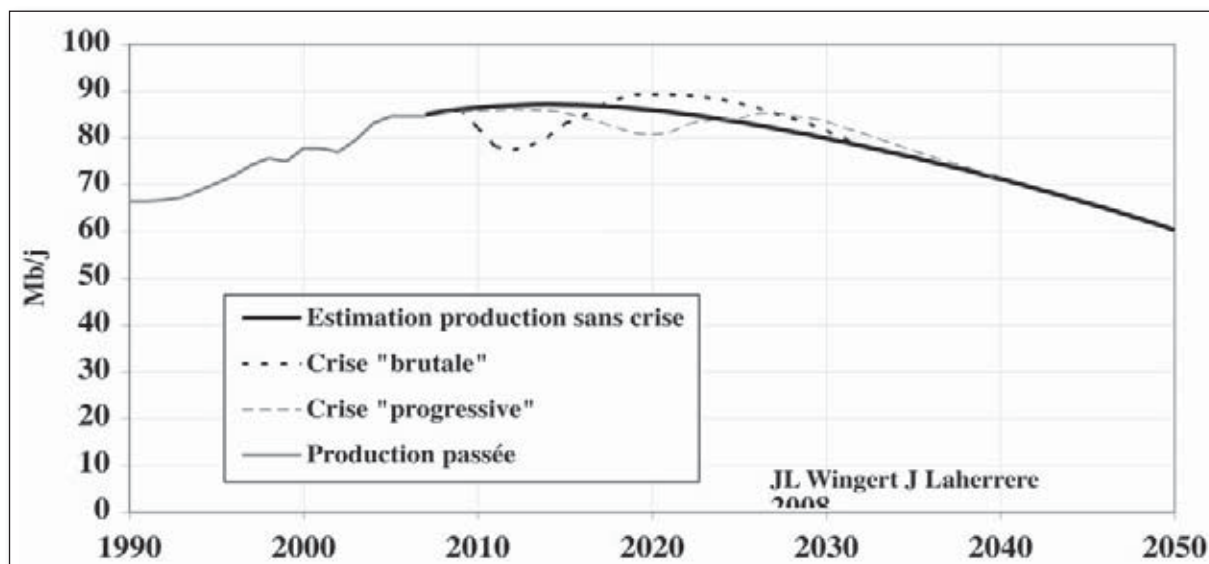
Une source d'information pertinente en matière de prospective pétrolière émane des géologues impliqués dans l'exploration, facteur clé concernant les prévisions futures. L'ASPO (Association for the Study of Peak Oil and gas) dispose de données confidentielles d'assez bonne qualité et fournit des scénarios bien plus réalistes que ceux de l'AIE. Il s'agit toutefois d'une communauté de spécialistes qui ont chacun leur point de vue sur la question. Ils sont d'accord sur le fait que nous sommes proches du point maximum de la production pétrolière mondiale, aussi appelé « Peak Oil » ou « Pic de Hubbert » du nom de son inventeur. Le pétrole étant présent en quantité finie dans le sous-sol, il faudra bien que tôt ou tard le niveau de la production baisse pour retourner à zéro, toute la question étant de savoir quand ce pic de production va être atteint. Notons que le simple fait de vouloir maintenir la production mondiale à un niveau constant nécessite de remplacer d'une année sur l'autre de l'ordre de 4 % à 5 % de la production mondiale manquante du fait de gisements arrivant en fin de vie. La dynamique du phénomène de pic est la suivante : augmenter la production demande de mettre de nouveaux gisements en exploitation ; les gisements les plus faciles d'accès et les plus volumineux ont été produits en premier ; il reste désormais des gisements de plus en plus difficiles d'accès et de plus petites tailles ; les difficultés qui en résultent impliquent

un rythme de mise en production de plus en plus lent: la production mondiale devient stationnaire puis décroît nécessairement. Cette dynamique a deux conséquences importantes: la production va baisser et la nature des pétroles produits change.

La baisse de la production est modélisée de manière réaliste par Jean Laherrère¹, membre fondateur d'ASPO. La production mondiale devrait atteindre son pic aux alentours de 2015 avec une marge d'erreur de plus ou moins 5 ans. Il s'agit là d'une prévision sans contrainte majeure sur la demande. Comme une crise économique mon-

diale est aujourd'hui plus que probable, diverses simulations ont été faites selon l'ampleur de cette dernière pour conclure à un décalage du pic de l'ordre de 5 ans. La perturbation de la production est relativement forte sur les premières années et l'onde de choc s'atténue pour devenir négligeable vers les années 2030. En pratique nous entrons dans une phase de production de pétrole dite en « plateau ondulé » qui précède le déclin. Nous accorderons donc plus d'importance aux prévisions vers 2030-2035 des scénarios transports qu'à celles situés vers 2015-2020.

Production mondiale de pétrole (avec scénarios de crises économiques)



La deuxième conséquence du pic de production de pétrole est le changement de composition des pétroles produits. Chaque gisement possède ses caractéristiques et à l'instar de la production vinicole, il existe des « crus » de pétrole. Par exemple, le Brent de mer du Nord possède des caractéristiques naturelles proche de la demande. Cela signifie que les opérations de raffinage peuvent en gros se limiter à de la purification et de la distillation pour séparer le pétrole brut en fractions plus ou moins lourdes. Ce qui n'est pas trop coûteux en énergie. Dans nos calculs actuels nous considérons qu'il y a une perte de 15 % entre le pétrole énergie primaire et l'énergie finale destinée aux transports. Si l'on ne dispose plus de pétroles légers préférentiellement exploités dans le passé et

que l'on doit utiliser du pétrole lourd, pour satisfaire la demande en carburants relativement légers (essence ou diesel), il faut « casser » les grosses molécules lourdes (cracking) dans des unités de conversion très consommatrices en énergie. Or s'il reste encore des gisements offshore de pétrole léger, nous allons rapidement devoir composer avec des pétroles de plus en plus lourds.

En résumé, la production de pétrole va baisser. On peut certes imaginer réserver une part de plus en plus importante du pétrole aux transports mais les « crus » de pétrole que l'on va devoir utiliser étant de plus en plus lourds, la production de carburants transports va nécessiter de plus en plus de pétrole brut. Pour simplifier nous considérerons dans le tableau suivant que ces deux tendances inverses se neutralisent et que la part de pétrole que l'on peut consacrer aux transports restera stable dans le temps, soit un équivalent 50 % avec 15 % de pertes.

1 - Laherrère Jean, Wingert Jean-Luc, 2008. *Forecast of liquids production assuming strong economic constraints*, ASPO 7th annual conference, Barcelona.

Tableau I : Produits pétroliers disponibles pour les transports

En Mt/an	2015	2020	2030	2035
Pétrole brut(1)	4337	4277	3977	3773
50% du pétrole brut	2168	2138	1988	1886
Energie finale transports	1843	1817	1690	1603

(1) Scénario Jean Laherrère sans contraintes sur la demande

Lorsque l'on compare ce tableau avec les chiffres obtenus pour les prévisions de l'AIE et du CME on constate que le pétrole dédié aux transports nécessaire à la demande qu'ils ont projeté n'existe pas. Dans le cas le plus défavorable, celui du scénario « Girafe » du CME, il faudrait consacrer la totalité du pétrole aux transports, ce qui est totalement irréaliste. Les scénarios les plus économes sont « politique alternative » de l'AIE avec 2804 Mtep/a en 2030 et « Eléphant » du CME avec 2840 Mtep/an en 2035. Cela reviendrait à consacrer respectivement 70 % et 75 % du pétrole mondial aux transports, et ce en fermant les yeux sur le taux de conversion dépendant de la qualité des pétroles certainement pas pris en compte dans les scénarios présentés.

Quelles seraient les pistes pour permettre de consacrer plus de pétrole aux transports afin de rendre ces derniers scénarios réalisables ?

Regardons tout d'abord à quoi est consacré le pétrole non destiné aux transports, car c'est sur ces usages qu'il faudrait prélever une partie du pétrole nécessaire. Aujourd'hui, la pétrochimie consomme environ 8 % du pétrole et la production d'électricité de l'ordre de 9 % pour de la production de pointe difficile à réduire. Les fiouls lourds et autres bitumes destinés aux secteurs industriels représentent 18 % et le fioul de chauffage pour les particuliers 14 %. Un report sur d'autres sources d'énergies est délicat, car le gaz naturel va éga-

lement subir de fortes contraintes de production environ une décennie après le pétrole et les tensions se font déjà sentir. Reste le charbon qui est abondant, mais dont le développement de la production nécessite des infrastructures lourdes dont la disponibilité va constituer un goulet d'étranglement. De plus la substituabilité du charbon au pétrole liquide est loin d'être triviale. Transformer directement le charbon en hydrocarbure liquide est possible avec le procédé Fisher-Tropsch mais le rendement est médiocre (voir « Des carburants liquides propres à partir du charbon ou du gaz », pages 74 à 77). La Chine semble avoir abandonné de tels projets tout simplement pour utiliser directement le charbon compte tenu de l'explosion des besoins.

Il n'est donc pas possible de raisonner hors du contexte caractérisé d'ici 2030-35 par une population mondiale toujours en croissance et des tensions multiples dans le domaine des énergies, sans même parler des problématiques de pollution, laissées de côté dans cet article centré sur la possibilité technique de fournir le carburant aux scénarios transports de l'AIE et du CME.

Tout indique donc que les scénarios prévisionnels d'évolution des transports à l'horizon 2030, même les moins gourmands en pétrole, font en fait l'impasse sur la question de disponibilité suffisante de ressources pétrolières.

LA TECHNOLOGIE ET SES LIMITES

LE PROGRÈS TECHNIQUE

LES CARBURANTS DE SUBSTITUTION

Quelles marges de progrès d'efficacité pour les technologies actuelles de véhicules légers et lourds ?

Pour chaque véhicule, le choix des technologies fait par le constructeur est un optimum instantané, pour le dit constructeur, entre les performances, au sens large, et le consentement à payer. Or les curseurs bougent, le consentement à payer se réduit, et seules les performances réellement utiles pour le client deviendront pertinentes.

De nombreux rapports français et européens ont été publiés en matière de perspectives d'évolutions des technologies véhicules. Les « recettes » sont classiques, une dose de technologie moteur, un peu d'hybride mais pas cher, une pincée de

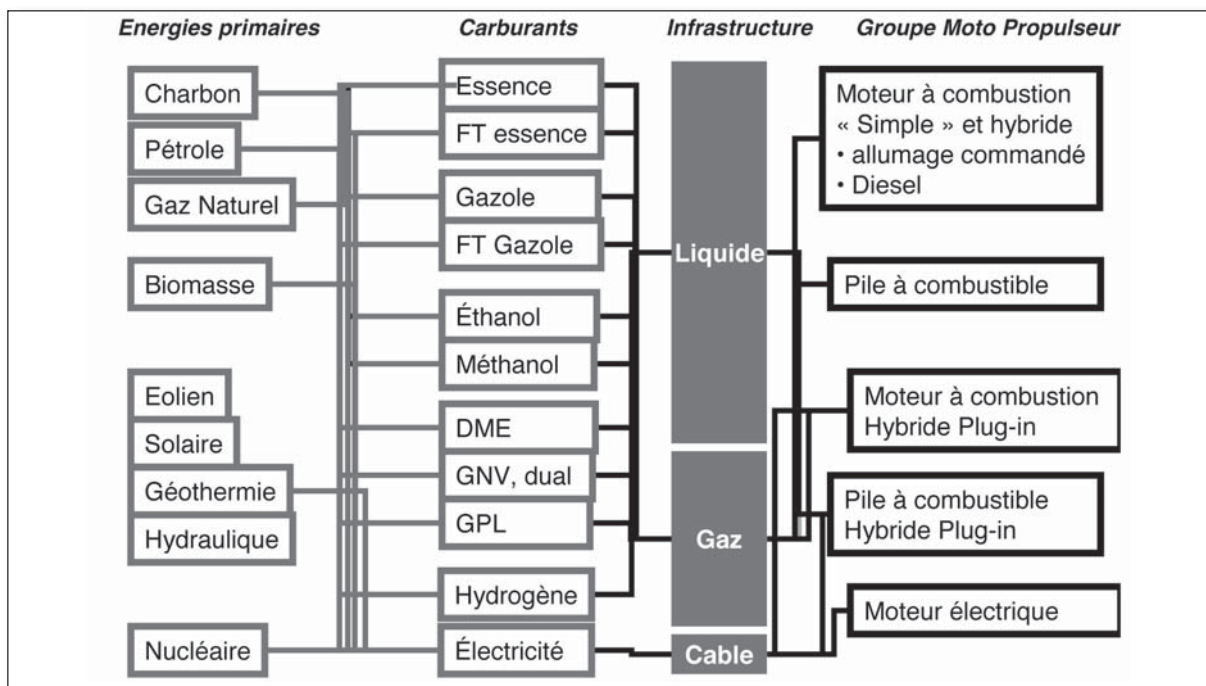


Gabriel PLASSAT
 en charge des thématiques Energies, Prospective et Actions Internationales à l'ADEME au département Transports & Mobilité depuis 7 ans. Ingénieur généraliste formé à l'INSA de Strasbourg, et à l'Institut Français du Pétrole (Ecole Nationale Supérieure du Pétrole et des Moteurs), a commencé sa carrière chez PSA Peugeot Citroën dans la Direction des Organes.

biocarburant mais que les « bons », un peu d'écoconduite, en jouant un peu sur les contraintes réglementaires et en demandant plus de R&D. Essayons ici de présenter un angle de lecture différent, en nous appuyant sur les travaux de l'ADEME, des simulations réalisées avec l'IFP, et également sur un autre document rédigé par... IBM, « *Automotive 2020, Clarity beyond the chaos* »¹.

Pour chaque binôme possible {moteur/carburants} présenté ci-dessous, les caractéristiques - émissions de CO₂/km, prix, fiabilité, maturité, investissements pour développer... - sont fortement différentes.

Figure 1- Filières énergétiques disponibles*



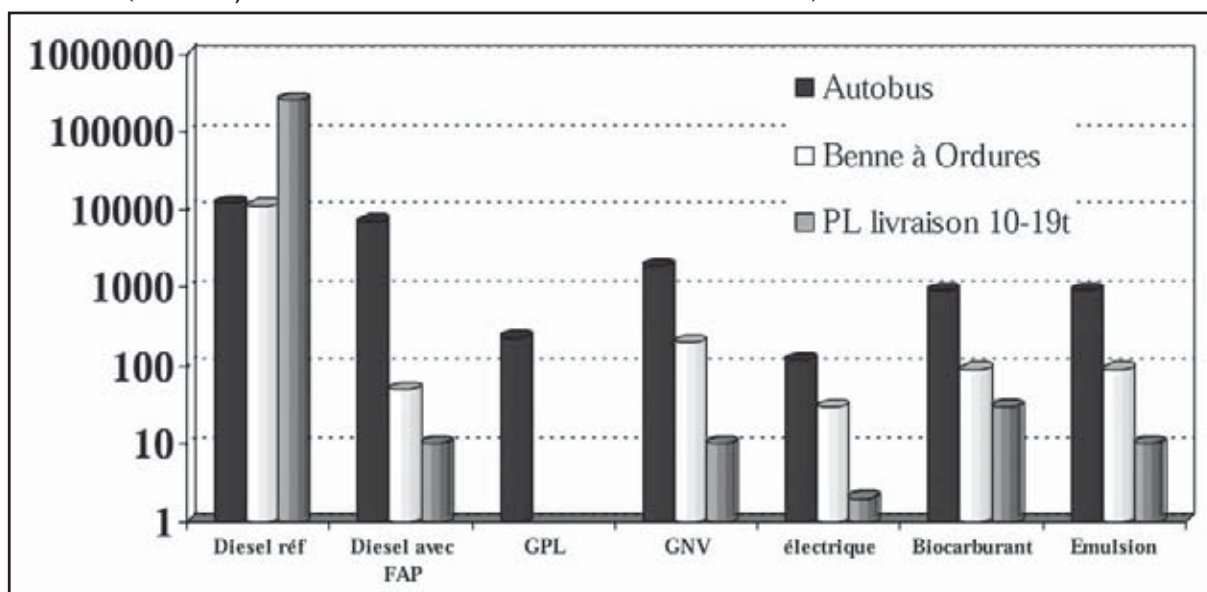
* FT : Fischer Tropsch (procédé permettant de fabriquer un carburant de synthèse), DME : Diméthyléther (carburant pour moteur Diesel similaire au GPL), GNV : Gaz Naturel Véhicule, GPL : Gaz de Pétrole Liquéfié

¹ - IBM, *Automotive 2020, Clarity beyond the chaos*, By Sanjay Rishi, Benjamin Stanley and Kalman Gyimesi

D'un point unique de départ (moteur à combustion interne/pétrole), source de standardisation forte pour les industriels, sous l'effet de contraintes multiples – effet de serre, pollution, diversification énergétique- une multitude de solutions s'ouvre actuellement. Ceci conduit d'un côté, à de fortes diversités, donc à des besoins de R&D multi domaines, et d'un autre côté, à des potentiels d'optimisation par usage, sources de gains énergétiques, et à plus long terme, économiques. Mais, comme ces paramètres sont liés, le choix d'un binôme alternatif est fonction de la performance du binôme de référence. Ainsi, par exemple, toute amélioration énergétique et/ou économique sur le binôme de référence {moteur à combustion/fossile} retarde, voire évince la diffusion du binôme {hybride/fossile}. Ces effets « indirects » sont particulièrement importants pour comprendre les évolutions à venir et choisir les binômes à promouvoir.

Le cas des autobus urbains est intéressant à étudier. Insignifiants aux regard de leurs émissions, ces véhicules annoncent les évolutions à venir pour d'autres véhicules lourds et certains véhicules légers. En effet, le bus urbain se caractérise par son faible rayon d'action, sa maintenance quasi quotidienne, son prix élevé permettant d'inclure de nouvelles technologies, et avant tout, son image politique. Il concentre donc tous les éléments pour être le premier véhicule testeur : de l'hydrogène aux biocarburants purs de 2^{ème} génération, de l'hybridation électrique ou hydraulique à la pile à combustible. Toutes les solutions possibles ont été, ou seront, évaluées sur un autobus, puis selon les retours d'information, se diffuseront à d'autres véhicules de type Benne à Ordures, puis éventuellement au camion de livraison, puis selon les cas au camion grand routier.

Figure 2 - Nombre de véhicule par filière en France (Autobus, Benne Ordures et Poids Lourd de 10 à 19 tonnes)*






* FAP: Filtre à Particules, GPL: Gaz de Pétrole Liquéfié, GNV: Gaz Naturel Véhicule, Emulsion: carburant incluant une émulsion d'eau et de gazole.

Ainsi, plus le véhicule est utilisé dans un secteur concurrentiel, au sens économique, plus la palette de solutions se réduit. A l'extrême, le camion grand routier se limite, à ce jour, au binôme {diesel/gazole}. Nous aurons donc des binômes {moteur/carburant} variables en fonction des usages,

avec des optimums également variables selon les choix géopolitiques, les fiscalités, le contenu carbone de l'électricité. A l'extrême, certains développeront des solutions autarciques: un carburant pour un usage spécifique quand il sera possible de s'assurer l'origine du carburant.

Figure 3 - Synthèse des filières énergétiques par type de véhicule lourd*

			
GMP	<ul style="list-style-type: none"> • 40% Diesel + FAP/SCR Combustion classique puis homogène • 30% Hybrid° Diesel/GNV/essence • 25% GNV • 5% PAC 	<ul style="list-style-type: none"> • 60% Diesel + FAP/SCR Combustion classique puis homogène • 20% Hybrid° Diesel/GNV/essence • 20% GNV PAC pour APU 	<ul style="list-style-type: none"> • 90% Diesel + FAP/SCR Combustion classique puis homogène • 10% Hybrid° Diesel (stop/start) PAC pour APU
Carburant	Gazole 10ppm, Diester maxi produc°, Bio F.T. capture CO ₂		
	GNV, biogaz maxi produc°, hythane avec H2 renouvelable ou capture CO ₂		
Autres	<ul style="list-style-type: none"> • Laboratoire technologie • Grande diversité énergie • Norme bruit sévèrisée • Site propre 	<ul style="list-style-type: none"> • Taxes km • Techno étudiée avec organisation • Norme bruit sévèrisée 	<ul style="list-style-type: none"> • Taxes km • Bruit (carto spécifique) • 60 T sur route dédiée ?

Cette optimisation du véhicule lourd n'est pas directement transposable au véhicule léger, le cas des véhicules utilitaires légers se rapprochant plus des véhicules lourds. L'achat du véhicule personnel, se faisant sur des critères de performances, éventuellement d'image, mais surtout économiques, englobe en général le cas d'usage le plus sévère : déplacement de toute la famille sur une grande distance quelques fois par an.

Mais plusieurs évolutions sont à attendre :

- la notion de famille évolue, le nombre de personne composant la « tribu » augmente, ce qui obligerait à considérer d'autres solutions,
- l'émotion pourrait disparaître de certains achats, pour conduire aux véhicules fonctionnels, puis à accepter la transition vers le service,
- des solutions apparaissent pour éviter certains déplacements ou proposer une alternative : la livraison à domicile, le télétravail, un ensemble covoiturage/autopartage/autostop sécurisé..., des modes doux embarquables dans des modes lourds,
- proposées par de nouveaux acteurs : les gestionnaires de parking, la grande distribution, les compagnies d'assurance, les loueurs et compagnies de leasing,

Tant qu'une matrice complète de service de mobilité ne sera pas disponible, l'automobile per-

sonnelle gardera sa position dominante, avec des évolutions possibles dans les critères de choix. Par contre, dès lors qu'une large palette de services sera disponible, le binôme retenu {moteur/carburant} sera, comme pour le véhicule lourd, adapté spécifiquement aux besoins. Ainsi, par exemple, alors que la vente classique de véhicules électriques a été jusqu'à présent un échec complet, elle pourrait parfaitement se développer :

- pour l'autopartage urbain dès lors qu'il est complété, par des technologies d'information et de communication (TIC) permettant de le « gérer » à distance (géolocalisation, gestion charge batterie), par des solutions de type cybercar (fonctionnement possible en train de véhicules) permettant d'en assurer un repositionnement efficace à moindre coût. **Des innovations de « soft » permettront à la fois de proposer des services, d'effectuer une diversification énergétique et d'améliorer l'efficacité énergétique.**
- pour des contextes géopolitiques spécifiques, associé à de l'électricité faiblement carbonée, et de massifs investissements publics et/ou privés pour l'infrastructure de recharge et/ou changement de batterie. **L'innovation pourrait venir du modèle économique, de commercialisation, donc des partenariats que les constructeurs sauront lier, plus que des technologies.**

En effet, le compromis [performance/prix] a une incidence décisive en matière d'efficacité énergétique. **Actuellement, pour tous les véhicules, le potentiel de gain énergétique apporté par la « science » est utilisé directement pour créer de la valeur marchande sous forme de performances (consommation, reprises) ou de pseudo performances (vitesse maximale, puissance moteur).** Si bien que sur un même véhicule, des allègements sont faits sur des pièces non visibles pour pouvoir placer porte gobelet, siège chauffant et autre finition cuir. Tant que l'efficacité énergétique n'aura pas une valeur marchande suffisante, le gain énergétique observable par le client sera réduit.

Une analyse parallèle entre les véhicules légers et lourds est particulièrement intéressante sur ce sujet : sur autoroute un camion chargé à 40 tonnes consomme environ 35 litres/100 km, et un autocar avec 50 personnes moins de 25 litres/100 km. **Par analogie, un véhicule individuel équivalent de 800 kg devrait consommer moins de 1 litre/100 km !** Pourtant, comme le montre le tableau ci-dessous, des progrès à attendre sont encore importants pour ces véhicules lourds en agissant à la fois sur le véhicule, son usage et quelques points d'infrastructures.

Figure 4- Potentiels de réduction des émissions de gaz à effet de serre par type de véhicule lourd*

Réduction des émissions de Gaz à Effet de Serre en %		2020	2020	2020	NEUF / RETROFIT
		ROUTIER (40 t)	MIXTE (19 t)	URBAIN (19 t)	
par la technologie dual fuel	Diesel	12%	6%	-5%	N / R
par l'hybridation	Diesel	5%	10%	20%	N
	AC	7%	15%	25%	N
par les progrès sur le moteur seul	Diesel	10%	5%	2%	N
	AC	10%	5%	2%	N
Récupération énergie à l'échappement		5%	3%	0%	N / R
par allègement		5%	5%	5%	N
par réduction résistance aérodynamique		6%	2%	0%	N / R
par réduction résistance au roulement		5%	2%	1%	N / R
par la réduction de la consommation des accessoires		2%	3%	5%	N
PL grand volume		30%			N

* AC : Allumage Commandé (moteur fonctionnant avec de l'essence, du GNV), Retrofit : Solution adaptable sur un véhicule existant pour améliorer ses performances. Les potentiels indiqués ne sont pas tous cumulables.

Pour le véhicule léger, une simulation complète permet de dégager quelques ordres de grandeur : **En partant d'un véhicule standard actuel (1360 kg, 130 gCO₂/km, Diesel 1.6 litre, 120ch), il est possible d'estimer la performance énergétique de son équivalent sobre qui utilise les mêmes technologies : 850 kg, Vmax 165 km/h, 90 gCO₂/km !**

Les briques technologiques sont là, seul manque le véhicule et surtout le modèle économique permettant de le vendre. Est-ce que ce véhicule sera acheté par un particulier, ou acheté par une société qui aura précisément quantifié le retour sur investissement lié à une haute efficacité énergétique ?

Là encore, l'innovation doit venir du modèle économique, de la commercialisation, plus que des technologies.

Les évolutions seront continues et conduiront à généraliser, chez le consommateur, la décision retardée puisque le véhicule de demain sera plus efficace que celui vendu aujourd'hui, conduisant, par la suite, vers une réduction des ventes au profit de la location. Des innovations seront également nécessaires dans le mode d'action sur le parc existant. Ainsi, par exemple, la vente d'un véhicule pourrait être effectuée directement d'un constructeur sans intermédiaire, couplée à une amélioration énergétique après 5 ans. En parallèle

le taux de recyclage va s'améliorer essentiellement pour des raisons économiques. Aidés par de véritables procédés industriels², les constructeurs (ré)intégreront la remise en circulation de nombreux composants. De même la consommation énergétique liée à la production des véhicules, actuellement de l'ordre de 10-20 % de l'énergie consommée sur toute la durée de vie, devra se réduire fortement pour améliorer les bilans complets du « berceau à la tombe ». Certains constructeurs, ou de nouveaux entrants, pourraient proposer des véhicules « fortement recyclés » intégrant une gestion optimisée de l'énergie : stop/start, récupération de l'énergie à l'échappement, panneaux solaires, couplage bidirectionnel au trafic (information vers le conducteur et action vers les systèmes de gestion des feux).

En parallèle, le client va accroître ses connaissances, notamment en matière de performances environnementales, sur les produits (de la fabrication au recyclage en passant par les performances en utilisation réelle), mais également sur les entreprises (éthique, conditions de travail). Echangeant ces informations en réseau mondial, il deviendra le principal acteur des véhicules disponibles sur le marché. Des outils collaboratifs, permettant de connaître la consommation réelle des véhicu-

les avant l'achat, vont apparaître – il existe déjà un site allemand sur ce sujet³ - conduisant les constructeurs à travailler encore plus la consommation réelle incluant les accessoires, sans avoir de pression réglementaire, mais uniquement celle du marché.

En conclusion, l'environnement dans lequel s'intègre l'industrie automobile se complexifie, en terme de nombre d'acteurs, de liens entre eux, et surtout d'enjeux. Le consommateur, de moins en moins admiratif devant l'objet automobile, attend une évolution vers des services de mobilité performants (i.e. simples et efficaces) avec une multitude d'options, accepte sans problème de voir d'autres acteurs, développe en réseau une conscience énergétique sur ce sujet, et choisit au dernier moment la solution la mieux adaptée à son besoin.

En miroir, les sociétés multinationales devront construire des stratégies pour répondre à ce besoin de mobilité individuelle, source d'épanouissement personnel, en proposant des solutions « à la carte » tout en s'efforçant de standardiser, en nouant des partenariats innovants, pour « **créer la clarté au-delà du chaos dans leurs mondes respectifs** »⁴.

2 - La jeune société Re-Source a développé un site de recyclage des véhicules en fin de vie avec un objectif de taux de récupération de 95 %.

3 - www.spritmonitor.de/

4 - IBM, Automotive 2020, Clarity beyond the chaos, By Sanjay Rishi, Benjamin Stanley and Kalman Gyimesi

La fée électricité sous le capot ?

Quand on analyse les nouvelles motorisations proposées pour les véhicules on s'aperçoit vite qu'elles reposent pratiquement toutes sur l'emploi de moteurs électriques pour fournir l'énergie mécanique nécessaire mais différent sur la façon de produire ou de stocker cette électricité à bord du véhicule.

Benjamin Dessus

De quoi s'agit-il ?

Quand on pense à la voiture électrique on a en général en tête une automobile qui fonctionne avec un moteur électrique à la place du moteur thermique et une transmission mécanique classique, mais dont le coffre est rempli de lourdes batteries. Bref un véhicule classique où l'on a simplement remplacé le moteur et le réservoir à essence par un moteur électrique et des batteries.

En fait l'introduction de l'électricité dans la traction d'un véhicule recouvre bien d'autres possibilités qui ont toutes en commun le recours à un moteur ou à plusieurs moteurs électriques pour fournir l'énergie mécanique nécessaire au véhicule.

C'est d'abord au niveau de la fourniture de l'énergie électrique aux moteurs que se distinguent les différentes filières selon que l'électricité est stockée dans le véhicule à partir d'une source fixe ou est fabriquée dans le véhicule lui-même à partir d'un combustible embarqué :

- véhicules électriques « classiques » dont les batteries sont rechargées à partir du réseau,
- véhicules qui brûlent du méthanol embarqué dans un réformeur qui fournit l'hydrogène nécessaire à une pile à combustible qui fournit à son tour l'électricité nécessaire au moteur de la voiture,
- véhicules « hybrides » à moteur thermique brûlant de l'essence ou du fuel associé à un alternateur qui fournit l'électricité nécessaire au moteur de la voiture,
- véhicules à pile à combustible alimentés par un stock d'hydrogène embarqué, lui-même obtenu par électrolyse ou reformage dans des installations fixes et distribué dans des stations service, etc.

Bien entendu, il existe de nombreuses combinaisons possibles de ces différentes façons de procéder, selon le programme de trajets prévu pour le véhicule, depuis le véhicule purement électrique sur batterie à faible autonomie jusqu'aux véhicules hybrides actuels qui peuvent utiliser les deux modes de traction (thermique ou électrique) en fonction des conditions des trajets (ville ou route) et disposent de l'autonomie que leur procure leur réservoir d'essence ou de fuel.

Des avantages certains pour la chaîne de traction

Dans tous les cas, l'introduction d'un moteur électrique et d'une batterie dans la chaîne de traction présente deux intérêts :

- le premier est l'excellent rendement mécanique d'un moteur électrique (supérieur à 90 %) quel que soit le régime auquel il travaille. C'est un point important puisqu'on sait qu'un moteur thermique ne dépasse guère 40 % de rendement nominal et que ce rendement dépend très largement des conditions d'usage (démarrage à froid, accélérations brutales, ralenti, etc.).
- le second est la possibilité de récupérer l'énergie de freinage pour recharger partiellement la batterie du véhicule.

Si de plus, on parvient à placer les moteurs électriques directement sur les roues du véhicule pour les entraîner (« moteur roue »), on évite les frottements mécaniques qu'entraîne la transmission de l'énergie mécanique d'un moteur jusqu'aux roues (bielles, arbre de transmission, boîte de vitesse, différentiel, etc). Ces pertes sont de l'ordre de 10 % de l'énergie mécanique produite.

La traction électrique présente donc des avantages certains en termes d'efficacité, mais il faut évidemment vérifier qu'ils ne sont pas en partie perdus, en amont du moteur électrique, pour produire l'électricité et éventuellement la transporter et la stocker dans le véhicule.

En amont du moteur électrique

C'est en amont du moteur électrique que le tableau s'inverse. Alors que la mise à disposition du carburant dans le réservoir d'une voiture s'effectue

avec un rendement de 80 à 85 % pour l'essence et de 85 à 90 % pour le diesel (en tenant compte des dépenses énergétiques d'extraction du pétrole, du raffinage et du transport jusqu'à la pompe), il en va bien différemment pour la mise à disposition de l'électricité nécessaire au véhicule à traction électrique.

La voiture électrique

Dans le cas de la voiture électrique « classique », il faut produire l'électricité, la transporter, charger les batteries de la voiture et extraire de ces batteries l'électricité nécessaire au moteur électrique.

Toutes ces étapes comportent des pertes, souvent importantes comme le montre le tableau 1.

Les centrales électriques présentent des rendements de 30 à 60 % pour les filières thermiques qui brûlent un combustible (nucléaire 33 %, charbon, 35 à 40 %, fuel 40 à 45 %, gaz naturel 50 à 60 %). Les pertes de transport et de distribution d'électricité sont de l'ordre de 7 % pour un réseau moderne. Le rendement de charge et décharge des batteries est de l'ordre de 65 % pour les batteries actuelles et pourrait atteindre 70 à 75 % pour les nouvelles batteries.

Tableau 1 : rendement global de la mise à disposition de l'électricité aux bornes du moteur d'une voiture électrique selon les filières de production d'électricité

Filière	Rendement de Production	Rendement de Transport distribution	Rendement de charge et décharge des batteries	Rendement global
Nucléaire	30 - 35%	93%	65-75%	18 - 24%
Charbon	35 - 40%	93%	65-75%	21 - 28%
Fuel	40 - 45%	93%	65-75%	24 - 31%
Gaz naturel	50 - 60%	93%	65-75%	30 - 42%

Les voitures à hydrogène

Elles utilisent à travers une pile à combustible de l'hydrogène embarqué et stocké dans le véhicule ou de l'hydrogène fabriqué à partir d'un carburant liquide, en général le méthanol, à bord même du véhicule.

L'hydrogène produit dans des installations fixes.

L'hydrogène peut être fabriqué par électrolyse mais avec un très mauvais rendement: de 15 à 25 % si l'on tient compte du rendement des usines de production d'électricité (voir tableau 1), de celui des électrolyseurs (inférieur ou égal à 60 %) de la compression et du stockage à bord du véhicule (de l'ordre de 75 %).

Mais on peut aussi le produire avec un meilleur rendement à partir de méthane dans des unités industrielles (75 %). Compte tenu de la compression et du stockage le rendement global de l'hydrogène à bord du véhicule est alors de l'ordre de 55 %.

L'hydrogène produit à bord des véhicules. On peut enfin produire l'hydrogène à bord même du véhicule par reformage de méthanol stocké à bord. Le rendement global de l'opération se situe dans la fourchette de 50 à 60 %.

Les véhicules hybrides

Reste la possibilité d'alimenter le moteur ou les moteurs de la voiture électrique à partir d'une batterie elle-même chargée à bord par un alternateur entraîné par un moteur à essence ou diesel. C'est le principe sur lequel est fondé le véhicule hybride actuel (par ex. la Prius). Le rendement du groupe propulseur peut atteindre 40 % dans le meilleur des cas car cette solution permet d'utiliser le moteur thermique à sa puissance nominale où son rendement est maximum.

Le tableau 2 résume les résultats obtenus pour ces différents véhicules.

Tableau 2 Fourchettes de rendements « du puits à la roue » des différents « véhicules non conventionnels susceptibles d’être mis sur le marché dans les 10 années qui viennent, et utilisés en cycle urbain

	Rendement jusqu’au moteur	Rendement du groupe motopropulseur	Rendement total
Véhicule électrique à moteur central	18 à 42%	85%	15 - 36%
Véhicule électrique « moteur roue »	18 à 42%	95%	17 - 40%
Véhicule pile à combustible hydrogène compressé (électrolyse)*	15 à 25%	55%	8 - 14%
Véhicule pile à combustible hydrogène compressé (ex gaz naturel)*	55 à 60%	55%	30 - 33%
Véhicule pile à combustible ex méthanol*	50 à 60%	45%	22- 27%
Hybride essence 2005	80 à 82%	35 à 40% (cycle urbain)	28 - 33%

* hypothèse : tous les véhicules à PAC sont équipés de « moteurs roues »

Ces rendements sont à comparer avec les rendements des filières de motorisation actuelles: autour de 17 % pour les moteurs à essence à injection modernes, et de 22 % pour le diesel injection directe « common rail ».

On voit sur ce tableau indicatif que les rendements énergétiques des différentes filières évoluent dans une large fourchette, de 8 % à 10 % pour la filière hydrogène ex-électrolyse quand l’électricité est produite à partir d’énergie nucléaire ou de charbon, jusqu’à 40 % pour la filière électricité directe, lorsque cette électricité est produite à partir de gaz naturel dans une centrale à cycle combiné. Mais cet avantage ne s’applique qu’à des véhicules de faible autonomie (de l’ordre de 100 à 150 km) et à délai de recharge élevé (plusieurs heures), qui sont limités à un usage en ville.

Il faut également observer qu’à l’exception notable du véhicule « moteur roue » électricité ex gaz naturel, les meilleures filières ne permettent que des gains, relativement modestes par rapport aux meilleurs diesels actuels (au maximum de 11 points), même s’ils restent souvent appréciables par rapport aux meilleures filières essence actuelles (jusqu’à 16 points).

Du point de vue des ressources énergétiques et de la sécurité d’approvisionnement en pétrole, la voie la plus prometteuse semble être l’usage direct d’électricité, soit dans des véhicules dont les missions sont réduites aux faibles déplacements soit à des véhicules possédant à la fois un moteur thermique et des batteries de capacité suffisante et susceptibles d’être rechargées sur le réseau électrique. Mais cela suppose bien entendu de disposer d’un réseau électrique et de moyens de production d’électricité suffisants.

Les émissions de gaz à effet de serre

A partir du tableau 2 précédent, on peut aisément comparer les fourchettes d’émissions de gaz à effet de serre, engendrées par les différentes filières, par rapport à la filière la plus répandue aujourd’hui, la filière essence.

C’est l’objet du tableau 3 ci-dessous où la comparaison est effectuée par rapport à un véhicule type à essence censé émettre 130 grammes de CO₂ par km à l’échappement (5 litres au 100 km). Compte tenu des pertes de raffinage et de transport du carburant (de l’ordre de 15 %) un tel véhicule émet en fait de l’ordre de 150 g de CO₂ par km.

Filières automobiles	Emissions de CO2 (g/km) (compte tenu de l'amont du carburant)
Véhicule essence de référence (130g/km)	150 g
Diesel common rail	115g
Hybride essence	75g - 90 g
Véhicule électrique classique :	
Electricité Gaz naturel	50g - 70 g
Electricité Nucléaire ou renouvelable	5g - 10g
Electricité Charbon	125g - 165g
Mix électrique européen	48g - 68 g
Véhicule électrique avancé (moteur roue)	
Electricité Gaz naturel	45g - 63 g
Electricité Nucléaire ou renouvelable	4g - 9 g
Electricité Charbon	110g -150 g
Mix électrique européen	43g - 60 g
Véhicule PAC hydrogène ex électrolyse	
Electricité Gaz naturel	145 g
Electricité Nucléaire ou renouvelable	5g -10 g
Electricité Charbon	350 g
Mix électrique européen	140 g
Véhicule PAC hydrogène ex méthanol	75g ñ 90 g
Véhicule PAC hydrogène ex gaz nat	60g - 70 g

Le rapprochement des deux tableaux précédents permet de mettre en évidence les points suivants :

- La filière voiture électrique ex-gaz affiche les meilleurs performances combinées sur le plan de la préservation des ressources et des émissions de GES (rendement 40 %, émissions 45 à 70 g/km). A noter que même avec de l'électricité ex-charbon, elle n'engendre pas d'émissions plus importantes que la filière essence actuelle, ce qui met bien en relief l'avantage de rendement qu'apporte une motorisation électrique.
- Ensuite on trouve la filière PAC à hydrogène ex-gaz naturel qui combine une efficacité énergétique honorable (30 % à 33 %) et des émissions légèrement supérieures à la filière précédente de 60 à 70 g/km.
- Les véhicules hybrides à essence et PAC à hydrogène ex-méthanol à reformeur embarqué font jeu à peu près égal avec une efficacité énergétique de l'ordre de 30 % et des émissions de 75 à 90 g/km.

Par contre les filières PAC à hydrogène électrolytique, plombées par leur très mauvais rendements,

affichent de mauvaises performances d'émissions. L'exception nucléaire, où les émissions de CO2 sont évidemment faibles, se paye d'un très mauvais rendement énergétique et des différents risques associés à cette énergie. Cet inconvénient disparaît si l'électricité est produite par de l'hydraulique par exemple.

En Europe par exemple, l'introduction de véhicules électriques dans le parc partout où cela est possible, est de nature à diminuer sensiblement la pression sur l'approvisionnement en pétrole, puisque celui-ci ne contribue que marginalement à la production d'électricité (<10%), et à diminuer les émissions spécifiques de gaz à effet de serre des nouveaux véhicules d'un facteur 2, par rapport aux véhicules équivalents à essence et de 70 %, par rapport aux véhicules diesel.

L'introduction de véhicules hybrides, ou de véhicules PAC méthanol, est susceptible d'engendrer des économies de pétrole de 30 à 35 % par rapport au diesel actuel et de 40 % des émissions de CO2.

Ce rapide tour d'horizon montre qu'il existe encore des marges de progrès non négligeables en matière de nouvelles motorisations électriques. Elles seraient susceptibles, si elles parvenaient à

pénétrer sur le marché de façon massive, malgré de nombreuses contraintes de nature technique ou organisationnelles¹, de permettre une réduction sensible des consommations unitaires de pétrole, une diversification des sources de carburants vers d'autres énergies fossiles, du nucléaire ou des renouvelables et une réduction des émissions CO₂.

La combinaison de l'ensemble des progrès techniques décrits ci dessus pourrait au mieux se traduire, à terme de 35 à 40 ans, par une consommation équivalente moyenne mondiale des véhicules d'entrée de gamme de l'ordre de trois litres au cent km contre un peu plus de cinq aujourd'hui et une réduction des émissions spécifiques de CO₂ d'un facteur deux au grand maximum.

C'est évidemment loin d'être négligeable mais attire néanmoins plusieurs commentaires.

Il n'est pas inutile de rappeler qu'au début des années 80, sous la pression de la crise pétrolière, et avec un appui important des pouvoirs publics, la plupart des constructeurs (et par ex. en France Renault et Peugeot) avaient déjà mis au point des « voitures 3 litres » qu'elles se proposaient de commercialiser. Le contrechoc pétrolier a rendu caduc ce projet. Il est donc assez surprenant de

voir aujourd'hui réapparaître cet objectif comme l'aboutissement d'un long et coûteux processus, alors qu'il était acquis il y a plus de vingt ans².

D'autre part, si l'on met en regard les effets potentiels maximaux du progrès technique que nous venons de décrire, à supposer qu'il se répande dans l'ensemble du monde avec la dynamique nécessaire pour que ses effets jouent à plein en 2050, ce qui est loin d'être acquis, on constate que ces effets sont loin d'être suffisants pour assurer une stabilisation des consommations de pétrole et, a fortiori, l'indispensable diminution des émissions de gaz à effet de serre que la croissance prévue des trafics automobiles risque d'entraîner³. L'AIE par exemple anticipe une multiplication par 2,2 du parc mondial de voitures individuelles d'ici 2030. Sans même compter les risques liés à la montée en gamme des véhicules que le monde pourrait connaître, si l'on en croit l'évolution constatée ces 20 dernières années, il n'est manifestement pas possible de se reposer sur le seul succès éventuel des percées technologiques potentielles, décrites plus haut, pour répondre aux défis que constitue la raréfaction du pétrole et le réchauffement climatique.



« La fée électricité » Raoul Dufy - 1937

1 - Parmi lesquelles la question du véhicule dédié à la seule ville, la création d'un réseau de recharge ou de recharge de batteries électriques, la distribution dans des stations service d'hydrogène sous pression etc.

2 - Les constructeurs automobiles répliquent que la puissance, le confort et la sécurité des véhicules actuels (beaucoup plus lourds que les prototypes 3 litres) sont sans commune mesure avec les véhicules 3 litres des années 80, ce qui est peut être vrai, mais pas forcément pertinent...

3 - Dans la plupart des scénarios les trafics automobiles mondiaux sont multipliés par un facteur supérieur à 4 en 2050 par rapport à 2005 (une croissance moyenne de 3,5 % par an), alors que le progrès technique envisagé ne permet qu'un gain d'un facteur inférieur à 2 à cette même date sur les émissions (1,6 % par an).

L'industrie automobile face au défi énergie-climat

LEF-Global Chance¹:

Alors que la menace climatique se conjugue avec la perspective du « peak-oil », pensez-vous que les facteurs énergie et environnement déterminent désormais le devenir de l'industrie automobile ?

François Jaumain :

Il est clair que l'on ne peut comprendre les mutations actuelles de cette industrie sans prendre en compte ces deux enjeux.

En ce qui concerne le prix du pétrole, la tendance, au-delà des fluctuations de court/moyen terme, est structurellement orientée à la hausse sur le long terme ; toutes choses égales par ailleurs, il en est donc de même pour le coût d'usage de l'automobile. Résultat : les véhicules trop gourmands n'ont plus la cote. D'autant que les inquiétudes relatives à la sécurité énergétique s'accroissent dans un contexte de forte croissance de la demande de brut et d'incertitude sur les réserves.

Le facteur environnemental joue lui aussi un rôle croissant, avec la prise de conscience écologiste et ses conséquences en termes de réglementation. L'Union Européenne par exemple s'est fixé des objectifs très volontaristes en matière d'émissions de particules (normes EURO 5 et EURO 6) tout en s'attaquant parallèlement aux émissions de CO₂ des véhicules neufs, avec, là aussi, des objectifs ambitieux.

L'Europe n'est d'ailleurs nullement un cas isolé : qu'elle soit motivée par la protection de l'environnement ou par des considérations telles que la sécurité énergétique, l'augmentation de la contrainte réglementaire est une tendance générale. Les constructeurs automobiles doivent composer avec cette nouvelle donne.

LEF-Global Chance :

Face au double défi énergie-climat, des constructeurs comme Toyota ont su anticiper et marquent des points, d'autres comme General Motors voient leur existence même remise en cause : l'intérêt des



Entretien¹ avec

François Jaumain

associé au sein du département Automobile de PricewaterhouseCoopers France, est spécialiste des questions environnementales et réglementaires.

constructeurs n'est-il pas de jouer le jeu plutôt que de s'opposer au changement ?

François Jaumain :

Au-delà des effets d'images (les voitures proposées par Renault et PSA sont en moyenne plus vertueuses que celles vendues par Toyota), les acteurs qui tirent le mieux leur épingle du jeu sont toujours ceux qui savent anticiper l'évolution des caractéristiques du marché pour être à même de proposer une offre adaptée. C'est d'autant plus vrai que le temps des producteurs automobiles est un temps long : si l'on ajoute au

processus de développement produit (de l'ordre de 18 mois à 2 ans) l'éventuelle construction d'une usine, on est sur un délai de 5 ans entre la conception et la mise sur le marché. Cette temporalité longue, d'ailleurs, est un argument important pour les constructeurs dans leur dialogue avec les pouvoirs publics : il n'y a pas d'opposition de principe à un mouvement inéluctable vers des véhicules plus sobres et moins émetteurs, mais une volonté d'en négocier le rythme en faisant valoir les contraintes propres au secteur, y compris sur le plan économique.

Alors que l'Union Européenne souhaite orienter la demande vers des véhicules moins polluants et a dévoilé en décembre 2007 son plan pour atteindre la barre de 130 g/km de CO₂ en moyenne, se pose par exemple la question du surcoût entraîné et de son acceptation par les consommateurs. L'Union Européenne table sur un surcoût par véhicule de 1300 euros, mais l'Association des Constructeurs Européens d'Automobiles estime qu'il atteindra 3650 euros (soit environ 15 % du prix de vente moyen) et que le marché n'est pas mûr pour une telle augmentation. Le but des constructeurs, dès lors, est de parvenir avec les pouvoirs publics à équilibrer l'équation en jouant sur ses différents paramètres : recherche de nouveaux gains de productivité, aides d'Etat (primes à l'achat avec les dispositifs de type bonus-malus déjà adoptés par 15 pays européens, ou aides directes aux constructeurs comme aux Etats-Unis), mise en avant, dans

¹ - Propos recueillis par Pierre Cornut le 20 octobre 2008.

un contexte de hausse tendancielle du prix du baril, des économies de carburants réalisées à l'usage, etc. Cette question du surcoût et du consentement à payer est en effet centrale : législateurs et constructeurs doivent avoir à l'esprit que les technologies « vertes » ne pourront pas s'imposer si leur coût dépasse trop largement celui des technologies classiques.

LEF-Global Chance :

Sur le plan technologique, précisément, quelle est votre analyse des perspectives ouvertes, que ce soit dans une logique d'amélioration ou de rupture ? Les gains théoriques en cycle de conduite normalisé continueront-ils d'être annulés dans le monde réel à cause des évolutions structurelles du parc et des conditions de circulation ?

François Jaumain :

Depuis les années 90, effectivement, les progrès considérables qui ont été enregistrés ont été contrebalancés par des facteurs tels que la recherche de sécurité, de confort, de puissance... Mais l'analyse des tendances récentes du marché montre que cet effet pourrait s'amortir à l'avenir : face à une demande qui s'oriente vers les segments moins coûteux à l'achat et à l'usage, on constate une évolution de l'offre avec, en particulier, le report des programmes les moins adaptés à la nouvelle situation. D'un côté comme de l'autre, la priorité n'est plus à la puissance pour la puissance. Et des marges de manœuvre effectives existent pour améliorer encore l'efficacité des véhicules à propulsion classique, tout en augmentant le recours à des carburants alternatifs.

En matière de rupture technologique, par contre, il convient d'être lucide : il y a un large consensus par exemple sur le fait qu'une option telle que la pile à combustible ne saurait s'imposer avant plusieurs dizaines d'années. Certes, on observe une relative diversité au niveau des stratégies de long terme des dix principaux constructeurs : certains investissent sur l'électrique classique tandis que d'autres misent directement sur la pile à combustible. Mais la plupart des experts s'accordent sur un constat : le moteur à explosion a encore de l'avenir devant lui. Avec en arrière plan deux tendances lourdes : la diésélisation croissante du parc, avantageuse sur le plan des émissions de CO₂ mais qui n'est pas sans poser des problèmes en termes d'émissions de particules, et le développement des motorisations hybrides, dans une logique de transition progressive vers le tout électrique.

LEF-Global Chance :

Pour limiter le réchauffement à +2 °C d'ici 2100, le Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat préconise une réduction de 50 % à 85 % des émissions mondiales de gaz à effet de serre d'ici 2050, tout en insistant sur la nécessité d'agir de façon forte et rapide afin d'orienter à la baisse les émissions dès 2015. Face à ce défi, les réponses technologiques mises en avant par les constructeurs automobiles sont-elles à la hauteur ?

François Jaumain :

Pour diverses raisons, les émissions provenant du secteur des transports suivent une courbe ascendante qui est effectivement très préoccupante à l'échelle planétaire. Aujourd'hui, 14 % des émissions mondiales proviennent par exemple des transports routiers, ce qui leur confère une lourde responsabilité sociale. Pour les constructeurs automobiles, il s'agit là d'un vrai challenge, y compris bien sûr en termes d'image. Mais ils ont une culture d'entreprise très forte, dans le meilleur sens du terme, avec une vraie capacité de mobilisation, de recherche et développement, d'innovation, etc. Sans aller évidemment jusqu'à remettre en cause leur cœur de métier, ils paraissent donc en mesure de relever le défi et de proposer des produits moins impactants pour répondre aux attentes des pouvoirs publics et des consommateurs.

Reste que l'augmentation tendancielle des émissions des transports routiers est de plus en plus liée à leur explosion dans les pays émergents. Plus que sur les questions technologiques, c'est peut-être là que se joue le défi énergétique et climatique, avec l'apparition d'une classe moyenne d'un milliard de personnes. Les pays émergents, et en particulier les BRIC (Brésil-Russie-Inde-Chine), devraient par exemple assurer 95 % de la croissance du marché mondial de l'automobile d'ici 2015. La production mondiale, qui s'est établie en 2007 à 69 millions de véhicules, devrait alors atteindre le chiffre de 85 millions, et un pays comme la Chine sera vraisemblablement devenu le premier marché automobile du monde. De plus, les modèles commercialisés dans ces pays – y compris par les constructeurs occidentaux – ne présentent pas les mêmes niveaux de performance que ceux proposés à l'achat dans les pays développés. Ces marchés ne sont donc pas des modèles de « croissance verte » : en Chine, d'ailleurs, les segments les plus dynamiques sont actuellement les SUV² et les berlines de luxe...

2 - 4x4 urbains

LEF-Global Chance :

Les pays en développement, justement, sont dans le contexte actuel considérés par l'industrie automobile comme un véritable « relais de croissance ». Peut-on dès lors établir un parallèle entre la stratégie des constructeurs automobiles, qui misent sur ces nouveaux marchés, et celle des multinationales du tabac, qui, après avoir nié la dangerosité de leur produit pour la santé, ont choisi d'orienter leurs efforts vers les consommateurs du Sud ?

François Jaumain :

La question des pays émergents doit être analysée avec plus d'optimisme et en tenant compte de facteurs multiples. Ainsi, il ne faut pas oublier que le développement de la circulation automobile dans ces pays entraîne une augmentation de la pollution locale, en particulier dans les villes, ce qui conduit les autorités concernées à adopter des mesures de régulation, éventuellement sous forme de normes d'émissions. De ce point de vue, ces pays n'échappent pas à la tendance générale. Pour certains d'entre eux, dont la Chine, l'enjeu est également énergétique: l'expansion du parc automobile se traduit par une hausse continue de la consommation de carburants, donc des importations de pétrole, avec à la clé une dépendance croissante et une dégradation de la balance extérieure. La Chine, suivant l'exemple d'autres pays asiatiques dont l'Inde, a d'ailleurs été récemment amenée à réviser sa politique de subvention des prix à la pompe, qui se traduisait par un écart croissant entre l'évolution des cours mondiaux du brut et celle du prix local des carburants. Enfin, les pays émergents seront inévitablement amenés

dans un avenir proche à accorder une importance croissante au facteur climat, et donc à adopter des mesures pour réduire les consommations unitaires des véhicules commercialisés, comme l'ont fait avant eux les pays développés.

Il faut, d'autre part, prendre en compte le facteur « concurrence industrielle »: d'une certaine façon, les normes imposées sur leurs marchés par les pays du Nord sont autant de barrières pour les constructeurs du Sud. Il est donc dans l'intérêt des pays émergents de se donner les moyens d'un alignement technologique, entre autres via des alliances industrielles avec les constructeurs historiques des pays riches. De ce point de vue aussi, on peut penser qu'une certaine convergence s'imposera à terme, même si pendant une période de transition plus ou moins longue les modèles produits pour les marchés intérieurs des pays en développement resteront moins performants que ceux destinés à l'exportation vers les pays développés, en particulier dans les segments de marché les plus accessibles économiquement.

Références

François Jaumain, Les enjeux de l'industrie automobile face au changement climatique, *Actualités du Commerce Extérieur - ACCOMEX*, novembre/décembre 2007, n° 78 (article également publié par *Problèmes Economiques*, n° 2947, 7 mai 2008, pp. 38-42).

PricewaterhouseCoopers, *The automotive industry and climate change - framework and dynamics of the CO2 (r)evolution*, septembre 2007, 127 pages.

La voiture low cost n'est pas la solution pour la planète !

Renault, Tata, Fiat... : tous les constructeurs automobiles du monde sont sur le pont ! L'avenir, lit-on ici et là, est aux voitures à bas prix. Le segment des voitures « low cost » devrait représenter à l'horizon 2010 environ 26 % du marché mondial, et quelque 18 millions de véhicules neufs à moins de 10 000 euros seront écoulés dans le monde en 2012. Le « potentiel » est-il vraiment alléchant, tout particulièrement dans les pays émergents : le parc automobile chinois devrait être multiplié par sept pour atteindre 270 millions de véhicules d'ici 2030. Les Indiens qui ont acheté 1,1 million d'automobiles en 2005 devraient en acquérir le double en 2010. Et si l'on en croit les constructeurs, ce développement du low cost serait bien plus qu'un « business plan » mais la réponse à une demande d'ascension sociale légitime. Ainsi le PDG indien Ratan Tata déclarait récemment : « chacun doit avoir la possibilité d'acheter une voiture low-cost pour qu'il n'y ait plus en Inde de famille de 4 personnes sur une moto ».

Mais cette vision idyllique se heurte de plein fouet à la réalité en faisant l'impasse sur un contexte planétaire particulièrement préoccupant.

Si l'on écoute les experts du climat, selon lesquels les scénarios évoqués par le GIEC sont tous largement dépassés par la réalité, si l'on écoute les géologues, qui estiment que l'on est entré dans une phase de diminution de la production pétrolière, avec à la clé un prix du pétrole qui va rester élevé, si l'on écoute enfin ce que nous disent les scientifiques, les médecins notamment, sur la pollution de l'air générée par l'automobile... on ne peut être que très circonspect sur l'avenir de l'automobile.

Il ne s'agit pas ici de crier « haro » sur l'automobile. La voiture a été par le passé un élément de progrès, elle a donné plus de mobilité aux gens, et a rendu des territoires plus accessibles. Mais aujourd'hui, à bien des égards, l'automobile est très clairement plus un problème qu'une solution.



Denis Baupin est actuellement Maire adjoint (Vert) de Paris, en charge du développement durable, de l'environnement et du plan climat. Entre 2001 et 2008, il était maire adjoint de Paris en charge des déplacements. Il est l'auteur du livre « Tout voiture, no future : il y a une vie après l'auto » paru aux éditions l'Archipel.

La lourde responsabilité des constructeurs automobiles

Et force est de constater le manque total d'anticipation de l'industrie automobile face à la nouvelle donne énergétique et climatique. En continuant à produire des véhicules de plus en plus lourds, de plus en plus puissants, de plus en plus gaspilleurs, les constructeurs ont une très lourde responsabilité.

Un exemple : la plupart des véhicules peuvent rouler jusqu'à 190 ou 200 km/h. Pour pouvoir rouler à cette vitesse, quand bien même la loi l'interdit totalement, le moteur du véhicule doit être suffisamment puissant, ce qui génère une surconsommation et une surpollution tota-

lement inutiles. Un véhicule qui a été conçu pour pouvoir rouler à 190 km/h va consommer, polluer, émettre 40 % de gaz à effet de serre de plus qu'un véhicule qui aurait été bridé à 130 km/h, même quand il roule à 30 km/h en ville : un gaspillage insensé des ressources et une pollution qui pourrait largement être évitée, et un surcoût de 40 % pour le consommateur otage auquel on n'a évidemment jamais donné le choix.

L'illustration la plus flagrante de la cécité des constructeurs est le développement du 4x4 en ville, totalement à rebours de l'histoire. Cette offre contre nature illustre à quel point la question de l'image de soi associée à la possession d'une automobile reste prédominante. Les constructeurs ont d'ailleurs beaucoup investi en ce sens, avec plus d'un milliard d'euros consacrés par an à la publicité rien qu'en France. Nous sommes quotidiennement abreuvés de spots présentant des véhicules qui remontent des pentes de ski, surfent sur des vagues, roulent sur la lune, traversent des cyclones... autant de situations quotidiennes pour l'utilisateur d'une voiture ! Au travers de ces messages, on présente un usage fantasmé de l'automobile, gage d'une liberté totale de mouvement, d'une puissance sans rapport avec le monde réel, et d'une image de soi qui serait liée à la posses-

sion du bolide. On vend à l'usager un rêve... qui tourne rapidement au cauchemar !

Non seulement, l'usager ne bénéficiera pas de la mobilité et de la puissance promises, passant l'essentiel de son temps dans les embouteillages, prisonnier d'un véhicule trop large par rapport à ses besoins, mais il est en plus également pris en otage, par une charge financière de plus en plus lourde liée au prix croissant de l'énergie. Un prix cher payé pour un supposé statut social associé au véhicule, au moment où cette image est de plus en plus dégradée (pollution, accidentologie, etc.).

Les automobilistes ne seront pas les seules victimes de ce manque d'anticipation. L'ensemble des salariés du secteur de l'automobile sont aujourd'hui clairement menacés. En témoignent les licenciements massifs annoncés par GENERAL MOTORS ou encore par Renault. Deux constructeurs qui ont investi massivement dans le créneau de véhicules puissants et notamment de 4 x 4, particulièrement ces dernières années... alors que le producteur de la Smart a lui des difficultés à produire suffisamment de véhicules pour répondre à la demande.

Des low cost... qui s'avèrent être des high cost

Dans ces conditions, la voiture low cost apparaît bien comme un mirage : non seulement une impasse mais en plus une arnaque. Ces voitures n'ont de low cost que le coût d'achat. Si on prend en compte le coût d'usage de la voiture sur l'ensemble de sa durée de vie, on se rend compte au contraire que ce n'est pas une low cost mais plutôt une high cost !

Comparons la Dacia Logan à la Cuore II de Daihatsu, numéro un au palmarès de l'ADEME. Le coût d'achat de la Logan (7600 euros) est certes largement inférieur à celui de la Cuore (11300 € desquels il faut d'ailleurs retirer 700 € de bonus). Mais, sur les 150000 km qu'elle va parcourir, le coût de fonctionnement de la Logan est de 17550 € alors que celui de la Cuore est de 11300 €. Au total : 25150 € pour la Logan, contre 21200 € pour la Cuore !

En ce qui concerne les rejets de gaz à effet de serre, le résultat est encore plus frappant : une Logan émet entre 165 et 185 g de CO₂ par km, soit sur une durée de vie de 150000 km, environ 27,75 tonnes de CO₂. La Cuore, avec 104 g de CO₂ par km, n'en émettra dans le même temps que 15,6 tonnes.

On constate donc que la soit-disant voiture low cost est non seulement une hérésie environnementale, ce dont on pouvait se douter, mais éga-

lement une hérésie sociale puisque le consommateur payera finalement beaucoup plus cher.

« Colonialisme écologique » ou « post-colonialisme » ?

S'opposer au développement des véhicules low cost, c'est forcément affronter aussi la question de l'égalité de tous face à l'automobile et la démocratisation de l'accès à cet outil. L'idée selon laquelle on devrait tous être égaux et avoir le même accès face au droit à la mobilité est un principe que l'on ne peut qu'approuver. Mais le conditionner à la généralisation du modèle « tout automobile » c'est y renoncer par avance.

Il est illusoire de penser, notamment au vu des ressources disponibles, qu'il puisse y avoir un accès de tous les habitants de la planète au niveau de motorisation des pays développés. Il ne s'agit pas d'interdire l'accès à l'automobile à tous ceux qui n'en ont pas mais bien d'éviter d'exporter un modèle dont on sait qu'il est voué à l'échec.

Lester Brown avance un chiffre particulièrement intéressant : si la Chine devait un jour se retrouver avec un taux de possession de voitures de 3 véhicules pour 4 habitants comme aux Etats-Unis, cela représenterait 1,1 milliard d'automobiles... alors que la flotte actuelle, pour l'ensemble de la planète, est de 800 millions. Les infrastructures qui seraient nécessaires en termes de réseaux routiers et de parkings nécessiteraient l'aménagement d'une surface à peu près égale à celle dévolue actuellement à la culture du riz, qui est l'aliment de base des Chinois.

Affirmer qu'il n'y aura pas « démocratisation » de l'accès à l'automobile pour tous via le low cost, c'est même prendre le risque d'être accusé de colonialisme écologiste par les constructeurs ! J'en ai fait l'expérience. Le fait qu'ils aient, pétroliers et constructeurs, bâti leur empire sur l'exploitation éhontée des ressources (matières premières et énergie) du Sud de la planète, souvent en soutenant des régimes dictatoriaux et corrompus, ne les incite visiblement pas à un minimum de décence. Pas plus que le fait de limiter leur intérêt pour les habitants des pays émergents aux seuls solvables, ceux qui ont atteint un niveau de consommation compatible avec l'accession au statut enviable de public cible.

Le colonialisme bien sûr, n'est pas du côté de ceux qui dénoncent l'impasse, mais de ceux qui vendent un modèle de développement illusoire. Illusoire non seulement pour les consommateurs

potentiels, mais aussi pour les économies de ces pays.

Car inonder les marchés de voitures low cost ne pourra que générer une dépendance supplémentaire pour des pays qui jusqu'alors n'étaient pas ou peu dépendants du pétrole.

De plus, miser sur le développement de l'automobile individuelle dans les pays émergents ou pauvres a des conséquences particulièrement lourdes en termes de priorités d'investissements publics et d'aménagement de l'espace. Au regard des moyens publics faibles de ces pays, investir des budgets considérables pour adapter et développer leurs infrastructures routières, qui plus est pour la seule élite ayant les moyens d'accéder à l'automobile individuelle, ne peut se faire qu'aux dépens d'autres priorités : un choix qui pèserait lourd, économiquement, environnementalement et socialement.

Les solutions de demain

Heureusement les alternatives existent. Tout d'abord, évidemment, accorder la priorité au développement des transports collectifs dans tous les pays, notamment dans les zones urbaines qui accueillent la majorité de la population de la planète. Beaucoup de grandes villes du sud de ce monde ne nous ont d'ailleurs pas attendus et certaines ont mis en place des dispositifs particulièrement efficaces, en faisant preuve d'une réelle volonté politique. Bogota ou Curitiba, par exemple, ont développé des systèmes de bus en site propre qui transportent plus de passagers que les lignes de métro parisiennes ! Et ce sont aujourd'hui les villes du Nord de la planète qui s'inspirent de leur exemple.

De même, particulièrement en dehors des zones urbaines, il faut miser sur tous les dispositifs innovants ou traditionnels de mutualisation des besoins de déplacement. Dans les pays du nord, on redécouvre le co-voiturage, mais les systèmes de taxis collectifs, taxis brousses, etc. existent d'ores et déjà dans beaucoup de pays en voie de développement. Preuve s'il en est que l'ingéniosité humaine permet d'inventer des dispositifs qui permettent de partager une ressource rare, d'en avoir un usage sobre. Et que parfois, la pénurie peut être bonne conseillère pour éviter le gaspillage.

Il y a aussi un avenir pour la voiture, au Nord comme au Sud. Mais pas la voiture que nous avons connue jusqu'alors. Ce qui doit caractériser l'automobile du 21^{ème} siècle c'est la sobriété : elle devra être beaucoup plus petite, moins lourde,

moins rapide, moins consommatrice d'énergie et d'espace.

Peu polluante, elle devra aussi sortir du tout-pétrole. La voiture, elle aussi, pourrait profiter du boom des énergies renouvelables. Certains prospectivistes imaginent par exemple de coupler motorisation électrique des véhicules et multiplication des éoliennes. Cette hypothèse imaginée pour un pays très pétro dépendant comme les Etats-Unis, pourrait très vite devenir réalité (sous forme expérimentale) en Australie. On imagine évidemment l'intérêt de tels modèles pour des pays dont les réseaux énergétiques sont bien plus faibles encore.

Imaginer une telle voiture d'avenir suppose une double révolution idéologique dans le monde des constructeurs : d'une part accepter de passer de la voiture idéalisée pour revenir à une voiture utilitaire. Et d'autre part, en finir avec l'idée de la voiture polyvalente : le même véhicule qui sert pour emmener la famille en vacances ou aller tous les jours seul au travail.

Car un « usage écologiquement responsable » de l'automobile implique de passer de la voiture propriété individuelle à la voiture d'usage. La voiture devient alors le complément du reste des modes de déplacement, « la voiture balai », celle qu'on utilise quand le transport collectif, le vélo, les modes de déplacement les plus usuels ne suffisent pas.

Au-delà du développement de dispositifs comme l'autopartage ou le co-voiturage, il faut maintenant miser sur des bouquets de services innovants. Nous avons notamment proposé lors de la campagne des municipales à Paris, que la carte NAVIGO permette d'accéder non seulement aux transports collectifs, mais également à un ensemble d'autres services comme VELIB, l'accès à des voitures en autopartage ou au co-voiturage, deux courses de taxi à tarif réduit par mois, etc. Bref, faire en sorte que celui qui abandonne sa voiture individuelle puisse avoir accès aisément à tout un panel de solutions alternatives.

Le rôle crucial des villes

Ce bref panorama des alternatives à la voiture low cost ne serait pas complet si on n'y incluait pas deux pistes supplémentaires impératives.

La première est l'urgente reconversion de l'industrie automobile menacée d'une crise à la hauteur – voire pire – de celle qu'a vécue la sidérurgie. Des dizaines de milliers voire des centaines de milliers de salariés sont aujourd'hui menacés par l'évo-

La voiture low cost n'est pas la solution pour la planète !

lution des modes de déplacement (qu'il s'agisse d'ailleurs du transport de personnes ou de marchandises) et du prix de l'énergie. Barack Obama ne s'y est d'ailleurs pas trompé, qui lie toute aide au secteur automobile américain à son évolution profonde. Même Arnold Schwarzenegger s'y était converti!

La seconde est qu'il nous faut également travailler sur le « design » de la ville, sur la façon dont elle est conçue. La ville écologique doit être la plus compacte possible (à l'opposé des modèles américain ou australien) pour être la moins dépendante de l'automobile.

Les villes hébergent plus de la moitié des habitants de la planète et sont responsables de 75 %

des émissions de gaz carbonique. Elles ont un rôle crucial à jouer. Elles sont clairement appelées à être des éléments moteurs de la lutte contre le dérèglement climatique. Il nous faut donc inventer les dispositifs de mobilité de demain, mais aussi « la ville qui va avec ».

En matière de mobilité, les solutions de demain sont donc largement connues: elles permettent à la fois de réduire les impacts environnementaux (pollutions locales et globales), les injustices sociales (en donnant un droit à la mobilité à ceux qui n'ont pas les moyens d'avoir une voiture) et de créer des millions d'emplois, qui plus est non délocalisables! Ne manque que la volonté politique.



Vers la sortie de route ? Les transports face au défi de l'énergie et du climat

Les deux articles qui suivent, une analyse critique de la politique actuelle de l'UE en matière de réduction des émissions des voitures neuves, et un article d'un proche conseiller de Barack Obama, qui sur la base de l'expérience californienne, esquisse ce que sera vraisemblablement l'approche de la nouvelle administration fédérale, permettent de mettre en regard des approches qui convergent sur certains aspects, tout en présentant de réelles différences, y compris culturelles.

Aux Etats Unis par exemple l'unité employée (le nombre de miles par gallon) prédispose intellectuellement à une logique d'amélioration de l'efficacité pour parcourir des distances plus grandes à consommation totale constante, alors que, en Europe, on pense plus à une réduction de la consommation à distance constante.

LEF - Global Chance

Émissions de CO2 des voitures neuves : L'Union Européenne joue la montre

Après s'être engagée lors de l'adoption du Protocole de Kyoto en 1997 à réduire ses émissions de 8 % à l'horizon 2008-2012, l'UE s'est fixé en 2007 comme nouvel objectif pour 2020 une réduction de 20 % - ou de 30 % si un « accord satisfaisant » sur le climat est conclu au niveau international.

Pour être à la hauteur de cette ambition¹, elle devra toutefois maîtriser la situation dans le secteur des transports, extrêmement préoccupante aussi bien en termes de rejets de GES (21 % des émissions de GES²), qu'en termes de progression passée (+26 % entre 1990 et 2005³). Tous les secteurs ont en effet vu leurs émissions de GES diminuer depuis 1990 sauf celui des transports, qui risque à lui seul de mettre en péril les objectifs de l'UE. Côté tendances, c'est l'inquiétude : si aucune nouvelle mesure n'est mise en œuvre (scénario de référence), l'Agence Européenne de l'Environnement annonce une hausse de 24 % des émissions des transports d'ici 2010 par rapport à 1990, et de 42 % d'ici 2020⁴. Le défi à relever est considérable. Un exemple suffit pour en prendre la mesure : respecter les objectifs de l'UE pour 2020 en contenant la croissance du trafic (évaluée à +15 % sur la période 2010-2020 dans le scénario de référence) supposerait de la limiter à +4 % (objectif GES - 20 %) voire de diminuer le trafic de 2 % (objectif GES - 30 %). Bien sûr, la maîtrise de



Olivier Louchard
coordonateur du Réseau Action Climat-France depuis 2002, en charge des questions transports. A représenté le RAC-F et l'Alliance pour la planète au Grenelle de l'environnement 2007/2008 sur le thème climat/énergie et notamment sur les transports.



Pierre Cornut
économiste et consultant, est l'auteur de « Changement climatique et transports : manuel de recommandations à l'attention des acteurs territoriaux » (Réseau Action Climat-France, 2007). Il est membre de Global Chance.

la demande de transports est loin d'être la priorité de l'UE⁵. Mais celle-ci n'en est pas moins confrontée à un certain nombre de réalités, dont la moindre n'est pas la domination écrasante du trafic routier de personnes et de marchandises. La route est ainsi à l'origine de plus de 90 % des émissions du secteur⁶, dont la moitié imputable aux véhicules particuliers, qui sont à eux seuls responsables de 12 % des émissions totales de CO2 de l'UE.

C'est dans ce contexte et en tenant compte de ces enjeux qu'il convient d'analyser la stratégie communautaire visant à réduire les émissions de CO2 des véhicules particuliers neufs.

Une stratégie fondée sur trois piliers

La Commission européenne a défini dès 1995 la stratégie communautaire de réduction des émissions de CO2 des voitures neuves, avec pour objectif initial un taux d'émission de 120 g/km en 2005⁷, soit une diminution d'environ 35 % par rapport à la moyenne de 186 g/km constatée en 1995. Pour atteindre cet objectif, la Commission entendait agir à la fois sur l'offre (c'est-à-dire les constructeurs) et la demande (à savoir les acheteurs). En plus d'un volet Recherche & Développement, la stratégie proposée reposait en effet

1 - Réseau Action Climat - France, *Le programme européen sur le changement climatique : bilan et perspectives*, septembre 2008.

2 - Progrès accomplis dans la réalisation des objectifs assignés au titre du protocole de Kyoto, COM (2007) 757 final du 27.11.2007.

3 - Greenhouse gas emission trends and projections in Europe 2007, European Environment Agency

4 - European Environment Agency, *Annual European Community Greenhouse gas inventory 1990-2006 and inventory report 2008*, June 2008.

5 - Cf. Réseau Action Climat - France, *Changement climatique et transport : manuel de recommandation à l'attention des acteurs territoriaux*, février 2007, et en particulier les chapitres C2. Les recommandations du RAC : trois axes forts et D1. L'UE et la lutte contre les changements climatiques dans le secteur des transports : le discours et la pratique.

6 - European Environment Agency, *Indicator fact sheet, Transport emissions of greenhouse gases by mode*, december 2006.

7 - Une stratégie communautaire visant à la réduction des émissions de CO2 des voitures particulières et à améliorer l'économie de carburant, Communication au Conseil et au Parlement Européen, 1995, COM (1995) 689 final.

sur trois piliers : la conclusion d'accords volontaires avec l'industrie automobile, la fourniture d'informations relatives à la consommation et aux émissions de CO₂ et la mise en place de mesures fiscales afin d'encourager l'efficacité énergétique.

La conclusion d'accords volontaires avec l'industrie automobile

Plutôt que d'imposer aux constructeurs des normes d'émissions contraignantes, l'UE a choisi d'emblée la voie des engagements volontaires, non sans avoir dès 1996 affaibli son objectif initial, qui doit désormais être atteint « *d'ici à 2005 (2010 au plus tard)* »⁸. Deux séries d'accords volontaires seront ainsi validées par la Commission européenne, d'abord en 1998 avec l'Association des Constructeurs Européens d'Automobiles (ACEA) qui produit alors 83 % des voitures vendues au sein de l'UE-15, puis en 1999 avec leurs homolo-

gues japonais (JAMA) et coréens (KAMA). Par ces accords, les constructeurs s'engageaient à réduire progressivement les niveaux d'émission des véhicules particuliers neufs commercialisés sur le marché communautaire, avec pour objectif un taux moyen de 140 g de CO₂/km, soit une baisse de 25 % par rapport à 1995, et ce d'ici 2008 (ACEA) ou 2009 (KAMA et JAMA).

Mais à l'approche de ce terme, et même si l'on observe une légère tendance à la baisse au fil des ans, force est de constater que les engagements ne seront pas respectés (voir tableau 1), entre autres du fait de l'incapacité et du manque de volonté des constructeurs pour réduire de façon significative le poids des véhicules. Pour ce qui concerne l'action communautaire sur l'offre de véhicules particuliers neufs, les accords volontaires sont un échec.

Tableau 1 : Emissions moyennes des voitures neuves mises sur le marché européen (en gCO₂/km)

	ACEA	JAMA	KAMA	Total
2004	161	170	168	162
2005	160	166	167	161
2006	160	161	164	160
2007	157	159	161	158

D'après T&E (European Federation for Transport and Environment), août 2008

Le bilan n'est pas plus convaincant du côté des deux autres piliers de la stratégie définie en 1995, à savoir d'une part l'information des consommateurs via l'affichage des émissions de CO₂ et d'autre part le recours à la fiscalité pour promouvoir l'efficacité énergétique des véhicules. Ces deux composantes devaient permettre, en orientant la demande vers des véhicules plus sobres, de combler la différence entre l'objectif de 140 g/km visé par les accords volontaires et l'objectif global de 120 g/km.

L'information relative à la consommation et aux émissions de CO₂

Adoptée en septembre 1999, la directive 1999/94/CE⁹ avait pour objectif de permettre aux acheteurs de faire leur choix en toute connaissance de cause. Elle impose ainsi aux États membres

de publier chaque année un guide gratuit listant, pour l'ensemble des voitures particulières neuves disponibles à l'achat, la consommation de carburant et les émissions de CO₂. Surtout, elle impose aux constructeurs automobiles de mentionner les consommations de carburant et les émissions de CO₂ des véhicules neufs, non seulement sur les lieux de vente (affiches et étiquette énergie apposée sur le pare brise) et dans la documentation, mais aussi sur les supports publicitaires, en particulier dans la presse. Cette obligation, cependant, est largement contournée dans les faits. En particulier, 99 % des publicités publiées dans la presse écrite ou affichées sur les panneaux publicitaires sont manifestement illégales¹⁰, puisque la directive de 1999 stipule que la consommation et les émissions de CO₂ doivent être « *facilement lisibles et au moins aussi visibles que la partie principale des informations figurant dans [la publicité]* ».

⁸ - Conseil environnement du 25 juin 1996.

⁹ - Directive 1999/94/CE concernant la disponibilité d'informations sur la consommation de carburant et les émissions de CO₂ à l'intention des consommateurs lors de la commercialisation des voitures particulières neuves.

¹⁰ - Voir à ce sujet le site www.affichezleCO2.fr

La mise en place de mesures fiscales afin d'encourager l'efficacité énergétique

En septembre 2002, la Commission avait présenté une nouvelle stratégie de taxation des voitures particulières dans l'UE, avec deux objectifs complémentaires: une meilleure coordination des régimes fiscaux en vigueur pour lutter contre la fragmentation du marché automobile; une restructuration de ces régimes pour mettre davantage l'accent sur la protection de l'environnement, en particulier au regard des engagements pris à Kyoto. Les taxes auraient ainsi pu être « *totalemment ou partiellement calculées sur la base des émissions de CO2* »¹¹. Mais cette ambition s'est heurtée à des oppositions diverses qui en ont retardé l'application: le 3^{ème} pilier de la stratégie communautaire de 1995 est jusqu'à présent resté lettre morte, même si la Commission a présenté en 2005 une proposition de directive sur laquelle nous reviendrons plus loin.

Vers des mesures plus contraignantes?

L'échec patent des accords volontaires, le contournement des obligations d'information dans les publicités et les difficultés rencontrées pour avancer sur le plan fiscal placent l'UE le dos au mur. Le temps n'est plus aux atermoiements, mais à la fermeté et donc au choix d'approches plus contraignantes, qu'il s'agisse d'amener enfin les constructeurs à modifier significativement leur offre ou d'orienter avec succès la demande de véhicules neufs vers des modèles moins gourmands et moins émetteurs.

Du côté de l'offre: des normes de performance pour les véhicules particuliers neufs

Prenant acte de l'échec des accords volontaires, la Commission européenne a présenté en février 2007 une nouvelle stratégie de réduction des émissions de CO2 des véhicules neufs¹². Sur cette base, la Commission a ensuite transmis en décembre 2007 au Conseil et au Parlement européen une proposition de règlement¹³ visant à abaisser le niveau moyen d'émission des véhicules neufs

mis sur le marché à 130/120 grammes de CO2/km d'ici 2012 grâce à la mise en place de normes de performance en matières d'émissions. Mais si le choix d'imposer des normes contraignantes est un pas dans la bonne direction, un certain nombre d'échappatoires viennent noircir le tableau.

Tout d'abord, les mesures proposées pour atteindre les objectifs fixés sont fondées sur une approche dite « *intégrée* », portant à la fois sur l'amélioration technologique des moteurs et sur deux autres leviers d'action: des progrès technologiques annexes (surveillance de la pression des pneus, indicateurs de changement de vitesse, efficacité des systèmes de climatisation, etc.) et un recours accru aux agrocarburants. C'est au titre de cette approche « *intégrée* » que l'objectif de 120 grammes est scindé en deux, avec une réduction obligatoire à 130 gCO2/km incombant directement aux constructeurs via l'amélioration des moteurs et une réduction complémentaire de 10 gCO2/km via les autres leviers d'action. Selon la Commission européenne, l'ensemble de ces mesures devront être « *mesurables, attribuables, et sans compter deux fois les réductions de CO2* ». Le risque existe en effet que l'approche « *intégrée* » ne vienne *in fine* affaiblir la portée des obligations, du fait entre autres de la multiplicité des acteurs, qui rendra le contrôle du respect des engagements plus difficile. Par ailleurs, le choix de prendre en compte les agrocarburants pour apprécier l'évolution de l'offre automobile pose un vrai problème, ne serait-ce qu'en raison de l'absence de consensus (et *a fortiori* de système officiel de comptabilisation) sur les gains en termes de GES qui pourraient leur être attribués dans le cadre de ce dispositif.

D'autres faiblesses doivent par ailleurs être mentionnées. Ainsi, pour ce qui concerne le mode de calcul des émissions spécifiques de chaque constructeur, la Commission propose de prendre en compte uniquement la masse du véhicule, qu'elle considère comme le « *paramètre le plus approprié aux fins de la définition de l'utilité* ». Or le choix de ce critère pour distinguer différentes classes n'incitera pas les constructeurs à alléger leurs véhicules et risque d'aboutir à un résultat paradoxal puisque les véhicules les plus légers devraient se retrouver avec un objectif plus strict. La Commission, écartant au passage le critère dit « *de l'empreinte au sol* », option privilégiée par les ONG environnementales comme par le Parlement européen, a donc fait là un choix contre-productif par rapport aux objectifs officiellement poursuivis¹⁴. Autre faiblesse de la proposition, le niveau des

11 - Communiqué de presse du 9 septembre 2002, « Taxation des voitures: la Commission présente une nouvelle stratégie », IP/02/1274.

12 - Résultats du réexamen de la stratégie communautaire de réduction des émissions de CO2 des voitures et véhicules commerciaux légers », 7 février 2007, COM (2007) 19.

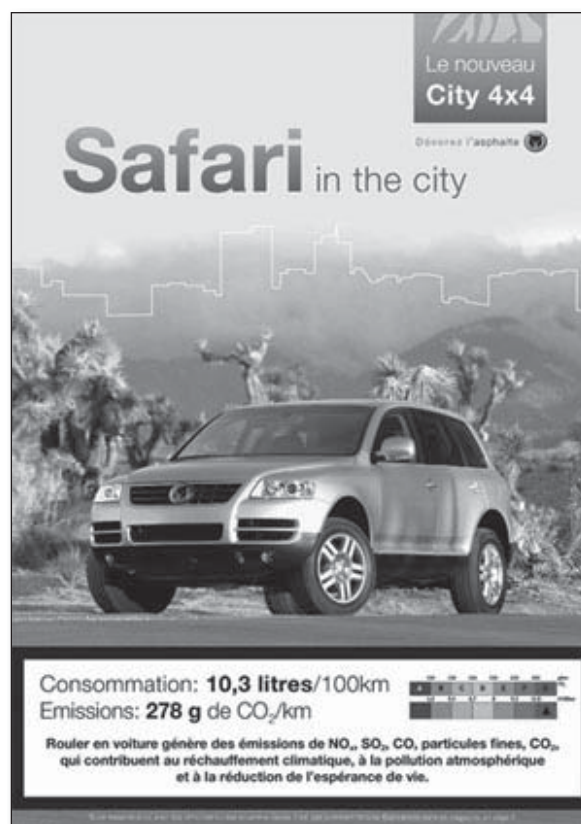
13 - Proposition de règlement du Parlement européen et du Conseil établissant des normes de performance en matière d'émissions pour les voitures particulières neuves dans le cadre de l'approche intégrée de la Communauté visant à réduire les émissions de CO2 des véhicules légers, 19 décembre 2007, COM (2007) 856 final

14 - European Federation for Transport and Environment, *Danger ahead: why weight-based CO2 standards will make Europe's car fleet dirtier and less safe?* December 2007

sanctions applicables : progressant avec le temps, le taux s'établirait à 20 euros par gramme de CO₂/km excédentaire en 2012 pour atteindre 95 euros en 2015, ce qui n'est guère susceptible d'exercer un vrai effet dissuasif sur les constructeurs – l'ONG européenne *Transport & Environment* recommande par exemple un taux de 150 euros, et ce dès 2102¹⁵. Enfin, alors que toute stratégie efficace de régulation des émissions de CO₂ des voitures se doit de fixer des objectifs sur le long terme, le projet de règlement ne prévoit aucune disposition en ce sens - les ONG environnementales recommandent sur ce point des objectifs ambitieux : 80 g de CO₂/km pour 2020 et 60 g pour 2025.

Du côté de la demande : vers de véritables incitations financières ?

Enfin, pour orienter avec succès la demande de véhicules neufs vers des modèles moins gourmands et moins émetteurs, la nouvelle stratégie proposée en février 2007 par la Commission européenne propose d'abord une révision de la directive étiquetage. Le but de cette révision est d'améliorer l'information des consommateurs, notamment par la création de catégories d'efficacité énergétique (du même type que celles applicables à certains appareils électroménagers). Mais au sujet de la publicité destinée à ces mêmes consommateurs, la nouvelle stratégie se contente d'inviter les constructeurs à signer « *un accord volontaire concernant un code de bonnes pratiques communautaires* » : une nouvelle fois, la Commission compte sur la bonne volonté de l'industrie automobile. Le Parlement européen, pour sa part, s'est prononcé en octobre 2007 à une large majorité pour « *qu'un pourcentage minimum de 20 % de l'espace publicitaire soit réservé à des informations relatives à la consommation d'énergie et aux émissions de CO₂* »¹⁶. Si cette intention était traduite dans une directive, les caractères lilliputiens actuellement utilisés dans les publicités pour « informer » le consommateur au regard d'aigle céderaient enfin la place à une information immédiatement visible (cf. image ci-dessous).



Source : www.affichezleCO2.fr

Mais l'enjeu principal reste l'utilisation de l'outil fiscal pour inciter financièrement les consommateurs à délaisser les modèles les plus émetteurs au profit de véhicules plus sobres. De nombreuses études ont en effet montré qu'une modification de l'assiette des taxes automobiles actuelles contribuerait significativement à la réduction des émissions de GES¹⁷. Sur ce point, les orientations de la Commission restent celles de sa proposition de directive concernant les taxes sur les voitures particulières (juillet 2005)¹⁸. Il s'agit à la fois d'harmoniser la fiscalité au sein de l'UE afin d'assurer le « bon fonctionnement du marché intérieur » et de diminuer les émissions de CO₂ des voitures particulières. En effet, pour la Commission, « dans ce cas spécifique, le marché intérieur et l'objectif environnemental sont étroitement liés et les dissocier et aborder ces questions séparément ne produirait pas suffisamment de résultats ». Actuellement,

15 - European Federation for Transport and Environment, www.transportenvironment.org

16 - Résolution sur la stratégie communautaire de réduction des émissions de CO₂ des voitures et véhicules commerciaux légers, 24 octobre 2007

17 - D'autres incitations fiscales ont été envisagées au niveau de l'UE, telles que des crédits d'impôts. La Commission préconise que ces incitations s'appuient sur une définition commune d'un « véhicule léger écologiquement performant » (VLEP). Ce dernier devrait respecter des valeurs limites d'émissions de substances polluantes et de CO₂ - le niveau fixé dans ce dernier cas serait l'objectif communautaire de 120 g/km.

18 - Proposition de directive du Conseil concernant les taxes des voitures particulières, COM (2005) 261 final du 5 juillet 2005

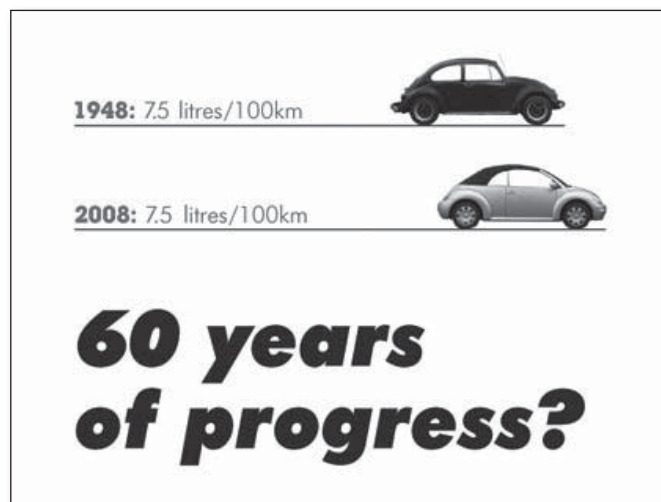
l'assiette et le niveau des taxes d'immatriculation (TI) applicables varient de manière importante d'un État membre à l'autre (entre 0 % et 180 % du prix hors taxe de la voiture), tandis que l'assiette et le niveau des taxes annuelles de circulation (TAC) oscillent entre 30 euros et 463 euros par véhicule: ces divergences sont considérées comme des entraves à la libre circulation des marchandises. La proposition de la Commission prévoyait, outre la suppression progressive de la TI sur une période de 5 à 10 ans, une restructuration de l'assiette de la TI et de la TAC: à compter du 1er décembre 2008, 25 % du total des recettes fiscales générées par la TI et la TAC devrait être lié aux émissions de CO2, puis 50 % à compter du 31 décembre 2010, le tout évidemment en respectant le principe de neutralité fiscale.

Reste que cette proposition relève de l'article 93 du TCE, qui requiert pour son adoption l'unanimité des États membres: dans une Europe qui en compte désormais 27, son avenir est mal engagé. De plus, conformément au principe de proportionnalité, plusieurs éléments d'application essentiels resteraient du ressort des États membres, notamment le niveau des taxes et leurs taux de

différenciation. Il s'agit pourtant là des deux paramètres déterminants afin qu'une différenciation nette puisse être faite par le consommateur au moment de l'achat entre un véhicule faiblement émetteur et un véhicule très polluant. Bref, même si la proposition de directive de 2005 était adoptée, on peut craindre que les États membres n'en fassent qu'une application superficielle.¹⁹

Demain, demain, toujours demain

Confrontée au défi de la réduction des émissions des voitures neuves, l'UE ne cesse de reporter échéances et mesures contraignantes, alors que l'opinion publique, certes peu enthousiaste face à la perspective de dispositions fiscales, se prononce par contre très massivement pour l'adoption rapide de mesures imposant aux constructeurs automobiles une réduction de 25 % de la consommation des véhicules mis sur le marché (ce niveau de réduction correspond à l'objectif 120 gCO2/km)²⁰. Un fossé est donc en train de se créer entre les citoyens et les décideurs politiques, dont le mot d'ordre, face à l'urgence climatique, semble bien être « demain, demain, toujours demain »²¹.



Source : FOE Europe / T&E

19 - Sur la question de « L'émergence quasi impossible d'une fiscalité écologique communautaire », voir Réseau Action Climat – France, Le programme européen sur le changement climatique: bilan et perspectives, septembre 2008.

20 - Sondage TNS réalisé en août 2008 pour Friends of the Earth Europe auprès de 4885 personnes en France, Allemagne, Italie, Espagne et Royaume-Uni. Plus d'informations sur la campagne européenne « Pour des voitures plus économes » : www.rac-f.org/voiture-econome.html

21 - Fabulous Trobadors, Demain, in Duels de Tchatche, 2003

États-Unis : vers une norme sur l'intensité carbone des carburants ? ¹

Aux États-Unis, de la fin des années 70 au milieu des années 80, la campagne environnementale la plus visible en ce qui concerne les industries des transports et des carburants avait pour objectif la suppression des additifs plombés dans l'essence – c'était l'époque de « la chasse au plomb ». En dépit d'incertitudes initiales et de réticences motivées par la double crainte d'une flambée des prix et d'une baisse des performances des véhicules, la transition vers le sans plomb se révéla remarquablement efficace et rapide. La baisse du niveau de plomb dans l'air eut comme bénéfice direct pour la population américaine une chute de 75 % des concentrations de plomb dans le sang.²

Préalablement à l'abandon progressif du plomb, le Congrès américain, répondant à l'embargo arabe sur le pétrole en 1973, avait initié avec la réglementation CAFE (« *Corporate Average Fuel Economy* »³) un effort soutenu pour améliorer l'efficacité énergétique des véhicules. Cet effort a permis d'augmenter de plus de 25 % le nombre de miles parcourus avec un gallon d'essence⁴. En matière de transports, c'était le bon vieux temps : des objectifs ambitieux mais réalistes étaient affichés, mis en œuvre puis adaptés en fonction de l'évolution du contexte technologique, économique et environnemental. Surtout, ces objectifs créaient un précédent dans le domaine du possible.

Aujourd'hui, l'innovation technologique et les impératifs économiques et environnementaux viennent encore modifier la donne en matière d'efficacité des véhicules. De nouveaux efforts sont nécessaires, qui réveillent la mémoire de la chasse au plomb. Mais il s'agit cette fois de « chasser » le carbone des carburants utilisés par les transports.



Daniel M. Kammen

directeur du Renewable and Appropriate Energy Laboratory (Université de Californie, Berkeley) et professeur au sein du Energy and Resources Group et à la Goldman School of Public Policy. Membre du Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat, est conseiller de Barack Obama sur les questions d'énergie et d'environnement.

Et c'est l'adoption d'une norme sur le contenu carbone de ces carburants (« *Low-Carbon Fuel Standard* ») qui mettra les chercheurs tournés vers l'avenir au service d'objectifs ambitieux de réduction d'émissions.

À la base de cette approche, une idée simple et habile : cibler l'intensité carbone des carburants, c'est-à-dire la quantité de gaz à effet de serre générée pour chaque unité énergétique délivrée au véhicule. En Californie, par exemple, l'*Executive order S-1-07* signé en janvier 2007 par le gouverneur Arnold Schwarzenegger, fixe pour objectif à l'horizon 2020 une réduction de 10 % de l'intensité carbone des carburants⁵. Publiée huit mois plus tard par un groupement incluant des chercheurs de l'université de Berkeley, une étude techni-

que fait le point sur les carburants à faible teneur en carbone qui pourraient être utilisés pour remplir cet objectif⁶. Fondée sur l'analyse du cycle de vie des différents types de carburant, cette étude tient compte de l'empreinte écologique de la production, du transport, du stockage et de l'utilisation du carburant.

Dans le cadre d'une réglementation relative à la teneur en carbone, les producteurs de carburants vont s'employer à réduire l'Intensité Effet de Serre (IES) de leurs produits, définie au moyen d'une unité de mesure normalisée : l'équivalent en grammes de CO₂ par mégajoule de carburant consommé par le véhicule (gCO₂e/MJ). Seront pris en compte aussi bien les émissions provenant du véhicule que des paramètres tels que les changements d'affectation des sols entraînés par la production de biocarburants. De fait, tous les biocarburants ne naissent pas égaux : l'éthanol de maïs distillé dans une raffinerie alimentée au charbon présente par exemple un bi-

1 - Traduit et adapté de l'américain à partir de Daniel M. Kammen, « *Reducing emissions in transportation fuels* », *Bulletin of Atomic Scientists*, 13 march 2008

2 - V. M. Thomas, *The elimination of lead in gasoline*, *Annu. Rev. Energy Environ.* 1995. 20: 301-24

3 - CAFE overview – FAQ: www.nhtsa.dot.gov/cars/rules/cape/overview.htm

4 - Un mile = 1,609 kilomètre ; un gallon = 3,79 litres (NdT)

5 - *Executive Order S-01-07 by the Governor of the State of California*, 01/18/2007

6 - *University of California, A Low-Carbon Fuel Standard for California – Part I: Technical Analysis*, Project managers: Alexander E. Farrell (UC Berkeley) & David Sperling (UC Davis), August 2007

lan qui le rend globalement pire que l'essence⁷. En revanche, certains biocarburants à base de cellulose sont potentiellement porteurs de progrès significatifs en termes d'IES.

Selon l'étude précédemment évoquée, le contenu carbone du super sans plomb est de 85 à 92 gCO₂e / MJ; celui du gaz naturel s'établit à 80 gCO₂e / MJ; pour l'électricité alimentant un véhicule électrique en Californie, il est de 27 gCO₂e / MJ; l'éthanol cellulosique produit à partir de déchets municipaux solides a quant à lui un contenu carbone de 5 gCO₂e / MJ (le modèle « ERG Biofuel Analysis Meta-Model » à partir duquel ont été établis ces résultats est disponible en ligne⁸).

Des indicateurs précis et directement liés aux objectifs poursuivis sont ainsi à la disposition des législateurs. Ces derniers peuvent dès lors édicter des règles relatives à la proportion de chaque carburant dans les ventes au niveau d'un État ou de la nation, puis ajuster ces règles au fil du temps pour obtenir une baisse graduelle de l'intensité carbone moyenne. Ainsi aménagée, cette baisse reste compatible avec l'usage par l'économie d'une certaine proportion de carburants traditionnels, et ce pendant un temps donné. La flexibilité qui en résulte facilite la transition vers les nouvelles normes et leur mise en œuvre.

L'option californienne d'une réglementation de l'intensité carbone du carburant est une première mondiale⁹. À ce titre, elle est susceptible de devenir une feuille de route pour tous¹⁰. Pendant la campagne présidentielle américaine, Barack Obama comme John McCain en ont d'ailleurs approuvé le principe¹¹. Ce dernier reste toutefois à traduire dans la législation fédérale, [même si de nombreuses propositions en ce sens ont déjà été déposées au cours de l'année 2007¹²]. [...]

L'approche par l'intensité carbone des carburants présente plusieurs avantages. Elle permet de fixer des niveaux de performance et d'ouvrir le marché des carburants automobiles à de nouveaux en-

trants, tout en écartant le risque d'un verrouillage politique en faveur de tel ou tel programme ou technologie. Qu'ils produisent des carburants liquides tels que diesel, essence et biocarburants ou de l'électricité renouvelable utilisable pour recharger les véhicules hybrides, les différents acteurs en compétition pour les dollars du transport sont à égalité. Or la libre concurrence et le jeu des forces du marché sont essentiels pour encourager l'innovation dont découlera une baisse des coûts.

Une analogie frappante peut être faite avec le secteur de la production électrique fixe. Aux États-Unis, plus de 29 États ont imposé un pourcentage minimum de renouvelables dans l'offre électrique, via l'adoption de normes connues sous le nom de « Renewable Energy Portfolio Standards ». L'approche est similaire à celle proposée pour les transports, puisque l'objectif est de réduire progressivement le contenu carbone moyen du kWh d'électricité produit, en augmentant au fil du temps le recours aux renouvelables.

Cette impulsion globale est orientée dans le sens d'une évolution constante vers des carburants plus propres, et il n'y a aucune raison pour que cette évolution se limite à l'élimination des émissions de gaz à effet de serre. Il existe en effet en matière de carburants d'autres paramètres à mesurer et à optimiser. En ce qui concerne les biocarburants par exemple, il faut prendre en compte des facteurs aussi cruciaux que le gaspillage de l'eau, la pollution des sols et des cours d'eau avec les engrais azotés, l'érosion des anciennes jachères, la concurrence avec la production alimentaire et les conséquences humaines liées à l'implantation et au voisinage des bio-raffineries: autant d'éléments importants mais de plus en plus difficiles à quantifier. Et il faut également, dans la mesure où les terres cultivables aux États-Unis sont détournées de la production alimentaire, considérer les changements indirects d'affectation des sols qui en découlent à travers le monde.

7 - Alexander E. Farrell et al., *Ethanol Can Contribute to Energy and Environmental Goals*, Science, vol. 311, 27 January 2006

8 - ERG Biofuel Analysis Meta-Model v1.1 - <http://rael.berkeley.edu/ebamm/>

9 - *Environmental Science and Technology News: World's first low-carbon fuel provision*

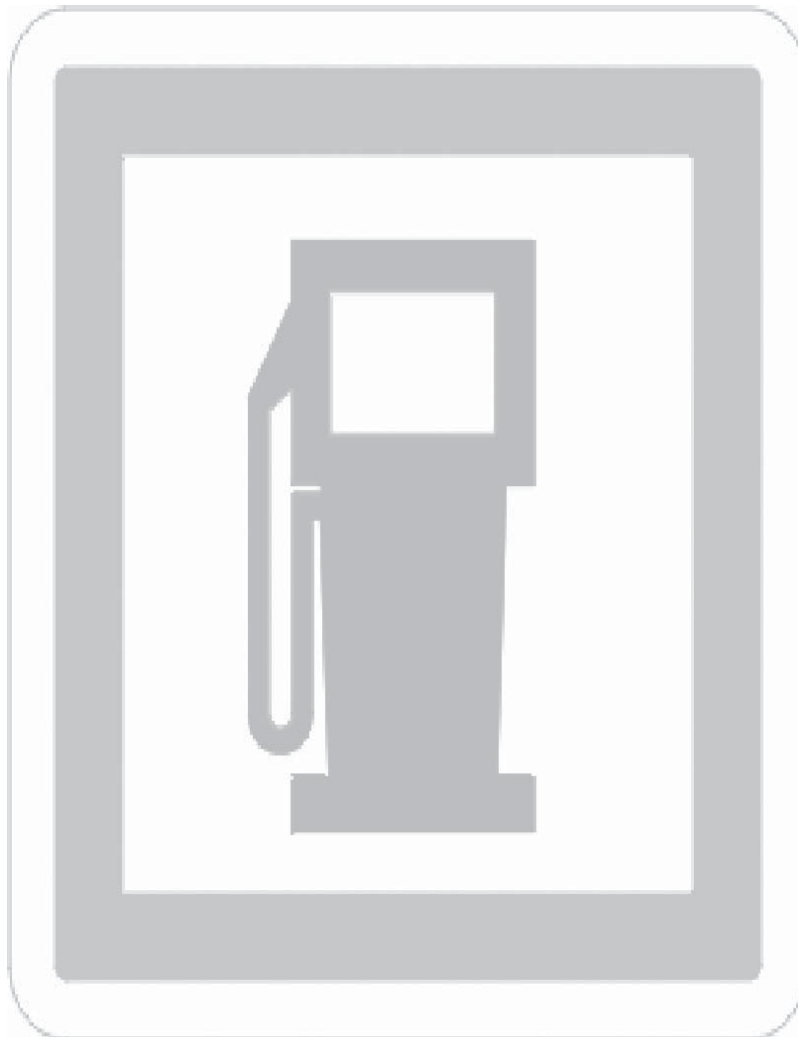
10 - *Environmental Science and Technology Policy News, September 5, 2007: The carbon footprint of transportation fuels*

11 - Reuters, June 12, 2007: *Barack Obama endorses low carbon fuel standard*

12 - janvier 2007: « Global Warming Pollution Reduction Act S 309 » du Sénateur Indépendant Bernard Sanders (Vermont) et de la Sénatrice Démocrate Barbara Boxer (Californie) / Mars 2007: « Clean Fuel and Vehicles Act of 2007 S 1073 » des Sénatrices Républicaines du Maine Susan Collins et Olympia Snowe, associées avec la Sénatrice Démocrate de Californie Diane Feinstein, / Mai 2007: « Advanced Clean Fuel Act of 2007 S 1279 » des Sénatrices Barbara Boxer (Démocrate, Californie) et Susan Collins (Républicaine, Maine) en association avec le Sénateur Indépendant du Connecticut, Joe Lieberman / Mai 2007: « National Low Carbon Fuel Standard Act of 2007 S 1324 » des Sénateurs Démocrates Barack Obama (Illinois), Richard Durbin (Illinois) et Thomas Harkin (Iowa). À noter également, du côté de la Chambre des Représentants, la proposition « HR 2215 - To provide a reduction in the aggregate greenhouse gas emissions per unit of energy consumed by vehicles and aircraft, and for other purposes » du Démocrate Jay Inslee (Washington).

Reste enfin une question en suspens : comment la réglementation de l'intensité carbone des carburants va-t-elle interagir avec les marchés d'émissions, en particulier au niveau des prix ? À l'échelle régionale, en effet, des systèmes de permis d'émission négociables se mettent en place pour réduire les émissions de gaz à effet de serre, à l'image de la « *Western Climate Initiative* »¹³ associant l'Arizona, la Californie, le Nouveau-Mexique, l'Oregon et l'État de Washington, ou de la « *Regional Greenhouse Gas Initiative* »¹⁴ initiée par les États de la côte est. D'autres projets sont d'ailleurs à l'étude aux États-Unis, sans oublier le *Chicago Climate Exchange*¹⁵, ni les marchés du même type créés en Europe et ailleurs dans le monde.

Si ces démarches visant à donner un coût au carbone sont fructueuses, les réglementations sectorielles devront évoluer pour agir là où le prix du carbone est trop faible pour initier un changement, mais aussi pour répondre aux enjeux écologiques et culturels du développement durable. La logique voudrait en effet que la régulation de l'intensité carbone des carburants connaisse une évolution vers l'établissement d'une norme sur les carburants durables.



13 - www.westernclimateinitiative.org

14 - www.rggi.org/home

15 - www.chicagoclimateexchange.com

LA TECHNOLOGIE ET SES LIMITES

LE PROGRÈS TECHNIQUE

**LES CARBURANTS
DE SUBSTITUTION**

Regards critiques sur la « folie agrocarburants »

Censés réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES) générées par le secteur des transports et rendre celui-ci moins dépendant des carburants pétroliers, les agrocarburants sont en pleine expansion. S'ils restent marginaux par rapport à la consommation totale des transports routiers, dont ils représentent moins de 2 %, ils sont tirés par les objectifs de développement ambitieux fixés par les pouvoirs publics, que ce soit aux États-Unis ou en Europe. La France, par exemple, compte atteindre un taux d'incorporation de 7 % dès 2010, et l'UE envisage un taux de 10 % d'ici 2020. De leur côté, les pays du Sud ne sont pas inactifs, qu'il s'agisse de réduire leur dépendance à l'égard du pétrole ou d'exporter pour répondre à la demande du Nord. Mais cet engouement soudain et ce développement à marche forcée s'accompagnent de controverses croissantes, tant au sujet des bilans énergie et gaz à effet de serre (GES) des agrocarburants que de leur impact sur les écosystèmes, les systèmes agraires traditionnels ou la production alimentaire.

Au Nord: en finir avec les bilans énergie-GES taillés sur mesure

Deux arguments officiels fondent le recours aux agrocarburants: l'indépendance énergétique et la réduction des émissions de GES. Mais la culture des plantes utilisées et leur transformation nécessitent de l'énergie et génèrent des émissions de GES: l'intérêt réel des agrocarburants doit donc être apprécié



Patrick Sadones

agriculteur et ingénieur agronome, est en charge du dossier des agrocarburants au sein de l'association EDEN (Énergie durable en Normandie) et de la Confédération paysanne. a représenté le Réseau Action Climat – France au sein du comité technique de la récente étude méthodologique sur les agrocarburants commandée par l'ADEME à Bio Intelligence Service.



Jean-Denis Crola

responsable de plaidoyer à Oxfam France – Agir ici, association citoyenne qui lutte contre la pauvreté et les injustices dans le monde. Est en charge de la campagne « Les agrocarburants, ça nourrit pas son monde », menée en partenariat avec le CCFD, les Amis de la Terre et des organisations d'Amérique latine, d'Afrique et d'Asie.



Pierre Cornut

économiste et consultant, est l'auteur de « Changement climatique et transports : manuel de recommandations à l'attention des acteurs territoriaux » (Réseau Action Climat-France, 2007). Il est membre de Global Chance.

en détail dans le cadre d'une analyse de cycle de vie (ACV) « du champ à la roue ». Il s'agit d'établir pour chaque filière un bilan énergie-GES aussi proche que possible de la réalité, et ce dans un contexte où les enjeux industriels et politiques prennent vite le pas sur l'objectivité¹. Ainsi, en France, le lancement d'un ambitieux « plan Biocarburants » en 2003 a été précédé par la réalisation d'une étude très favorable aux filières projetées (étude ADEME-DIREM, 2002)² mais dont la validité méthodologique a été vivement contestée, au point qu'une nouvelle évaluation a dû être lancée en 2007. Confiée à la société Bio Intelligence Service (Bio IS) et encadrée par un comité technique où, fait nouveau, la société civile était représentée³, cette nouvelle évaluation s'est limitée dans une première phase à l'examen des méthodes en concurrence afin de définir la plus appropriée.

La comparaison des agrocarburants avec les carburants pétroliers présente en effet une difficulté majeure: comme la production des agrocarburants de 1^{ère} génération s'accompagne de celle de coproduits (le plus souvent majoritaires en masse et utilisés en alimentation ani-

1 - Les analyses développées dans ce premier chapitre s'appuient sur les travaux conduits dans le cadre de l'association EDEN: www.espoir-rural.fr/nos-partenaires/energies-durables-en-normandie. Une version longue de cet article est d'ailleurs en ligne sur ce site. »

2 - ADEME-DIREM, *Bilans énergétiques et gaz à effet de serre des filières de production de biocarburants en France*, 2002

3 - Par deux membres du Réseau Action Climat – France

male), il faut, pour établir le bilan énergie-GES de l'agrocarburant proprement dit, définir comment allouer les coûts énergétiques et les impacts environnementaux aux différents coproduits.

Trois méthodes en concurrence

- La méthode dite de substitution (ou des impacts évités) impute à l'agrocarburant l'ensemble des consommations énergétiques et des émissions de GES, déduction faite des économies réalisées (c'est-à-dire des impacts évités) grâce à l'utilisation du ou des coproduits secondaires à la place d'un bien que l'on est désormais dispensé de produire. Cette méthode a été reconnue comme étant celle qui reflète le mieux l'incidence de l'insertion de la filière étudiée dans le tissu économique existant, mais elle nécessite de nombreuses données sur l'usage qui est fait des coproduits et l'établissement des bilans énergétiques et GES des produits remplacés.
- La méthode de l'imputation massique est d'application plus simple, puisqu'elle attribue à chacun des coproduits une part des coûts énergétiques et des émissions proportionnelle à leur masse (comptée en matière sèche). Retenue par l'étude ADEME-DIREM 2002, cette méthode est celle qui donne les bilans les plus favorables aux agrocarburants, et pour cause : elle les décharge de la plus grosse part des coûts énergétiques et des émissions, opportunément transférés sur les coproduits secondaires, lesquels se voient allouer des charges sans commune mesure avec celles nécessaires pour produire et transporter les aliments du bétail remplacés.
- La méthode dite d'imputation au contenu énergétique alloue consommations d'énergie et émis-

sions de GES aux agrocarburants et aux coproduits au prorata de leurs contenus énergétiques respectifs. Plus simple d'application que la méthode systémique des impacts évités, plus cohérente avec la finalité énergétique des filières étudiées que la méthode d'imputation massique, cette troisième méthode est celle recommandée par Bio IS⁴.

La question du protoxyde d'azote

Une deuxième difficulté concerne le volet GES des bilans : il faut comptabiliser, en plus du CO₂ lié aux consommations énergétiques, le protoxyde d'azote (N₂O) lié à l'utilisation d'engrais azotés sur les sols cultivés. Le facteur clé ici est le taux de conversion de l'azote des engrais en N₂O. Or les différentes études de bilan, qui déjà ne retiennent pas les mêmes données en ce qui concerne les intrants azotés, ne s'appuient pas non plus sur les mêmes taux de conversion ! Sachant que le PRG (Pouvoir de Réchauffement Global) sur 100 ans du N₂O est 296 fois plus élevé que celui du CO₂, on mesure l'importance de ce point : pour les filières étudiées par Bio IS, le N₂O représenterait de 19 à 42 % du bilan GES total.

Au final : des performances revues à la baisse

Dans leurs principes comme dans leurs détails, tous ces choix méthodologiques sont lourds de conséquences, comme l'illustrent les résultats de deux études utilisant la méthode d'imputation massique (ADEME-DIREM 2002) et la méthode de substitution (JRC/CONCAWE/EUCAR 2007⁵), complétés, pour la méthode d'imputation au contenu énergétique, par les calculs d'EDEN basés sur les préconisations de Bio IS :

	ADEME-DIREM 2002		JRC-CONCAWE-EUCAR 2007		EDEN 2008	
	EE*	GES	EE*	GES	EE*	GES
Blé	2.04	-57%	1.19	-22%	1,12	-22%
Betterave	2.04	-58%	1.28	-24%	ne ^a	ne ^a
Colza	2.99	-69%	2.50	-64%	2,14	-49%
Tournesol	3.16	-71%	ne ^b	ne ^b	ne ^b	ne ^b

* EE = Efficacité Énergétique = rapport output/input

(a) Filière non étudiée faute de données fiables

(b) Filière non étudiée car marginale en raison du prix élevé des graines

ne : non étudié

4 - Bio IS, Élaboration d'un référentiel méthodologique pour la réalisation d'Analyses de Cycle de Vie appliquées aux biocarburants de première génération en France, avril 2008

5 - CONCAWE/EUCAR/JRC, Well-to-Wheels Analysis of Future Automotive Fuels and Powertrains in the European Context. Well-to-Wheels Report. Version 2c, March 2007. Cette étude est la base de la directive européenne sur les agrocarburants.

On constate que les deux méthodes les plus pertinentes donnent des bilans bien moins favorables que la méthode d'imputation massique, dont on a pu voir qu'elle avantageait artificiellement les agrocarburants. Les deux filières éthanol étudiées perdent ainsi à ce stade l'essentiel de leur légitimité, sachant que les études citées ne prennent pas en compte l'incorporation de l'éthanol sous forme d'ETBE⁶, alors qu'il s'agit de la principale forme d'utilisation en Europe et que la synthèse de l'ETBE consomme à elle seule plus de 20 % du contenu énergétique de l'éthanol utilisé. Avec une efficacité énergétique ainsi nettement inférieure à 1, l'éthanol sous forme d'ETBE ne peut être qualifié de renouvelable, et son utilisation en substitution à de l'essence ne réduit pas les émissions de GES. Exit donc l'éthanol. Pour les filières Diester, l'efficacité énergétique et le gain en GES, beaucoup plus faibles qu'annoncé en 2002, restent toutefois intéressants à ce stade.

Dans l'angle mort des bilans: les changements d'affectation des sols

Mais un autre facteur doit encore être pris en considération, qui contribue à dégrader le bilan GES de l'ensemble des filières de 1^{ère} génération: il s'agit de leur impact en termes de changement d'affectation des sols (CAS), qui est d'autant plus fort que la productivité en agrocarburant par unité de surface est faible. Les CAS sont directs si la culture énergétique se fait aux dépens d'un milieu naturel non cultivé, ou indirects si elle repousse vers d'autres surfaces une production agricole préexistante. Ce facteur n'a jusqu'à présent pas été pris en compte par les études de bilan, alors même qu'il présente un impact sur le bilan GES: les mises en culture entraînent un déstockage du carbone séquestré dans la biomasse et le sol, tout en entraînant des émissions nouvelles de N₂O...

Bio IS a consacré à ce sujet un chapitre entier de son rapport. Les conclusions sont sans appel: dans le cas du colza par exemple, il faut 50 années de production d'agrocarburant pour effacer le préjudice GES généré par la mise en culture si elle se fait au détriment d'une prairie, et 200 années s'il s'agit d'une surface boisée! Les partisans du Diester se réfugient derrière le fait que l'extension des surfaces en colza énergétique ne se fait au détriment ni des prairies ni des forêts, mais seulement sur des zones déjà cultivées auparavant et surtout destinées à l'export. Oublieux de la com-

6 - L'Ethyl tertio butyl éther est un carburant obtenu par synthèse chimique de l'éthanol et de l'isobutène. Il peut être incorporé jusqu'à 15 % en volume dans l'essence.

posante indirecte du problème, ce raisonnement confine à l'hypocrisie, comme le montre l'analyse des conséquences du développement des agrocarburants sur le système agricole mondial.

Du Nord au Sud: effets dominos et vases communicants

Les objectifs de consommation d'agrocarburants que se fixent les pays riches auront (et ont déjà) un impact considérable sur les pays en développement, du fait de leurs conséquences en cascade sur la production et les échanges agricoles.

Des agrocarburants du Sud pour les voitures du Nord

Tout d'abord, ces objectifs sont trop importants pour être atteints sans importation en provenance des pays du Sud. Ainsi, à l'échelle européenne, leur mise en œuvre supposerait, selon l'OCDE, de consacrer 72 % de la surface agricole disponible à la production d'agrocarburants⁷. L'UE admet explicitement qu'il faudra augmenter les importations d'agrocarburants ou de matières premières pour les produire: en juillet 2007, Peter Mandelson, alors Commissaire européen au commerce, déclarait qu'il faudrait accepter cette idée, en particulier si les agrocarburants produits au Sud s'avéraient « moins chers et plus propres »⁸. Cet argument de la compétitivité économique et environnementale est de plus en plus mis en avant pour justifier le choix d'un développement des agrocarburants largement basé sur les importations. En 2007, Claude Mandil, alors directeur de l'Agence Internationale de l'Énergie, a ainsi souligné que leur bilan énergétique ne justifiait pas les subventions massives nécessaires à l'équilibre économique des filières éthanol au Nord, avant d'appeler l'UE et les États-Unis à importer plutôt qu'à produire sur leurs propres territoires⁹. Les États-Unis, de fait, sont dans la même situation que l'Europe: pour atteindre les objectifs ambitieux fixés par le Energy Independence and Security Act de 2007, ils devront faire largement appel aux agrocarburants produits au Sud, en particulier dans les pays latino-américains¹⁰.

7 - OCDE, *Perspectives de l'environnement de l'OCDE à l'horizon 2030*, mars 2008. Les chiffres varient fortement selon les études et les hypothèses.

8 - Peter Mandelson, *The biofuel challenge*, discours prononcé dans le cadre d'une conférence internationale sur les agrocarburants organisée par la Commission européenne.

9 - Biocarburant: l'AIE préconise l'importation plutôt que la production, *Le Figaro*, 14 octobre 2007.

Qu'elle vienne de l'UE ou des États-Unis, cette demande incite le Sud à développer ses capacités de production et donc les surfaces dédiées aux agrocarburants. Au Brésil, dont l'éthanol de canne à sucre est présenté comme la panacée écologique, le syndicat des industriels de la canne prévoit par exemple d'ici 2020 un doublement de la production et des surfaces, qui passeraient de 7 à 14 millions d'hectares¹¹. Or cette expansion rapide est lourde de conséquences: le Brésil possède quelques 90 millions d'hectares de terres arables et les zones de canne à sucre sont pour la plupart loin de l'Amazonie, mais leur développement repousse d'autres cultures (soja, élevage...) vers l'Amazonie¹². Tiré par les exportations et la demande intérieure, le nouvel essor de l'éthanol brésilien contribue ainsi à accentuer la déforestation - une situation dont la gravité a été mise en lumière par la démission soudaine, en mai 2008, de la ministre de l'environnement, Marina Silva. En Asie du Sud-Est, c'est l'huile de palme, elle aussi considérée comme offrant un bon bilan énergie et GES, qui se développe pour, entre autres, satisfaire la demande du Nord en agrodiesel. D'ici 2020, plus du quart de la production de l'UE pourrait ainsi être assuré par l'importation de 5,5 milliards de litres d'huiles végétales par an¹³. Avec comme résultat dans des pays comme l'Indonésie et la Malaisie, une explosion des surfaces dédiées à l'huile de palme, aux dépens de la forêt primaire humide et des tourbières...

Produits agricoles alimentaires: les importations du Nord relancées

Les répercussions transfrontalières des choix politiques de l'UE et des États-Unis prennent aussi la forme d'une demande accrue en produits agricoles alimentaires du Sud pour combler les déficits générés par la réaffectation de terres agricoles à la production d'agrocarburants au Nord. Ainsi, en Europe, la production de Diester à partir de colza diminue les quantités de graines disponibles pour les besoins alimentaires¹⁴, creusant un déficit déjà chronique en matières grasses végétales... Or l'UE prévoit de satisfaire la majeure partie de

sa demande en agrodiesel grâce au colza produit sur ses sols: elle devra donc détourner une énorme quantité de sa production d'huile alimentaire et augmenter fortement ses importations, en particulier d'huile de palme¹⁵ - ces dernières ont d'ailleurs déjà plus que doublé entre 2000 et 2006. À l'horizon 2020, le « trou » à combler pourrait ainsi nécessiter l'importation de 5,4 milliards de litres d'huiles végétales par an¹⁶, avec à la clé, une fois encore, un risque de pression accrue sur la forêt tropicale tourbeuse dans des pays comme l'Indonésie ou la Malaisie. Et l'on observe le même type d'effets en cascade sur le continent américain. Aux États-Unis, la demande de maïs monte en flèche avec l'ambitieux programme de développement de l'éthanol. Pour y répondre, les agriculteurs américains et canadiens délaissent le soja en faveur du maïs. Résultat: le déficit en soja se creuse, qu'il faut combler par l'importation, ce qui entraîne une augmentation des surfaces cultivées en Amérique latine, avec pour corollaire un déboisement accru dans le bassin de l'Amazone.

Impacts en termes d'émissions de GES

Les répercussions en cascade du développement des agrocarburants ont bien sûr sur les populations du Sud des conséquences que nous aborderons plus loin. Mais elles ont aussi un impact déterminant sur les bilans GES des agrocarburants, dès lors qu'on intègre à ces bilans les CAS au Sud.

On a vu le poids de ce facteur au regard du bilan GES des filières étudiées par Bio IS en France. Les résultats sont tout aussi révélateurs pour les filières du Sud. Dans un rapport pour le gouvernement britannique, E4Tech a calculé qu'il faudrait entre 65 et 138 ans pour que les gains liés à l'utilisation d'agrodiesel produit sur une surface déforestée en Malaisie compensent les pertes liées à la déséqustration initiale du carbone, et entre 56 et 144 ans dans le cas de l'éthanol brésilien¹⁷. Une fois encore, la conversion de surfaces non cultivées génère d'emblée une « dette carbone »¹⁸ initiale très longue à « rembourser ». La pertinence écologique des politiques agrocarburants actuelles paraît dès lors définitivement sujette à caution. Sur la base de prévisions optimistes¹⁹ de la Commission euro-

10 - *World Biofuels Production Potential: Understanding the Challenges to Meeting the U.S. Renewable Fuel Standard*, U. S. Department of Energy, September 15, 2008.

11 - *Frequently Asked Questions About the Brazilian Sugarcane Industry*, UNICA

12 - *Friends of the Earth, Sustainability as a Smokescreen: the inadequacy of certifying fuels and feeds*, April 2008

13 - *Joint Research Center, Biofuels in the European Context: Facts, Uncertainties and Recommendations*, 19 december 2007

14 - *En 2007, la France a ainsi consacré 65 % de sa production de colza à la production d'agrodiesel*

15 - *Peter Thoenes, Biofuels and Commodity Markets - Palm Oil Focus*, FAO, 2006

16 - *Calcul des auteurs à partir du rapport Biocarburants dans le contexte européen (op. cit.)*

17 - *E4Tech, Biofuel Review: Greenhouse gas savings calculations for the Renewable Fuel Agency*, June 2008.

18 - *Fargione et al., Land Clearing and the Biofuel Carbon Debt, Science 319(5867): 1235-8, February 29, 2008*

péenne, Oxfam estime par exemple que la hausse de la demande de l'UE en huile de palme²⁰ entraînera d'ici 2020 l'émission de 3,1 à 4,6 milliards de tonnes de CO₂ suite à des CAS indirects²¹. Ces émissions, non comptabilisées par les promoteurs européens du Diester, représentent de 46 à 68 fois l'estimation par la Commission européenne de l'économie annuelle réalisée à l'horizon 2020 grâce à tous les agrocarburants²²...

Au Sud : impacts sociaux et crise alimentaire

Sur le plan de la lutte contre le changement climatique, les espoirs placés dans les agrocarburants ne pèsent pas lourd face à l'expansion de la frontière agricole que leur développement entraîne. Mais les populations des pays du Sud, elles aussi, ne pèsent pas lourd face à la « folie agrocarburants ».

L'agriculture familiale ne fait pas le poids face à l'agrobusiness

En Afrique, en Asie ou en Amérique latine, les cultures de coton, de cacao et de café, tournées vers l'exportation, ont connu leurs heures de gloire. Aujourd'hui, ce sont les cultures à vocation énergétique qui bénéficient de toute l'attention des pays industrialisés. La course des entreprises et des investisseurs pour acquérir de nouvelles terres entraîne le déplacement de populations vulnérables dont les droits d'accès à la terre sont localement peu protégés, alors même que ces pratiques violent la Déclaration des Nations Unies sur les droits des peuples autochtones, adoptée en 2007. Les petits producteurs sont contraints de laisser les meilleures terres aux groupes agro-industriels ou de modifier leur production au détriment des cultures vivrières et de leur mode de vie traditionnel. Les Nations Unies estiment ainsi que 60 millions de personnes sont menacées d'expropriation pour faire place aux plantations nécessaires à la production d'agrocarburants²³. Par ailleurs, alors que les agricultures familiales sont peu soutenues

dans les pays du Sud, les agro-industriels bénéficient de zones franches et de réductions de taxes pour favoriser leurs investissements, ou profitent de vides législatifs, notamment en Afrique²⁴. Or ce marché créé de toutes pièces est loin de mener au développement. De plus en plus mécanisées et intensives, les monocultures énergétiques mobilisent de larges surfaces mais offrent de moins en moins d'emplois. Et les conditions de travail sont parfois déplorables : au Brésil, trois cent douze ouvriers seraient morts au travail et 83000 auraient été blessés de 2002 à 2005²⁵ et Amnesty International a récemment signalé des cas de travail forcé²⁶ : pour les soutiers de l'industrie des agrocarburants, la vie est loin d'être soutenable.

Crise alimentaire : les agrocarburants au banc des accusés

La terre produit aujourd'hui suffisamment pour nourrir l'ensemble de la population mondiale. Pourtant, dans le monde, 925 millions de personnes souffrent de la faim dans les pays du Sud, dont les trois quarts en milieu rural. Le doublement des prix des denrées alimentaires au cours des trois dernières années est donc un véritable choc pour les pays du Sud, surtout lorsqu'ils sont dépendants des importations pour nourrir leur population. Si les déterminants de cette hausse sont nombreux, seules la spéculation sur les marchés agricoles et la demande accrue en agrocarburants peuvent expliquer le choc de ces dernières années. Selon l'OCDE par exemple, 60 % de l'augmentation de la demande de céréales et d'huiles végétales entre 2005 et 2007 est imputable aux agrocarburants²⁷. Or en raison du niveau extrêmement bas des réserves, toute augmentation brutale de la demande a un impact très fort sur les prix. D'après le FMI, l'augmentation de la demande en agrocarburants compte par exemple pour 70 % dans la hausse des cours mondiaux du maïs en 2007²⁸.

Pour les ménages pauvres, qui consacrent à l'alimentation la majeure part de leurs revenus, les

19 - Car supposant que plus d'un quart de la demande en agrodiesel sera satisfaite par les filières dites de deuxième génération.

20 - Pour produire de l'agrodiesel mais aussi pour remplacer l'huile de colza et autres huiles alimentaires détournées vers cet usage énergétique.

21 - Oxfam International, *Another Inconvenient Truth - How biofuel policies are deepening poverty and accelerating climate change*, juin 2008.

22 - Commission of the European Communities, *Annex to the Joint impact assessment on the package of implementation measures for the EU's objectives on climate change and renewable energy for 2020*, february 2008.

23 - Forum permanent des Nations Unies sur les questions indigènes, 2008.

24 - African Biodiversity Network, *Agrofuels in Africa: the Impacts on Land, Food and Forests*, 2007

25 - Chiffres de l'administration de la sécurité sociale cités dans *Brazil disputes cost of sugar in the tank*, *The Guardian*, 10 juin 2008

26 - Amnesty International, *Rapport 2008 : La situation des droits humains dans le monde*, 2008

27 - OCDE, *Rising Food Prices: Causes and Consequences*, document préparé pour la DAC High Level Meeting, 20-21 mai 2008.

28 - FMI, *Food and Fuel Prices*, 2008. Quant à la Banque mondiale, elle estime à 75% la part des agrocarburants dans la hausse des prix mondiaux.

conséquences sont dramatiques: l'ONU estime que chaque pourcent d'augmentation plonge 16 millions de personnes dans la pauvreté et la faim²⁹. Et tandis que l'Agence Internationale de l'Énergie envisage un décuplement de la consommation totale d'agrocarburants d'ici 2030³⁰, certains experts chiffrent à 600 millions l'augmentation du nombre de personnes qui connaîtront la faim en 2025 si la ruée vers les agrocarburants se poursuit aux rythmes actuels³¹.

Les agrocarburants, entre promesses et controverses

Aux promesses initiales ont succédé les controverses, mais les décideurs, loin de revenir sur leurs choix politiques, rejouent avec les promoteurs des agrocarburants la carte des lendemains qui chantent, en braquant les projecteurs sur les espoirs qu'ouvriraient les agrocarburants de 2^{ème} génération et la mise en place de filières certifiées. Aux controverses répondent ainsi de nouvelles promesses, et la « folie agrocarburants » n'a pas fini de soulever des interrogations.



29 - Philippe Boloignon, *Émeutes de la faim : un défi inédit pour l'ONU*, *Le Monde*, 13/14 avril 2008

30 - *Renewables in Global Energy Supply, An IEA Fact Sheet*, AIE, 2007.

31 - C. Ford Runge & B. Senauer, *How Biofuels Could Starve the Poor*, *Foreign Affairs*, may/june 2007

Des carburants liquides propres à partir du charbon ou du gaz?

La crainte de raréfaction rapide de l'accès aux ressources pétrolières suscite depuis quelques années un regain d'intérêt pour les filières d'obtention de carburants liquides

Global Chance

analogues à l'essence, au kérozène ou au diesel, à partir d'autres ressources fossiles que le pétrole, en particulier le charbon et le gaz naturel. L'idée n'est pas nouvelle: dès 1920 Hans Fischer et Frantz Tropsch ont réussi à produire du gaz de synthèse par vaporeformage, un mélange d'hydrogène et d'oxyde de carbone (CO), à le transformer par synthèse catalytique à haute température en hydrocarbure complexe dont on extrait des carburants automobiles. Cette voie d'obtention de carburant dite « indirecte » (dans la mesure où elle passe par la fabrication de gaz de synthèse CO + H₂) n'est pas la seule possible. Il existe d'autres voies directes ou indirectes d'obtention de carburants liquides automobiles à partir de charbon.

La voie Fischer Tropsch a connu des applications industrielles pendant des périodes de crise et de rupture brutale d'approvisionnement en carburants pétroliers comme en Allemagne pendant la seconde guerre mondiale ou dans les années 50-60 en Afrique du Sud, du temps où ce pays, en plein Apartheid, était soumis à un sévère embargo pétrolier. En effet, à ces différentes époques, le prix de revient de ces carburants de synthèse restait beaucoup plus élevé que celui des carburants pétroliers (en conséquence d'un investissement très important), alors particulièrement bon marché.

La flambée des prix pétroliers a changé la donne au tournant des années 2000. Depuis les années 50, des progrès significatifs étaient enregistrés sur ces procédés qui sont

communs avec ceux de transformation de la biomasse ligno-cellulosique en carburant. Il devenait donc tentant de développer industriellement ces procédés avec l'espoir de détendre la pression qu'exerce la demande mondiale croissante de carburant pétrolier que nous connaissons.

Mais le tournant de l'année 2000 est aussi celui de la prise de conscience du danger majeur que représentent pour la planète les perspectives de réchauffement climatique. La question des émissions de gaz à effet de serre associées à la chaîne complète de fabrication, transport et distribution de ces nouveaux carburants de synthèse par rapport aux carburants classiques, est devenue aujourd'hui centrale.

C'est donc du triple point de vue de la sécurité énergétique, de l'économie et des émissions de gaz à effet de serre qu'il faut analyser les perspectives de développement du GTL (gaz to liquid) et du CTL (coal to liquid) et leur potentiel à moyen et long terme.

La liquéfaction du charbon.

Il existe aujourd'hui de nombreuses voies de valorisation possible du charbon hors du secteur de la production d'électricité.

Ces différentes voies sont synthétisées figure 1.

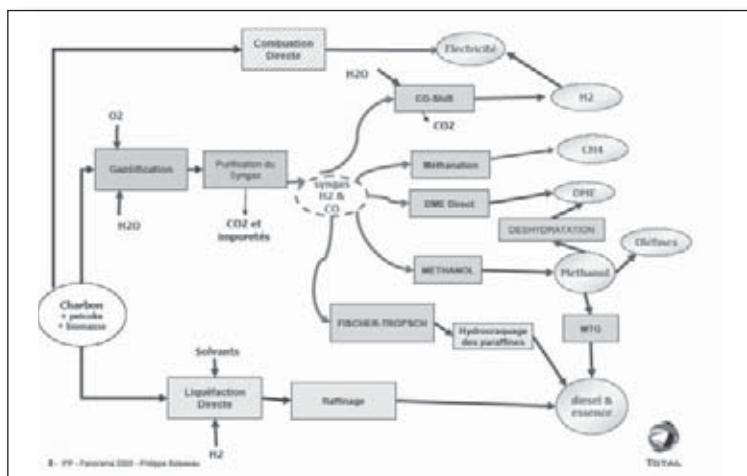


Figure 1 : Voies de valorisation du charbon hors électricité

La hausse des cours de brut a ainsi fait émerger de nombreuses voies de valorisation du charbon hors carburant liquide, dont la pétrochimie par les voies « oléfines » qui débouchent sur le polypropylène et polyéthylène (Total vient de lancer un pilote à Feluy en Belgique sur ce concept).

Pour la production de carburants liquides, les voies de liquéfaction directes et indirectes (via la synthèse Fischer-Tropsch) du charbon sont celles qui sont le plus souvent envisagées et évoquées sous le vocable CtL (Coal to Liquid). Il existe néanmoins deux autres voies qui permettent de convertir le charbon en carburant liquide à partir de production du méthanol qui est une synthèse relativement « simple » en comparaison à celle envisagée par la voie Fischer-Tropsch. Ce méthanol peut-être utilisé directement en mélange dans les voitures (actuellement en pratique en Chine), ou converti dans des produits jugés de meilleure qualité pour un usage dans le secteur des transports comme l'essence ou le DME pour moteur diesel.

Les principaux projets sont essentiellement envisagés en Chine, aux Etats-Unis, pour des raisons historiques en Afrique du Sud, et enfin, dans une moindre mesure, en Inde¹. Outre le projet de liquéfaction directe de Shenhua de 20 000 b/j (démarrage en 2008) et son extension à 50 000 b/j prévue pour 2015, la Chine a annoncé des projets considérables portant sur un total de plus de 700 000 b/j (voies directe et indirecte) d'ici 2020. Au plan national, cela se traduirait par un supplément de consommation d'environ 220 Mt de charbon par an (près de 9 % de la consommation 2004) alors que les réserves de la Chine ne représentent que 55 ans au rythme actuel de consommation. Les incertitudes sur cette filière en Chine restent donc nombreuses, notamment en raison des risques environnementaux et financiers (chaque usine pourrait requérir un investissement supérieur à 5 milliards de \$).

De son côté, la société Sasol a dans ses cartons une extension de capacité de 80 000 b/j soit en Afrique du Sud, soit en Inde.

Enfin, on dénombre aux États-Unis un minimum de six projets de liquéfaction pour une capacité ultime cumulée de près de 150 000 b/j. Certains de ces projets sont déjà parvenus au stade de la demande d'autorisation administrative, d'autres sont simplement en cours d'étude de faisabilité.

Le total de ces capacités converge avec les données de l'Agence internationale de l'énergie, qui évalue à 750 000 b/j la capacité mondiale de pro-

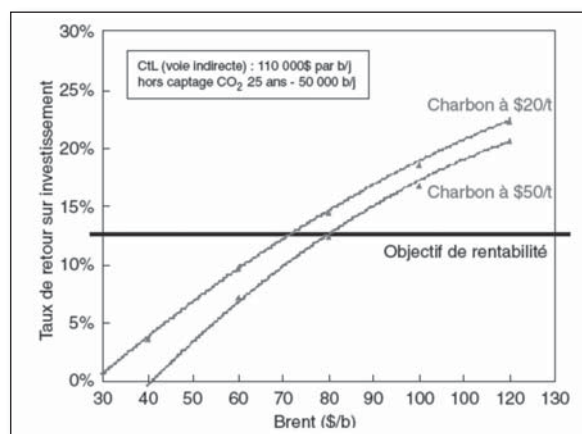
duction de carburants liquides par ces voies à l'horizon 2030, pour l'essentiel localisée en Chine (source: IEA – World Energy Outlook 2006). On voit ainsi que même si le seuil de rentabilité de ces projets est aujourd'hui atteint, avec les visions les plus optimistes, la capacité de liquéfaction restera longtemps marginale vis-à-vis de l'approvisionnement en brut « traditionnel »: les 750 000 b/j annoncés représentent en effet moins de 1 % de la capacité de raffinage mondial, ou quatre raffineries de taille moyenne.

Performances énergétiques et perspectives de coût des unités CtL

En supposant que tout l'hydrogène nécessaire au complexe est produit à partir du charbon, le rendement en produit liquide pour les filières CtL est de l'ordre de 3 barils de produit liquide/tonne de charbon, soit environ 0,5 l/kg de charbon et un rendement énergétique se situant entre 50 et 60 %².

Les performances économiques de la filière CtL sont étroitement liées au prix du charbon, qui reste relativement bon marché par rapport aux autres sources d'énergie. La figure 2 montre une évaluation du taux de retour sur investissement (après impôts) d'une usine de liquéfaction de charbon basée sur la technologie indirecte en fonction du prix du brut de référence (Brent), pour une unité de grande taille. A noter que l'unité sera préférentiellement implantée près de la mine pour éviter les coûts de transport du charbon, beaucoup plus importants que ceux des produits du complexe (liquides donc facilement transportables).

Figure 2 : Taux de retour sur investissement d'une usine de liquéfaction de charbon basée sur la technologie indirecte en fonction du prix du brut de référence.



Source « La liquéfaction du charbon : ou en est-on aujourd'hui ? », Synthèse Panorama IFP 2008, Pierre Marion

1 - « Le charbon en Chine : état des lieux et perspectives », Synthèse Panorama IFP 2008, Sophie Malençon, Olivier Massol « Charbon – Réserves ressources et production », Synthèse Panorama IFP 2008, Genevieve Bessereau, Armelle Saniere « Quels usages futurs pour le charbon », Présentation faite lors du Panorama IFP 2008 par Philippe Boisseau, Directeur général Gaz et énergies nouvelles Total

2 - « La liquéfaction du charbon : ou en est-on aujourd'hui ? », Synthèse Panorama IFP 2008, Pierre Marion

Les investissements sont évalués à 110 000 \$ par b/j de produit fini (base: USA début 2007) pour les technologies de liquéfaction démontrées industriellement, soit, pour une unité de 50 000 b/j, plus de 5 milliards de dollars, c'est-à-dire à peu près le prix d'une raffinerie de pétrole complète produisant trois fois plus de carburants. La réduction des investissements qui est aujourd'hui une vraie barrière au développement de ce type de projet est donc l'un des principaux axes de progrès de cette filière.

Avec les procédés actuels, on estime que le seuil de rentabilité serait atteint pour un charbon à 20 \$/t à condition que le baril de pétrole se maintienne autour de 70 \$/b, une valeur qui a été largement dépassée en spot au cours de l'année 2007. Ce coût de 20 \$/t de charbon est effectivement atteint dans les mines les plus performantes, mais reste largement inférieur aux prix internationaux. De tels projets ne peuvent donc concerner, dans un premier temps, que des pays disposant d'une abondante ressource locale en charbon.

Performances environnementales

Les émissions globales du « puits à la roue » de la filière de liquéfaction indirecte représentent environ 230 % des émissions du diesel conventionnel³. Moins de la moitié du carbone contenu dans le charbon parvient en effet dans le réservoir du véhicule; la majorité est transformée en CO₂ dès l'usine de liquéfaction. L'essentiel de ces émissions provient de la production d'hydrogène intégrée dans le complexe qui permet de rectifier le faible rapport H/C du charbon par rapport à celui requis par la production de diesel (pour mémoire, dans la filière pétrole, le carbone est transféré au réservoir à plus de 90 %).

Ces filières CtL ne pourront donc connaître un développement significatif qu'à la condition expres-

se, soit d'intégrer un captage et un stockage du gaz carbonique émis, soit d'utiliser un hydrogène produit à l'extérieur de l'usine à partir de sources n'émettant pas de gaz à effet de serre (nucléaire ou renouvelable).

Mais même dans ces conditions, le bilan du puits à la roue reste plus défavorable que celui du diesel pétrolier, avec 25 % d'émissions de CO₂ supplémentaires

Il faut enfin signaler la forte consommation d'eau des procédés de liquéfaction: 10 à 20 m³ d'eau/tonne de produit.

Le GTL (gaz to liquid)

Après de longues années de développement qui ont abouti à la première unité industrielle construite par Shell en 1993 en Malaisie, le développement de la filière GTL de transformation de gaz naturel en carburant a connu une vraie accélération au début des années 2000. C'est à partir de la remontée des cours du brut qui a marqué le début du siècle que l'on a en effet observé un grand nombre d'annonces de projets, dont certains de très grande ampleur (6 projets au Qatar et un projet au Nigeria).

Ces annonces ont fait naître de grands espoirs quant à l'évolution de ce type de valorisation du gaz naturel qui semblait pouvoir s'inscrire durablement comme un concurrent de la filière GNL (gaz naturel liquéfié). Mais la plupart de ces projets ont à ce jour été annulés, en particulier celui d'ExxonMobil de 154 000 barils/jour. Le seul projet qui a été réalisé est celui de Shell/Oryx pour la première phase. Il devrait en 2009 être rejoint par le projet Pearl toujours financé par Shell et Qatar Petroleum. La figure 3 donne un état des lieux des principales installations GTL actuellement en fonctionnement dans le monde.

Figure 3 : Installations GTL en fonctionnement



Source : « GTL, Economics, Challenges and value proposition », présentation faite par Rajnish Goswami, Vice President Gas & Power, Wood Mc Kenzie

3 - *ibid* 2

Le nombre d'unités GTL reste aujourd'hui marginal, aussi bien en comparaison avec les capacités de raffinage mondiales qu'avec celles de liquéfaction de gaz naturel, aujourd'hui voie principale de valorisation du gaz naturel hors pipeline. A long terme, les projections de l'AIE anticipent, tout comme pour le CTL, une capacité de production de 800 000 b/j (environ 40 Mt.), soit quelques % de la consommation mondiale de carburant.

Perspectives de coût des unités GtL

Un des éléments déterminants pour ce type d'unité est le coût d'investissement: à capacité équivalente, le coût d'une unité GtL est 2 à 3 fois supérieur à celui d'une raffinerie. En conséquence, ce type de projet n'est aujourd'hui envisagé que pour des capacités de production très importantes (l'effet de taille diminue en effet les coûts relatifs), ce qui limite le nombre d'acteurs ayant la capacité financière d'investir dans les unités GtL. Ceci d'autant plus que la hausse des cours des matières premières observée ces dernières années a fait exploser le coût d'investissement: le projet Pearl de Shell au Qatar, initialement estimé entre 5 et 7 milliards de \$, aurait été réévalué à 18 milliards de \$, soit un triplement. Compte-tenu de ces montants très importants, les zones où les unités GtL peuvent être rentables sont limitées à quelques pays ayant d'importantes ressources de gaz naturel et un coût d'extraction inférieur à 0,50 \$/mmbtu (en Europe le prix du gaz naturel est aujourd'hui supérieur à 10 fois cette valeur). Dans ces pays, la rentabilité de ces unités a longtemps été annoncée comme assurée pour un baril de pétrole autour de 20 \$ à 30 \$. Mais, compte-tenu des dérives d'investissement constatées sur les derniers projets GtL mis en œuvre, cette valeur d'équilibre est aujourd'hui probablement nettement supérieure.

A noter également qu'un projet GtL, nécessairement mis en œuvre dans une zone à très faible coût du gaz naturel, est toujours en compétition avec une éventuelle unité GNL. A titre de comparaison, pour la valorisation d'environ 6 Gm³, on peut:

- soit investir dans une unité de liquéfaction de gaz naturel pour un coût d'investissement d'environ 1,2 milliards de \$ et produire 4 à 5 Mt de GNL (rendements d'environ 90 %);
- soit investir dans une unité GtL pour un coût compris entre 1,5 à 2,1 g\$ et produire environ 3 Mt de produit (rendements d'environ 60 %). Dans ce cas, on évite néanmoins l'investissement dans un méthanier estimé à 200 m\$.

Performances énergétiques et émissions de CO₂

Tout comme pour les filières CTL, le bilan effet de serre et la consommation d'énergie de la filière GtL du « puits à la roue » sont, mais dans une moindre proportion, plus mauvais que ceux des carburants pétroliers: on estime des émissions de gaz à effet de serre du puits à la roue supérieures d'environ 15 % et une consommation d'énergie supérieure d'environ 50 % à celles du diesel ex pétrole⁴.

Les filières CtL et GtL ont donc en commun d'exiger des investissements élevés qui limitent leur développement et de présenter des bilans énergétiques et d'émissions de gaz à effet de serre défavorables, surtout pour le CtL. Elles présentent des potentiels de développement équivalents du même ordre de grandeur que ceux des agrocarburants.

En revanche, même si un certain nombre de projet GtL et CtL de grandes ampleur voient le jour, ils ne représenteront pas une alternative durable à une éventuelle pénurie massive de pétrole à l'échelle mondiale.

Ceci est d'autant plus vrai que la filière GtL se distingue de la filière CtL sur un point majeur: contrairement au charbon qui procure une vraie possibilité de limiter la dépendance énergétique au pétrole de certain pays, le gaz naturel a des caractéristiques beaucoup plus proches du pétrole. Ses ressources sont aujourd'hui limitées à 65 ans au rythme actuel de consommation mondiale et les réserves sont en général loin des grands centres de consommation. La filière GtL ne permet donc pas ou peu de réduire le risque lié à la dépendance énergétique vis-à-vis de pays tiers.

Du point de vue des émissions de CO₂ enfin, les deux filières, mais surtout la filière de liquéfaction du charbon, même dans l'hypothèse d'un captage-stockage du carbone, n'apportent aucune amélioration, mais au contraire une augmentation des émissions spécifiques de CO₂ par rapport aux filières pétrolières actuelles.

4 - « Le GtL: perspectives de développement », Synthèse Panorama IFP 2006, Guy Maisonnier

SORTIR DE L'IMPASSE

LE RÉÉQUILIBRAGE MODAL **LA MAÎTRISE DE LA DEMANDE** **DE TRANSPORTS**

Le chapitre précédent a montré que le progrès technique sur les outils du transport et l'introduction de carburants de substitution, malgré leur intérêt évident pour desserrer les contraintes qui pèsent sur les ressources et sur le climat, présentent des limites, à la fois en termes de progrès réel d'efficacité absolue mais aussi de dynamique de pénétration de ce progrès.

Quelles sont alors les autres marges de manœuvre dont on puisse disposer ?

Pour faire le tour de la question, il faut évidemment sortir du seul paradigme technologique et s'interroger plus largement sur les déterminants principaux de l'évolution des trafics de personnes et de marchandises avec les modes de développement.

Au cœur de cette démarche nous trouvons des enjeux à la fois sociaux, culturels, politiques et économiques qui touchent à l'évolution :

- De la richesse des sociétés et de sa répartition,*
- De l'espace des déplacements, aussi bien pour les personnes que pour les biens, dans le contexte de mondialisation des échanges, de mise en concurrence de l'ensemble des acteurs mondiaux et de recherche maximale de productivité des entreprises,*
- Des vitesses de déplacement, avec l'apparition de modes de transport toujours plus rapides et plus gourmands en énergie, synonymes d'appartenance aux élites mondiales, en même temps qu'une exclusion des plus pauvres de la mobilité minimale,*

- Du « budget temps de transport » des individus,*
- Des modes de déplacements, de l'image culturelle qu'ils renvoient, de leur interchangeabilité et/ou de leur complémentarité,*
- etc.*

La prise en compte de ces enjeux nous conduit à une série d'interrogations :

- Quelle place pour le rééquilibrage des modes de transport vers des transports moins gourmands en énergie, rééquilibrage qui a l'avantage d'éviter de remettre en cause frontalement la notion de mobilité des hommes et des biens, souvent considérée comme synonyme de liberté ?*
- Quelles sont les perspectives en matière de découplage entre croissance des transports (avec l'ambiguïté qui se cache sous ce vocable) et croissance économique alors que le lien entre les deux est souvent considéré comme une règle intangible ?*
- Quelle est l'influence de la mondialisation des échanges sur la question transports-énergie-climat et quels remèdes y apporter ?*
- Que nous apprennent les exercices de prospective normative sur la nature et l'ampleur des différents leviers d'action ?*

Nous tentons dans ce chapitre d'apporter des éclairages sur ces différentes questions, à travers des analyses à caractère général mais aussi à partir de témoignages, d'exemples de politiques et d'actions concrètes menées dans des pays du Nord ou du Sud.

LEF - Global Chance

Reports modaux croisés entre contraintes climatiques, incantations occidentales, et rêves asiatiques

La préservation du climat et l'épuisement des ressources pétrolières conduisent tous les acteurs à promouvoir un système de transport ayant recours à des modes plus respectueux de l'environnement. Mais tandis que les masses asiatiques aspirent à la mobilité automobile et que les constructeurs lorgnent sur ces marchés, que peut-on dire au niveau mondial du potentiel prospectif de l'évolution du paysage modal ?

Monde : l'agenda des industriels de l'automobile

L'exercice de la prospective est difficile. Il nécessite de rassembler des masses de données, particulièrement quand on veut traiter le monde entier et l'ensemble de la mobilité. Or ces données font largement défaut dans certaines parties du monde, ou pour certains modes de transport. Ces données concernent de multiples disciplines et ne peuvent être manipulées que par des équipes importantes. D'autres données stratégiques sont des secrets industriels. C'est pourquoi il y a si peu de prospective exhaustive de la mobilité mondiale. À vrai dire, il n'existe qu'une seule étude de ce type¹, publiée par le World Business Council on Sustainable Development (WBCSD) en 2004, et ce n'est pas un hasard, puisque le WBCSD est un regroupement des principales entreprises internationales dans les secteurs automobile et pétrolier. Cette étude a mobilisé plus de 200 personnes. Elle s'appuie sur les travaux antérieurs d'universitaires² et sur des projections de l'Agence Internationale de l'Énergie (AIE). Elle a aussi servi de base pour le chapitre transport des travaux du GIEC³ dont la raison d'être est de réduire les émissions de CO₂.



Francis Papon
est chercheur au département d'économie et de sociologie des transports de l'INRETS (Institut national de recherche sur les transports et la sécurité)

En fait la contrainte climatique est aujourd'hui incontournable dans toute prospective des transports. Et il faut dire que l'étude du WBCSD passe en revue de manière très complète tous les moyens de réduire l'impact climatique de l'automobile (et des autres modes), en étudiant de nouveaux couples moteurs – carburants, et des véhicules plus efficaces. Mais les auteurs reconnaissent que, même en acceptant les hypothèses les plus optimistes en matière de développement et de pénétration des nouvelles technologies, il sera difficile de satisfaire aux exigences

de lutte contre le renforcement de l'effet de serre, ce qui est pointé par les experts du GIEC.

En réalité si cette étude, comme beaucoup d'autres, cherche le Saint Graal du côté de la technologie, c'est que les industriels ne peuvent se résoudre à une diminution de l'automobile et continuent de tableur sur une croissance future. Il y a pourtant un moyen très simple de réduction du contenu en carbone de la mobilité qui n'est pas ou peu évoqué, c'est le report modal vers des modes de transport plus sobres, comme les transports collectifs ou les modes non motorisés.

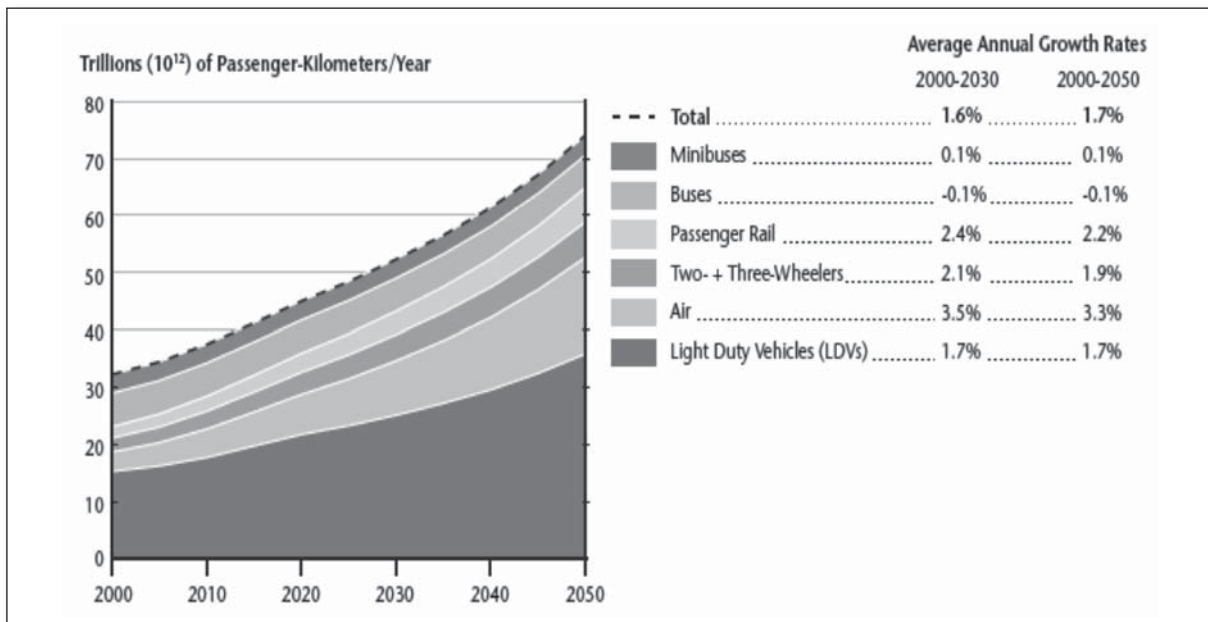
Ce report modal est invoqué depuis longtemps en Europe, d'abord pour améliorer la qualité de vie en ville, mais aussi comme moyen de réduire la dépendance au pétrole et les émissions de CO₂. Les travaux du GIEC (Kahn Ribeiro et al, 2007 p. 29 table 5.6) citent notamment le potentiel des systèmes de bus à haut niveau de service et des modes non motorisés, ces derniers étant d'ailleurs beaucoup moins coûteux à la tonne de CO₂ évité pour un transfert modal comparable. Mais ces modes non motorisés ne sont même pas considérés dans les prévisions du WBCSD (figure 1).

1 - WBCSD - World Business Council on Sustainable Development (2004) *Mobility 2030, Meeting the challenges to sustainability* Mobilité 2030 : les enjeux de la mobilité durable ; <http://www.wbcd.org/plugins/DocSearch/details.asp?type=DocDet&ObjectId=NjA5NA>

2 - Schäfer A. & Victor D. G. (2000) « The future mobility of the world population » *Transportation Research Part A*

3 - Kahn Ribeiro, S., S. Kobayashi, M. Beuthe, J. Gasca, D. Greene, D. S. Lee, Y. Muromachi, P. J. Newton, S. Plotkin, D. Sperling, R. Wit, P. J. Zhou (2007) : *Transport and its infrastructure. In Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. ; http://www.mnp.nl/ipcc/pages_media/AR4-chapters.html

Figure 1 : Prévisions de croissance de la demande de transport de voyageurs dans le monde par mode selon WBCSD



Source Sustainable Mobility Project calculations

S'il y a peu de travaux au niveau mondial, il y a par contre une quantité d'études prospectives de la mobilité au niveau des principaux pays.

Aux Etats-Unis : le business as usual

Aux Etats-Unis, il y a une profusion de publications scientifiques traitant de tel ou tel aspect des nouvelles technologies, ou de la demande de transport, aucune n'assurant une vue prospective d'ensemble. De telles visions sont proposées par d'autres études, publiées en particulier par un consortium défendant les intérêts du secteur routier⁴, ou par un groupement d'organismes gouvernementaux, associatifs, et industriels de différents modes⁵. Ce dernier souhaite soutenir la croissance économique des Etats-Unis et préserver le mode de vie américain, ne remet pas en cause le système actuel et propose dix mesures intégrées pour atteindre des objectifs de fonctionnalité, de sécurité et d'indépendance énergétique. Suite à la croissance démographique et économique, la circulation routière doit croître de 60 % de 2000 à 2030⁶

et les mesures se contentent de satisfaire cette demande et d'en atténuer les impacts.

En Europe : le livre blanc fera-t-il chou blanc ?

En Europe, la Commission a publié en 2001 un *livre blanc*⁷ qui est le document de référence fixant la politique européenne des transports à l'horizon 2010. Ce livre blanc définit quatre directives politiques, dont la première consiste à rééquilibrer les modes de transport. Cette directive se décline en cinq sous-objectifs : améliorer la qualité du secteur routier, revitaliser les chemins de fer, contrôler la croissance du transport aérien, adapter le système de transport maritime et de navigation intérieure, relier les modes de transport. Le projet SUMMA⁸ avait pour objectif d'évaluer à mi-parcours la mise en oeuvre des directives du livre blanc. Selon ses conclusions, un grand nombre de facteurs limitent la mise en oeuvre d'une politique de transport durable et contribuent à la poursuite

4 - AASHTO - American Association Of State Highway And Transportation Officials (2007) *Transportation: Invest In Our Future A New Vision for the 21st Century*; <http://www.transportation1.org/tif5report/>

5 - FTAG - The Federal Transportation Advisory Group (2001) *Vision 2050: An Integrated National Transportation System*; <http://scitech.dot.gov>

6 - US DoT - Department of Transport (2004) *Transportation Vision for 2030*

7 - CE - Commission Européenne DG Énergie et transports (2001) *Livre Blanc - Politique européenne des transports à l'horizon 2010 : l'heure des choix*; http://ec.europa.eu/transport/white_paper/documents/index_fr.htm

8 - SUMMA consortium - RAND Europe, Transport & Mobility Leuven, Econcept AG, Synergo Planning and Project Management, SUDOP PRAHA a.s., Kessel & Partner, IER University of Stuttgart, Gaia Group (2005) *SUMMA-Sustainable Mobility, policy Measures and Assessment*; European Commission - Directorate General for Energy and Transport; <http://www.summa-eu.org/>

des tendances passées : la non prise en compte des externalités dans les coûts des transports, l'inertie du fonctionnement des autres secteurs de l'économie et de la société, la lenteur de la diffusion des innovations et du changement de comportement, la présence d'intérêts qui entrent en conflit avec ces objectifs politiques.

Tranchant avec la démarche normative du *livre blanc*, un autre projet européen intéressant, *Foresight For Transport*⁹, a mené une réflexion prospective sur les transports à partir d'une large consultation d'experts européens. Il apparaît que plus de la moitié des experts ne croient pas que la part modale du ferroviaire croîtra au rythme prévu, et le consensus est que le rééquilibrage modal ne pourra intervenir qu'à long terme, et sur la base d'une politique plus large dépassant le secteur des transports.

Sans contredire cette politique européenne de rééquilibrage, les États-membres conduisent en ce qui les concerne des études prospectives proposant différents scénarios d'inflexion des tendances passées. Pour ne prendre que le cas de la France, l'étude de référence est celle menée par le CGPC¹⁰. Tout en recherchant une croissance vigoureuse du chemin de fer, et une forte réduction des émissions de CO₂, cette réduction ne parvient pas à atteindre le facteur 4 et la suprématie de la route n'est pas remise en cause à l'horizon 2050. Pour parvenir à ce facteur 4, les travaux menés plus récemment par le LET et Enerdata¹¹ ont développé des scénarios plus ambitieux. Dans leur conclusion, les auteurs soulignent que les automobilistes devront être soumis à une double peine (moins vite, plus cher), et que la tarification aussi bien de la circulation urbaine que du fret est essentielle pour parvenir au rééquilibrage modal nécessaire.

Au Japon : un report modal high tech

Le Japon, tout aussi préoccupé de durabilité, a développé une feuille de route technologique concernant l'énergie à l'horizon 2100¹², prolongée dans une stratégie technologique¹³. Le transport n'est qu'un des secteurs concernés, et si la technologie des carburants, des véhicules, des filières hydrogène ou électrique constituent l'essentiel des développements, le report modal est aussi souhaité, mais vers de nouveaux modes de transport, à haut contenu technologique : systèmes ferroviaires légers (LRT), bus guidés, bus électriques locaux, véhicules bi-modes (DMV) qui sont des bus pouvant circuler sur route ou sur voie ferrée.

Le vélo, beaucoup moins high tech mais très utilisé au Japon, notamment dans les grandes agglomérations pour rejoindre les gares, est quelque peu délaissé des politiques publiques, sauf pour construire des silos automatisés de stationnement près des gares encombrées, ou maintenant pour s'intéresser aux systèmes de vélos en libre service qui se développent en Europe.

En Chine : un report massif sur la voiture

Les premières prévisions prévoyaient une automobilisation de la Chine assez lente : ainsi, sur la base des estimations de Schäfer & Victor (2000), nous avons calculé¹⁴ que la Chine ne dépasserait le seuil de 3 kilomètres en voiture par personne et par jour qui définit la transition de la mobilité qu'en 2045 ; les travaux plus récents laissent penser que ce seuil sera atteint dès 2025. Si le WBCSD prévoit que l'usage des voitures restera presque aussi intensif qu'en 2000 (environ 24 000 km par voiture et par an), Huo et al¹⁵ tablent sur une diminution de cette intensité de moitié, de sorte que le parc automobile serait plus réduit pour le premier (128 millions en 2030, 308 millions en 2050) que pour les seconds (de 186 à 217 millions en 2030, de 391 à 532 millions en 2050). L'étude du LET¹⁶,

9 - ICCR - *The Interdisciplinary Centre for Comparative Research in the Social Sciences (Dir)* (2004) *Foresight for Transport ; A Foresight Exercise to Help Forward Thinking in Transport and Sectoral Integration* ; <http://www.iccr-international.org/foresight/>

10 - Gressier C. (dir.) (2006) *Démarche Prospective Transport 2050 : Eléments de Réflexion* ; Conseil Général des Ponts et Chaussées ; http://www.equipement.gouv.fr/article.php3?id_article=1595

11 - Château B., Bagard V., Crozet Y., Lopez-Ruiz H. (2008) *Programme de recherche consacré à la construction de scénarios de mobilité durable : comment satisfaire les objectifs internationaux de la France en termes d'émissions de gaz à effet de serre et de pollutions transfrontières ?* ; Enerdata - LET Papon F., Léonardi J., Cuenot F., Yeh, C. (2008) *Prospective des transports, un état des lieux en Europe ; étude de l'INRETS pour le MEEDDAT/DRI/CPVST* ; <http://prospectivesurvey.inrets.fr/base/index.php>

12 - IAE - *The Institute of Applied Energy* (2005) *Energy Technology Vision 2100* ; Japan Ministry of Economy, Trade and Industry ; <http://www.iae.or.jp/2100.html>

13 - ANRE - Japan Agency for Natural Resources and Energy (2007) *Energy Technology Strategy (Technology Strategy Map 2007)*

14 - Papon, F. (2004) *Mobility transition : from walking to personal automobile*, WCTR, Istanbul, July 4-8, 16 p.

15 - Yeh, C. & Papon, F. (2008) *Le Développement Durable Du Transport Urbain A Shanghai : Quelle Place Pour La Bicyclette ? Transports Janvier-Février. 92-105* Bouf D., Péguy PY, Souche S., Routhier JL, Ovtracht N. (2006) *Les transports en Chine en 2050* ; LET

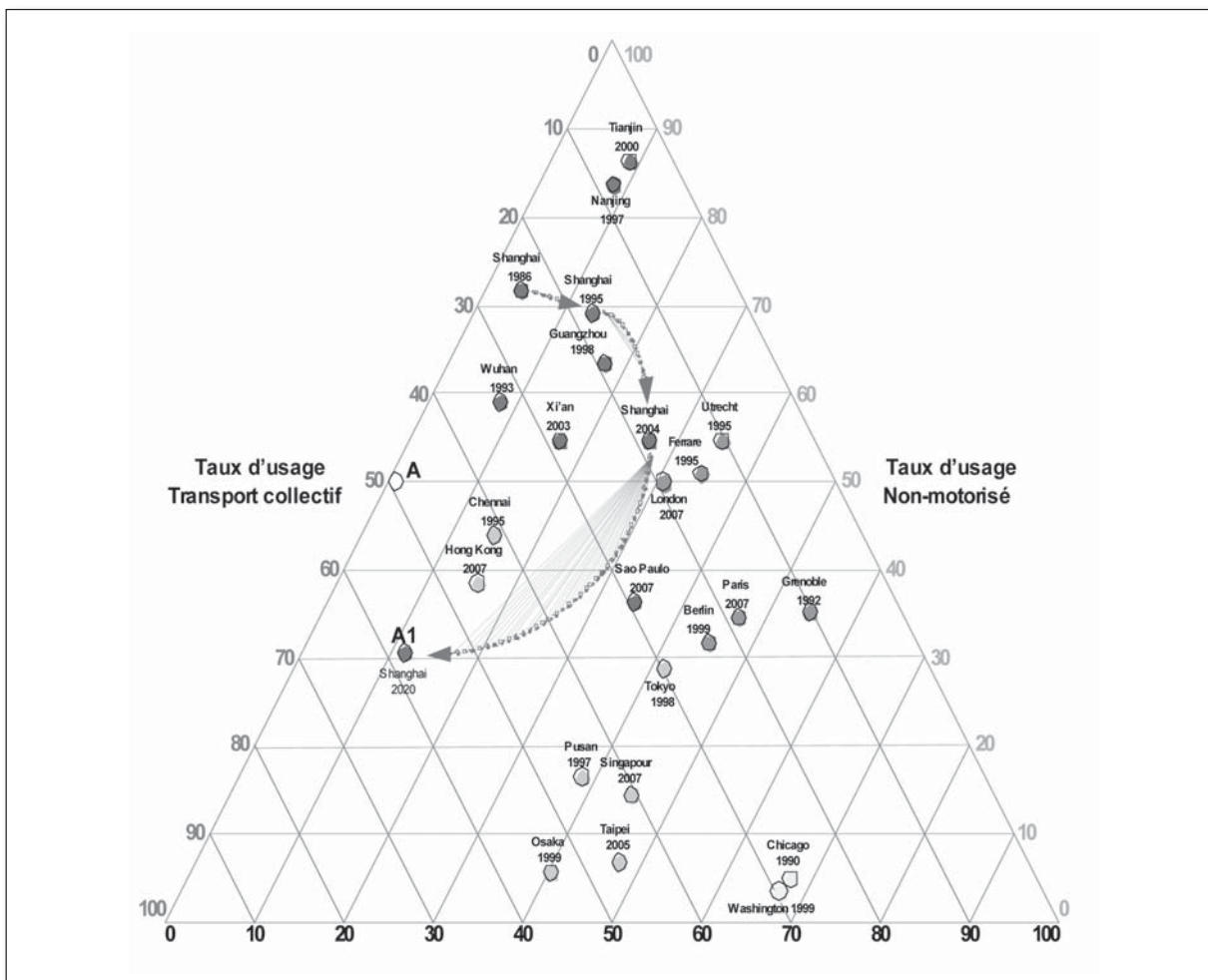
16 - Cherry C. R. (2007). *Electric Two Wheelers in China: Analysis of Environmental, Safety, and Mobility Impacts*. PhD thesis (University of California, Berkeley)

quant à elle, projetait de 441 à 697 millions de voitures en 2050 en Chine, ce qui ne serait pas sans poser de sérieux problèmes de capacité du réseau routier, malgré des investissements pharaoniques. Ainsi, l'automobile deviendrait le premier mode de transport en Chine, et le parc automobile chinois dépasserait celui des États-Unis dans les années 2030.

Les autres modes deviendraient marginaux: les motos, dix fois plus nombreuses que les voitures privées en 2000, seraient dépassés vers 2020, d'autant plus que les politiques limitent leur usage, et la bicyclette qui a atteint un sommet dans les années 1990 avec plus de 500 millions d'exemplaires et environ 3 kilomètres parcourus chaque jour par chaque Chinois, poursuivrait inexorablement son déclin. La bicyclette électrique, malgré

son fort développement actuel et son utilité pour la limitation des émissions polluantes ne pourrait pas concurrencer l'automobile. Et malgré un programme ferroviaire sans précédent dans l'histoire (12 000 km de lignes à grande vitesse d'ici 2020), et des constructions à marche forcée de métros dans de nombreuses villes (une nouvelle ligne chaque année à Shanghai au cours de la décennie 2000 par exemple), les transports publics auront du mal à atteindre les objectifs ambitieux fixés dans les plans de transport des grandes villes. Ainsi à Shanghai, il est peu probable que la part modale des véhicules motorisés qui atteignait déjà 26 % en 2004 redescende à 12 % pour laisser les transports publics occuper les 60 % prévus par le plan en 2020 (figure 2).

Figure 2 : Coordonnées triangulaires de la répartition modale et trajectoire de Shanghai (Yeh & Papon, 2008)¹⁴



14 - Yeh, C. & Papon, F. (2008) *Le Développement Durable Du Transport Urbain A Shanghai : Quelle Place Pour La Bicyclette ?* *Transports* Janvier-Février. 92-105.

Pour le reste du monde : la « mal-mobilité » non durable

Si l'avance des pays occidentaux en matière de mobilité automobile est rattrapée à grandes enjambées par la Chine, les autres pays tendent tous, à leur rythme, à suivre la même direction. Il y a toutefois des différences importantes entre les pays. L'Amérique Latine, motorisée depuis les années 1970, voit sa mobilité stagner, malgré des expériences de bus en site propre (BRT) souvent cités. L'Afrique sub-saharienne, en attente d'une motorisation qui progresse lentement, et devant des transports publics soumis à des cycles d'effondrement financier, voit une grande partie de ses besoins assurés par des services artisanaux. L'Inde, dont l'air est déjà vicié par les voitures d'une minorité, a du mal à assurer des transports décents à la majorité de sa population. Et l'on voit bien dans les pays d'Asie du Sud-Est trop rapidement motorisés combien il est difficile de mettre en place après coup des transports publics performants. Des transports publics performants qui ont

été délaissés après la transition économique en Russie et son explosion de la motorisation.

Finalement, ce n'est que dans les pays riches que l'on peut se permettre de rééquilibrer les modes: Séoul par exemple a démantelé une autoroute pour restaurer une rivière, et rétrécit ses artères pour aménager des voies bus et des pistes cyclables. Mais est-on vraiment obligé de passer par une phase énergivore et polluante avant de prétendre à une mobilité durable? Car si les pays développés ont bien du mal à infléchir leur consommation énergétique et leurs émissions de gaz à effet de serre, les mesures de report modal annoncées ne leur faisant gagner, lentement et avec réticences, que quelques pourcents, dans le même temps les pays émergents ajoutent goulûment une contribution comparable au total mondial actuel. Autrement dit, pendant que les uns essaient d'apaiser l'incendie qui, de leur faute, ravage la maison Terre avec des verres d'eau, les autres y déversent de l'huile à pleins seaux.



Crédit : Rodolphe Escher

Gros Plan

Shanghai, une ville en voie de motorisation ? Le développement du transport urbain à Shanghai

Les pressions des transports sur l'environnement sont généralement divisées en deux catégories: les pressions locales et les pressions globales. Les véhicules motorisés en sont les principaux responsables par leurs émissions de gaz d'échappement qui contribuent à la fois à la pollution atmosphérique locale et au changement climatique global. Ces émissions, loin d'être les uniques externalités négatives de la motorisation, sont les premiers défis auxquels font face les villes en développement confrontées à une motorisation rapide.

La pollution locale est principalement un problème urbain du fait de la densité de population et de la concentration de l'utilisation de véhicules en zones urbaines. Par le passé, à Shanghai comme dans toutes les villes chinoises, la pollution atmosphérique était avant tout causée par l'industrie lourde implantée au cœur des villes. A présent, une part substantielle du problème de qualité de l'air dans les zones urbaines chinoises est due aux sources mobiles en dépit d'un taux de motorisation relativement faible par rapport aux villes développées. Ce problème est né rapidement depuis le milieu des années 1990, du fait de l'augmentation rapide du nombre de véhicules.

A Shanghai, on comptait en 2007 2,54 millions de véhicules motorisés. Il y en avait 0,47 millions en 1996. En même temps que l'industrie lourde a été délocalisée dans la périphérie des agglomérations, le trafic automobile est devenu un enjeu crucial pour la qualité de l'air. En fait, il y a une corrélation absolue entre la consommation d'énergie, l'émission de polluants, l'usage des véhicules motorisés et la croissance économique locale. Qui plus est, la croissance économique à Shanghai est en tête des villes chinoises.



Chao-Fu Yeh

a obtenu son mastère en Génie Civil à l'Université Nationale des Sciences et des Technologies de Taiwan en 2001 et a poursuivi en DEA en Transport en 2005 de l'Université de Paris 12 et École Nationale des Ponts et Chaussées. Il est actuellement doctorant à l'INRETS et à l'IUP-Université de Paris-Est

L'analyse de la motorisation nous y renseigne donc sur deux points: d'une part sur les caractéristiques du développement du transport urbain à Shanghai, d'autre part sur une préfiguration du transport urbain des autres villes chinoises.

Enjeu de la motorisation dans la zone urbaine

Dans les pays en développement, le parc automobile est concentré dans les zones urbaines qui concentrent également la croissance économique. En Chine, le taux de motorisation automobile est de 28 automobiles/1 000 habitants en 2006. Mais à Shanghai, où les revenus moyens sont cinq fois supérieurs à la moyenne nationale, il est de 33 automobiles/1 000 habitants.

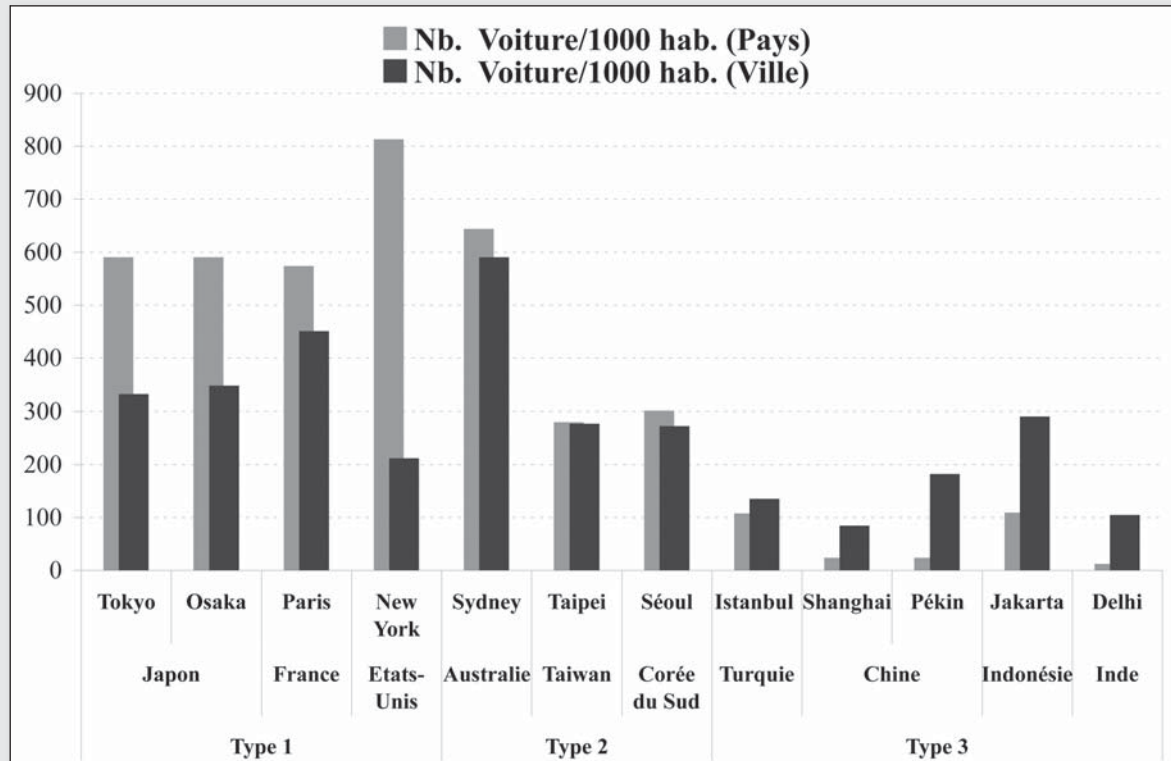
Cette concentration du parc automobile est une caractéristique des pays en voie de motorisation. La figure 1 présente les taux de motorisation à l'échelle urbaine et nationale pour une dizaine de pays répartis en trois catégories en fonction du niveau de motorisation du pays. Dans le type 1, le taux d'équipement en voitures dans le pays est toujours plus élevé que dans les grandes agglomérations du pays. Les flux de circulation dans les zones urbaines denses sont organisés autour de systèmes de transport collectif peu consommateurs d'espace et d'énergie. Dans ces villes, où le transport collectif est déjà très développé, l'usage de la voiture en zone urbaine est moins élevé qu'au niveau national.

Dans le type 2, les villes sont toujours dans la période de transition entre congestion automobile et développement d'un réseau de transport collectif permettant de répondre à la demande de mobilité. Par ailleurs, l'augmentation des revenus des populations dans les zones urbaines et rurales moins riches du pays leur ont permis d'accéder à l'automobile. Le taux de mo-

torisation dans les grandes agglomérations est équivalent au niveau national. Dans le type 3, la croissance économique des grandes agglomérations génère une demande de mobilité qui est satisfaite par les véhicules motorisés devenus accessibles par les entreprises et les ménages les plus riches. Malgré un relativement faible niveau de motorisation, les agglomérations

connaissent déjà la congestion des axes de circulation. Elles investissent alors dans les réseaux de transport collectifs. Par ailleurs, les grandes agglomérations dans ces pays affichent des niveaux de vie nettement supérieurs au reste du pays où la motorisation n'en est qu'à ses balbutiements. C'est dans ce dernier type de ville que s'inscrit Shanghai.

Figure 1: Proportion de possesseurs de voitures à l'échelle nationale et locale



Les grandes agglomérations dans ces pays en voie de motorisation connaissent les premières contraintes rencontrées par le développement d'un système automobile en zone urbaine. Elles représentent les perspectives des villes de moindre importance tant elles sont le fer de lance de l'économie du pays. Nous proposons donc ici de présenter les tendances de la mobilité urbaine à Shanghai face au phénomène de motorisation afin d'appréhender le chemin du développement durable des autres villes chinoises.

des modes de transport motorisés individuels a pris une place importante. La part modale de la marche à pied a diminué au profit du vélo à la fin des années 1980 et au début des années 1990. Elle s'est stabilisée depuis autour de 30 %. Bien que proportionnellement l'usage du vélo ait reculé ces dernières années, il assume toujours un rôle important dans la mobilité urbaine (25,2 %) par rapport aux véhicules motorisés (27,1 %) et au transport collectif (18,5 %).

Le transport urbain à Shanghai

A milieu des années 1990, les déplacements à Shanghai étaient largement réalisés à pied ou à vélo. A présent, ces modes non motorisés sont encore très utilisés, même si le développement

Tableau 1 : Répartition modale rapporté au voyageur en mégapole de Shanghai

Mode Année	Pied	Vélo	2-roues	Voiture	Taxi	Bus	Méto	Ensemble
	Mode non-motorisé		Mode motorisé			Transport public		
1986	41,3%	31,3%	0,2%	2,2%	0,2%	24,8%	-	100%
1995	30,4%	38,7%	5,0%	5,9%	3,0%	16,5%	-	100%
2004	29,2%	25,2%	10,6%	11,3%	5,2%	16,0%	2,5%	100%

Source: Estimation faite d'après les données d'enquête de SCCTPI

Toutefois, le rôle du vélo est de plus en plus limité du fait de l'augmentation générale des distances parcourues. Le développement économique de Shanghai a entraîné en effet une augmentation considérable des distances à parcourir. Cette tendance observable dans toutes les villes chinoises, a été alimentée par la motorisation. Ainsi, si la mobilité des Shanghaiens était dominée par les transports non motorisés et le transport public en 1986, les transports indivi-

duels motorisés ont aujourd'hui pris la première place. Le tableau 2 qui présente la répartition modale en passager-kilomètre (pkm) montre la place prise par l'automobile depuis le milieu des années 1990. Les véhicules motorisés (2-roues, automobiles et taxis) représentaient 62,9 % des pkm en 2004.

Tableau 2 : Répartition modale en mégapole de Shanghai (pkm)

Mode Année	Pied	Vélo	2-roues	Voiture	Taxi	Bus	Méto	Ensemble
	Mode non-motorisé		Mode motorisé			Transport public		
1986	9,1%	31,0%	0,6%	6,3%	0,5%	52,5%	-	100%
1995	7,0%	27,0%	12%	12,9%	2,1%	39,0%	-	100%
2004	3,2%	13,1%	16,3%	42,5%	4,1%	17,5%	3,3%	100%

Source: Estimation faite d'après les données d'enquête de SCCTPI

Ainsi, la croissance économique de Shanghai a engendré une forte augmentation de la mobilité longue distance qui repose majoritairement sur des modes de transport individuels motorisés¹.

La croissance de la flotte de véhicules a été très rapide à Shanghai. En 1990, on comptait seulement 215000 voitures. En 2007, on en comptait presque 5,5 fois plus². Pour contenir la demande des ménages et éviter la congestion totale des infrastructures, le gouvernement municipal de Shanghai a mis en place en 1998 un système d'enchères des plaques d'immatriculation. Des réglementations ont également limité le nombre de 2 roues motorisés dans la ville de Shanghai. 90 % des 1,2 million de cyclomoteurs ont une puissance inférieure à 50 cm³.

Perspective pour un développement durable du transport urbain

Le transport collectif, et particulièrement le métro est amené à jouer un rôle de plus en plus important. Le Livre blanc du transport urbain

de Shanghai, édité en 2002, prévoyait que le réseau de métro atteigne 540 kilomètres en 2020. En 2004, il comptabilise déjà plus de 230 km de lignes et plus de 1,5 millions de voyageurs l'utilisent chaque jour. Le gouvernement municipal de Shanghai projette en 2020 que les 17 lignes de métro transportent 12 millions de voyageurs/jour. Selon le SCCTPI³, le total des déplacements à Shanghai, à cette date atteindra 48 millions par jour.

Dans une perspective de développement durable, le bus et les modes de transport non motorisés devraient donc continuer à jouer un rôle important. Toutefois, dans les politiques de transport, les cyclistes, accusés de ralentir le trafic, sont surtout invités à utiliser les transports collectifs.

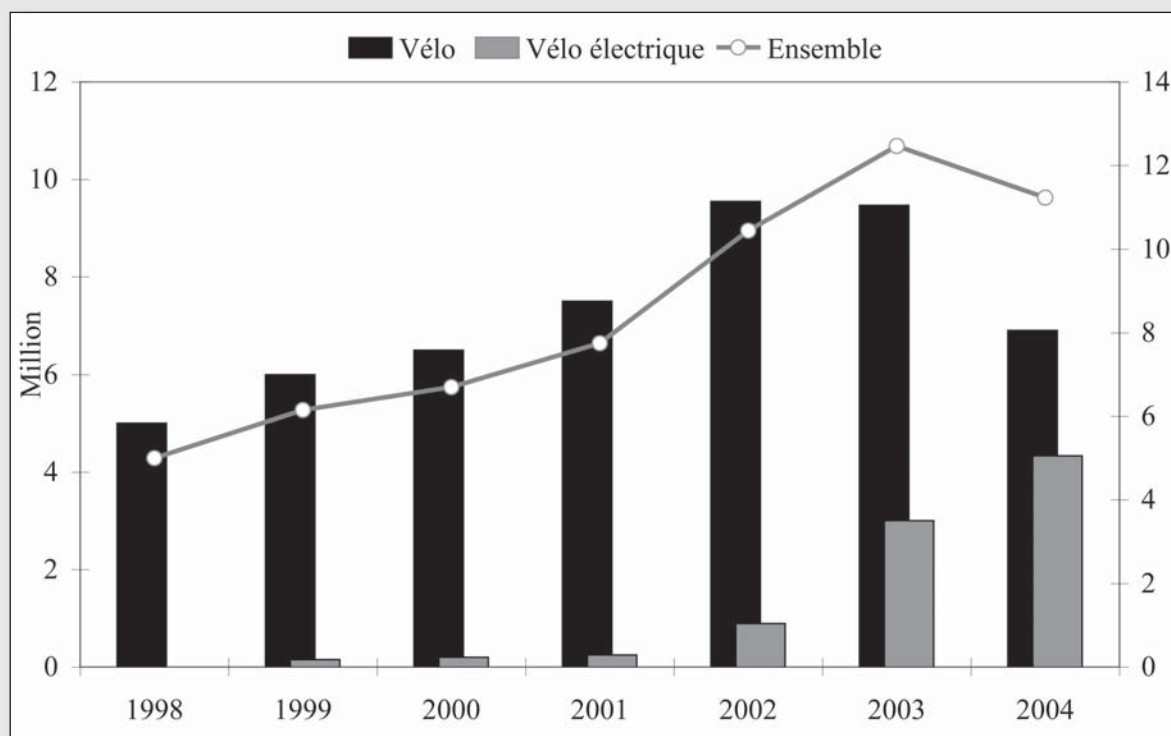
Par ailleurs, depuis les années 2000, le vélo électrique a pris une place importante dans les déplacements à Shanghai. Du fait des restrictions sur l'usage des motocycles en ville, il a séduit les cyclistes qui devaient se déplacer sur de plus longues distance (Figure 2).

1 - Allaire J. (2007). *Forme urbaine et mobilité soutenable: enjeux pour les villes chinoises*. Doctorat ès Sciences économiques, Université Pierre-Mendès-France, Grenoble. 322 p.

2 - Shanghai Yearbook, 2008

3 - Shanghai City Comprehensive Transportation Planning Institute

Figure 2: Evolution du nombre de vélos et de vélos électriques à Shanghai entre 1998 et 2004



Le gouvernement municipal de Shanghai limite strictement le nombre annuel d'immatriculations et met aux enchères les plaques d'immatriculations d'automobiles. Le prix moyen atteignait 30 000 yuans en 2004, ce qui représente plus de la moitié du prix des véhicules les moins chers. Cependant, on peut observer que la demande d'automobiles grandit en suivant la croissance économique. Ce système d'enchères a permis

de limiter la motorisation à Shanghai où le PIB/habitant atteint 55 000 yuans. Pékin, qui n'a pas mis un tel système en place, est plus de deux fois plus motorisé que Shanghai. Toutefois, ce système, qui n'a pas les faveurs d'un gouvernement central qui considère son industrie automobile comme un pilier de la croissance économique, ne réduit pas l'intérêt des Shanghaiens pour l'automobile, comme le montre le tableau 3.

Tableau 3: Tendances annuelles des véhicules motorisés depuis l'année 2000

Mode Année	Croissance annuelle du nombre de 2 roues	Croissance annuelle de passager en taxi	Nb. Immatriculation/ Nb. Voitures en circulation	Prix d'immatriculation / PIB (habitant)
2000	10,0%	4,1%	2,8%	39,8%
2001	18,8%	14,8%	2,9%	36,9%
2002	18,9%	18,6%	5,0%	73,9%
2003	30,5%	13,1%	7,4%	68,6%
2004	14,9%	7,6%	8,6%	50,1%

Source: Estimation faite d'après des données de SCCTPI et Shanghai Yearbook

Le développement d'une mobilité durable à Shanghai est ainsi contraint par cette forte demande de motorisation des ménages.

La ville de Shanghai se trouve en effet coincée entre la demande de véhicules motorisés et le

développement économique d'une part et les enjeux de pénurie énergétique et de changement climatique d'autre part. Le développement du transport urbain basé sur une maîtrise de la consommation d'énergie et des émissions

de gaz à effet de serre est fortement contraint par les aspirations individuelles de possession d'une automobile. La motorisation du pays est également une ambition nationale pour un pays émergent qui souhaite développer une industrie compétitive avec celles des pays développés.

Les villes chinoises devront pourtant susciter un développement différent de celui des pays du Nord face aux contraintes énergétiques et climatiques. La jeunesse de l'industrie automobile chinoise et le développement du vélo électrique

peuvent être des atouts pour changer de paradigme technologique dans le secteur automobile. Toutefois, la structure des villes chinoises et leur densité représente un atout pour maintenir des parts modales élevées pour le transport collectif, le vélo et la marche à pied. L'intermodalité représente aussi un enjeu pour permettre une mobilité longue distance sans pour autant recourir aux modes individuels de transport motorisé.

Références

- Committee on the Future of Personal Transport Vehicles in China, (2003), *Personal Cars and China*, ISBN: 0-309-08492-X, 280p.
- European Environment Agency, (2005), *Climate change and a European low-carbon energy system*, EEA Report, N° 1/2005, 73 p
- Hongyi G., (2004), *Study on urban bicycle traffic system*, Master thesis, Southwest Jiao-tong University, Chine
- National Bureau of Statistics of China, (2005), *China Industrial Maps: Automobiles 2004-2005*, Social Sciences Academic Press, 143 p.
- National Bureau of Statistics of China, (2007), *China Statistical Yearbook*, (Téléchargement sur: <http://www.stats.gov.cn/english/>)
- Pan H. et al. (2006), « Influence of Urban Form on Travel Behavior in Four Neighbourhoods of Shanghai », *TRB 2007 Annual Meeting Paper #07-3361*
- SCCTPI, Annual report from 2002 to 2007 (Téléchargement sur site: <http://www.scctpi.gov.cn/>)
- Schipper L. et Ng W.-S., (2006), *China Motorization Trends: Policy Options In a World of Transport Challenges*, World Resources Institute, EMBARQ
- Shanghai Municipal Development Planning Commission, (2002), *Shanghai Metropolitan Transport White Paper*, 116 p.
- Shanghai City Government, (2004), *Shanghai Statistical Yearbook (From 2000 to 2008)*, (Téléchargement sur: <http://www.stats-sh.gov.cn/2004shtj/tjnj/tjnj2008.htm>)
- Yeh C.-F. et Papon F., (2008), « Le développement durable du transport urbain à Shanghai : Quelle place pour le vélo ? », *Transports*, n° 448 mars-avril, pp. 92-104

Pollution atmosphérique, émissions de CO₂ et mobilité durable à Ho-Chi-Minh-Ville

Ho-Chi-Minh-Ville, située au sud du Vietnam, avec une population de plus de sept millions d'habitants, est la première métropole économique vietnamienne. Durant les années 90, l'ex-Saïgon a été le théâtre d'un fort développement économique (9,5 % par an en moyenne pour le PIB régional sur la décennie 90). Ce développement tant urbanistique et économique qu'industriel s'est traduit par une pression accrue sur la qualité du tissu urbain et environnemental. Différents signaux d'alarme (émissions industrielles – concentrations en SO₂, congestion – raréfaction de la voirie urbaine – concentrations en NO_x...) se sont successivement allumés sur le tableau de bord de l'environnement urbain.

L'amélioration du niveau de vie de la population, due à cette croissance économique soutenue, a facilité l'accès des ménages à l'achat de motocycles, d'autant que le prix d'entrée de gamme a été divisé par 2,5 sur cette période (« invasion » de motocycles chinois). De ce fait, le parc de motocycles a triplé entre 1992 et 2002 (2,5 millions de motocycles enregistrés en 2002). Par ailleurs, entre 1995 et 2000, le nombre de véhicules particuliers et poids lourds a été multiplié par trois. En revanche, le nombre de sièges offerts en transports en commun est resté stable.

Cet état de fait explique qu'à la fin des années 90, le motorcycle représentait plus de 80 % des déplacements mécanisés en heure de pointe du soir. La part des transports collectifs (essentiellement bus et lambros) ne représentait plus que 2 à 3 % du trafic urbain alors qu'il était dominant jusqu'au milieu des années 80.

Sur la base de ce constat, le Comité Populaire de Ho Chi Minh Ville (la municipalité) a sollicité en 1999 une assistance de l'ADEME (Agence Française) afin de l'aider « à ne pas devenir Bangkok » sur la base d'un cahier des charges très lapidaire. L'évolution non maîtrisée des transports, qui se traduit par une saturation de l'espace urbain, un niveau de pollution de l'air au-dessus des seuils sanitaires et un accroissement du nombre



Fouzi Benkhelifa

directeur Associé du cabinet EXPLICIT, conçoit depuis plus de 10 ans, en France et à l'international, des outils et politiques territoriales de maîtrise de l'énergie et de lutte contre le changement climatique pour le compte de collectivités, administrations publiques et organismes de coopération.

d'accidents, risquait d'obérer le développement économique et social de l'agglomération de Ho-Chi-Minh-Ville. Le Cabinet EXPLICIT, travaillant à cette époque sur les volets énergie et pollution des Plans de Déplacement Urbain en France, a été sollicité pour mener à bien ce travail d'assistance technique sur la mobilité durable dans le cadre d'une démarche dite ETAP.

Le programme ETAP (Energie, Transports, Air et Pollution) s'est déroulé en trois séquences de 1999 et 2005: une première phase comportant une étude de diagnostic des émissions tous secteurs confondus, une deuxième phase sur la concertation des acteurs reposant sur une étude prospective et une troisième phase consistant en un plan de

renforcement des capacités du Département des Transports.

Lors de la première phase, la cartographie ETAP a permis de mettre en évidence la forte contribution des transports aux émissions de polluants par rapport à l'industrie et à l'habitat (60 % des oxydes d'azote, 83 % du monoxyde de carbone, 65 % des hydrocarbures), se traduisant notamment par une concentration d'oxydes d'azote en centre ville supérieure aux seuils tolérables (standards O.M.S.).

En se basant sur cette étude (pilote par le Département de l'Environnement de la Municipalité), la nécessité d'agir sur la qualité de l'offre de transport pour améliorer l'environnement urbain a été clairement établie auprès des autorités locales et notamment auprès du Département des Transports et des Travaux Publics.

La deuxième phase de l'étude a permis dans sa première composante de mettre en évidence les enjeux pour les vingt prochaines années d'un développement non maîtrisé des modes individuels de transport. En se basant sur des documents de planification des transports et les programmes d'investissement en cours (notamment le Master Plan Transport de Ho-Chi-Minh-Ville), deux op-

tions de développement ont été dégagées pour l'étude de prospective :

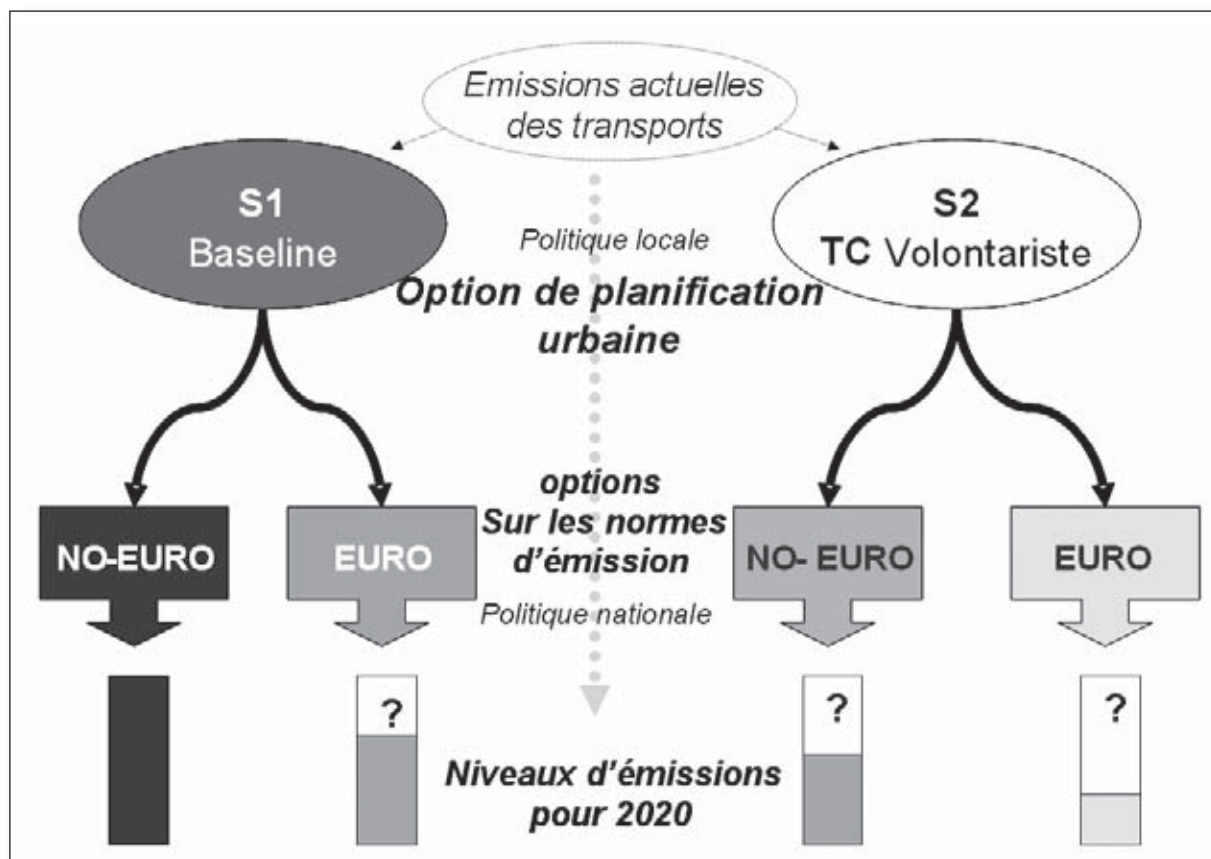
- Un premier scénario, dit S1 Tendanciel, reprenait les éléments techniques d'une continuité de la politique des transports de l'époque visant principalement un objectif (utopique) de fluidité du trafic basé sur les modes individuels dans lequel la part de marché des transports collectifs parvenait à peine à dépasser la barre des 5 % en 2010 et approchait 10 % en 2020.
- Un second scénario, dit S2 Volontariste, se voulait une vision alternative, avec comme objectif de restreindre l'usage des motocycles et des véhicu-

les particuliers et le développement du transport collectif en site propre. Les transports collectifs représenteraient dans ce cas une part de marché supérieur à 15 % en 2010 et à 30 % en 2020.

- Par ailleurs, une variante « introduction de la norme d'émission EURO » a été simulée pour chaque scénario.

En clair, la question posée par la Municipalité était de savoir si un parc de véhicules individuels aux caractéristiques techniques plus propres permettrait de s'affranchir d'un investissement important en matière de transport collectif.

Figure 1 : les scénarios transports urbains envisagés à l'horizon 2020 pour Ho-Chi - Minh -Ville



L'étude de prospective réalisée par le cabinet EXPLICIT en partenariat avec un bureau d'études local (ENERTEAM) a permis de mettre en évidence la prédominance de l'option transport collectif sur toute autre dans un objectif d'amélioration de la qualité de l'air. En effet, en matière de pollution atmosphérique et de risque sanitaire pour la population, le scénario S2 volontariste pourrait réduire jusqu'à un facteur dix l'exposition de la population à certains polluants atmosphériques. L'option

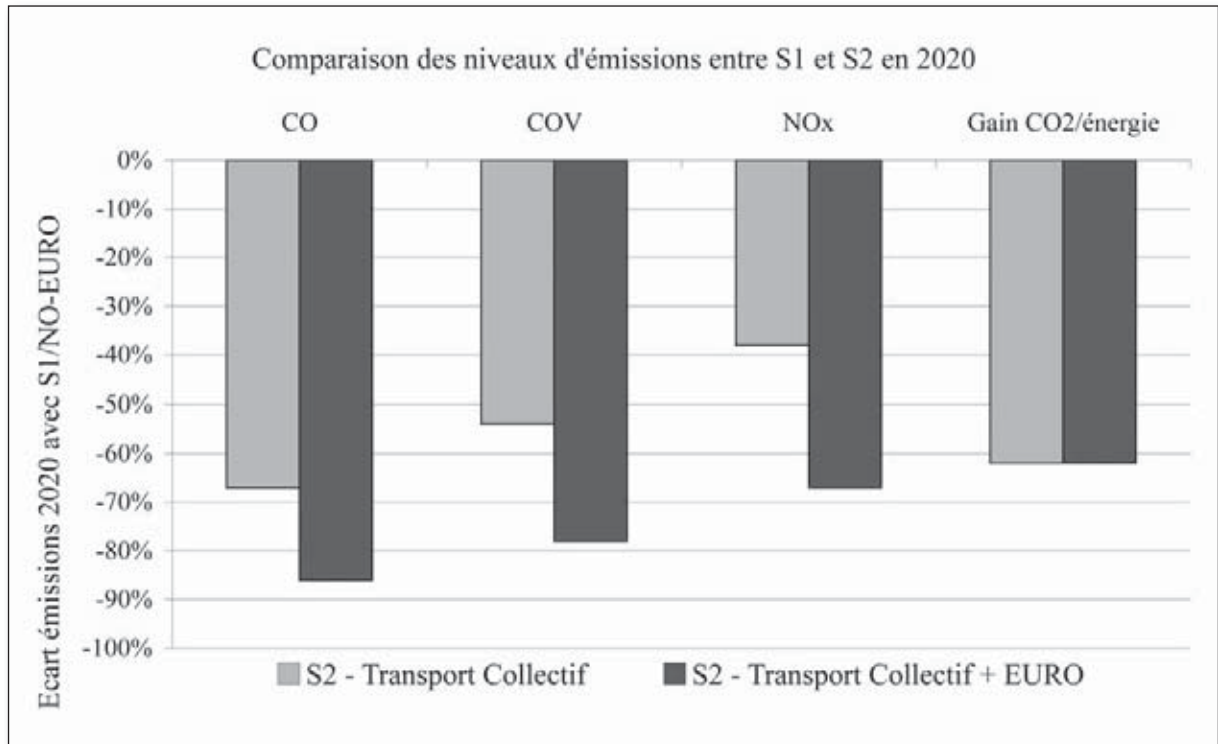
d'aménagement urbain (transport en commun en site propre) se révélait plus efficace du point de vue de l'environnement local que la seule vision par les normes d'émissions des véhicules.

En effet, le scénario transport collectif renforcé (S2) permettait d'adopter une stratégie préventive efficace vis-à-vis de la problématique latente d'accès à l'automobile (partage de la voirie en faveur des TC, développement d'une offre collective intégrée). Le Masterplan Transport indiquait une

part de marché de l'ordre de 9 % pour l'automobile en 2020 dans le cadre de S1 contre 4 % pour le scénario S2. De plus, et bien que les questions d'économies de pétrole et d'émissions de gaz à effet de serre n'aient pas été placées au cœur des préoccupations initiales du projet, les conséquences des différents scénarios sur l'environnement global apparaissaient comme très significatives.

La mise en œuvre ou non de la norme EURO n'ayant d'impact que sur les quatre-roues et dans une logique de dépollution en bout d'échappement (filtre, catalyseur), les gains en économie de carburant (facture divisée par 2 pour la collectivité) et de CO2 sont à l'actif du scénario transport collectif renforcé.

Figure 2 : Comparaison des niveaux d'émissions des scénarios S2 (avec ou sans norme Euro) avec le scénario S1 (sans norme Euro)



À l'issue de cette étude présentée en 2002 lors d'un séminaire franco-vietnamien sur les transports et l'environnement, le Département des Transports et le Département de l'Environnement de Ho-Chi-Minh-Ville ont signé un mémorandum sur la mise en place d'une politique de transport durable et la définition des missions de la future Autorité Organisatrice des Transports.

En pratique, durant la troisième phase de ETAP, un groupe de travail inter-service sur l'amélioration des transports collectifs a été mis en place. Il associait les Départements des Transports et de l'Environnement mais aussi l'Éducation, la Santé et le puissant Département du Planning et de l'Investissement. Par ailleurs, des sessions ont été organisées avec la participation de représentants de la société civile (étudiants, syndicats, femmes, retraités, universitaires...).

Ce groupe de travail permanent a permis la mise en œuvre de solutions pratiques comme les minibus scolaires et la carte d'abonnement mensuel et hebdomadaire. L'expertise française pilotée par EXPLICIT et BR a été mobilisée pour renforcer le rôle d'autorité organisatrice des transports (AOT) avec, notamment, la définition et le développement d'un outil de gestion et d'optimisation du trafic du transport urbain pour le compte du Centre Municipal de Gestion des Transports collectifs. Ce logiciel (UTAM) permettait d'avoir une vision au jour le jour du trafic et d'optimiser l'exploitation des lignes gérées par plus d'une trentaine de coopératives, une compagnie municipale et un exploitant privé (Saigon Star).

Les résultats communiqués par le Centre de Municipal Gestion des Transports Collectifs indiquent que la part de marché des transports collectifs en

2005-2006 est de l'ordre de 6 % (contre 2 à 3 % auparavant) avec une fréquentation qui est passée de 28 millions de passagers en 2002 à 200 millions en 2005. Les chiffres provisoires de 2007 indiquent une progression supplémentaire de 2 points de cette part. Sur la base de cette tendance, un objectif de part de marché supérieur à 10 % en 2010 semble réaliste.

Ce projet a permis de mettre en évidence que la seule stratégie sans regret pour la collectivité est le développement d'une offre de transport urbain intégrée. L'approche préventive développée par la Municipalité, en réponse aux risques sanitaires croissants et à la désorganisation urbaine latente, s'est avérée plus efficace dans le temps que les orientations initiales basées sur le tout technologique (émissions réglementaires des véhicules et carburants alternatifs).

Le programme ETAP a été aussi l'occasion de sensibiliser les décideurs locaux à la problématique des émissions de gaz à effet de serre. Progressivement, les économies de CO2 générées par cette relance du transport collectif ont été mises en avant par les pouvoirs publics auprès de bailleurs de fonds bilatéraux et multilatéraux. Ce programme devrait se traduire in fine par des économies importantes de carburant et une réduction de l'ordre de 60 % des émissions de CO2 du secteur par rapport à l'évolution tendancielle.

Ce programme de rééquilibrage modal constitue de fait une option importante de réduction de la vulnérabilité aux chocs énergétiques et à leurs conséquences sociales ainsi qu'un axe structurant du développement urbain de la métropole de Ho-Chi-Minh-Ville.

Figure 3 : Expérimentation d'une ligne en site propre pour le réseau de bus pilotes.



SORTIR DE L'IMPASSE

LE RÉÉQUILIBRAGE MODAL LA MAÎTRISE DE LA DEMANDE DE TRANSPORTS

Produit Intérieur Brut et mobilité : quel couplage ? Quelle fatalité sur la croissance des transports ?

« Couplage », « Découplage », des concepts flous

Un des premiers enseignements que l'on tire des différentes études et recherches sur ce sujet est l'ambiguïté même des concepts de « couplage » et « découplage ». Cette ambiguïté apparaît sous deux formes :

- la coexistence au sein des mêmes études, de conclusions empiriques relatives au couplage fort des trafics et du PIB d'un côté, de réflexions et de propositions quant au découplage de l'autre,
- l'absence d'une distinction claire, dans beaucoup d'études, entre découplage relatif et découplage absolu.

Il ne fait de doute pour personne que le découplage relatif entre la consommation d'énergie et les émissions du transport d'un côté, le PIB de l'autre, est une réalité observée ou potentielle incontestable. En revanche la question semble beaucoup moins tranchée pour le couplage/découplage absolu. La raison tient, semble-t-il, à la façon dont sont utilisés certains concepts sous-jacents à cette notion de couplage et de découplage.

De la confusion entre corrélation statistique et conclusion théorique

Les études économétriques présentent généralement deux constats : une forte corrélation de la croissance du PIB à la croissance de l'activité de transport, une forte corrélation de la croissance des trafics à la croissance du PIB. Ces fortes corrélations sont généralement interprétées comme une grande rigidité de la relation de la demande de transport au PIB, et par là comme un couplage fort entre ces deux entités.

Mais ces fortes corrélations cachent souvent des disparités qui d'un côté obligent à une certaine prudence dans les conclusions, et qui de l'autre expliquent l'ambiguïté dont on a parlé plus haut.



Bertrand Château

dirige le bureau d'études Enerdata, qu'il a fondé en 1991. Spécialisé en modélisation et prospective énergétique depuis les années 70, il a accumulé une forte expérience sur le recours à la prospective comme outil d'aide à la décision, pour les Pouvoirs Publics et pour les entreprises.

Par exemple, les études économétriques menées dans le cadre du programme OCDE-EST sur l'Arc Alpin¹ avaient conclu au fait que les élasticités des trafics d'import/export entre deux pays au PIB de ces pays suivaient des courbes en cloche, avec des valeurs voisines de 0 aux deux extrémités. D'autres études ont montré que l'élasticité des quantités de marchandises transportées au PIB pouvaient avoir des valeurs très faibles alors que celles des trafics (en tkm) au PIB avaient des valeurs proches de l'unité. L'étude CEMT (Conférence Européenne des Ministres des Transports) insiste sur la notion d'élasticité variable.

En d'autres termes, les fortes corrélations statistiques n'impliquent pas

nécessairement qu'il existe une « loi » intangible qui régit la relation de la demande de transport au PIB, mais indiquent simplement une conjonction historique entre deux évolutions relativement proches entretenant entre elles des relations complexes.

Des indicateurs imparfaits de la demande de transport

Une des sources d'ambiguïté dans la discussion sur le couplage/découplage absolu vient des indicateurs qui sont retenus dans les analyses économétriques. On s'appuie généralement sur les trafics exprimés en passagers-km ou en tonnes-km. Ceux-ci sont supposés constituer des indicateurs quantitatifs pertinents de la mobilité, à partir desquels peut être analysée la relation de la demande de transport à la croissance économique.

Or la demande de transport, qui est bien au centre des investigations sur le couplage/découplage, est une notion plus riche que celle de mobilité, en ce sens qu'elle inclut également des dimensions d'accessibilité, de qualité de service, de vitesse, etc... De même, la mobilité est une notion que l'observation des trafics décrit de façon incomplète : la mobilité traduit la faculté d'accéder à tel ou tel service dans un intervalle de temps donné,

¹ - OECD-EST-Environmentally Sustainable Transport « Alpine Study » Synthesis Report Phase 2
ADEME/INRETS/Enerdata, INFRAS, TRAFICO, CSST 2000

pas nécessairement le fait de faire tel ou tel kilométrage pour y parvenir.

De ce fait, quand on parle de couplage entre les trafics et le PIB, on mélange en fait deux notions : la relation de la demande de transport au PIB, la relation entre les conditions de satisfaction de la demande de transport et le PIB.

Découplage ou maîtrise de la demande de transport ?

Il existe un consensus général pour exprimer le fait que la demande de transport entretient avec la croissance économique des liens très étroits. A partir de ce constat, certains contestent la notion même de découplage au sens où elle induit qu'il peut exister une situation où demande de transport et croissance économique ne sont plus liées entre elles. D'autres, plus nuancés, mettent sous le vocable « découplage » la possibilité de modifier ce lien, et non pas sa disparition.

Il est certain qu'une bonne partie de l'ambiguïté relevée plus haut vient du sens que les uns ou les autres attribuent au terme « découplage ».

Or il existe également un certain consensus entre toutes les études sur le fait que le lien entre demande de transport et PIB peut évoluer, qu'il peut faire l'objet de « mesures » correctives, qu'il peut même constituer un objectif politique.

Pour en finir avec ces ambiguïtés, on suggère d'abandonner le concept de « découplage » et de lui substituer celui de « maîtrise », des trafics, de la mobilité ou de la demande de transport.

Quelles évidences statistiques du « couplage » ? quels doutes ?

L'analyse statistique montre indubitablement des corrélations globales fortes entre trafics et PIB, exprimées par des élasticités très stables dans le temps, relevées dans quasiment toutes les études économétriques.

Mais ces fortes corrélations cachent des disparités de situations dont nous allons développer certains aspects.

De fortes disparités géographiques dans l'évolution des intensités transport

Les intensités transport, ce sont les ratios de trafics de passagers (en pkm) et de marchandises (en tkm) au PIB. Une intensité transport qui reste constante dans le temps suggère un fort couplage du trafic concerné au PIB. Une intensité qui baisse ou qui augmente régulièrement dans le temps suggère également un couplage entre les deux grandeurs,

quoique moins fort que dans le cas précédent. Une intensité au profil erratique suggère une absence de couplage.

Beaucoup des études qui s'intéressent au couplage s'appuient sur l'observation statistique de ces intensités. La comparaison des profils d'évolution de ces intensités dans les différentes régions du monde montre clairement deux choses :

- des évolutions assez contrastées des intensités entre les zones
- des évolutions très régulières au sein des zones.

Les différences de profils d'évolution sont surtout remarquables entre les Etats-Unis, le Japon et les pays européens. Elles montrent à tout le moins qu'il n'existe pas de fatalité dans les relations des trafics au PIB, et donc de « loi » universelle qui régirait ces relations. Pour autant, la grande stabilité au sein des régions suggère que l'organisation de l'espace et les infrastructures, fortement inertes à l'échelle des périodes retenues pour l'étude statistique, sont des déterminants puissants de ces relations des trafics au PIB.

Ces deux observations ne permettent pas de conclure, ni dans un sens ni dans l'autre, sur le couplage de la demande de transport et du PIB, pour les raisons évoquées plus haut.

Le rôle déterminant des infrastructures

L'influence des infrastructures sur les relations des trafics au PIB a été mise en évidence dans plusieurs études sur le découplage conduites dans le cadre de l'OCDE. Cette influence se manifeste en deux temps :

- l'effet d'entraînement du PIB sur le développement des infrastructures,
- l'effet d'entraînement des infrastructures sur les trafics (pas nécessairement sur la demande de transport...).

Cette observation sur le poids des infrastructures dans le « couplage » absolu est intéressant à deux titres :

- elle montre la relativité des conclusions qui sont tirées dans certaines études quant à la prégnance du « couplage »,
- elle indique une piste importante au regard de la maîtrise des trafics et des leviers pour y parvenir.

Ceci étant, on notera qu'aucune étude ne se penche réellement sur l'impact macro-économique du développement des infrastructures et qu'il est dès lors difficile de trancher, sur le plan statistique, entre « couplage » actif (la croissance économique a

entraîné le développement des infrastructures qui a entraîné celui des trafics) et « couplage » récessif (le bridage du développement des infrastructures a bridé en retour la croissance économique et les trafics, sans changer la relation trafics-PIB).

Quelles explications derrière le « couplage » apparent ?

On l'a dit, ce n'est pas tant la demande de transport qui apparaît couplée au PIB dans les corrélations statistiques, que les trafics. Si par exemple on considère d'autres indicateurs de la demande de transport (tonnes ou passagers transportés par exemple), le « couplage » apparaît beaucoup plus lâche. Une lecture plus attentive de ces trafics montre ainsi que ce sont surtout les distances moyennes de parcours par passager ou par tonne qui semblent fortement corrélées au PIB.

Si l'on rapproche ce constat de celui fait plus haut sur les infrastructures, on voit se dessiner un des principaux mécanismes qui expliquent le couplage apparent: le développement des infrastructures s'accompagne d'un allongement des distances de transport car il permet de multiplier les opportunités

- soit en matière de localisation des activités de production (et de bénéficier ainsi de différentiels dans les coûts de production),
- soit en matière de localisation de l'habitat, de l'emploi et de lieux de loisirs.

Pour autant cet allongement des distances, qui génère des coûts de transport proportionnels, ne peut se développer durablement à des rythmes très différents de celui de la richesse, et donc du PIB. Dans le cas des passagers, par exemple, il a été clairement montré que le poids des dépenses de transport dans le budget des ménages restait très stable dans le temps. De même, le poids des dépenses de transport rapporté à la valeur ajoutée industrielle reste également relativement stable. On aurait ainsi à la fois un effet d'entraînement du PIB sur les trafics via les infrastructures et les distances, mais également un effet limitant de la croissance du PIB sur l'évolution des coûts de transport, les deux phénomènes résultant dans l'apparent couplage observé statistiquement.

Ce constat pose néanmoins deux questions: s'il y a un effet limitant du PIB sur les distances via les coûts de transports, comment cela apparaît-il dans les corrélations statistiques ? La maîtrise de la demande de transport ne serait-elle, in-fine, qu'une affaire de coût de transports ?

Les différences observées entre régions du monde dans l'évolution des intensités transport du PIB donnent probablement une première réponse à la première question. Mais encore faudrait-il approfondir le sujet, ce qui n'est pas du ressort de cette étude.

L'analyse des structures modales et des vitesses moyennes de déplacement des personnes et des marchandises induites par ces structures modales donne un second éclairage tant à la première question qu'à la seconde. Le coût du transport est en effet la résultante des coûts unitaires des modes d'un côté, de la combinaison des modes de l'autre. Un kilomètre parcouru par un Américain a peut-être le même coût moyen que celui parcouru par un Français, mais le premier a des coûts unitaires de la voiture et de l'avion plus bas, avec un poids de l'avion plus fort.

Si l'on admet que le coût unitaire augmente avec la vitesse, une même évolution des coûts moyens de transport peut recouvrir des évolutions de partage modal différentes selon l'évolution des coûts unitaires des modes: plus de vitesse ou plus de coût unitaire.

Or il existe une relation forte entre vitesse et distance moyenne de parcours: soit, dans le cas des passagers, parce que le budget temps affecté au transport est extrêmement stable; soit, dans le cas des marchandises, du fait du mode de gestion des flux de marchandises et du stockage (le temps maximum qu'une tonne de marchandises peut passer dans le transport est contraint).

En conséquence, l'effet limitant du PIB sur l'évolution des coûts de transport peut être de nature très différente selon le niveau et l'évolution des coûts unitaires des modes, ce que semble effectivement suggérer les différences entre zones du monde. Une maîtrise des coûts unitaires par mode des transports serait de ce fait un moyen puissant de la maîtrise de la demande de transport, pour peu qu'il ne nuise pas à l'activité économique mais oriente seulement son organisation spatiale.

De l'objet au service, une chance pour le citoyen et l'environnement

Le contexte

La mobilité est avant tout source de rencontre et de richesse. Au niveau mondial, nos déplacements individuels sont promis à une croissance importante liée essentiellement à une augmentation du niveau de vie et la volonté d'optimiser son « temps à soi ». Mais cette croissance risque de ne pas être homogène pour tous, allant de l'exclusion avec de véritables condamnés à demeure¹ à de nouveaux voyageurs spatiaux². En parallèle, réfugiés et dérèglement climatiques, tensions énergétiques et alimentaires pourraient être les enjeux associés à cette croissance par l'intermédiaire des émissions de Gaz à effet de serre. Le couple {Moteur à Combustion Interne - MCI/carburant liquide fossile} permet, depuis un siècle, cette mobilité individuelle des personnes, mais également des marchandises. Quelles évolutions majeures peut-on attendre? Comment assurer à tous une mobilité libre et durable?

Tout d'abord, quelques rappels sur les fondamentaux qui ont conduit à cette suprématie.

Depuis un siècle, *l'industrie automobile* améliore et invente ses propres méthodes de conception et de réalisation, excelle dans son cœur de métier, **l'optimisation des compromis**: standardisation mondiale *contre* produits adaptés aux besoins locaux, création interne de valeur *contre* sous-traitance et, futur pivot du changement à venir, **marge bénéficiaire contre performances pour le client, dont l'efficacité énergétique**. Aujourd'hui, la réalisation d'une automobile mobilise plusieurs milliers d'ingénieurs pendant 3 à 5 ans dans un travail collaboratif international, complexe et tendu. Cette durée va encore se réduire dans les années à venir pour suivre au plus près les « besoins » des clients, à l'instar des vêtements de mode. En parallèle, l'usine et l'ensemble des moyens de production sont étudiés, développés et construits, et plusieurs milliards d'euro sont alors engagés. Plusieurs milliers de véhicules *identiques et tous différents* sor-



Gabriel PLASSAT

tent alors tous les jours des lignes de production. Sont également produits jusqu'à 4000 moteurs/jour usinés au micron, coûtant moins de 1000 euros, démarrant au 1^{er} tour de clé, sans aucune validation unitaire préalable.

Simultanément, de l'exploration à plusieurs milliers de mètres sous l'eau jusqu'au raffinage nécessitant des procédés sous contraintes éco-

nomiques et environnementales sans cesse renforcées, *l'industrie pétrolière* commercialise des produits exceptionnels sans aucune reconnaissance du public. Essentiellement produits par la nature et le temps, les produits pétroliers possèdent de hautes caractéristiques (notamment leur densité énergétique en volume et la propriété d'être liquide à température/pression ambiante, critères importants pour les transports) à un prix très bas, biaisant notre rapport à l'énergie. En effet, l'énergie équivalente produite par la force humaine payée au salaire minimum coûterait un prix 600 fois supérieur!

Ce mariage {moteur thermique/pétrole}, dès le départ, a balayé tous les concurrents utilisés auparavant: électricité, gaz, charbon pulvérisé, huile... Pour moins de 8000 euros (et demain encore moins!), le véhicule démarre par toutes les températures extérieures, assurant rapidement 20 +/- 0,5 °C dans l'habitacle, roule à plus de 100 km/h en quelques secondes. Dotée d'une autonomie de plus de 1000 km assurée par un remplissage effectué en seulement 2 minutes, ne nécessitant quasiment aucun entretien durant 250 000 km, l'automobile MCI/pétrole rassemble les technologies du spatial au prix de l'électroménager. **Aucun concurrent n'a, à ce jour, réussi à égaler ces performances.**

Mais à partir de maintenant, les contraintes sur les ressources, rendues visibles par l'indicateur prix, et l'enjeu climatique, s'imposent de plus en plus fortement au citoyen, et imposent d'étudier d'autres voies. Cependant le couple MCI/pétrole a appris à progresser sous ces contraintes (économiques, environnementales) repoussant progressivement l'hypothétique remplacement.

1 - Domicile-travail: Les salariés à bout de souffle, Eric Le Breton

2 - Virgin va commercialiser les premiers vols spatiaux: www.virgingalactic.com

(R)évolution de l'objet automobile

Pile à combustible, hybridation, plug-in, lithium polymère... une palette de « solutions » est annoncée au public : la voiture a un avenir, elle évoluera, nous dit-on. Cette fuite en avant technologique est-elle toujours crédible ? Va-t-elle s'appliquer pour tous ?

Rappelons tout d'abord que les technologies actuelles apportent dès aujourd'hui un potentiel de gain énergétique très important. Un exemple : la dernière SMART équipée d'un moteur Diesel « simple » émet 87 gCO₂/km (consommation de 3,3 l/100 km) pour une masse de 800 kg. **La question n'est donc plus comment faire un véhicule qui émet moins de 90 gCO₂/km, mais pourquoi ne commercialise-t-on pas des véhicules de 800 kg ?** La réponse vient en grande partie du compromis énoncé préalablement : **marge bénéficiaire contre efficacité énergétique.**

Actuellement, les constructeurs utilisent les technologies pour « offrir » au client des « nouveaux services » de confort, de sécurité, d'espace, et des « pseudo » performances (puissance maxi du moteur, vitesse maxi), qui ne seront jamais utilisées par le client mais qui intègrent une forte valeur marchande. Ainsi, un gain sur le rendement moteur, un allègement, ne sont pas utilisés uniquement pour réduire la consommation, mais pour proposer plus de puissance, plus de confort, tout en conservant une consommation « acceptable » : la berline haut de gamme hybride affiche une consommation identique à un véhicule plus simple mais pas le même statut... **Le potentiel d'efficacité énergétique est donc utilisé sous forme de valeur marchande visible, génératrice de bénéfice. Tant que l'efficacité énergétique n'aura pas une valeur marchande suffisante, le gain énergétique observable par le client sera réduit.**

Ce changement majeur pourrait venir de nouvelles contraintes. Actuellement, limitées mais déjà à l'œuvre, ces « nouvelles » contraintes vont venir bouleverser les modèles technico-économiques de l'industrie automobile.

Demain, tous surveillés ?

Développement des radars, caméras urbaines, téléphones portables, GPS embarqués, nos objets nomades deviennent en retour des traceurs de notre mobilité. Un secteur économique, le plus puissant de la planète³, commence à utiliser ces

technologies pour assurer la stabilité de la croissance économique, renforcer la prospérité des marchés, favoriser l'innovation. Les surveillances publiques (radar) et privées (assurances) limiteront le conducteur dans sa liberté de conduite. L'assureur, avec les contrats Pay As You Drive, calcule les primes pour chaque trajet selon l'heure du jour, le type de route et le kilométrage, détaillés sur une facture d'assurance mensuelle. Le coût de la « boîte noire » se chiffre à 100 euros mais pourrait générer des économies sur l'assurance de près de 30 % par an. Mais, en retour, la mobilité devient surveillée, la liberté réelle réduite... A plus long terme, la surveillance pourrait s'étendre à notre santé⁴⁻⁵, la liant à la mobilité, relançant la propulsion humaine, mais aussi, créant de nouveaux exclus. L'information est un élément essentiel de compréhension des risques avec une valeur économique pour le client et l'assureur.

De nouvelles zones géographiques aux accès limités

La plupart des pays européens et des mégapoles mondiales mettent en œuvre des Zones à Faibles Emissions (ZFE) ou des péages urbains⁶ dans lesquels l'accès est réduit pour certains véhicules sous conditions de performances environnementales minimales (émissions polluantes, GES, bruit). La mauvaise qualité de l'air urbain, couplée à une augmentation de la population, conduisant à un besoin croissant de mobilité donc des congestions, explique ce phénomène. **La voiture ne permet plus d'aller partout. Sous cette contrainte de « nouvelles » formes de véhicules (2-3 roues) vont se développer.**

Un coût de la mobilité en croissance

Le prix de la mobilité individuelle est en croissance, avec un point de départ bas rendant le potentiel d'augmentation, et donc de contraintes, important. Au prix du carburant, taxes comprises, des taxes ZFE, pourrait venir se rajouter une taxe CO₂ rendant le prix à la pompe très attractif... pour le vol, notamment dans le transport de marchandises. Ce phénomène, lui aussi en développement, aura plusieurs conséquences : augmentation de la surveillance, avantage des carburants gazeux, développement d'un marché noir sans garantie de

3 - Rapport 2007, L'assurance durable, Rapport inaugural du Groupe de travail Assurance du Programme des Nations Unies pour l'Environnement Finance Initiative (UNEP FI)

4 - Voir appel à projets dans le cadre du 7ème PCRD européen concernant les technologies de l'information et la communication – chapitre santé, ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/fp7/ict/docs/ict-wp-2007-08_fr.pdf

5 - Virgin commercialise actuellement aux USA des services de surveillance de la santé, <http://www.virginhealthmiles.com>

6 - De nombreuses zones à faibles émissions existent actuellement en Europe : www.lowemissionzones.eu.

qualité, puis à plus long terme nécessité de transférer les taxes du carburant vers un produit non physique. **La mobilité sera de plus en plus chère, elle sera source majeure d'innovation, mais également d'exclusion.**

Des contraintes d'image et d'usage.

Le principe pollueur/payeur, un des mieux accepté par l'opinion publique, pourrait faire peser sur les acheteurs particuliers ou professionnels une contrainte morale croissante. Par ailleurs, la société évolue et sa (ou ses?) mobilité également: impact du vieillissement nécessitant des modes spécifiques⁷, de l'éclatement du modèle familial induisant une souplesse aujourd'hui impossible – une semaine un deux roues (le couple), une semaine un minibus (mes enfants et ceux de ma compagne), de l'arrivée sur le marché du travail de la génération Y qui ne travaille plus dans l'entreprise⁸. **Les besoins en termes de types de véhicule se diversifient. Les évolutions sur le « hard » ne suffiront pas, le « soft » pourrait devenir la principale source de progrès.**

En conséquence, sous ces nouvelles tendances réduisant la liberté de lieu, la liberté de conduite et d'action, augmentant les coûts, la voiture pourrait faire moins rêver car elle ne sera plus un symbole de liberté. En 2008, 44 % des Japonais ne considéraient déjà leur voiture que comme un « simple moyen de transport » et, d'après la Fédération des constructeurs japonais, « il ne fait aucun doute que le secteur paie le prix d'une longue période de crise au cours de laquelle le regard que les Japonais posaient sur leur voiture a totalement changé »⁹. **Pour conserver une mobilité, source de richesse et nécessaire à une société équilibrée, dans ce contexte en évolution, l'objet automobile devra évoluer.**

Ainsi à moyen terme, avec des différences selon les marchés au niveau mondial, l'automobile pourrait évoluer selon deux voies principales. Pour le haut de gamme, comme un vêtement de luxe: hautes technologies, multicarburant, « sur mesures », communicant, un cybercar. Pour les gammes moyennes et basses, l'objet automobile

sera de plus en plus fonctionnel conduisant, dans un premier temps, vers des véhicules « low cost », puis utilisant ces derniers pour mettre en œuvre la « 3^{ème} voie », décrite ci-dessous. **Cette scission entre des véhicules « fournisseurs » d'émotions et d'autres fournissant uniquement un service de mobilité est le point central d'une évolution majeure de ce secteur.**

Le vêtement de luxe

Vitrine technologique utilisant des groupes motopropulseurs (GMP) à haute efficacité énergétique et multicarburant (liquide puis hydrogène), châssis et carrosserie avec des nanotubes de carbones, communiquant avec les autres véhicules et les infrastructures, ce véhicule sera produit par certains constructeurs automobiles « classiques » utilisant des modes de conception globalisés (mondiaux) et dé-intégrés, sur le modèle de DELL (production à la demande). Ce véhicule **vecteur d'émotion et de statut** se développera de la berline au petit véhicule urbain. Acheté par des particuliers, mais surtout par des entreprises comme moyen de promotion, ce sera un objet de mode.

Le Low cost.

Il répond aux contraintes par un objet **fonctionnel** basique. Des technologies innovantes pourront néanmoins être utilisées quand elles permettent d'atteindre le cahier des charges à moindre coût: éventuellement l'allègement par des nanotechnologies, les GMP restant classiques. Se rapprochant de l'industrie du véhicule lourd par ses spécifications limitées aux besoins essentiels (prix kilométrique, fiabilité, revente), le business-modèle commencera à changer. Les acteurs principaux seront les constructeurs asiatiques, chinois et peut être certaines marques de constructeurs européens. Cette étape pourrait être temporaire pour conduire à la suivante,

La 3^{ème} voie, entre le VP et le bus public.

Utilisant des véhicules à faibles prix produits à très grand volume, la 3^{ème} voie ouvrira la perspective de nouveaux services de mobilité dont la plupart sont à inventer.

En permettant une mobilité fluide, équitablement répartie, « citoyenne », faiblement carbonée, la 3^{ème} voie pourrait devenir une source d'épanouissement pour les citoyens. En s'adressant uniquement à des entreprises fournissant la mobilité, le cahier des charges du véhicule ne sera que fonctionnel, rendant possible une forte standardisation. Les véhicules auront des formes multiples: 2 à 4 roues, motorisations humaine-

7 - Toyota propose Mobility Robot. Affichant 150 kilogrammes sur la balance, il s'agit d'un fauteuil roulant devant permettre un déplacement de façon autonome, confortable et sécurisée, <http://www.generation-nt.com/fauteuil-roulant-autonome-mobility-robot-toyota-actualite-50425.html>

8 - Conversion d'avenir, émission de la chaîne Public Sénat, décrit cette génération Y qui arrive sur le marché du travail: <http://www.publicsenat.fr/cms/video-a-la-demande/vod.html?idE=56124>

9 - Le Monde Diplomatique – septembre 2008

électrique-thermique, du 2 places au minibus, « couplable » aux modes lourds traditionnels.

L'apport des technologies de l'information¹⁰ et de la robotique¹¹ sera essentiel pour assurer une multimodalité fluide, améliorer la sécurité tout en réduisant les coûts d'exploitation (cybercar) et permettre une automatisation de certains usages. Ceci sera sans doute complété par les progrès apportés par le web2.0, l'ouverture des bases de données liée à la mobilité¹², la diffusion étendue d'objets nomades, permettant une utilisation et des transferts des différents modes simplifiés, avec en contrepartie une surveillance accrue qu'il faudra protéger. De même, des efforts particuliers devront être apportés pour réduire une exclusion sociale de la mobilité (exclus des villes, exclus des NTIC...).

Ces véhicules pourront avoir des efficacités énergétiques bien supérieures (faible masse, faible vitesse maximale, gestion optimisée du trafic et de la conduite...), utiliser des filières énergétiques différentes, électriques ou thermiques, gérées par des professionnels. Comme IBM a été supplanté par Microsoft, lui-même par Google, l'évolution de la mobilité pourrait ainsi passer de l'objet automobile au service. De nombreuses innovations non techniques seront également nécessaires au niveau des modes de commercialisation et de distribution. Ces objets dont la principale valeur ajoutée ne viendra pas forcément du cœur de métier d'un constructeur automobile (électronique, télécommunication, stockage chimique...) pourraient voir alors les rôles s'inverser : des voitures Hitachi, NEC ou Sanyo, puisque la marque devient secondaire. **On ne vendra pas en effet des kilomètres par mois comme on vend aujourd'hui une tonne de métal et de plastique.**

De nouveaux entrants sont alors susceptibles de proposer ces services, comme Virgin¹³, Apple ou

Google¹⁴, un grand distributeur¹⁵, un assureur, une banque, un bouquet d'entreprises mondiales, comme Renault/NEC/Continental pour le projet Israélien Better Place, Air France/Veolia, un constructeur de low cost asiatique ou indien de voiture mais également de deux/trois roues.

En parallèle, le centre de gravité se déplacera vers l'Asie. Aidés par des marchés intérieurs aux perspectives exceptionnelles, l'Inde et la Chine verront naître dans les années à venir des constructeurs mondiaux, maîtrisant déjà aujourd'hui les technologies hybrides, issus de la fusion de la multitude d'industriels actuels, capables de proposer des véhicules mais également ces nouveaux services.

Compte tenu des enjeux environnementaux, il faut accélérer cette transition pour garantir à l'ensemble des citoyens des services de mobilité de haute qualité, tout en protégeant les plus faibles. Cela pourrait passer par la sobriété et l'innovation.

La sobriété nous est imposée par les générations futures. Le passage de l'objet automobile vers le service à la mobilité pourrait être un facteur important de changement en matière d'efficacité énergétique : ne pas posséder de voiture conduit à la multi-modalité synonyme de sobriété, à l'optimisation du choix du véhicule pour chaque utilisation. Si la cible est connue, la route reste à tracer.

Pour cela, de l'innovation ! Malheureusement, cette dernière ne se commande pas, elle surgit. Un élément marginal au départ va transformer la perception d'une problématique, germe d'un changement. Si ce dernier n'est pas écrasé par le conformisme, il prendra racine et se diffusera. Décloisonner les sujets, élargir la taille du système à considérer pour reformuler nos problématiques, changer d'angle.

Technologies moteurs, carburants de synthèse, constructeurs automobiles, urbanisme, économie de marché, intégration des externalités, technologies de l'information, bancassurance, protection des données privées, précarité, environnement, mieux vivre... des sciences « dures » au social, du local au mondial, les champs d'actions sont immenses, et les chemins, nécessairement de tra-verse, sont à découvrir !

10 - La FING travaille sur l'apport des TIC dans la mobilité, dans le cadre du programme Villes2.0, http://www.fing.org/jsp/fiche_pagelibre.jsp?STNAV=&RUBNAV=&CODE=85225280&LANGUE=0&RH=ASSOEDHEC

11 - Toyota a racheté la branche Robot de Sony. Toyota a acquis diverses technologies de Sony, y compris certains brevets majeurs, qui s'appliquent aux « modes de transports » de seconde génération

12 - Les services de géolocalisation notamment pour permettre une mobilité différente commencent à apparaître : www.avego.com

13 - Virgin va commercialiser les premiers vols spatiaux et commercialise actuellement aux USA des services de surveillance de la santé, <http://www.virginhealthmiles.com> : www.virgingalactic.com,

14 - Système U propose depuis Octobre 2008 des locations de véhicules à 5 euros / jour

15 - Piaggio homologue son MP3 250 et 400 cm³, en tant que TQM, que l'on peut donc conduire uniquement avec le permis voiture

La relocalisation de l'économie

La crise actuelle manifeste l'effondrement d'un modèle. C'est l'effondrement d'une promesse, celle d'un monde délivré de la pauvreté grâce aux possibilités supposées infinies d'expansion de la richesse et grâce à l'extension du capitalisme à l'échelle mondiale, celle d'un monde unifié par le libre-échange absolu, la concurrence et la déréglementation. Le capitalisme financiarisé et les technologies de l'information, l'obsession de la vitesse et de la gestion en temps réel, ont modifié le sens et le rôle des territoires. La délocalisation des activités est devenue dans l'imaginaire néolibéral la condition de l'efficacité économique et de l'amélioration du bien-être. La crise financière, qui éclate en même temps que les déséquilibres écologiques explosent, révèle comment cette utopie menace l'existence même des sociétés, dont les ressources humaines, sociales et naturelles ont été systématiquement pillées.

Le libre échangisme implique que la déterritorialisation et les délocalisations

Les politiques néo-libérales se sont fondées sur la tentative d'affranchissement des activités économiques vis-à-vis des contraintes sociales, politiques ou écologiques. Les statuts de l'Organisation Mondiale du Commerce (OMC), visant à supprimer les obstacles tarifaires et « non tarifaires » à l'expansion du libre-échange, ont donné une légitimité internationale à cette idéologie. Le territoire, sous la forme des États ou des collectivités locales, lieu traditionnel d'exercice du pouvoir politique et de la démocratie, a été considéré comme une rigidité, un obstacle à l'utopie du grand Marché, utopie au sens de non-lieu (a-topie), d'absence de lieu de pouvoir identifié. Le territoire est vu en effet comme un simple stock de ressources à optimiser selon les règles du calcul économique, au mépris de ceux et celles qui l'habitent et y travaillent, au mépris de l'environ-



Geneviève Azam

économiste, université Toulouse II, est membre du conseil scientifique d'Attac-France et de la commission Ecologie-société du Conseil d'administration de l'association.



Philippe Mühlstein

ingénieur Supélec et cheminot, est membre du Conseil scientifique d'Attac-France, où il anime le groupe de travail « Transports ». Il fait aussi partie de la Commission « Ecologie et Société » du Conseil d'administration de l'association

nement et des écosystèmes. Les lois, réglementations, normes ou coutumes, sont alors considérés comme des archaïsmes dont il convient de s'affranchir pour entrer dans les délices du marché mondial.

Cette utopie d'une économie hors sol, hors société, comme celle d'une agriculture hors sol, est parfaitement destructrice et la crise actuelle en est une première manifestation. Les chaînes productives distendues d'une extrémité à l'autre de la planète, l'augmentation des échanges croisés de produits similaires, notamment dans des grandes zones régionales comme l'Union Européenne, l'exigence de sur-mobilité des personnes abusivement confondue avec la liberté de circulation, sont l'illustration de l'extraversion des sociétés et du dogme libre-échangiste qui la sous-tend.

...ainsi que l'explosion des transports à l'échelle internationale

Le libre-échangisme impose l'ouverture mondiale des marchés et place la main d'œuvre des pays riches en concurrence avec celle des pays

« en développement », ce qui contribue à mater sa résistance et à lui faire accepter peu à peu des régressions sociales. Pour cela, il faut pouvoir transporter au plus bas prix, vers les consommateurs, les produits fabriqués dans les pays à faible coût social, fiscal et environnemental, afin que la plus-value tirée des travailleurs exploités dans ces pays « ne se perde pas en route » – c'est bien le cas de le dire.

Les bas prix du transport résultent du *dumping* social issu de sa « libéralisation », qui a transformé certains marins et chauffeurs routiers en esclaves modernes et s'est traduit par d'énormes hausses du trafic et le saccage de l'environnement. Le transport aérien prend la même voie, le low cost étant encouragé par les politiques publiques nationales

et européennes, ainsi que le transport ferroviaire, où l'ouverture forcée à la concurrence des réseaux en Europe a conduit à imposer la séparation des infrastructures et des services (*Unbundling*), au détriment de l'efficacité technique et économique du rail, ainsi que de la sécurité (cf. la Grande-Bretagne).

L'un des dogmes libéraux est que le libre-échange et l'augmentation des transports sont indispensables à la croissance économique, condition préten due nécessaire et suffisante au bien-être. En réalité, *l'accroissement des déplacements de marchandises n'est pas un fait inéluctable, mais une caractéristique du régime d'accumulation actuel du capital* ; il est l'un des piliers sur lesquels ont reposé les gains de productivité de ces dernières décennies dans l'industrie et la grande distribution. Les méthodes modernes de gestion (« zéro stock », « flux tendu », « juste à temps ») multiplient les transports, qui suivent au plus près la production et la commercialisation des marchandises. Les économies de gestion des stocks découlent de la circulation d'un flux ininterrompu de camions, véritables « stocks roulants ».

Ces principes et ces méthodes conduisent à des situations *quasi délirantes*, où l'on voit les ingrédients nécessaires à la fabrication d'un simple pot de yaourt aux fraises parcourir au total plus de 9000 kilomètres avant d'être réunis, ou bien les matières premières et composants d'un banal *blue-jean* effectuer un périple de 30 000 kilomètres, soit l'ordre de grandeur du tour du monde, et à émettre près de la moitié de son poids final en gaz carbonique. Pris parmi des dizaines, ces exemples illustrent la liaison étroite entre l'exploitation des travailleurs et la destruction de l'environnement, ainsi que le rôle central du transport. La possibilité de multiplier à faible coût les flux incite à délocaliser la production, en scindant la chaîne productive en autant de maillons que nécessaire pour les situer, au cas par cas, en des lieux choisis afin de minimiser les charges sociales, fiscales ou environnementales.

« L'optimisation économique » permise par la sous-tarifification du transport en fait une variable d'ajustement de décisions prises dans la production, dont il est chargé d'assumer les tensions. Elle s'appuie sur la dérégulation du secteur et sur la quasi-gratuité, pour les industriels chargeurs, des impacts considérables du transport sur l'environnement et la vie quotidienne des populations. *Le transport est ainsi un moyen privilégié de transférer des coûts privés vers l'ensemble de la collectivité, puis-*

que c'est la seule activité à se déployer en totalité dans l'espace public.

Comme nous l'avons vu plus haut, les conséquences de cette délocalisation généralisée sont considérables en termes de consommation d'énergie et d'émissions de gaz à effet de serre (voir article « L'état des lieux » page 7 à 17).

Les conditions de la relocalisation

Dans ce contexte, la relocalisation de l'économie est nécessaire et souhaitable pour rouvrir une possibilité d'avenir commun à l'échelle de l'humanité. Il est toutefois nécessaire d'en définir les conditions. En effet, face aux échecs des politiques actuelles, elle peut être conçue comme une stratégie d'adaptation, comme tremplin pour une entrée dans le monde globalisé. Le marché de la pauvreté, avec l'extension des produits low cost, exige en effet la mise en œuvre de procédures de marketing appuyées sur des structures locales. Certaines expériences de micro-crédit dans les pays du Sud par exemple sont à cet égard symptomatiques, lorsqu'elles consistent à permettre l'accès à des biens correspondant à des normes de consommation occidentales. Dans cette logique, le local est considéré comme une simple déclinaison du global, comme un ancrage temporaire pour faire face aux inégalités mondiales. La relocalisation peut être aussi conçue comme une forme de patriotisme économique à l'heure où les luttes pour les ressources humaines et environnementales s'exacerbent. Ces deux options, la fuite dans le mode globalisé ou le repli sur du local pensé comme antinomique au reste du monde, ne feraient que poursuivre ce qui a conduit à la crise actuelle, avec une exacerbation des conflits et des guerres.

C'est pourquoi la relocalisation des activités doit être pensée comme une reterritorialisation de celles-ci, comme un projet d'autonomie politique des sociétés, comme un moyen de réponse aux questions cruciales : que produire, comment produire, comment répartir la richesse ? La relocalisation est alors l'expression des limites politiques, sociales, écologiques à l'expansion généralisée et l'affirmation de la nécessaire socio-diversité pour assurer la durabilité d'un monde commun à l'échelle de la planète.

Des expériences de base pour une relocalisation de l'économie, fondées sur le principe de la coopération, même si elles sont minoritaires, ouvrent des perspectives concrètes et immédiates, aussi bien dans les pays du Nord que du Sud. Elles doivent être encouragées par des politiques publiques qui,

sans se substituer à ces initiatives, en favorisent l'extension, la cohérence et la pérennité. La relocalisation doit pour cela répondre à trois exigences à prendre en compte simultanément :

- *L'arrêt de la dévalorisation généralisée du travail humain.* Le chantage aux délocalisations conduit à l'acceptation d'activités dangereuses pour les personnes et pour les écosystèmes. Même si, temporairement, les délocalisations peuvent créer des emplois dans les pays du Sud, dans des conditions souvent terrifiantes, ces derniers sont également menacés à leur tour par l'existence de zones à toujours moindres coûts.
- *Le droit des peuples à la souveraineté alimentaire et à une alimentation saine.* Il suppose la reconquête de l'agriculture vivrière au Sud et de l'agriculture paysanne au Nord et la protection vis-à-vis des intérêts des transnationales de l'agro-alimentaire.
- *La lutte contre les destructions environnementales,* notamment celles occasionnées par l'explosion des transports et la délocalisation d'industries polluantes ou des déchets dans les pays du Sud.

Pour une relocalisation écologique et sociale

Dès maintenant, nous disposons des outils pour amorcer ce changement. Les politiques douanières doivent être des moyens modulables pour répondre en même temps aux exigences d'emploi, d'impact sur l'environnement, de satisfaction des besoins sociaux et de redéfinition des rapports Nord-Sud. Cela suppose l'abandon du dogme du libre-échange et une réforme radicale de l'OMC et de la politique douanière de l'Union européenne.

Les accords commerciaux ne doivent plus être indépendants du respect des droits humains, sociaux et environnementaux. De même, les services publics doivent être reconnus comme un moyen irremplaçable pour nourrir les territoires. Leur affaiblissement et la disparition de services publics de proximité dévitalisent les régions

rurales et les périphéries urbaines, renforçant le double mouvement de polarisation des activités dans certaines zones et de désertification pour le reste. Reconquérir les services publics et en créer de nouveaux, en assurer une véritable gestion démocratique, constituent des préalables pour une relocalisation de l'économie tout comme l'arrêt des politiques dites d'« ajustements structurels » (ouverture des frontières, privatisation des services publics, orientation de la production vers les exportations, etc.) imposées aux pays du Sud par les organisations financières internationales, notamment le Fonds Monétaire International (FMI).

Un statut mondial pour les biens communs, comme l'eau, les ressources non-renouvelables, le vivant, la connaissance, en les déclarant hors-marché, devrait stopper le pillage des pays du Sud et favoriser un recentrage des activités.

La déterritorialisation des activités tend à faire du local une subdivision de l'ordre global, une déclinaison de cet ordre. La relocalisation de l'économie relève au contraire d'un choix politique visant à recréer du territoire, comme construction sociale historicisée et comme réalité naturelle de l'espace, et à ouvrir à nouveau le champ du politique et la capacité des choix collectifs. Pour autant, le local, quelle que soit sa taille, ne peut être envisagé en soi, comme entité fermée et auto-suffisante, mais dans son rapport avec le monde. La globalisation tend à produire des sociétés de masse, candidates aux replis identitaires, des sociétés dépouillées de tout projet politique définissant le vivre-ensemble et réduites à des stratégies de survie dans un monde de concurrence. La relocalisation doit être au contraire le moyen d'inventer de nouvelles articulations entre le local et le mondial, entre le social et l'environnemental, entre l'universel et le particulier. Elle est en même temps une condition indispensable à la maîtrise des flux de transports, des consommations d'énergie et des émissions de gaz à effet de serre.

Mobilité durable: quel compromis entre technologie et maîtrise des besoins ?

Le Groupe 11 du PREDIT¹ a demandé au Laboratoire d'Economie de Transports (LET) et à Enerdata de produire des scénarios de mobilité durable pour les passagers et les marchandises en France à l'horizon 2050. Le sens donné à la « mobilité durable » était, entre autres, celui d'une mobilité des personnes et des marchandises compatibles avec une réduction par 4 des émissions de gaz à effet de serre du secteur des transports.

Cette recherche, dont on donnera ici les grandes conclusions pour la France, a une forte dimension quantitative, basée sur une modélisation des relations systémiques du système de transport formalisée dans le modèle TILT (*Transport Issues in the Long term*)². Ce modèle technico-économique comprend deux modules fondamentaux :

- le premier met en cohérence les trafics par modes avec les vitesses de déplacement et l'usage du temps à partir des déterminants démographiques et macro-économiques de la mobilité.
- le deuxième prend en compte de façon explicite et robuste, l'impact du déploiement des nouvelles technologies sur les émissions directes et indirectes du secteur des transports.

A partir de ces deux modules, TILT est en mesure d'apprécier les différentes combinaisons de niveaux de trafics d'une part et de niveaux de développement des technologies d'autre part, nécessaires pour atteindre l'objectif d'une réduction par 4 des émissions de gaz à effet de serre d'ici 2050.



Bertrand Château

Le mythe de la technologie salvatrice

Une première famille de scénarios, « Pégase », prolonge une vision tendancielle³ des trafics à l'horizon 2050. L'étroite relation qu'ont entretenue historiquement les budgets-temps de transport (BTT), la vitesse et la distance totale parcourue, relation observée et analysée par A. SCHAFER (2001), est supposée

perdurer à l'identique. Au fur et à mesure que progresse le PIB, la nature de la demande de mobilité des passagers change. Un couplage fort se met en place entre croissance économique et distance parcourue, avec un BTT pratiquement constant, grâce à une substitution progressive des modes rapides aux modes lents. « Pégase » propose donc une vision « en continuité » de la croissance des trafics, sans remise en cause du modèle de développement de la mobilité tel qu'on le connaît depuis 5 décennies. Ce qui permet de mesurer les apports de la technologie au regard de la baisse des émissions de CO₂, et plus généralement au regard de l'environnement. Deux variantes ont été testées pour répondre à l'accroissement des vitesses par la substitution modale; une variante volontariste TGV, où celui-ci envahit progressivement tous les transports à longue distance de moins de 2000 km en Europe, et une variante « laisser-faire » avion. Les scénarios « Pégase » aboutissent à une hausse de la mobilité entre 2000 et 2050 de 42 % pour les passagers (contre 13 % pour la population française sur la même période) et 61 % pour les marchandises. Ces hausses de trafics sont incompatibles avec l'objectif de réduction des émissions de CO₂ avec la technologie actuelle des modes routiers (moteur à combustion interne – produits pétroliers), même dans la variante TGV.

1 - Programme National de Recherche et d'Innovation dans les Transports Terrestres. Programme de recherche consacré à la construction de scénarios de mobilité durable: comment satisfaire les objectifs internationaux de la France en termes d'émissions de gaz à effet de serre et de pollution transfrontières. Rapport final, avril 2008

2 - TILT est dérivé du modèle VLEEM (Very Long Term Energy Environment Model) développé dans le cadre d'un projet de recherche européen.

3 - Précisons que les niveaux de trafic obtenus pour les passagers et les marchandises dans Pégase sont calés sur le récent exercice forecasting (prospective exploratoire) livré en 2006 par le Conseil Général des Ponts et Chaussée (CGPC), institution de référence en France.

Qu'attendre alors des progrès de la technologie ? Plusieurs innovations technologiques reposant sur les agro-carburants, l'électricité et les technologies hybrides rechargeables bi-énergie ont été testées. Aucune ne permet d'atteindre le facteur 4 pour les seules émissions directes de CO₂ dans ce scénario **Pégase** à l'horizon 2050. Dans le meilleur des cas, c'est-à-dire dans le cas d'une commercialisation dès 2010 d'hybrides rechargeables avec 100 km d'autonomie (de manière à obtenir une généralisation de ces véhicules dans le parc (VP, PL, VUL) en 2050), les émissions restent supérieures de 21 % à l'objectif facteur 4 dans la variante Avion et 19 % dans la variante TGV.

La prise en compte des émissions indirectes du raffinage, de la production d'électricité et de la production de biocarburants nous éloigne encore plus de l'objectif F4. Même si l'électricité utilisée par les hybrides rechargeables bi-énergie est entièrement fournie par du nucléaire ou des renouvelables (solaire photovoltaïque notamment), les émissions directes et indirectes restent au mieux 21 % au-dessus de l'objectif dans la variante TGV.

En d'autres termes, avec une progression tendancielle des trafics, si l'on s'en tient aux technologies aujourd'hui maîtrisées ou à celles qui ont une probabilité significative de développement industriel d'ici 2050, la contribution de la technologie ne permettrait pas d'aller au-delà d'un facteur 2 dans le meilleur des cas. Pour atteindre l'objectif facteur 4 dans un tel contexte de mobilité, il faudrait impérativement pouvoir recourir massivement aux piles à combustible et à l'hydrogène produit sans émissions de CO₂.

Cette rupture technologique paraît toutefois hautement improbable à cet horizon. Si on l'écarte, atteindre l'objectif facteur 4 demande par conséquent une réorganisation d'ensemble du système de transport (répartition modale, vitesses de déplacement). Les deux autres familles de scénarios étudiées, respectivement Chronos et Hestia, visent à explorer les différentes modalités que pourrait prendre cette réorganisation, en supposant l'objectif atteint (démarche de type backcasting), selon les facteurs majeurs d'incertitude sur les déterminants de la mobilité et les politiques publiques susceptibles d'être mises en œuvre.

Maîtriser la croissance des vitesses, premier impératif de la mobilité durable

Dans le tryptique BTT-vitesse-distance, l'accroissement de la vitesse moyenne de déplacement apparaît comme la condition nécessaire à l'accroissement des distances et donc des trafics. D'où l'idée que la maîtrise des trafics passe d'abord par la maîtrise des vitesses. La famille de scénarios **Chronos** explore comment, au-delà d'une évolution technologique assez radicale mais réaliste, basée sur des hybrides rechargeables et une électricité peu émettrice de CO₂, franchir la distance au facteur 4 par une action sur la vitesse. **Chronos** combine ainsi une action de type réglementaire sur les vitesses routières, conjuguée à un accroissement du coût de la mobilité en fonction de la vitesse et des émissions de CO₂, en supposant néanmoins un effet rebond important sur les budgets-temps de transport. On aboutit ainsi à une progression des trafics entre 2000 et 2050 limitée à 35 % pour les passagers et à 61 % pour les marchandises, mais avec un fort basculement sur les transports collectifs pour les passagers et sur le ferroviaire pour les marchandises. La variante « avion » de Chronos dans laquelle le trafic aérien reste en forte progression (+60 %) de 2000 à 2050, s'approche de l'objectif sans pour autant l'atteindre. En revanche, on atteint effectivement l'objectif « facteur 4 » dans la variante TGV, mais au prix d'un basculement massif du trafic longue distance de la VP et de l'avion vers le TGV, dont le trafic augmente d'un facteur 7. L'avion se recentre alors exclusivement sur la longue distance, son trafic étant en baisse de 28 % par rapport à l'année 2000.

Chronos « TGV » décrit donc bien un univers de mobilité durable, dans lequel la voiture est progressivement confinée aux déplacements de proximité et dans les zones peu denses que les transports collectifs ne peuvent irriguer car trop peu rentables, et où l'avion est sanctuarisé sur la très longue distance uniquement. Mais pour créer cet univers, il faut investir des sommes considérables dans le développement du transport ferroviaire, pour les marchandises comme pour les passagers, en grande vitesse pour la longue distance, comme en vitesse normale pour le trafic régional et urbain. On peut légitimement s'interroger sur la cohérence macro-économique de tels investissements.

En conclusion, même avec des hypothèses technologiques optimistes bien que dans le registre du probable, réorganiser le système des transports

pour atteindre le facteur 4 en s'attaquant uniquement aux vitesses, demanderait des investissements considérables dans les transports ferroviaires, vraisemblablement au-delà de l'acceptable, *si les budgets-temps de transport ne sont pas maîtrisés.*

Maîtriser l'espace, condition nécessaire de la mobilité durable

La famille de scénarios **Hestia** est construite à partir de ce constat. Ces scénarios explorent comment atteindre le facteur 4 par des mécanismes contraignants (par exemple quotas et permis négociables) qui imposent de nouveaux arbitrages sur les localisations des ménages et des activités productives dans le sens d'une réduction des distances parcourues. La hausse du trafic passagers est ici limitée à celle de la population soit 13 % jusqu'en 2050 alors que la progression du trafic marchandises s'établit à 21 %. Les modes les plus émetteurs de CO2 voient leur place profondé-

ment redéfinie du fait de la contrainte physique sur le CO2: l'avion se recentre sur la très longue distance alors que la VP se recentre sur le trafic régional. Ces scénarios conduisent également à un développement soutenu des infrastructures et services ferroviaires, notamment en grand vitesse, mais à un rythme beaucoup plus en phase avec les capacités de financement de l'économie du fait de la modération de la progression de la demande de transport.

Comme dans le scénario Chronos « TGV », on atteint dans Hestia les objectifs F4 avec un mix électrique très fortement décarbonné, mais avec un charge d'investissement dans le ferroviaire nettement plus légère, et donc avec beaucoup plus de réalisme.



EXPÉRIENCES, PROPOSITIONS ET TÉMOIGNAGES

Mobilité urbaine en Afrique : quels modèles et quelles inflexions face aux défis de l'énergie et du climat ?

On sait que de nombreuses interrogations et réflexions sont développées sur la mobilité urbaine dans le monde développé, en particulier en France où, depuis 2000, la loi SRU impose aux agglomérations de plus de 100 000 habitants de se doter de Plans de Déplacements urbains (PDU), avec l'objectif de réduire l'usage de l'automobile dans les villes. Les contextes des villes africaines sont très différents et la question de l'accès à la mobilité motorisée constitue sans doute une préoccupation majeure en Afrique sub-saharienne (ASS), sur laquelle nous concentrerons notre attention : cette question vient avant celle de l'adaptation aux défis du coût croissant de l'énergie et du changement climatique, auxquels les pays africains doivent cependant faire aussi face.

Croissance des besoins de déplacements motorisés

Les grands traits de la mobilité peuvent être résumés par un niveau très faible de mobilité motorisée en ASS et plutôt faible en Afrique du nord et en Afrique du sud, avec des exceptions remarquables pour les villes à deux roues, dont Ouagadougou est emblématique. L'autre face de la mobilité est alors l'importance de la marche, qui constitue le mode de déplacement quasi-exclusif d'une partie de la population urbaine. Elle représente en moyenne de 50 à 80 % des déplacements dans la majorité des villes.

La mobilité motorisée est en croissance au Maghreb en raison de la hausse des revenus et de l'extension de l'accès à l'automobile, avec un modèle qui regarde beaucoup vers l'Europe. A l'autre extrême du continent, on a, en Afrique du sud, le côtoiement de deux mondes qui doivent s'intégrer peu à peu : une société riche très motorisée d'un côté, les exclus des townships captifs des transports collectifs de l'autre côté. La question est de gommer les séquelles de l'apartheid, ayant marqué pour longtemps les structures urbaines et im-



Xavier Godard est directeur de recherche à l'Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité (France) où il a été chargé de mission pour les pays en développement. Ses travaux ont porté sur les systèmes de mobilité urbaine, combinant des analyses de la mobilité et des différents modes de transport en relation au contexte variable des villes. Il a été responsable scientifique de l'association Codatu (Coopération pour le Développement et l'Amélioration des Transports Urbains et périurbains) et animateur du réseau Sitrass (Solidarité Internationale sur les Transports et la Recherche en Afrique sub-saharienne).

posant de très longues distances de déplacement.

Dans tous les cas, on enregistre une forte croissance des besoins de déplacement due à la croissance démographique des villes, ainsi qu'à l'étalement urbain et à la métropolisation qui contribuent à l'allongement des distances.

Dynamique d'usage des modes individuels

Etant donné le faible niveau de ressources, l'équipement des ménages en voitures est faible : les taux de motorisation sont les plus faibles en ASS, autour de 30 à 40 véhicules pour 1000 habitants, alors qu'ils approchent ou dépassent le seuil de 100 dans les villes du Maghreb dont la dynamique d'équipement automobile des ménages est forte depuis la fin des années 90.

En fait, à côté de l'automobile, la moto peut jouer un rôle important pour faciliter la mobilité, soit comme mode individuel (Ouagadougou, autres villes sahéliennes...), soit comme transport public avec

le taxi-moto dont l'ampleur s'étend progressivement dans les villes où le transport collectif n'est pas suffisamment efficace (le cas le plus massif et ancien est celui de Cotonou).

Les taux d'usage des modes individuels résultent de ces données d'équipement : faibles en ASS sans deux roues, élevés dans les villes avec deux roues, élevés en Afrique du sud et au Maghreb, où ils peuvent dépasser le seuil de 50 % des déplacements motorisés.

Reste alors à se demander si le transport collectif constitue une alternative crédible et durable et à considérer les multiples composantes du transport public.

A la recherche d'un schéma durable de transports collectifs

Les entreprises d'autobus peinent à (re) trouver leur place dans un contexte qui a favorisé le développement du transport artisanal, sous forme de minibus et taxis collectifs, voire de taxis-motos, dont la propriété est atomisée et qui sont exploités à l'échelle individuelle, mais au sein d'une organisation collective minimale reposant sur les syndicats de chauffeurs. La domination du secteur artisanal qui vient de sa souplesse et de son adaptabilité à l'évolution des besoins, est écrasante (80 à 90 % des transports publics dans la majorité des villes) en Afrique sub-saharienne, mais ce secteur est également très présent au Maghreb et en Afrique du sud qui ont pourtant aussi une offre structurée d'entreprises (autobus, métro, train urbain, selon les cas).

Le bilan énergétique et environnemental qui en résulte est préoccupant, surtout dans les zones denses où se concentre le trafic, mais il faut arrêter de penser qu'on va supprimer ce secteur au profit d'entreprises d'autobus performantes : il faut penser complémentarité, ce qui peut être mis en œuvre par des autorités organisatrices adaptées, comme cela a été amorcé à Dakar avec le Cetud (Conseil Exécutif des Transports Urbains de Dakar), créé en 1997.

Les exclus de la mobilité motorisée

Les exclus de la mobilité motorisée sont contraints à une mobilité essentiellement pédestre. Ce qui est bon pour l'environnement l'est moins d'un point de vue social ou économique : le marché de l'emploi accessible à pied est bien trop restreint. L'accès aux services urbains est limité même si des politiques d'équipement (écoles, centres de santé, marchés d'alimentation, administrations) localisées dans les quartiers d'habitation sont à promouvoir résolument.

Il existe plusieurs définitions de la pauvreté selon la nature des seuils monétaires de pauvreté considérés, ou selon les multiples dimensions introduites dans les indices de développement humain (IDH). Si l'on s'en tient au seuil de 1 dollar US par personne et par jour, on voit, bien que les sources soient fragiles, que la proportion des pauvres était de l'ordre de 30 à 40 % à Conakry et à Douala (2003), et atteignait sans doute 50 % à Dakar (2000).

Le profil de mobilité est illustré par les données d'enquête à Conakry et Douala. Si les taux de mobilité globale sont proches entre groupes sociaux, ils se différencient nettement par le recours massif à la marche à pied chez les plus pauvres, et par le faible usage de modes motorisés.

Tableau : Mobilité des pauvres à Conakry, Douala, 2003

ville	Conakry		Douala	
	Pauvre	Non pauvre	Pauvre	Non pauvre
Taux de mobilité globale	3.8	3.9	4.4	4.8
% marche à pied	78%	61%	77%	52%
% marche plus de 30 minutes	11%	9%	13%	4%
Taux de mobilité motorisée	0.8	1.2	1.0	1.9
hommes	1	1.4	1.2	2.1
femmes	0.7	1	0.8	1.5

Source Sitrass 2004

Les consommations d'énergie et les émissions de GES

A l'exception de l'Afrique du sud, les consommations actuelles d'énergie en ASS provoquées par la mobilité urbaine se situent à un niveau relativement faible. Il en va de même des émissions de GES : estimations de 950 000 t CO₂/an à Abidjan en 1998, de 400 000 t à Dakar (0,16 t par habitant) en 2000. Cela résulte comme, on l'a vu, du poids très important des déplacements à pied, puis des transports collectifs.

A l'inverse, dans le cas de Tshwane (ex Pretoria), on a pu estimer les dépenses de carburant à 900 millions de litres en 2003, et les émissions annuelles de CO₂ à 2,8 MT en 2008, soit 1,2 t par habitant, ce qui est un niveau comparable à celui du monde développé, du moins en Europe.

Les tendances et les inflexions

La hausse du coût de l'énergie, même si la crise économique actuelle réduit ce poids pour quelques années, est un défi majeur pour la majorité

des pays africains et pour les villes qui absorbent une grande part des consommations (plus de 60 % estimés pour Abidjan par exemple).

La crise financière internationale risque de fragiliser les grands opérateurs internationaux qui sont sollicités pour intervenir en appui aux entreprises à reconstituer dans les villes africaines, ce qui devait ainsi consolider de fait le secteur artisanal. Le changement climatique pourrait accentuer le développement urbain avec la poursuite de l'exode rural, accentuant ainsi les besoins de transport à l'échelle des agglomérations (multi) millionnaires.

Les schémas d'urbanisation vers lesquels il conviendrait de s'orienter devraient alors s'organiser sur des structures multipolaires desservies par du transport de masse, mais avec une complémentarité forte avec le secteur artisanal. Une solution qui émerge peu à peu est l'élaboration de sites propres intégraux pour autobus (BRT) à l'image de ce qui a été mis en place dans plusieurs villes

d'Amérique Latine. Mais cela suppose une capacité d'organisation et de planification qui n'est pas encore acquise dans la majorité des villes africaines. Le retard dans la mise en place de tels projets en Afrique du sud ou à Dar es Salam (Tanzanie) et Addis Abeba (Ethiopie) est révélateur de ces difficultés institutionnelles.

Les mots clefs sont alors la capacité d'organisation du secteur des transports urbains reposant sur de multiples opérateurs, la recherche de productivité des transports collectifs, des mesures de circulation permettant la lutte contre l'extension de la congestion, une planification urbaine stratégique à réinventer, la promotion et la revalorisation des modes doux (vélo, marche) qui sont mal aimés par les autorités: cela suppose que l'obstacle culturel soit résolu et que soit dépassée l'impression d'un discours donneur de leçon venant du Nord. Seul le développement de la capacité d'expertise au sein des pays africains pourra aller dans ce sens pour identifier les solutions adaptées.



Gros Plan

La question de la mobilité vue de Douala

Le cas de Douala révèle l'importance des motos-taxis et la quasi-absence d'une offre structurée de transport par autobus. S'il présente des spécificités propres, la perception des enjeux énergétiques et climatiques dans la question de la mobilité urbaine y est analogue à celle des autres villes millionnaires d'Afrique au Sud du Sahara. On retrouve par ordre d'importance les trois dimensions économiques, sociales et environnementales.

Dans un contexte de contraction du pouvoir d'achat, la répercussion de la hausse du prix du carburant impose la réalisation d'économies d'exploitation à travers des mutations dans le fonctionnement, qui sont visibles chez les moto-taxis

à Douala. De récentes enquêtes ont permis de constater un taux d'occupation moyen des moto-taxis de 1,9 personne¹, soit très peu de moto-taxis circulant à vide à l'affût du client. Conjugée à la concurrence sans cesse croissante dans le métier, la hausse du prix du carburant pousse les conducteurs à stationner aux carrefours et à ne « lancer » la moto que lorsqu'ils ont un client. Dans une moindre mesure, le renchérissement du carburant contribue au sectionnement des dessertes par les taxis collectifs.

Le renchérissement du carburant a également comme conséquence le développement d'une nouvelle forme de trafic. Dans la ville de Douala, certains garagistes ou vendeurs de pièces détachées écoulent du carburant obtenu illicitement à un prix inférieur à celui du marché. Ils sont approvisionnés par les chauffeurs des grandes entreprises de la place, voire par les gestionnaires des stocks de réserve de la Société nationale des dépôts de produits pétroliers.

Si les conséquences économiques sur la mobilité urbaine des questions énergétiques sont importantes sur le long terme, la question sociale se



Maïdadi Sahabana
ingénieur Génie Civil et économiste des transports, travaille pour la Communauté Urbaine de Douala, en tant que Chargé des projets d'élaboration d'une Stratégie de développement de l'aire métropolitaine de Douala et d'un Plan de déplacements urbains.

pose plus crûment et parfois de manière dramatique. Les récentes hausses des prix à la pompe suivant les cours mondiaux du brut illustrent leur potentiel de déstabilisation des pays africains, politiquement fragiles.

Ainsi en février 2008 une augmentation de 2,5 % du prix du super a entraîné une grève des transporteurs et constitué le point de départ de manifestations violentes provoquant plusieurs dizaines de morts dans les villes du Cameroun, pour exprimer le mal-être d'une jeunesse confrontée à une pauvreté majoritaire. En réalité, cette augmentation, légère en apparence, se répercute à hauteur de

près d'un cinquième des revenus nets des conducteurs de taxis!

La dimension sociale du défi énergétique dans le transport urbain, à l'origine des émeutes, se retrouve également dans ses conséquences. L'activité moto-taxi, employant environ 30 000 personnes à Douala, majoritairement jeunes, dont c'est la seule source de revenus, bénéficie d'une certaine bienveillance de la part des autorités publiques. On a ainsi vu le Ministre des Transports venir présider personnellement une cérémonie de remise de chasubles et de casques à des motos-taximen par un des grossistes du secteur, exprimant une certaine « officialisation » d'un mode jusque là rejeté. Des mesures fortes prises avant les émeutes pour les obliger à détenir un permis de conduire ont été partiellement gelées.

Enfin, la dimension environnementale, bien que perceptible, est malheureusement très peu présente localement dans les décisions comme dans les consciences. En 2003, le coût induit par la pollution de l'air, essentiellement du fait des transports, a été évalué à 1 milliard de Fcfa, soit 0,1 % du PIB de Douala². Bien que côtière, la vil-

1 - Rapport diagnostic du Plan de Transport et de Déplacements de Douala, août 2008

2 - Étude sur la qualité de l'air en milieu urbain, le cas de Douala. Tractebel, 2003.

La question de la mobilité vue de Douala

le ne souffre encore que de manière marginale des conséquences planétaires du changement climatique. La montée des eaux n'affecte jusque là que les îles situées au large, faiblement peuplées mais fournissant une part significative de l'approvisionnement de la ville en poissons et crustacés.

Si les enjeux énergétiques et climatiques constituent des arguments solides en faveur d'un système de transport plus efficace, ils en compliquent la mise en œuvre sur le terrain par les difficultés sociales que cela impose. Le déploiement d'une offre structurée d'autobus impose la prise en compte de la notion de rentabilité. Or, le renchérissement du coût du carburant, dont la plupart des États tirent une grande partie de leurs recettes fiscales qui explique leur réticence à toute exonération fiscale, augmente le seuil de

rentabilité du ticket de transport et, partant, réduit la portée sociale d'un tel système.

Une ville de l'envergure de Douala présente des niveaux de demande sur les axes centre/périphérie qui justifieraient l'aménagement d'un système de transport de masse. La solution autobus en site propre intégral présenterait un double avantage: des coûts de construction accessibles et des possibilités d'intégration des artisans les plus élargies. Or, bien qu'ayant séduit en Amérique latine, elle a du mal à se déployer sur le continent africain. La quasi-disparition des entreprises de transport par autobus ferait-elle de cette solution un mirage inaccessible? Alors qu'on a du mal à déployer une flotte significative d'autobus de transport, comment convaincre localement de la faisabilité d'un site propre intégral?



Vue aérienne de Douala (Google Earth)

Gros Plan

La démarche PDE¹ dans la zone industrielle de Sidi Bernoussi (Maroc)

Avec près de 50 000 travailleurs et plus de 570 unités de production réparties sur un peu plus de 1 000 ha, la zone industrielle de Sidi Bernoussi, située au Sud de la ville de Casablanca, est la plus importante du Maroc. Depuis 1997, les industriels se sont organisés en association (IZDIHAR, www.izdihar.ma), pour gérer différents problèmes partagés (particulièrement la voirie et l'assainissement), et assurer une intermédiation efficace avec les pouvoirs publics.

Grâce à l'appui de l'Agence française de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME), la zone industrielle de Sidi Bernoussi a bénéficié d'une étude de Plan de Déplacement d'Entreprise

(PDE), réalisée par IED (Innovation Énergie Développement). Il s'agissait en fait d'adapter la démarche française au contexte marocain.

La démarche d'élaboration du PDE de Sidi Bernoussi a consisté en trois phases :

- Adoption des objectifs du projet par un Comité de pilotage, selon des critères de subsidiarité (ne pas se substituer aux entreprises), d'efficacité (l'économique domine devant le social et l'environnement) et de pertinence à l'échelle de l'ensemble de la zone industrielle.
- Réalisation du diagnostic (analyse de l'offre et de la demande), à travers un dispositif complexe comprenant des comptages aux points d'entrée de la zone, des enquêtes auprès des employés fréquentant la zone, ainsi qu'auprès des entreprises et des opérateurs de transport, le tout complété par de l'observation de terrain.
- Identification des mesures d'amélioration des déplacements, à la fois pour l'accès à la zone



Samuel Watchueng

est directeur de la société IED (France), ingénieur du génie industriel et titulaire d'un DEA en géographie et aménagement.

Il a coordonné la réalisation de l'étude du Plan de Déplacement d'Entreprise dans la zone industrielle de Sidi Bernoussi à Casablanca.

industrielle et pour l'accès terminal aux différentes unités industrielles.

Le diagnostic a fait ressortir :

- Une population essentiellement ouvrière (74 %), à forte dominante féminine chez les ouvriers (plus de 84 %) et masculine chez les cadres (près de 69 %);
- Des déplacements essentiellement courts, en raison d'une importante offre d'habitat économique à proximité de la zone, y compris quelques bidonvilles à l'intérieur de la zone (87 % des employés habitent à moins de 5 km à vol d'oiseau);
- Une dissymétrie des modes de déplacement Aller et Retour, mis à part les modes individuels. La

marche à pied est souvent utilisée au retour à la place de modes plus rapides mais coûteux à l'aller;

- Des temps de trajet paradoxalement importants par rapport aux distances, témoignant des difficultés d'accès, plus encore pour rejoindre les entreprises depuis les principaux points d'entrée de la zone industrielle;
- L'utilisation d'un parc automobile important et en progression rapide essentiellement par le personnel d'encadrement (près de 99 % se déplacent en voiture);
- La part très importante de la marche à pied intégrale (environ 22 %) qui est le fait des ouvriers à 95 % et des femmes à 57 %.
- La difficulté à organiser une desserte par autobus adaptée aux multiples horaires de travail des entreprises.
- Le rôle charnière des taxis collectifs par leur adaptabilité aux besoins, entre les modes individuels et les autobus.

¹ - Plan de déplacement d'entreprise

La stratégie proposée repose principalement sur trois actions prioritaires à combiner:

- Promotion et organisation du covoiturage, si possible à l'échelle de la zone industrielle, ou à défaut au sein des entreprises les plus ouvertes à ce type d'innovation.
- Amélioration de la desserte par les Transports collectifs (à la fois autobus et grands taxis), par action concertée avec les autorités et les opérateurs.
- Action concertée avec les autorités pour améliorer les conditions d'accès à pied aux entreprises.

La première action peut être lancée rapidement par les entreprises, tandis que les deux autres actions impliquent une négociation avec l'Autorité Organisatrice en cours de mise en place, ou avec la communauté urbaine de Casablanca.

L'analyse des transferts modaux attendus de la mise en œuvre du PDE fait ressortir une utilisation accrue de l'autobus et du taxi collectif

(+21 %) en raison de l'amélioration de l'offre, tandis que le recours à la marche à pied et l'utilisation du taxi individuel présenteraient un recul (respectivement -38 % et -60 %), pour la même raison.

Une réduction d'émission de 1 500 à 2 000 t CO₂/an a ainsi été estimée (-8 à -11 %), se situant autour de et en accord avec les chiffres obtenus dans d'autres contextes, notamment en France.

Cette étude a révélé l'importance de la dimension économique (niveau de revenu, coût du transport motorisé pour les employés) avant celle de l'environnement. Mais la hausse du coût des carburants peut être un facteur déclencheur d'autres pratiques de déplacement plus durables pour les utilisateurs potentiels de l'automobile. La progression dans la poursuite de la démarche PDE passe à la fois par un processus de concertation et de négociation avec les autorités municipales, et un portage fort de la part de l'association IZDIHAR.

États-Unis : vers la fin d'un modèle basé sur l'étalement urbain ?

« Nous sommes littéralement coincés dans un cul-de-sac à bord d'un 4x4 figé en panne d'essence. » C'est ainsi que James Howard Kunstler, l'auteur de « *The Geography of Nowhere: the rise and decline of America's man-made landscape* », présente la situation actuelle des États-Unis.

Carfree France¹
Global Chance

La fin de Suburbia et l'effondrement du rêve américain

Depuis la seconde guerre mondiale, en effet, les États-Unis ont investi une grande part de leur richesse dans le mode de vie péri-urbain. Les « *suburbs* » américains ont consacré l'idéal de l'« *american way of life* » : une voiture synonyme de liberté et une « maison au milieu de la nature ». Ce mythe a donné naissance à un empire intérieur : Suburbia² et ses banlieues pavillonnaires, qui s'étendent sur des milliers de kilomètres.

Cet empire repose sur l'accès facile à l'automobile et, surtout, sur le faible coût de l'énergie utilisée pour se déplacer, deux critères qui conditionnent le développement et la pérennité d'un mode de vie centré sur la voiture : lotissements pavillonnaires, roades et autoroutes, centres commerciaux et hypermarchés. Ce mode de vie, d'ailleurs, ne s'est pas greffé sur un tissu existant, comme une évolution naturelle, mais a bouleversé les habitudes, l'organisation sociale et les agglomérations, exposant les États-Unis à un violent retour de balancier.

Avec l'augmentation du prix du baril³, en effet, Suburbia s'effondre lentement, et le « rêve améri-

cain » se transforme en cauchemar pour des millions d'Américains : l'automobile est désormais synonyme de dépendance et la « maison au milieu de la nature » n'est plus qu'un banal pavillon dans un lotissement situé loin de tout (emploi, commerce, loisirs, etc.).

Sous l'effet conjugué de la hausse du prix de l'essence et des conséquences en cascade de la crise des subprimes⁴, les classes moyennes qui vivent dans ces banlieues sont aujourd'hui au bord de l'implosion. De nombreux ménages, multimotorisés et équipés de véhicules énergivores comme les 4x4 ou autres pick-up, souvent lourdement endettés, frappés de plein fouet par la crise immobilière, financière et économique, sont pris au piège et voient leurs existences basculer.

L'actualité récente a livré des images impressionnantes de ces banqueroutes individuelles et de cette faillite collective, avec ces campements regroupant des centaines de familles issues des classes moyennes et vivant dans des tentes à la lisière des principales agglomérations américaines. Nul raz-de-marée, tremblement de terre ou famine africaine, juste la fin d'un système économique et urbain au cœur même de la première puissance mondiale. De fait, ces victimes de la crise des subprimes et du prix élevé du pétrole apparaissent comme les premiers réfugiés d'un modèle péri-urbain en décomposition. Déjà, des milliers de pavillons, saisis par les banques, se retrouvent abandonnés, quand ils ne sont pas tout simplement détruits par leurs anciens propriétaires, de rage et de désespoir. Les banlieues américaines autrefois si propres et sécurisées par rapport aux centres urbains sales et criminalisés sont en passe de devenir des ghettos⁵. Les propos de James Howard Kunstler, qui estimait en 2004 que « *les lotissements pavillonnaires n'auront bientôt plus d'autre avenir que de devenir les bidonvilles du futur* »⁶, ou du géographe Mike Davis, qui évoquait en 2005 l'avènement

1 - « Carfree France est une association qui s'emploie à promouvoir une vie sans voitures et qui propose de nombreuses alternatives en termes de mobilité et d'urbanisme. Site internet : <http://carfree.free.fr>

2 - *The End of Suburbia: Oil Depletion and the Collapse of The American Dream*, Gregory Greene, 2004, 78 minutes. Avec une honnêteté brutale et un brin d'ironie, ce documentaire américain explore la confrontation de l'« *american way of life* » avec la double crise énergétique et climatique. Voir également l'article « Pour une définition de Suburbia (avant disparition) » sur le site <http://carfree.free.fr>

3 - La facture pétrolière américaine est passée de 45 à plus 400 milliards de dollars entre 1998 et 2007 : c'est le plus grand poste de dépense contribuant au déficit de la balance commerciale, et cela représente un transfert de richesse substantiel en direction des pays producteurs de pétrole.

4 - Michael T. Klare, *Something Had to Give: How Oil Burst the American Bubble*, Tom Dispatch, January 31, 2008 (Vf « USA : comment le pétrole a fait éclater la bulle » : http://contreinfo.info/article.php3?id_article=1643)

5 - Paul Harris, *America's love affair fades as the car becomes burden of suburbia*, *The Guardian*, July 6, 2008

6 - *The End of Suburbia: Oil Depletion and the Collapse of The American Dream*, op. cit.

d'une « planète bidonvilles », prennent face à cette actualité une incontestable force prédictive.

L'avenir du mode de vie péri-urbain à l'américaine apparaît dans ce contexte extrêmement sombre, et les conséquences de son lent effondrement seront nombreuses. Ainsi, avec la crise aux dimensions multiples que vivent les États-Unis, ces derniers font actuellement face à ce que l'on pourrait appeler un « Peak Car » par analogie avec le « Peak Oil »⁷ : jamais dans l'histoire récente du pays de l'automobile-reine il ne s'y était vendu aussi peu de voitures. En effet, la crise des subprimes s'est transformée en crise du crédit, alors que 90 % des voitures sont aux États-Unis vendues à crédit : les « Big Three » (General Motors, Chrysler et Ford) sont au plus mal, General Motors étant même au bord de la faillite, ce qui entraînerait une myriade de sous-traitants, puis, par effet de contagion, l'ensemble du secteur automobile dans un désastre industriel de première ampleur.

Au-delà de la problématique transports-énergie et de ses dimensions urbanistiques et industrielles, l'avenir de Suburbia pourrait ainsi ressembler à ce que Richard Heinberg, chercheur au *Post Carbon Institute* et auteur de *The Party's Over: Oil, War and the Fate of Industrial Societies*⁸, appelle une économie de récession permanente⁹. En effet, et quand bien même la crise actuelle pourrait passer pour une crise économique comme une autre, un simple trou d'air avant le retour de la croissance, ses dimensions énergétiques et écologiques la situent bien au-delà d'une classique question de cycle économique.

Sortir de l'impasse : d'un modèle à l'autre

Si l'avenir est tout aussi sombre sur le plan économique que du point de vue de l'urbanisme et de la mobilité, la solution à la crise profonde dans laquelle sont plongés les États-Unis est sans doute à trouver dans de nouvelles formes d'habitat et de mobilité, moins dépendantes du pétrole et de l'automobile, plus respectueuses de l'environnement et du climat.

Tirant les leçons de l'impasse actuelle, conscientes des multiples conséquences négatives d'un mode de vie basé sur l'ultra-mobilité individuelle motorisée (dépendance à la voiture, obésité et isolement social, banlieues à perte de vue et « highways » tentaculaires, destruction des espaces naturels, pollution des villes, changements climatiques...), des voix de plus en plus nombreuses appellent ainsi aux États-Unis à « la fin de l'étalement urbain »¹⁰. De fait, les américains sont capables de tout, du pire comme du meilleur. Et si les États-Unis, en matière d'urbanisme et de mobilité, sont le symbole de la ville-automobile et de son expansion sans fin, plusieurs courants de pensée y tentent depuis plusieurs années de promouvoir de nouvelles approches, fondées sur un urbanisme de proximité moins générateur de déplacements et redonnant leur place entière aux modes doux, et en particulier à une pratique aussi vieille que l'humanité : la marche à pied.

Ces courants de pensée proposent ainsi des alternatives pour surmonter l'échec de la « civilisation » de l'automobile. Des démarches et des expériences sont mises en place autour de ce que l'on appelle désormais le « nouvel urbanisme » ou urbanisme néo-traditionnel. Des concepts innovants émergent et sont mis en pratique, tels que le « nouveau piétonnisme », le « walkable urbanism », les villages pédestres, les villages urbains ou même les écovillages sans voitures. Une ville comme Seattle a par exemple élaboré dès 1994 une démarche de planification territoriale intégrée, entièrement articulée autour du concept des villages urbains, et qui a débouché sur la création de 37 d'entre eux¹¹. Et cet exemple est loin d'être isolé, comme l'illustre l'approbation récente par le Sénat californien d'une loi contre l'étalement urbain générateur de trafic : dans cet État réputé pour ses immenses périphéries urbaines et la saturation de

7 - Pic pétrolier ou pic de Hubbert en français : il s'agit du moment où la production d'un gisement, d'un pays, etc. atteint un sommet puis commence à décliner. Voir à ce sujet le site de ASPO France – Association pour l'étude des pics de production de pétrole et de gaz naturel : www.aspofrance.org

8 - Richard Heinberg, *The Party's Over: Oil, War and the Fate of Industrial Societies*, New Society Publishers, 2003

9 - « La direction sous-jacente des événements serait une activité économique ralentie, parce qu'il y aura moins d'énergie disponible pour entretenir l'activité économique. Les gens se demanderont alors pourquoi on enchaîne récession après récession et pourquoi chaque récession semble être pire que la précédente. Et pourquoi cela prend plus de temps pour sortir de chaque récession, pour finir par comprendre qu'on en sort jamais vraiment et pour finalement en arriver au stade où après quelques années les récessions se transforment vraiment en une dépression économique. Et dans ce cas, ce sera une dépression qui ne finira jamais. » (Source : *The End of Suburbia: Oil Depletion and the Collapse of The American Dream*, op. cit.)

10 - Eduardo M. Peñalver, *The End of Sprawl?* Washington Post, December 30, 2007

11 - André Croissant, *Villages urbains et nouvel urbanisme*, Car-free France, 3 mars 2008

son réseau routier, cette nouvelle loi vise à encourager le rapprochement des lieux d'habitation et de travail, mais aussi à promouvoir l'usage des transports en commun, et ce avec le double objectif de maîtriser l'évolution des émissions de gaz à effet de serre et de limiter le temps passé par les gens dans leurs voitures¹².

Quelle que soit leur échelle de mise en œuvre, toutes ces démarches ont un point commun : le refus de l'étalement urbain et de « l'automobilisme politique », pour reprendre une formule de Benoît Lambert, l'auteur de *Cyclopolis, ville nouvelle*¹³. A contrario, elles entendent fonder de nouvelles formes d'habitat et de mobilité, basées sur la relocalisation des activités, la mixité des fonctions et des usages, la densité et la mise en valeur des modes de déplacement autogènes chers à Ivan Illich¹⁴. Il est intéressant à ce propos de constater que les tenants américains du nouvel urbanisme voient l'urbanisme traditionnel européen comme la pierre angulaire de la ville du futur, alors même que les Européens, le plus souvent, ne jurent que par le développement urbain à l'américaine. En matière d'urbanisme, la vieille Europe a souvent une génération de retard...

L'étalement urbain à l'américaine est-il « négociable » ?

Si l'avenir est sombre, les perspectives de sortie par le haut de la société de l'automobile existent donc et se traduisent dans la réalité foisonnante d'expériences et de projets de rupture avec le modèle nord américain de l'étalement urbain et de l'automobile-reine. Malheureusement, on peut craindre que les États-Unis s'entêtent à défendre ce modèle qui ne fonctionne plus et qui est voué à disparaître. George Bush l'affirmait en 1992 : « Notre mode de vie n'est pas négociable ». En 2008, l'élection à la présidence de Barack Obama ne doit pas faire illusion. Avant même d'occuper son bureau à la Maison Blanche, et face à la bérézina actuelle de l'industrie automobile américaine, une de ses premières annonces politiques consiste à « envisager la nomination d'un Monsieur Automobile » pour superviser les aides financières au secteur automobile¹⁵. On ne change pas une stratégie qui perd, on cherche juste à reculer le désastre annoncé. Sombre présage...

12 - Felicity Barringer, *California Moves on Bill to Curb Sprawl and Emissions*, *The New York Times*, August 28, 2008

13 - Benoît Lambert, *Cyclopolis, ville nouvelle : contribution à l'histoire de l'écologie politique*, Genève, Suisse, Éditeur Goerg, Collection *Stratégies énergétiques, biosphère et société*, 289 p., 2004

14 - Ivan Illich, *Énergie et équité*, Le Seuil, 1973

15 - Caren Bohan, *Barack Obama envisagerait de nommer un « Monsieur automobile »*, Reuters, 13 novembre 2008

Évitez l'indigestion !

Le défi énergétique et climatique de la motorisation en Inde¹

L'Agence Internationale de l'Énergie a sonné l'alerte lorsque l'Inde a franchi le cap de 3000 dollars de PIB par habitant. En effet, dès que ce seuil est atteint le taux de motorisation croît rapidement. L'augmentation continue du nombre de véhicules de transport implique une forte croissance de la demande d'énergie et des émissions de carbone. En Inde, tous les regards se tournent au même moment vers les véhicules et leurs impacts sur la santé publique, leur consommation effrénée de carburant et leurs effets sur le climat.

Avant même d'avoir pu raisonnablement traiter les problèmes liés aux décès et aux maladies induites par la pollution de l'air, les municipalités voient se profiler la question du réchauffement climatique auquel contribuent les transports. Prendre en charge ces deux aspects exige que soient mises en œuvre des politiques ambitieuses qui limitent les émissions de carbone tout en faisant face à la croissance potentielle des émissions toxiques.

L'Inde a actuellement un très bas niveau de consommation d'énergie et d'émissions de gaz à effet de serre par habitant. Le pays construit ses infrastructures de transport et d'énergie et si on adopte aujourd'hui des politiques se traduisant par des émissions de carbone et des consommations d'énergie faibles, cela contribuera à limiter le niveau des émissions à l'échelle mondiale.

Il est donc important de bien prendre en charge les grands changements qui auront dans l'avenir une forte incidence sur l'énergie et les émissions de carbone. Ce changement aura pour moteur la forte hausse de la demande d'énergie. La préoccupation prioritaire sera donc liée à la sécurité d'approvisionnement. L'Inde importe déjà pas moins de 75 % de ses besoins en pétrole brut et cette proportion risque d'atteindre 85 % en 2020. Cette vulnérabilité est un facteur potentiel de déséquilibre de l'économie.



Anumita Roychowdhury

est chargée de recherche au Center for Science and Environment (CSE) en Inde. Elle travaille sur les questions de pollution par les véhicules de transports en Inde et a contribué à monter la campagne Right to Clean Air menée par le CSE. Elle est co-auteur de «Slow Murder: The deadly story of vehicular pollution in India» (1996) et de «The Leapfrog Factor: Clearing the Air in Asian Cities» (2006).

La réduction de la demande de produits pétroliers aura un impact élevé dans le secteur des transports parce que la substitution par d'autres énergies est encore très limitée. Le secteur des transports est le plus grand utilisateur de produits pétroliers - environ 40 % de la consommation totale - et à ce titre fragilise la sécurité d'approvisionnement énergétique du pays. La Banque Asiatique de Développement (ADB) prévoit que la consommation de carburant des véhicules routiers en Inde pourrait être en 2035 six fois plus élevée qu'en 2005. La croissance exponentielle du nombre de véhicules particuliers et le transfert constant du fret ferroviaire vers la route se traduiront par une très forte demande d'énergie.

La consommation d'énergie croissante dans le secteur des transports

a aussi à voir avec le changement climatique. Selon l'inventaire des émissions de CO₂ réalisé au milieu des années 90, le secteur des transports en Inde contribuait à hauteur de 12 % du total des émissions de CO₂. Mais cet inventaire n'a pas été actualisé et on estime qu'aujourd'hui la consommation de pétrole est responsable de plus de la moitié des émissions de CO₂. De tous les secteurs consommant des produits pétroliers, c'est celui des transports qui voit ses émissions de CO₂ augmenter le plus vite, au taux de 6 % par an. Cela limite la portée de tout plan national visant à préserver le climat et la santé publique. C'est dans les transports que l'inflexion de la courbe des émissions de gaz à effet de serre s'avère le plus difficile.

Comment y parvenir si la tendance est à l'augmentation du parc de voitures particulières ?

La meilleure solution pour combattre la crise énergétique du transport consiste à réduire l'utilisation des véhicules particuliers. Par passager transporté, les voitures et les deux-roues accaparent plus d'espace routier et polluent plus, et ils réduisent l'espace dévolu aux autobus et aux piétons. A Delhi il y a déjà plus de 4,5 millions de véhicules et chaque année ce nombre augmente de 300 000,

¹ - Traduit de l'anglais - Inde - par Michel Labrousse

soit 1 000 véhicules supplémentaires chaque jour. Cette situation est clairement insoutenable.

Les voitures engorgent les villes, nuisent à la santé publique et dévorent de plus en plus de pétrole. Dans plus de la moitié de nos villes, particulièrement les plus petites, les niveaux de pollution et de congestion atteignent des niveaux critiques. En 2030, les seules voitures particulières consommeront autant d'énergie que l'ensemble des transports routiers aujourd'hui.

Une crise de la mobilité a frappé nos villes. À Delhi, les voitures particulières et les deux-roues utilisent plus de 75 % de l'espace mais ne contribuent qu'à hauteur de 20 % à satisfaire la demande de transport des habitants. Sur l'ensemble du pays, les véhicules individuels (voitures et deux roues) ont réduit considérablement la part des bus qui ne constituent plus que 1,1 % du parc de véhicules motorisés.

Malgré tout, la majorité des déplacements urbains, plus de 60 %, sont encore réalisés en autobus. Nous avons besoin de politiques dynamiques pour protéger et accroître l'offre de transport en commun. Ceci contribuera à économiser des quantités d'énergie considérables. Dans son étude sur Bangalore, la BAD estime que la ville peut économiser 21 % du carburant qu'elle consomme en augmentant la part du transport en commun de 62 % actuellement à 80 %.

Les ventes de voitures peuvent s'envoler. Mais où trouver l'espace pour les mettre? Dire qu'il faut plus de routes n'est pas une réponse. A cet égard, Delhi est privilégiée. 20 % de sa superficie est constituée par les routes, la longueur totale de la voirie a augmenté d'environ 20 % depuis 1996. Mais, alors que seulement un quart de la population possède une voiture, la ville est totalement embouteillée. A Delhi, à Mumbai et à Bangalore, la vitesse moyenne et l'espace par véhicule ont chuté en dépit de l'élargissement des routes et de la construction d'échangeurs. Et la même histoire se répète dans toutes les villes de l'Inde, grandes et petites.

Les voitures peuvent devenir bon marché. Mais les coûts cachés, ou externalités, sont considérables. Le coût des embouteillages peut atteindre 30 à 40 milliards de roupies (0,5 à 0,65 milliards d'euros) par an. Une enquête récente d'ASSOCHAM constate qu'en moyenne, les gens consacrent 2,5 heures chaque jour à leurs trajets. Néanmoins les propriétaires de voiture profitent de subventions cachées. Ils ne payent pas à leur juste prix l'usage hors de proportion qu'ils font de l'es-

pace pour rouler ou stationner. Si les coûts réels de stationnement étaient appliqués, les usagers devraient payer 30 à 40 roupies (0,5 à 0,65 euro) de l'heure. Le gouvernement s'impose d'autre part des pertes de revenus abyssales induites par l'utilisation du gasoil très faiblement taxé alors que ce carburant émet des polluants toxiques mortels.

Dans le même temps, notre gouvernement pénalise les autobus en leur imposant des taxes supérieures à celles des voitures qui, elles, sont choyées. À Delhi, dès qu'elle est amortie, une voiture paie seulement 300 roupies (5 euros) par an au titre de la taxe routière, alors qu'un autobus est taxé à hauteur de 13 000 roupies (210 euros), soit environ 43 fois plus. A Mumbai, les autobus paient 41 000 roupies (660 euros) par an, mais les voitures ne paient que 9 000 roupies (145 euros) pour toute leur durée de vie. Les taxes ne sont corrélées ni à l'efficacité énergétique ni aux niveaux d'émission des véhicules.

A partir de ces constats, comment interpréter le phénomène NanoTata² dans la problématique de mobilité dans nos villes? Des petites voitures bon marché, accessibles au plus grand nombre, c'est évidemment ce qu'attendent un milliard de personnes! Les petites voitures permettent d'économiser du carburant alors que le monde est menacé par la pénurie d'énergie et se débat sous un nuage de gaz chauds... Le segment des voitures bon marché est aussi un nouveau facteur de croissance. PriceWaterHouseCoopers s'attend à ce que l'Inde et la Chine dominent ce marché avec respectivement 11 % et 34 % de part de marché des voitures bon marché d'ici 2014. En Inde, les petites voitures d'entrée de gamme, dans un contexte de guerre des prix, représentent les deux-tiers des ventes d'automobiles. Devant tous ces avantages, pourquoi donc s'inquiéter? Quelle menace en effet la motorisation ferait-elle courir dans un pays où il y a moins d'une voiture pour 100 personnes alors que ce taux est de 50 voitures pour 100 personnes dans les villes des pays industrialisés? Sans surprise, en Inde comme dans d'autres régions du monde, l'industrie automobile est le moteur de la croissance et la voiture est au centre des aspirations de tous.

S'il y a problème c'est que toutes les voitures - grandes et petites- sont concernées. L'augmentation des revenus a entraîné une dérive de la demande vers des voitures plus grosses et les SUV (4x4). Alors que les ventes de petites voitures ont

2 - NanoTata propose en effet de petites voitures très bon marché les « Low cost »

baissé de moitié depuis 2000, combien sont ceux qui résistent à l'attrait de superbes voitures bon marché? Et surtout, il faut prendre conscience, si l'on en croît la Banque Mondiale, que dès 2025 la flotte de véhicules motorisés des pays en développement excédera celle des pays à haut revenu.

Cela signifie aussi que les économies émergentes d'Asie, l'Inde en particulier, ont encore une chance de ne pas bâtir leur croissance sur l'industrie automobile et de faire ainsi bénéficier le monde entier d'une considérable économie d'émissions de carbone.

La raison pour laquelle le débat autour de la NanoTata prend une telle acuité aujourd'hui est que nous avons encore le temps, la chance et la possibilité d'envisager différemment la réponse à apporter au besoin de mobilité et à la base technologique que cela implique. Malgré l'augmentation constatée du taux de possession de voitures particulières, nous pouvons limiter l'usage de la voiture et nous assurer que ces voitures sont propres et efficaces. Nous avons déjà une grande expérience dans l'utilisation du transport en commun; la marche à pied et l'usage de la bicyclette sont de vieilles traditions, si nous savons les préserver et les améliorer, nous pouvons emprunter une voie alternative et nous éviter, ainsi qu'au monde entier, des émissions énormes et des consommations d'énergie extravagantes. Nous pouvons encore éviter de prendre le chemin du développement à forte intensité énergétique et grosses émissions que les pays occidentaux ont emprunté.

Mais cela exige des stratégies rigoureuses et préventives. La politique et les actions qui doivent en découler sont très claires.

En matière de technologies, il faut de grandes ambitions. Les nouveaux investissements dans les véhicules devront tenir compte des normes d'émissions les plus rigoureuses de sorte que nous puissions tirer bénéfice de l'ensemble des innovations technologiques et prévenir les émissions nocives. Il faut une application scrupuleuse de la réglementation pour que les émissions des véhicules restent modérées tout au long de leur vie utile et pas seulement au moment de leur mise en service. Des mesures de politique sectorielle doivent permettre la commercialisation rapide de technologies propres et efficaces tout en décourageant l'utilisation de gasoil polluant.

Nous avons besoin sans tarder d'une réglementation relative aux économies de carburant pour ne plus continuer à consommer sans frein du pétrole, ce que ne manquerait pas d'avoir pour

conséquence un parc de voitures plus important et constitué de véhicules plus gros. Des normes de consommation de carburant éviteront aussi la croissance des émissions de gaz à effet de serre.

Favorisons la mobilité en ville, pas le nombre des voitures.

La voiture particulière ne peut pas répondre aux besoins de déplacements de la majorité des habitants des villes. Il faut concevoir de nouvelles politiques publiques pour favoriser la mobilité urbaine, changer d'échelle en matière de transport en commun et instaurer de nouvelles taxes visant à diminuer l'usage des véhicules particuliers. Il faut aussi rapidement prendre des mesures pour stabiliser le nombre d'usagers des transports en commun. Comme on l'a mentionné, ceux-ci contribuent largement aux trajets urbains – 60 % à Delhi, 80 % à Mumbai, 70 % à Calcutta. Il ne faut pas que les usagers délaissent l'autobus car il est beaucoup plus difficile de les y ramener après qu'ils l'ont quitté pour la voiture. Il faut investir rapidement pour améliorer la qualité des transports en commun: prendre le bus devrait présenter autant d'attrait que d'utiliser la voiture...

Toutes nos villes ont besoin d'objectifs et d'un calendrier de transfert modal. De premières actions ont déjà vu le jour en Inde, elles dessinent un cadre pour le transport en commun et la mobilité durable. C'est le cas de la Politique Nationale de Transports Urbains, de la Mission de Rénovation Urbaine Jawaharlal Nehru et du plan des infrastructures pour les Villes Petites et Moyennes. On s'attend à ce que ces actions constituent les fondations d'une mobilité durable en Inde.

Cependant, le cadre de la politique nationale n'est pas suffisamment solide pour favoriser les plans de renforcement des transports en commun et pour stimuler l'investissement au niveau local dans le transport en commun, qu'il soit public ou privé. Il faut donc renforcer le cadre national pour que des politiques visant à accroître les transports en commun et limiter l'usage des voitures soient mises en œuvre par les municipalités.

Le transport en commun est aussi victime de la mauvaise gestion et de la faiblesse des institutions qui en ont la charge. Les organisations publiques qui doivent épauler l'extension et l'amélioration des systèmes de transport urbains doivent être réformées pour être plus efficaces. Autre grand défi à relever: la réorganisation des agences, compagnies privées ou publiques et coopératives de bus pour améliorer la qualité de service. Le transport en commun de masse nécessite

un mode de management et de supervision innovant et adapté.

Nous avons besoin de politiques pour ralentir l'usage des véhicules individuels. Les gens peuvent acheter des voitures, mais il devrait y avoir des contraintes à leur utilisation. Aujourd'hui, notre gouvernement pénalise lourdement les autobus en leur imposant des taxes supérieures à celles des voitures. Ces écarts doivent disparaître. Les taxes sur le carburant, le coût du stationnement, devraient tenir compte des coûts engendrés par la possession d'une voiture (routes, embouteillages, etc.). Naturellement, la résistance à cette vision des choses est très forte car on remet alors en question les aspirations de la classe moyenne émergente. Il faut sensibiliser le public sur les questions de pollution et d'engorgement induits par la motorisation.

Il est également important de se concentrer sur l'utilisation de la bicyclette et la marche à pied. Des couloirs dédiés à la marche, aux cyclistes et aux autobus devraient être la base de la réorganisation de la voirie dans nos villes. Encore aujourd'hui, dans une ville comme Delhi, les trajets de près de 40 % de la population se font en bicyclette. Mais ce mode de transport est menacé car les conditions de circulation sont de plus en plus dangereuses.

Nous avons besoin également d'un plan dédié aux villes indiennes petites et moyennes, parce que ces villes sont plus vulnérables à l'envahisse-

ment des petites voitures bon marché. Dans ces villes, la tradition de la marche et de l'usage de la bicyclette est bien ancrée, mais il n'existe pas de politique de transport en commun. Il est symptomatique de constater que, dans le programme de développement des infrastructures urbaines des villes petites et moyennes que le gouvernement central met en œuvre, le système de transport en commun et le renouvellement des autobus ne sont pas éligibles. La raison invoquée est que ces villes n'ont pas une densité de voyageurs suffisante pour que les investissements que nécessite la réalisation de couloirs dédiés au transport en commun soient suffisamment rentables. La conséquence est qu'après la marche et la bicyclette il n'y a qu'une solution pour améliorer les conditions de trajet: l'achat d'un véhicule particulier!

Le message est clair: la politique publique doit prendre acte que la « croissance centrifuge » basée sur l'usage de la voiture ne produira jamais un air pur et n'offrira pas de bonnes conditions de mobilité au plus grand nombre. Les villes doivent offrir plus de possibilités pour se déplacer, mais elles n'ont pas besoin de plus de voitures. Il faut repenser les politiques publiques pour promouvoir la mobilité pour tous, changer d'échelle dans la conception du système de transport en commun et mettre en œuvre un ensemble de taxes qui dissuadent d'utiliser la voiture.

Mécanisme de Développement Propre et transports urbains

Le secteur des transports routiers croît rapidement, en particulier dans les mégapoles des pays en développement ou en émergence, et contribue de plus en plus aux émissions polluantes à l'échelle globale - gaz à effet de serre (GES) - et à l'échelle locale - pollution atmosphérique urbaine. Or, malgré leur potentiel significatif de réduction des gaz à effet de serre et en même temps, des polluants locaux, les projets de transport ne représentent qu'une part marginale du Mécanisme de Développement Propre (MDP), tel que défini par le Protocole de Kyoto en vue de lutter contre les changements climatiques. À partir de l'analyse de projets d'implantation de « Bus Rapid Transit » (BRT), système de voies réservées pour les autobus et de desserte à haute fréquence, et de promotion des biocarburants dans le contexte du MDP, cet article identifie les enjeux entourant ces projets et les barrières les plus importantes liées au MDP.

Il est inspiré du projet "CURB-AIR" (2006-2008), financé par le Programme Asia Pro Eco de la Commission Européenne¹. Le projet visait l'amélioration de la qualité de l'air dans quatre villes asiatiques (Bangalore en Inde; Bangkok en Thaïlande, Jakarta en Indonésie, Jinan en Chine) tout en contribuant à la réduction des GES par l'intermédiaire du MDP².



Maryse Labriet

en collaboration avec Natalia Caldes et Lucila Izquierdo. Ingénieure et titulaire d'un PhD en Sciences de l'Environnement, travaille comme chercheuse et consultante indépendante en recherche opérationnelle et en coopération internationale dans le domaine de l'énergie et de l'environnement, en particulier : modélisation intégrée de stratégies énergétiques et climatiques mondiales, mécanismes de développement propre, politiques de transport durable, technologies et ressources énergétiques. Elle est actuellement basée à Madrid (Espagne) après plus de 15 ans au Canada.

La situation du MDP appliqué aux transports

Le MDP est un mécanisme proposé par le Protocole de Kyoto permettant aux pays industrialisés d'atteindre leur cible de réduction des GES en investissant dans des projets de réduction dans les pays en développement, non obligés de réduire leurs propres émissions. Une condition importante de ces projets est qu'ils doivent contribuer au développement durable des pays hôtes.

En date du 1^{er} novembre 2008, plus de 4000 projets MDP sont en cours de validation, d'enregistrement (près de 300) ou ont déjà été enregistrés (presque 1200³). Les projets d'énergie renouvelables dominent le nombre de projets (63 %) et les réductions d'émissions estimées d'ici 2012 (35 %). Les projets transports ne représentent que 0,2 % du nombre total de projets et 0,1 % des réductions d'émission.

Seuls deux projets de transport à grande échelle ont été validés et enregistrés :

- BRT « Transmilenio » à Bogota (Colombie) – méthodologie AM31 ;
- Production de biodiesel à partir d'huile usée de cuisson à Pékin (Chine) – méthodologie AM47.

Plusieurs projets de transport sont en cours d'évaluation, tels que des projets de BRT à Cali et Pereira (Colombie), à Séoul (Corée du Sud), ou des projets à petite échelle (< 60 kt CO₂ équivalent par an), tels que la substitution de diesel par du biodiesel à Bangalore (Inde), le développement d'un funiculaire à Medellín (Colombie), etc. (UNEP/RISO, 2008). Il est à noter que certains projets de transports concernant l'utilisation de biocarburants ne sont pas classés dans la catégorie « Transport » de la banque d'information UNEP/RISO, mais dans la catégorie « Biomasse ».

1 - L'auteur remercie l'ensemble des partenaires du projet : CEERD (Thaïlande), CIEMAT (Espagne), ECN (Pays-Bas), Pelangi (Indonésie), SDERI (Chine), SEI (Angleterre), Winrock (Inde).

2 - Plusieurs rapports détaillés sont disponibles à l'adresse : www.curb-air.org.

Une version longue, en anglais, de cet article est disponible sur demande auprès de l'auteur : Labriet, M., Caldes, N. and Izquierdo, L. (2008). 'Is the CDM a Window of Opportunity for Addressing Urban Air Quality and Global Climate Change in the Transportation Sector? Analysis of International Experiences'. *International Journal of Global Warming*, accepted.

3 - UNEP/RISO, <http://cdmpipeline.org/publications/CDMpipeline.xls>. Accédé le 15/11/2008.

Le tableau 1 présente les méthodologies relatives au secteur des transports, acceptées ou en cours d'évaluation. Rappelons que pour qu'un projet soit validé comme MDP, il est possible soit d'utiliser une méthodologie déjà existante si les mêmes conditions s'appliquent (par exemple, les projets de BRT soumis en Colombie et en Corée du Sud, utilisent la même méthodologie que le projet

Transmilenio), soit de développer et proposer une nouvelle méthodologie, ce qui peut représenter un processus long et complexe (voir l'exemple du projet Insurgentes, ci-dessous). On remarquera que beaucoup des projets de transport en cours d'évaluation utilisent soit la méthodologie AM31 (BRT), soit la méthodologie des projets à petite échelle AMS-III.C.

Tableau 1. Méthodologies MDP dans le secteur des transports, acceptées ou en cours d'évaluation (Novembre 2008)

Système à Bus rapid transit	
AM31	Bus Rapid Transit
NM258	Autobus en voies réservées / Bus Lanes (Mexico City Insurgentes, Mexico)
NM257	Optimisation du service de transport public / GHG Reductions through Supply Optimization Measures of Public Transport (EDSA Bus Dispatch System, Manila, Philippines)
Biocarburants	
AM47	Production de biodiesel à partir d'huiles usées de cuisson / Production of biodiesel based on waste oils and/or waste fats from biogenic origin for use as fuel (Biolux Benji Biodiesel Beijing Project in China)
NM228	Production de biodiesel / AGRESCO Biodiesel Project (Alta Araguaia, Brazil)
NM233	Production de biodiesel / Palm Methyl Ester à Biodiesel Fuel (PME-BDF) production and use for transportation (Thailand)
NM253	Production d'éthanol / Destilmex fuel ethanol Project (Mexico)
Méthodologies à petite échelle	
AMS-III.C	Véhicules à faibles émissions / Emission reductions by low-greenhouse emission vehicles
AMS-III.S	Véhicules à faibles émissions dans les parcs commerciaux de véhicules / Introduction of low-emission vehicles to commercial vehicles fleets
AMS-III.T	Production de biodiesel à des fins de transport / Plant oil production and use for transport applications
AMS-III.U	Funiculaires / Cable Cars for Mass Rapid Transit System (MRTS)

AM: Méthodologie acceptée (Accepted methodology)

AMS: Méthodologie à petite échelle acceptée (Accepted small-scale methodology)

NM: En cours d'évaluation

Source: <http://cdm.unfccc.int/methodologies/index.html> (accédé le 15/11/2008)

Caractéristiques des projets d'implantation de BRT (Bus Rapid Transit)

En comparaison aux autres options de transport en commun, les BRT présentent les avantages suivants :

- Coûts d'investissement de 4 à 20 fois moins élevés qu'un train léger de surface, et de 10 à 100 fois moins élevés qu'un métro ;
- Implantation possible sur une courte période (1-3 ans après conception) ;
- Flexibilité et adaptabilité à des contextes urbains variés.

Près de 40 villes disposent déjà d'un BRT et de nombreux projets sont en développement. Les conditions de succès des projets de BRT sont résumées dans la figure 1. On notera que plusieurs guides sur les BRT sont disponibles gratuitement sur internet.⁴

⁴ - Par exemple, disponibles sur le site www.sutp.org :

GEF, UITDP, GTZ, UNEP, VIVA. 2007. *Bus Rapid Transit Planning Guide*.

Grütter, J.M. 2007. *The CDM in the transport sector. Sustainable Transport: A Sourcebook for Policy-makers in Developing Countries*.

Wright, L., and Hook, W. (eds). 2007. *Bus Rapid Transit Planning Guide*. New York, USA: Institute for Transportation & Development Policy.

Figure 1. Facteurs de succès des projets de BRT

- Volonté politique forte et à long-terme (ex. Bogotá, Jakarta);
- Collaboration étroite avec tous les acteurs concernés dès la conception du projet (sociétés de transports, opérateurs, consultants, médias, société civile, etc.);
- Intégration complète du BRT dans le système de transport existant;
- Définition appropriée du projet, en fonction des conditions locales;
- Gestion et implantation soigneusement planifiée (éviter les contraintes de temps liés aux agendas politiques);
- Choix du système d'opération (privé/public) et processus de décision transparent;

Le potentiel théorique des BRT comme projets MDP est élevé, étant donné le potentiel de réduction des GES élevé par projet (transfert modal, carburants à faibles émissions, meilleure efficacité par passager grâce à des taux d'occupation élevés). Le projet Transmilenio de Bogota (Colombie)⁵ a été accepté comme projet MDP en 2006. Les revenus du MDP représentent environ 10 % des coûts totaux du projet. Ce projet est souvent cité comme référence, et plusieurs projets ont été soumis utilisant la même méthodologie AM31, tel qu'évoqué précédemment. Toutefois, cette méthodologie requiert de nombreuses données (transfert modal, impacts sur la circulation, émissions indirectes éventuelles, gains énergétiques réels, etc.). De plus, elle ne s'applique que dans le cas de l'implantation d'un BRT en remplacement d'un système de transport déjà existant. Elle ne s'applique pas à l'extension d'un système de transport urbain.

Le projet Insurgentes (Mexico) a été rejeté initialement (méthodologies NM-158 et NM-129) et une nouvelle méthodologie (NM-258) a été soumise. Les principales raisons du refus initial sont l'insuffisance de la démonstration du lien entre les réductions d'émissions et l'activité du projet (liée à la définition des limites du projet), des hypothèses inappropriées concernant le trafic futur et un calcul incomplet des risques d'émissions indirectes possibles.

⁵ - Les descriptions des projets MDP et des méthodologies citées dans l'article sont disponibles sur le site <http://cdm.unfccc.int/Projects/index.html>.

Caractéristiques des projets de promotion des biocarburants

L'utilisation des biocarburants par le secteur des transports est au cœur de débats passionnés concernant la durabilité de cette option, et nous ne détaillerons pas ici cet aspect (que nous considérons toutefois comme crucial), traité dans ce numéro (article agrocarburants p 68 à 73). Il est clair que seule une évaluation au cas par cas, et sur le cycle de vie complet du biocarburant, permet de conclure de manière appropriée quant à la durabilité des projets en question. La figure 2 présente les facteurs de succès liés aux projets de promotion des biocarburants.

Figure 2: facteurs de succès des projets agrocarburants

- Garantie de fourniture de la biomasse (quantité et qualité) et bonne infrastructure de distribution des biocarburants
- Volonté politique claire et appui gouvernemental initial (aide aux investissements, etc.)
- Analyse d'impact sur le cycle de vie complet, incluant la production agricole
- Pratiques agricoles appropriées

Évidemment, les biocarburants produits à partir des huiles usées ne soulèvent pas les mêmes difficultés de durabilité que les biocarburants à partir de biomasse agricole. Toutefois, leur potentiel est limité. Le projet de production de *biodiesel à partir d'huiles usées de cuisson en Chine*, visant le traitement de 50 000 tonnes d'huiles usées par an, pour une utilisation de biodiesel mélangé à 20 % au diesel conventionnel, a été accepté comme MDP (méthodologie AM47).

À l'inverse, le projet de *production de bioéthanol à partir de canne à sucre à Khon Kaen (Thaïlande)* a été rejeté, entre autres pour les raisons suivantes : nécessité de distinguer le bioéthanol produit à partir des surplus de canne à sucre, du bioéthanol produit à partir de canne à sucre aux fins spécifiques du transport ; aspects techniques à revoir (capacité des véhicules de fonctionner avec plus de 10 % de bioéthanol ?) ; risques d'exportation du bioéthanol ; évaluation insuffisante des émissions indirectes possibles.

La méthodologie des projets à petite échelle AMS-III.T, acceptée, s'applique aussi aux projets de promotion du biodiesel, et plusieurs autres méthodologies sont en cours d'évaluation (voir tableau 1).

Conclusion

Les barrières identifiées quant au développement de projets MDP d'implantation de BRT ou de promotion des biocarburants de type MDP sont, entre autres⁶ :

- la complexité et les difficultés de développement et d'application de méthodologies appropriées : définition de la référence ; démonstration de l'additionnalité des projets : étant donné les nombreuses retombées des projets de transport, il est particulièrement difficile de prouver l'additionnalité des projets ; nécessité de réaliser des analyses de cycle de vie, en particulier pour les biocarburants ; définition des limites du projet, plus difficile pour les sources d'émissions mobiles que pour les sources d'émissions stationnaires, et importance d'évaluer les effets indirects du projet, tels qu'une augmentation du trafic dans une autre zone urbaine, contribuant potentiellement aux émissions (les exigences face aux projets de transport semblent beaucoup plus sévères que pour d'autres projets, dont les effets indirects ne sont pas exigés de manière aussi sévère que pour les transports) ;
- la nécessité de mobiliser des investissements importants, en particulier pour les BRT ;

- la nécessité d'accès à une biomasse en quantité et qualité suffisante pour la production de biocarburant ;
- des revenus de carbone espérés relativement faibles en comparaison avec les coûts totaux des projets.

Étant donné ces difficultés, les décideurs pourraient considérer que le MDP n'est pas un outil très approprié pour promouvoir des projets de transport durable et donc se rabattre sur d'autres sources de financement plus conventionnelles (*"Transport is a too important sector to leave the problem to CDM"*)⁷. Toutefois, en considérant qu'un principe de base du MDP est la promotion du développement durable dans le pays hôte, le MDP reste une piste à explorer et améliorer. Ainsi, une meilleure quantification et comptabilisation de tous les co-bénéfices des projets de transport (qualité de l'air local, développement économique, amélioration de la qualité de vie, santé, etc.), mais aussi les nouvelles voies du MDP, telles que le MDP programmatique⁸ et la promotion des politiques et mesures de développement durables (*"sustainable development policies and measures"*)⁹, sont des pistes envisageables pour promouvoir les projets de MDP appliqués au transport.

6 - Voir aussi: Sperling, D. and Salon, D. 2002. *Transportation in Developing Countries: An Overview of Greenhouse Gas Reduction Strategies*, Arlington, USA: Pew Center on Global Climate Change, 49 p.

Wright, L., and Fulton, L. 2005. 'Climate change mitigation and transport in developing nations', *Transport reviews* Vol.25, n°6, pp 691-717.

7 - Dalkmann, H., Sterk, W., Bongardt, D., Wettneben, B. and Baatz, C. 2007. *The Sectoral Clean Development Mechanism – A contribution from a sustainable transport perspective*, JIKO Policy Paper, Wuppertal Institute.

8 - Hinostroza, M., Cheng, C-C., Zhu, X. and Fenham, J. with Figueres, C. and Avendaño, F. 2007. *Potential for broad based energy efficiency projects under programmatic CDM*, CD4CDM Working Paper Series, Working Paper 3 (draft), UNEP RISOE Center.

9 - Ellis, J., Baron, R. and Buchner, B. 2007. *SD-PAMS: What, Where, When and How?* Paris, France: Organisation for Economic Co-operation and Development, 36 p.

La mobilité et le transport rural en Afrique subsaharienne : économiser l'énergie des populations isolées

La meilleure façon d'économiser l'énergie et de ne pas contribuer au changement climatique est de ne pas utiliser de « services modernes », en particulier les transports motorisés... Mais, sans possibilité de déplacer les personnes et les biens, tout développement humain et économique est impossible. L'absence d'infrastructures et de moyens de transport en milieu rural, tout particulièrement en Afrique subsaharienne, constitue un obstacle au développement. Toutefois, il ne faut pas se concentrer uniquement sur les infrastructures et les véhicules motorisés pour mener une politique de transport. En analysant les « besoins » en déplacements des populations rurales, on peut faire émerger des solutions efficaces qui contribuent à la réalisation des Objectifs du Millénaire pour le Développement (OMD). Ces solutions

aux coûts économique et environnemental acceptables, peuvent être mises en œuvre à court terme et permettre un accroissement rapide des conditions de vie des populations.

Parmi les 450 millions de personnes vivant dans les zones rurales de l'Afrique subsaharienne, une majorité vit avec moins de 1,25 \$ par jour, nouveau seuil international de pauvreté défini par la Banque mondiale¹. Si l'on constate l'évolution positive de certains indicateurs de développement, les efforts vont devoir s'accroître pour que l'Afrique subsaharienne rejoigne les Objectifs du Millénaire pour le Développement (OMD) définis par les Nations Unies.

L'isolement des populations rurales est une caractéristique fondamentale de la pauvreté. L'accès à l'eau, à la nourriture, aux services énergétiques (électricité, cuisson, force motrice), aux services de



Julien Allaire

est docteur en économie de l'énergie et de l'environnement. Ses recherches portent sur la mobilité dans les pays en développement. Sa thèse de doctorat soutenue en 2007 s'intitule « formes urbaines et mobilité soutenable: enjeux pour les villes chinoises ». Il est membre du Forum International pour le Transport Rural et le Développement (IFRTD). Il est également responsable du pôle économique du Groupement des Autorités Responsable de Transport.

santé, à l'éducation, à l'emploi tout comme aux marchés et aux activités civiques et culturelles, peut s'avérer très difficile du fait des distances à parcourir, de l'état des chemins ou des routes et des modes de transport disponibles. Le manque d'accès des populations rurales aux services essentiels est alors bien souvent un verrou enfermant les ménages dans l'extrême pauvreté. L'amélioration des conditions d'accès des populations rurales aux services essentiels est un catalyseur qui peut permettre d'atteindre les objectifs du millénaire pour le développement dans les pays d'Afrique subsaharienne.

La marche à pied et le portage prédominent dans les régions les plus pauvres. Le transport est alors une activité qui demande beaucoup d'efforts pour peu de résultats². Les modes de transport motorisés sont rares dans de nombreuses régions.

Inabordables pour la plupart des habitants, ils sont parfois même inutilisables en fonction des territoires et des infrastructures.

Sur le continent, les infrastructures de transport sont particulièrement peu développées. Le réseau routier totalise un peu plus de deux millions de kilomètres soit environ 7 km/100 km². Cela représente un réseau deux fois moins développé qu'en Amérique latine et trois fois moins qu'en Asie. De plus, la qualité des infrastructures de transport n'est pas très élevée puisque moins d'un tiers du réseau routier est revêtu. Ainsi selon la SSATP (Programme de Politique de Transport en Afrique Sub-saharienne), seulement 34 % de la population rurale vit à moins de 2 km d'une route praticable en toute saison.

La construction de routes, si elle est nécessaire pour desservir les zones rurales, est loin d'être suffisante pour répondre aux besoins de trans-

1 - Chen S. & Ravallion M. (2008), *The developing world is poorer than we thought, but no less successful in the fight against poverty*, Policy Research Working Paper n° 4703, 47pp.

2 - Starkey P. (2001), *les solutions au transport local : Acteurs, paradoxes et progrès*, Document SSATP N° 56F, 83 pp.

port des populations. Les investissements doivent concerner l'ensemble du système de transport pour répondre aux enjeux de lutte contre la pauvreté, de l'égalité entre les sexes, d'amélioration des conditions de santé et d'éducation.

Le rôle des femmes dans le transport quotidien

La mobilité quotidienne en milieu rural répond avant tout aux besoins d'une économie de subsistance. De fait, les activités domestiques sont à l'origine d'une très grande proportion de déplacements des ménages, essentiellement pour le transport de l'eau et du bois de feu. Les autres déplacements sont liés à l'activité agricole : rejoindre les champs cultivés, apporter les intrants quand il y en a et acheminer les récoltes, notamment pour les commercialiser sur les marchés.

Force est de constater que ce sont les femmes qui, généralement, supportent l'activité de transport. Traditionnellement, dans les sociétés africaines, les femmes s'occupent des tâches domestiques : collecte de l'eau et du bois de feu, préparation et cuisson des repas, traitement et stockage des aliments, soins des enfants, nettoyage et lavage, achats et courses. La quasi totalité du transport induit par ces activités leur incombe directement.

La population féminine prend à sa charge les deux tiers du temps consacré au transport. Une étude réalisée dans cinq zones rurales différentes montre qu'une femme peut consacrer en moyenne pour ses déplacements entre une heure et 2 heures 40 minutes par jour. Dans certaines régions, près du quart de la journée de travail des villageoises est dédié aux déplacements et aux transports³. L'effort réalisé équivaut à porter une charge de 20 kg sur une distance de 1,4 à 5,3 km sans compter les enfants portés sur le dos. La charge totale que les femmes des villages africains portent sur une année est trois à cinq fois plus importante que celle portée par les hommes.

Les situations locales sont, bien entendu, contrastées selon différents facteurs. Par exemple, l'énergie et le temps consacrés au ravitaillement dépendent beaucoup des distances qui séparent le ménage et les sources d'approvisionnement. Quand les distances sont importantes, les consommations d'eau et de bois de feu sont rationalisées pour réduire la

charge à transporter. À l'inverse, lorsque les habitations sont agglomérées autour des points d'eau, les consommations deviennent plus importantes. Il faut noter que dans cette configuration, les distances de déplacement pour l'approvisionnement en eau sont plus courtes mais les distances à parcourir pour rejoindre les parcelles cultivées sont plus longues.

Par ailleurs, l'effort consacré dépend du nombre de femmes dans le ménage. Ainsi dans les ménages polygames, les corvées sont réparties entre les femmes. De plus, les enfants sont souvent mis à contribution, notamment pour le portage de l'eau et du bois de feu, particulièrement quand la charge de travail des femmes est plus importante pendant la haute saison agricole. La fréquentation scolaire, déjà affectée par la difficulté d'accès des élèves à l'école, est encore réduite dans ce cas, notamment pour les filles qui sont plus facilement sollicitées.

Indépendamment des cultures, les actions en milieu rural doivent permettre de soulager le fardeau des femmes. Pour répondre aux objectifs d'égalité des sexes et d'autonomisation des femmes, il convient de faciliter leurs déplacements, de raccourcir les distances en développant de nouveaux services, et même de réduire les besoins (la quantité de bois de feu consommé peu être réduite par l'usage de foyers plus économes et l'utilisation de combustibles alternatifs). Mais les conséquences sont également plus vastes car le temps gagné par des durées de déplacement plus courtes peut être réinvesti dans d'autres activités productives. Par exemple, des études ont montré que les femmes accentuent leur contribution au travail des champs et améliorent ainsi la productivité agricole. La trop faible productivité agricole est considérée comme une des premières causes de malnutrition dont souffre les familles de petits paysans en Afrique subsaharienne qui représentent près des trois quarts des 200 millions de personnes souffrant de la malnutrition⁴.

3 - Barwell I. (1996), *le transport et le Village : Conclusions d'une série d'enquêtes-villages et d'études de cas réalisées en Afrique*, Document de synthèse de la Banque.

4 - Sanchez et al. (2005), *Halving Hunger : it can be done !*, UN Millennium Project Task Force on Hunger, Union Africaine & Commission Economique pour l'Afrique (2005), *le transport et les objectifs de développement pour le millénaire en Afrique*, février 2005, 50 pp

Les moyens intermédiaires de transport

La diffusion des moyens intermédiaires de transport (MIT) est de plus en plus encouragée par les acteurs internationaux. Ils permettent de gagner du temps, d'économiser l'énergie des hommes et des femmes et d'augmenter les capacités de transport à moindre coût.

Les moyens intermédiaires de transport (brouettes, charrettes à bras, chariots, bicyclettes, tricycles

et modes de traction animale) sont « intermédiaires » dans le sens où ils remplissent le vide entre marcher/porter et le transport motorisé à grande échelle (Starkey, 2001). Ils permettent de porter des charges trop lourdes pour être facilement transportées par des hommes mais pas assez pour être transportées par des modes de transport de grand tonnage. Leur pertinence se situe pour des charges allant de 50 à 1 000 kg (voir tableau n° 1).

Tableau 1 : Les différents modes de transport en milieu rural

	Prix d'achat \$ approximatif	Cargaison kg	Vitesse km/h	Périmètre km	Coût tonne/km \$ approximatif
Porter/ sur la tête	0	20	5	10	1,5
Traîneau	10	100	4	3	0,8
Brouette	30	100	4	1	0,4
Charrette à bras	60	150	4	5	0,35
Ane de bât	60	80	7	20	0,7
Bicyclette	100	60	10	20	0,6
Vélo-pousse	170	150	8	15	0,45
Charrette à âne	300	400	6	15	0,6
Charrette à bœuf	500	1 000	5	10	0,2
Moto	900	100	50	50	1,3
Motoculteur remorque	5 000	1 000	10	15	0,7
Camionnette	12 000	1 200	80	200	0,7
Camion	60 000	12 000	80	200	0,5

Source: Starkey (2001)

Leur adoption dépend beaucoup de la pertinence de la technologie, de ses conséquences économiques et de l'importance de l'environnement culturel. Mais Paul Starkey, qui a étudié la diffusion des technologies, reconnaît également une part de chance ou de hasard dans le développement de certains modes intermédiaires de transport. En tout état de cause, ils appartiennent à un système de transport où l'infrastructure, les services de réparation et l'acceptation des populations doivent se conjuguer pour garantir leur adoption.

La rentabilité de l'usage des MIT qui sont avant tout dédiés aux travaux agricoles, est primordiale pour permettre leur adoption par les populations. Celle-ci peut être directe par l'accès à des prix de vente peu élevés, ou la possibilité de louer le véhicule. Mais elle s'observe également de manière indirecte. Ainsi, les nouveaux débouchés permettent la commercialisation d'un plus grand nombre de produits agricoles. Dans la plupart des régions où les conditions de transport rural se sont amé-

liorées par la construction de routes et l'adoption de MIT, on constate que les rendements agricoles augmentent considérablement. Le développement d'un système de transport intermédiaire permet également de favoriser les initiatives de petites entreprises et l'émergence de nouveaux métiers, en marge des activités de subsistance, rendus possibles grâce à l'amélioration de l'accessibilité. L'utilisation de ces modes de transport peut donc permettre une amélioration substantielle des revenus.

Dans les sociétés rurales, les hommes ont souvent tendance à s'approprier ces modes de transport. Ils sont réticents à mettre leur MIT à disposition des « travaux de femmes », considérant parfois que cela représenterait une menace à leur position dominante dans le foyer⁵. Les femmes peuvent être réservées d'elles-mêmes à l'idée d'utiliser un

5 - Bamberger M., Davis A. (2001), *les femmes et les transports ruraux en développement, base de connaissance sur les transport ruraux, Rural Travel and Transport Program 2001.*

MIT. La bicyclette est ainsi souvent jugée comme un « véhicule masculin ». Mais dans certains cas, le partage des tâches change avec l'adoption d'un MIT. Les hommes peuvent se charger des corvées d'eau ou de bois lorsque le manque à gagner des femmes devient trop élevé ou que ces dernières ne sont plus en mesure d'assumer d'autres responsabilités.

L'accès aux services de santé

Les zones rurales d'Afrique subsaharienne disposent de peu de centres de santé, souvent mal équipés et disposant de peu de personnel compétent et les familles les plus pauvres sont bien souvent celles qui en sont le plus éloignées⁶. Mises à part les campagnes itinérantes, elles doivent parcourir de longs trajets et consacrer beaucoup de temps pour recevoir des soins. L'usage des services de santé, comme celui des écoles d'ailleurs, est inversement proportionnel à la distance à parcourir.

Une étude réalisée en Ouganda, au Ghana et au Sénégal par ITDP (International Transport for Development Policy) analyse les conditions d'accès des populations aux trois différents niveaux de services de santé présents dans les pays étudiés : le poste de santé, le centre de santé et l'hôpital. Pour accéder à un poste de santé, très mal équipé et où il n'y a pas de personnel soignant compétent, les populations doivent bien souvent marcher plusieurs kilomètres. Le centre de santé le plus proche, un peu mieux équipé et où l'on peut trouver un infirmier se situe à plus de 25 km. Tandis que l'hôpital où l'on peut trouver un médecin se trouve à plus de 50 km [UW4]⁷.

Dans ces conditions, l'acheminement d'urgence des patients vers les services de santé est un enjeu considérable. Le transport d'un malade, d'un blessé ou d'une femme enceinte se fait parfois sur plusieurs dizaines de kilomètres avec une civière comme mode de transport. Les risques de mortalité pour les personnes transportées sont alors terriblement élevés étant données les conditions de transport et le temps de trajet.

Outre l'urgence, les populations sont isolées des politiques de prévention, de vaccination ou de traitement : la moitié des enfants du monde qui

décèdent avant l'âge de 5 ans sont nés en Afrique subsaharienne. Les femmes sont éloignées de tout planning familial, de moyens de contraception ou de suivi de leurs grossesses. Le niveau de risque encouru par une femme de succomber à des complications évitables ou pouvant être traitées, pendant la grossesse et l'accouchement, est deux fois plus élevé que dans les autres régions en développement avec 900 décès maternels pour 100 000 naissances vivantes. L'Afrique subsaharienne est la région du monde où les femmes utilisent le moins de mode de contraception et planifient le moins leurs grossesses. Cela se traduit par des taux de fécondité très élevés chez les adolescentes ; 12 % des femmes ont leur première grossesse entre 15 et 19 ans, ce qui accentue les risques de mortalité maternelle. A cet âge le risque de mourir en couches est deux fois plus important que celui d'une femme d'une vingtaine d'années.

L'IFRTD (International Forum for Rural Transport and Development) a développé un réseau de recherche intitulé Mobilité et Santé pour partager la connaissance sur la base de différentes études sur l'accès aux soins. L'introduction de MIT, tel que la remorque de vélo (voir article de Patrick G. Kayemba, p 132) ou des civières à roue, permet de réduire les temps de transport jusqu'au centre de santé. La fourniture de bicyclettes au personnel soignant peut permettre d'augmenter leur aire de rayonnement, et être plus efficace que l'introduction de motos lorsque les services de réparation font défaut. Enfin, la mise à disposition de moyens de communication dans les centres de santé peut permettre de gagner du temps pour faire appel à des personnes compétentes, réaliser un premier diagnostic, conseiller les personnes assistant les malades ou faire venir un mode de transport.

Comme dans le domaine des services énergétiques, l'isolement et l'absence de mode de transport maintiennent les populations dans l'extrême pauvreté. Dans chacun de ces deux secteurs « transversaux », les propositions formulées s'appuient sur une comparaison avec la situation des pays développés. Pourtant, une approche centrée sur les besoins des populations locales peut offrir des progrès rapides nécessaires pour accomplir les objectifs des OMD en 2015⁸.

L'amélioration des conditions de transport dans les zones rurales d'Afrique subsaharienne passe

6 - Castro-Leal, F., J. Dayton, L. Demery et K. Mehra (2000), *Public spending on health care in Africa: do the poor benefit?* Bulletin of the World Health Organization 78 (1): 66-74.

7 - Heyen-Perschon J., Hertel C., Holst G. (2008), *Healthcare & Transport in Africa: Facts and Main Findings from the ITDP Healthcare Projects in Africa 2003 – 2007*, MDG Review pp. 62-65.

8 - Labrousse M. (2004), *L'Initiative Européenne de l'Energie: une démarche opérationnelle*, Liaison Energie-Francophonie N° 63 – 2^{ème} trimestre 2004. www.iepf.org/media/docs/publications/175_IJEPFLEF63.pdf

par le développement d'un système de mobilité intermédiaire basé sur des infrastructures viables, l'accès à des modes de transport adaptés d'un côté, et le développement des services essentiels sur les territoires et l'amélioration de leurs propres mobilités de l'autre. Les conditions de vie des populations peuvent être grandement modifiées par

un meilleur accès aux services de santé et d'éducation, une meilleure productivité agricole et des possibilités d'échanges induisant des revenus. Ce sont les femmes et les enfants, premières victimes de la pauvreté, qui tirent le plus grand profit de ces améliorations.

Sites internet:

- SSATP: Subsaharian Africa Transport Program Policy/Programme de politiques de transport en Afrique subsaharienne. <http://go.worldbank.org/5GT0JCEDK0>
- IFRTD: International Forum for Rural Transport and Development/Forum International pour le Transport Rural et le Développement. <http://ifrt.d.gn.apc.org>
- ITDP: Institute for Transportation and Development Policy/Institut pour une Politique de Transport et Développement. <http://www.itdp.org>
- gTKP: Global Transport Knowledge Partnership. <http://www.gtkp.com>
- Mobilité et santé: www.mobilityandhealth.org



Gros Plan

Une réponse aux besoins en déplacement en milieu rural : la bicyclette-ambulance en Ouganda

La mobilité est un besoin fondamental des êtres humains: le style de vie, la communication, les échanges culturels, de connaissances et de marchandises sont fondés sur la mobilité (Kayemba « Plaidoyer pour la mobilité intermédiaire »; 2001, p. 3). Les êtres humains ont besoin d'échanges, de communications et d'accès; en conséquence des moyens de transport accessibles et appropriés sont les garants de l'évolution de la société.

Le transport n'est pas une fin en soi, c'est un moyen. Il permet aux ouvriers de se rendre à leur travail, aux producteurs d'accéder aux marchés de biens et de services, aux élèves d'aller à l'école, aux patients de se rendre aux centres de santé et à chacun d'entre nous de rendre visite à sa famille.

Le transport des femmes en milieu rural et l'amélioration des conditions sanitaires

En Ouganda, l'agriculture constitue plus de 75 % du PIB et ce secteur emploie plus de 78 % de la force de travail du pays. La population de l'Ouganda est d'environ 30 millions d'habitants dont plus de 50 % de femmes qui jouent un rôle très significatif dans l'agriculture alors que la maîtrise des facteurs de production et l'accès au marché leur échappe presque entièrement.

Les femmes ont des besoins spécifiques en matière de santé, liés à leur condition de mère. Leur fertilité élevée et le nombre limité de structures sanitaires dédiées à la santé des enfants ont pour conséquence à la fois une grande mobilité et un taux de mortalité élevé chez les femmes. C'est en Ouganda que Jelliffe a inventé le syndrome d'épuisement maternel, qui correspond à une forte morbidité et des risques élevés de décès



Patrick G. Kayemba
titulaire d'un MA Community Based Development, BA. Development Studies - Nkumba University Entebbe, Dip. PPM, Dip. BS-Accountancy of APS, est directeur du Programme FABIO -Uganda, représentant local de ITDP-Europe, membre du Conseil Social et Culturel (ECOSOCC) de l'Union Africaine. Il est aussi secrétaire Honoraire de Development Network for Indigenous Voluntary Associations (DENIVA), réseau national du CSO.

suite aux grossesses qui suivent la naissance du sixième enfant¹.

L'accès à la bicyclette et la discrimination des femmes

La rareté des bicyclettes dans la plupart des communautés africaines impose une discrimination de fait, pas nécessairement délibérée: il n'y a qu'un faible nombre de sociétés dans lesquelles les femmes ont accès à la bicyclette, principalement dans les centres urbains. Dans l'ouest et au sud de l'Ouganda principalement, circuler à bicyclette constitue un tabou pour les femmes. Les plus âgées y sont très opposées et elles communiquent l'interdit à leurs filles.

A cela il y a plusieurs raisons, du risque de perdre sa virginité au manque d'adéquation de la tenue

vestimentaire féminine traditionnelle pour une telle pratique en passant par l'indécece de la position de conduite... Le coût élevé des vélos n'est pas non plus pour rien dans cette discrimination: il faut économiser pendant des mois, voire des années, pour acquérir une bicyclette et restreindre alors les dépenses habituelles du ménage. C'est tout particulièrement difficile pour les femmes qui, pour la plupart d'entre elles, consacrent l'intégralité de leur revenu aux dépenses du ménage et n'ont pas la maîtrise des moyens de production. La qualité des routes, conçues uniquement pour la circulation motorisée, constitue un obstacle supplémentaire.

Ainsi, des barrières structurelles empêchent les femmes de tirer profit d'un moyen de transport qui leur permettrait de porter autrement que sur la tête ou sur le dos les lourdes charges qu'elles doivent déplacer.

¹ - *Maternal Child Health Care and Maternal Mortality paper presentation by P/S MOH during Health Sector review 2004, Kampala.*

Comme si tout cela n'était pas suffisant, la vulnérabilité économique des femmes fait que leur mobilité reste limitée, ce qui diminue leur possibilité d'accéder aux infrastructures sociales. Parce que c'est aux femmes que revient le travail domestique, une fillette n'a plus le temps de faire correctement ses devoirs à la maison. Elle arrive fatiguée à l'école, elle ne peut se concentrer et se trouve exposée à l'échec scolaire. Tout cela constitue un obstacle à la réalisation des OMD 5 (améliorer la santé maternelle) et 6 (combattre les VIH/SIDA, le paludisme et les autres maladies).

Les femmes ont été de plus en plus exposées aux risques qui attentent à leur santé, provoqués par le portage de grosses charges sur leur tête et quelques fois sur le dos. La bicyclette est le seul moyen de transport disponible, flexible, approprié au type de routes et dont les coûts de maintenance sont bien inférieurs à ceux des véhicules à moteur.

Pour faire face aux besoins de mobilité et d'accès, plusieurs communautés ont adopté différentes stratégies qui leur sont propres.

Le relatif développement de la bicyclette a permis à FABIO de créer une ambulance-bicyclette qui permet aux femmes des zones rurales d'accéder aux services de santé. FABIO est une ONG locale, elle sensibilise les populations depuis 6 ans à la nécessité de promouvoir l'usage de la bicyclette parmi les femmes.

Grâce au programme « Femmes en mouvement » et à l'aide qui leur est ainsi apportée, les femmes peuvent accéder à la bicyclette. En profitant des subventions et des conditions de crédit qui leur sont accordées un millier de femmes ont pu acquérir une bicyclette et alléger leurs dures conditions de travail.



Une mère et son nouveau-né sont conduits au centre médico-social de Nakoma IV par le père.

Monika Nadego du village de Namuganza raconte : « Le travail a commencé à 2 h. du matin, mon mari est allé chercher l'ambulance-bicyclette à 1 km d'ici pour me conduire ensuite au centre médico-social ; et, que Dieu soit loué, j'ai donné naissance à une belle petite fille à 5 h 30 ».

A travers le National Planning, afin de répondre aux besoins sanitaires de la population, le gouvernement construit des centres de santé de type II, III ou IV ainsi que des hôpitaux de district. Mais tout le monde n'a pas la même facilité d'accès à ces centres.

L'ambulance-bicyclette a permis de combler ces inégalités, c'est une innovation dont la pérennité dépend des décisions du gouvernement qui doit mettre en place un mécanisme institutionnel approprié pour que son usage se généralise. La recherche effectuée par l'auteur de ce document s'intègre au programme du réseau international coordonné par IFRTD en 2007, elle s'est traduite à la fois par des expériences locales et internationales ; elle a prouvé la pertinence de l'ambulance-bicyclette en abordant à la fois la problématique de la mobilité et celle des questions de santé dans les communautés rurales.

La bicyclette-ambulance améliore l'accès aux services de santé des communautés rurales

La bicyclette-ambulance est un outil essentiel pour relever le défi que constitue le besoin de mobilité associé aux soins de santé, mais la communauté doit être en mesure d'acquérir l'engin, de prendre en charge sa gestion et de percevoir une redevance d'utilisation.

Les femmes sont les principales utilisatrices. Il est prévu que le Ministère de la Santé fournisse 300 ambulances-bicyclettes par l'intermédiaire des autorités locales de Katakwi. Au-delà de la promotion de la bicyclette-ambulance, FABIO fournit des bicyclettes à un grand nombre de femmes.

Éléments de conclusion

- Il ne sert à rien de donner une bicyclette à une femme sans s'assurer que ses conditions d'utilisation sont satisfaites et la formation assurée.
- Il est indispensable de sensibiliser non seulement les femmes utilisatrices mais aussi leurs maris.
- Il est hautement souhaitable d'organiser des réunions pour permettre aux hommes de se rendre compte de l'usage que les femmes font de la bicyclette.
- Les femmes utilisent de plus en plus l'épargne et le crédit, un moyen parmi d'autres qui contribue à leur émancipation.
- L'émancipation et la prise de responsabilité contribuent au recul des traditions.
- L'accès à la mobilité facilite la prise de responsabilité et l'usage de la bicyclette y contribue.
- Pour développer des initiatives, il faut viser tout autant les hommes que les femmes.
- En ciblant les jeunes filles, l'impact des actions entreprises est d'autant plus durable.
- Il n'est pas possible de parler de la problématique du transport en zone rurale sans mentionner le rôle très important qui est celui des femmes.

TABLE RONDE

Maîtriser la vitesse et l'espace

Benjamin Dessus

A l'issue de ce numéro commun de LEF et des Cahiers de Global Chance, il nous a paru intéressant de débattre de deux questions soulevées par plusieurs des auteurs, celles de **la limitation des vitesses** et celle de **la maîtrise de l'espace**, deux questions qui semblent déterminantes pour l'évolution des transports, de leur consommation et de leurs émissions. Commençons par la vitesse si vous le voulez bien. Comment faire accepter une maîtrise des vitesses alors que nous semblons avoir un goût inné pour la vitesse ?

Marc Wiel

Plutôt qu'un désir de vitesse, nous avons une horreur de l'attente, de l'imprévisibilité, des contretemps. Et donc je pense qu'il y a un troc possible. Ce qu'on peut perdre en vitesse, on peut le gagner en prévisibilité, en organisation de l'espace qui économise des déplacements. La question est donc de sortir d'un mode d'appréhension de ces questions où tout encombrement est ressenti comme une défaillance du système, comme une agression, comme une duperie exercée par la collectivité, qui ne peut se résoudre qu'à condition de dissoudre les bouchons, les encombrements, non seulement pour restaurer le temps, mais pour en gagner, car on résume les finalités du déplacement au déplacement lui-même alors que le déplacement a une autre fonction. Partir de l'idée que la finalité du transport n'est qu'exceptionnellement seulement dans le transport est essentielle pour imaginer les trocs possibles.

Benjamin Dessus

Je garde cependant le sentiment qu'il y a quelque chose d'inné ou, si c'est culturel, d'une longue tradition de goût irrépressible pour la vitesse au niveau du genre humain, pour le plaisir et l'impression de puissance qu'elle donne.

Fabrice Flipo

C'est vrai que l'émulation, la volonté d'aller plus vite que son voisin, etc., sont ancrées depuis longtemps dans nos sociétés, mais en même temps les

Table ronde avec :

Fabrice Flipo

Philosophe, maître de conférence à TELECOM & Management SudParis, membre du groupe de recherche ETOS

Hervé Kempf

Journaliste, auteur de « Pour sauver la planète, sortez du capitalisme » (Seuil, 2009),

Philippe Mühlstein

Membre du Conseil scientifique d'Attac-France

Marc Wiel

Urbaniste, auteur de « Ville et mobilité, un couple infernal, (L'aube 2005)

animé par

Benjamin Dessus

Global Chance

règles du jeu dans lesquelles nous jouons actuellement datent du dix-neuvième siècle, elles ne sont pas universelles. Avec l'idée des rendements croissants qui suppose de gagner du temps pour produire plus dans un mouvement toujours accéléré des matières, du capital, du travail et de l'énergie, elles conduisent à une conception d'un temps accumulable à partir de petits morceaux dans la division du travail. Et la diminution de chacun de ces temps et, parmi eux, de ceux de transport, devient essentielle aux gains de productivité recherchés. Et autant on pourra arriver à maîtriser la relocalisation dans certains cas, par exemple en favorisant la proximité par des politiques foncières ou fiscales adéquates, autant on

peut se poser des questions sur les conséquences en termes de pertes éventuelles de productivité et donc de baisse du pouvoir d'achat qui risquent d'en résulter.

Je pense d'autre part que ce n'est pas tant la griserie de la glisse qui sert de support à notre désir de vitesse que la fascination pour la technique (les fusées, la conquête de l'espace) sans qu'on se rende compte que ce désir de vitesse ne pourra être assouvi que par une infime minorité, du fait des ressources disponibles. Il suffit de lire les spéculations sur la conquête de l'espace par l'homme pour se rendre compte de la duperie qui consiste à faire croire que cela concernera la majorité des humains. Je me souviens de trois desseins publiés par le quotidien français Le Monde et caractéristiques de cette croyance dans la technique : une terre verte où l'homme se déplace à pied, une terre marron où l'homme commence à se déplacer en voiture, et, quand la terre devient noire, une grosse fusée qui emmène l'humanité sur une autre planète.

Philippe Mühlstein

Je partage ce point de vue sur la notion de vitesse en insistant plus sur la construction socio-culturelle du désir de vitesse que sur une réelle pulsion innée de l'homme. On est aujourd'hui, tout au moins dans les pays du Nord, devant une offre

très abondante et très diversifiée de transports. L'image très positive de la vitesse synonyme de liberté et de progrès qui est véhiculée est profondément intégrée et nous conduit à lier la vitesse de nos déplacements à notre statut dans la société: « si je ne vais pas vite, je suis un pauvre type ». C'est de cette construction culturelle et sociale de deux siècles de motorisation qu'il est nécessaire de se dégager, au moins partiellement, ce qui n'est évidemment pas facile. Je pense pourtant que la prise de conscience de la crise environnementale est de nature à nous aider dans la réhabilitation d'une certaine lenteur.

Fabrice Flipo

À ce propos, je voudrais insister sur la révolution de la motorisation du dix-neuvième siècle. En permettant des vitesses jusque-là insoupçonnées, la motorisation des transports a bouleversé les exigences en termes d'infrastructures: il a fallu socialiser ces vitesses, qui ne pouvaient être atteintes qu'avec des machines lourdes et dangereuses, et donc spécialiser des espaces, avec des trottoirs, des rails, des carrefours etc.

Marc Weil

Pour moi, la vitesse est profondément liée au concept de modernité. Et si l'on caractérise notre civilisation par le terme de modernité, alors la vitesse y apparaît comme centrale. La remise en cause de la vitesse heurte donc très profondément tout un système de valeurs tel qu'il s'est progressivement construit depuis plusieurs siècles. En particulier, il devient nécessaire de retourner la formulation de la question que l'on problématise spontanément à partir de soi, du déplacement individuel (je gagne du temps et c'est toujours bon), alors que, pour arriver à un usage sélectif et raisonné de la vitesse, il faut avoir une appréciation des conséquences de cette vitesse en termes collectifs. On s'aperçoit en effet que la vitesse a pour fonction de mettre en concurrence des territoires et des entreprises. Quand la vitesse permet d'aller loin, on met en concurrence des territoires pour les loisirs, mais on peut aussi délocaliser les entreprises. Quand on va vite dans une ville, on peut choisir son quartier, on met donc en concurrence des habitats. La question de la maîtrise des vitesses n'est qu'une manifestation de la recherche de maîtrise des concurrences. Mais cette concurrence s'exerce sur des marchés qui sont tous distincts, ce qui impose de traiter la question de la vitesse en tenant compte de la diversité de ces marchés.

Benjamin Dessus

Mais dans notre relation moderne à la vitesse n'y a-t-il pas aussi l'idée que le temps de transport n'a pas de valeur en soi, est du temps perdu, d'où la nécessité de l'économiser ?

Marc Wiel

Il faut bien prendre conscience à ce propos que ce temps qu'on « gagne » ne reste pas longtemps du temps gagné puisque qu'on passe autant de temps à se déplacer sans faire plus de déplacement. La ville se transforme, se réadapte, et cette adaptation annule le temps « gagné ». Ce gain se transforme en autre chose, de l'espace, de la productivité, une meilleure position dans la compétition pour l'espace, etc.

Hervé Kempf

Cette histoire de temps perdu dépend aussi des modes et des temps de transports. Quand on prend le train pour trois ou quatre heures, en TGV¹ par exemple, bien loin d'être un temps perdu, ce temps peut souvent au contraire être mis à profit pour lire ou écrire des documents dans la tranquillité. C'est complètement différent pour un avion sur des distances comparables car l'émiettement du temps en attentes diverses et trajet rend le temps totalement inutilisable. Cela l'est aussi par rapport au même trajet en voiture, pourtant plus long, mais qui procure dans la plupart des cas la même impression de temps perdu. Cela veut bien dire que l'argument de la vitesse « gain de temps » doit être confronté à une question subsidiaire, celle de la qualité du temps passé dans le moyen de transport.

Philippe Mühlstein

À ce propos, on voit bien que le TGV devient pour beaucoup un véritable bureau qui permet d'assurer la continuité du travail sans rupture ni pause. De ce point de vue, le TGV est très rentable puisqu'il permet à l'entreprise de continuer à faire travailler ses employés pendant les temps de trajets. En fait, dans le cas du TGV, le voyageur a gagné du temps, mais d'abord pour son patron. Il atteint son lieu de travail plus vite et peut donc y consacrer plus de temps et, de plus, son trajet est aussi valorisé sous forme de travail. Finalement dans ce cas, la vitesse permet d'augmenter le temps de travail! Elle peut donc, au contraire de ce que l'on nous dit, devenir parfois un outil de domination supplémentaire.

1 - TGV: Train à Grande Vitesse

Hervé Kempff

Je voudrais ajouter un point qui me paraît important et m'interroger sur la question : la vitesse oui mais pour qui ? Pour aller de Paris en Lozère² aujourd'hui deux solutions : une en quatre heures trente avec le TGV jusqu'à Lyon et un TER³, ou l'ancienne ligne en 6 heures trente. Le problème c'est que la solution rapide coûte près du double. C'est la même chose pour Paris Strasbourg. La vitesse crée donc une discrimination économique et sociale.

Benjamin Dessus

Venons en maintenant à la maîtrise de l'espace, en gardant toujours en tête les conséquences sociales de cette maîtrise de l'espace.

Marc Wiel

Sur la ville, on constate une grande constance du nombre de déplacements, mais un allongement continu assorti d'un accroissement de vitesse de ces déplacements. Plus loin, plus vite, ne procure pas de gains dans le temps. Et là, cela dépend de la nature des déplacements. Pour acheter une savonnette il y a plusieurs endroits possibles. Mais chaque fois qu'on améliore la possibilité d'accéder économiquement à cette savonnette, elle glisse un peu plus loin pour se concentrer dans un endroit où toutes les savonnettes se retrouvent, l'hyper marché régional par exemple. L'acheteur n'a rien perdu en temps, mais le vendeur a gagné en productivité. Il faut donc trouver dans ce cas un équilibre pour que le marchand de savonnettes ne perde pas trop d'argent sans que ce soit au détriment d'une augmentation des émissions de CO2 et des consommations de pétrole. Il y a donc un équilibre nouveau à trouver pour que les services de proximité ne se concentrent pas non plus systématiquement.

En fait, on n'a plus de commerces de quartier que dans des zones très denses et où les déplacements sont lents. Si on veut en faire autant dans des villes moyennes, il faut changer de politique d'urbanisme, en mettant l'accent sur la politique foncière, ce que ces villes ne font en général pas aujourd'hui. Elles mettent la priorité sur l'emploi, et considèrent pour la plupart, sauf là où c'est suffisamment dense, que la domination de la voiture est devenue inévitable. Les collectivités disent qu'il faudrait investir dans l'urbanisme pour créer des pôles de proximité dignes de ce nom, et de la mixité sociale, mais c'est pour l'instant encore le plus souvent incantatoire. Elles ne s'en sortiront pas seules.

2 - Un trajet de l'ordre de 600 km.

3 - TER : Train Express Régional.

Benjamin Dessus

Mais est ce que c'est une condition suffisante ? Ne faut-il pas aussi contraindre la vitesse en la taxant par exemple ?

Marc Wiel

Oui, vous avez raison. Il ne faut pas trop de vitesse non plus pour aller à son travail car quelqu'un d'autre, généralement plus riche, va s'installer à votre place au voisinage de l'emploi occupé, accélérant ainsi la ségrégation sociale. Ou bien les employeurs en profiteront pour concentrer un peu plus les emplois. Le marché de l'habitat dans les grandes villes devient plus tendu, plus cher, plus spéculatif, parce que l'on veut des villes à la fois plus denses et des transports plus rapides, en pensant toujours que tout restera égal par ailleurs. Mais rien, précisément, ne reste égal par ailleurs. Et c'est vrai pour la voiture comme pour un RER⁴ par exemple qui peut provoquer le même genre d'effet pervers. Il faut donc essayer de hiérarchiser l'usage de la vitesse à l'utilité du déplacement. Nous avons du mal à l'admettre car nous nous enfermons dans une approche individuelle qui ignore des dynamiques urbaines impulsées par la mobilité plus facile, lesquelles réclament des régulations appropriées compatibles avec la politique des déplacements souhaitée.

Benjamin Dessus

Est ce que ce raisonnement s'applique uniquement aux pays riches ou aussi dans les pays en développement ?

Marc Wiel

Ce n'est pas sûr. Nous sommes dans nos pays dans un processus de différenciation social gigantesque. Il y a 50 ou 100 ans nous étions plus dans la situation qu'on peut retrouver aujourd'hui dans une ville comme Dakar en termes de structure sociale. Aujourd'hui nous sommes dans un raffinement des positionnements sociaux qui rend majeur l'enjeu de localisation dans l'espace. La société fonctionne à plein sur la différenciation sociale. Ce que nous pensons fondamental à notre épanouissement personnel peut aussi s'avérer le plus dangereux collectivement.

Benjamin Dessus

Cela nous ramène aux questions que soulève Hervé Kempff dans son livre « Comment les riches détruisent la planète » où il montre bien l'influence des plus riches sur les comportements de l'ensemble de la société.

4 - RER : Réseau Express Régional.

Hervé Kempf

C'est vrai que l'extension urbaine structurée par les transports est très largement déterminée par les phénomènes d'inégalité sociale. Aux centres villes des pays riches, la gentry, à la ceinture de la ville intra-muros les cadres supérieurs les cadres moyens et petits bourgeois en périphérie immédiate, les classes les moins favorisées au-delà de la première couronne. D'où la rurbanisation qui rend très difficile la mise en service de transports collectifs du fait des faibles densités. Sans une redistribution des revenus, on ne parviendra pas à redensifier les villes tout en assurant la mixité sociale. La récupération des revenus qui découlent de la spéculation foncière sur les centre ville pour les réaffecter aux investissements indispensables me semble une nécessité incontournable. Aujourd'hui, dans Paris par exemple, il y a beaucoup de logements vides qui sont la propriété de traders londoniens ou d'étrangers fortunés qui sont occupés un week-end par mois, au mieux, et participent ainsi par la pénurie de logements à la spéculation immobilière.

Benjamin Dessus

Parlons maintenant du transport des marchandises qu'on n'a pas abordé avec tout le problème du libre-échange généralisé et des délocalisations.

Philippe Mühlstein

Sur ce point, je trouve que la formule employée par Marc Wiel « la vitesse a pour fonction de mettre en concurrence », qu'il appliquait aux territoires ou à l'habitat est parfaitement adaptée dans le domaine industriel. L'économie capitaliste contemporaine, dans sa version néolibérale, s'appuie sur le libre-échange : il faut que les marchandises puissent se déplacer partout sans barrière, mais à l'autre bout de la chaîne, cela se traduit par la mise en concurrence de la main-d'œuvre au niveau mondial et donc aux délocalisations des productions. Et ce processus est sans fin : il touche les pays du Maghreb avec la délocalisation du textile en Asie et même aujourd'hui la Chine. On voit bien que cette possibilité infinie de se déplacer qui a bouleversé l'organisation économique dans nos pays, avec le juste à temps, les flux tendus etc., n'est possible que parce que le coût du transport reste minime et permet de scinder le processus de production en autant d'opérations que l'on veut pour aller localiser les différents maillons dans les territoires les plus concurrentiels. C'est ainsi qu'un pot de yaourt peut faire 9 000 km avant d'être consommé ou un jean 30 000 km avant d'être porté, avec les conséquences que cela entraîne en termes de consommation énergétique et d'émissions de gaz à effet de serre.

Pour y remédier et maîtriser l'espace, la fiscalité pourrait être un moyen, par exemple en taxant les marchandises aux km qu'elles ont parcourus, même si je suis conscient des divers problèmes d'organisation et d'équité que cela peut soulever. Je pense aussi que la suppression totale des barrières douanières prônée par le FMI est une erreur grave. Elle a conduit les pays à focaliser leur production sur des produits d'exportation, à abandonner les cultures vivrières et à concentrer la population en ville dans de gigantesques bidonvilles. Et puis, au niveau individuel, il me semble nécessaire de repenser la question de la nécessité d'accès constant à tous les produits toute l'année (comme les fraises ou les haricots verts). Ce ne sera pas simple vu notre modèle culturel. Je suis marqué par le message que martelait, il y a quelques dizaines d'années, la corporation des transports routiers qui, se sentant mal-aimée, proclamait le slogan « je roule pour vous ». Mais en fait c'est aussi contre nous puisqu'ils participaient au massacre de la nature et au réchauffement climatique et c'est aussi pour cela que nous perdons nos emplois.

Fabrice Flipo

À ce propos un commentaire. La difficulté est que cette mise en concurrence bénéficie à beaucoup de gens. C'est cela aussi qui fait baisser le coût des produits et c'est pour cela qu'on peut se procurer ces produits à bas prix. Cela veut dire qu'une partie de la société, même si ce n'en est qu'une partie, bénéficie de cette concurrence. Relocaliser, cela veut donc dire aussi accepter de produire plus cher, et donc une baisse du niveau de vie. Autant dans l'agriculture on y voit à peu près clair sur les vertus de la proximité producteurs-consommateurs, autant pour une série de produits industriels, cela l'est beaucoup moins. S'il s'agit de relocaliser les technologies de l'information, la fabrication des TGV ou des avions, très vite on arrive à des choix qui remettent en cause notre vision d'un progrès technique qui n'arrête pas de nous apporter de nouveaux joujoux qui deviennent vite indispensables. Je pense par exemple aux réservations ou aux impôts en ligne sur Internet qui finissent par imposer l'ordinateur et la ligne Internet à haut débit. Il y a une certaine irréversibilité dans l'organisation sociale qui fait que plus on attend plus cela va devenir difficile de revenir en arrière.

Le thème de l'ouverture et de la liberté associée à la concurrence mérite aussi qu'on s'y arrête un instant. J'ai le droit de choisir où je veux habiter, j'ai la liberté de circuler où je veux et quand je veux etc., mais cette liberté associée à la concurrence fait l'impasse complète sur les inégalités actuelles en proposant une vision idyllique d'un progrès tech-

nique salvateur susceptible de rendre ces libertés de choix accessibles à tous. Il me paraît donc indispensable de déboulonner cette idée que la technique va à terme résoudre ce type de contradiction pour remettre au centre du débat la notion de partage et de redistribution. Il faut aussi montrer que la relocalisation n'est pas une fermeture, n'est pas antinomique de l'échange et du « doux commerce », au sens de Montesquieu, mais qu'elle suppose simplement le ralentissement des vitesses pour privilégier la proximité des échanges.

Hervé Kempf

On a souvent un peu tendance à raisonner noir et blanc, on -off. La relocalisation ne veut pas dire que tout va être relocalisé. Si Alstom et Bombardier sont les deux meilleurs fabricants de wagons au monde, on gardera des usines au Canada et en France de ces deux entreprises. Ce n'est pas parce qu'on constate des excès du libre-échange qu'il faut revenir au point zéro et retourner à l'autarcie villageoise. C'est donc un nouvel équilibre qu'il est question de mettre en place. C'est le cas pour les produits agricoles qui sont un enjeu de relocalisation important y compris en termes d'emploi, non seulement dans les pays en développement mais aussi dans les pays développés. Il y a là un mouvement très fort de la société dans ce domaine avec les Bios, les AMAP⁵ etc. qu'il est très important d'accompagner par des politiques publiques volontaristes plutôt que de continuer à favoriser l'agrobusiness. Mais, là encore, avec une exigence de redistribution des revenus. La concurrence et l'ouverture oui, le libre-échange oui, mais au profit de qui ?

Marc Wiel

Moi je vois trois leviers complémentaires d'action : réduire les vitesses, fiscaliser et/ou réglementer les déplacements, fiscaliser et/ou réglementer les localisations. La vraie question étant de savoir comment moduler chacun de ces trois leviers et les combiner. Mais c'est un changement de culture assez gigantesque, car il s'agit de trouver le mode d'encadrement adapté à chaque situation de concurrence sur les différents marchés que nous avons évoqués plus haut (territoires, habitats, biens et services, etc.). Nos institutions territoriales n'ont pas été pensées pour cela. Puis, surtout, utiliser le produit de ces fiscalités pour réinvestir dans les mêmes secteurs et remédier aux inconvénients refusés.

Fabrice Flipo

J'y ajouterai volontiers les suggestions de Gabriel Dupuy dans son livre « La dépendance automobile » avec les trois moyens qu'il propose pour réduire cette dépendance : réduire les places de parking, investir dans le réseau secondaire plutôt que dans les autoroutes et élargir les voies et la priorité des voies non automobiles.

Philippe Mühlstein

Je voudrais encore souligner un point qui me paraît important, celui de l'irréversibilité en matière de transports, avec le constat suivant : plus la vitesse que l'infrastructure de transports permet est importante, plus son irréversibilité est forte. Une ligne TGV ou une autoroute sont construits pour 60 ou 100 ans, un sentier pour dix ans. Il faut donc se poser la question de l'influence de ces infrastructures à long terme sur une série de paramètres directement liés au transport (consommation, émissions, etc.) mais aussi sur l'organisation et l'aménagement des territoires.

Fabrice Flipo

J'aimerais encore citer un point qui touche aux libertés et évoquer les questions que soulèvent les nouvelles technologies d'information et de communication proposées pour améliorer la gestion des trafics et optimiser leurs écoulements, avec des systèmes de surveillance qui permettent cette optimisation en temps réel, mais sont un outil majeur de fichage des individus. Ces outils, utilisés à l'insu du public, peuvent se révéler totalement antinomiques avec la liberté revendiquée comme consubstantielle de l'exercice du « droit à la mobilité »

Marc Wiel

Je voudrais en conclusion citer les autoroutes apaisées de Grenoble comme exemple des compromis à inventer. Confrontées à des embouteillages journaliers, les collectivités locales avaient le choix entre faire de nouvelles voies, gérer par les bouchons ou trouver de nouveaux moyens de régulation. Ils ont d'abord proposé de diminuer la vitesse, y compris en heures creuses, et de permettre aux heures de pointe l'accès de la voie d'urgence à des véhicules prioritaires, bus taxis, etc.. L'idée est donc de faire évoluer l'exploitation de l'infrastructure existante avec une diminution générale des vitesses, mais aussi une segmentation de ces vitesses en fonction de l'utilité sociale des usages. Je pense que c'est un enjeu aussi important pour les urbanistes dans les 20 ans qui viennent que celui de la promotion des transports collectifs.

5 - AMAP : Association pour le Maintien d'une Agriculture Paysanne.

POUR EN SAVOIR PLUS

Adresses internet

Pierre Cornut

Atlas Conseil / Global Chance

Maryse Labriet

Environnement Énergie Consultants

Avertissement: Les références qui suivent permettent de poursuivre la réflexion mais ne constituent pas une liste exhaustive des informations disponibles sur le thème « Transports, énergie et climat ».

Organisations gouvernementales et intergouvernementales

- **Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (France)**, section « Transports »
<https://www.ademe.fr>
- **Agence européenne de l'environnement**, section « Transports »
<http://www.eea.europa.eu/fr/themes/transport/intro>
- **Agence Française de Développement**, section « Transport »
<http://www.afd.fr/jahia/Jahia/home/Portail-Projets/Transport>
- **Agence Internationale de l'Énergie**, onglet « By Topic » puis « Transports »
<http://www.iea.org>
- **Asian Development Bank**, section « Transport »
<http://www.adb.org/Transport/default.asp>
- **Banque Mondiale**, section « Transport »
<http://go.worldbank.org/0SYVJWB40>
- **Commission Européenne**, activités « Transports et environnement »
<http://ec.europa.eu/environment/air/transport/index.htm>
- **Fonds pour l'Environnement Mondial**, programme opérationnel « Transports écologiquement viables »
<http://www.gefweb.org/interior.aspx?id=74>
- **Forum International des Transports 2008** : « Transports et énergie, le défi du changement climatique »
<http://www.internationaltransportforum.org/Topics/forum2008fr.html>
- **Global Initiative on Transport Emissions**
<http://www.un.org/esa/gite>
- **Organisation de Coopération et de Développement Économique**, section « Transports »
http://www.oecd.org/about/0,3347,fr_2649_34363_1_1_1_1_1,00.html
- **Organisation Mondiale du Commerce**, section « Commerce et changements climatiques »
http://www.wto.org/french/tratop_f/envir_f/envir_f.htm - climate
- **Organisation Mondiale du Tourisme**, section « Climate Change and Tourism »
<http://www.unwto.org/climate/index.php>

Adresses internet

- **Organisation des Nations Unies, DAES, Division du développement durable, section « Transport »**
<http://www.un.org/esa/sustdev/sdissues/transport/transp.htm>
- **Programme de Démonstration en Transports Urbains (Canada)**
<http://www.tc.gc.ca/programmes/environnement/pdtu/menu.htm>
- **Programme des Nations Unies pour l'Environnement, section « Moving towards Sustainable Mobility »**
<http://www.unep.fr/energy/transport>
- **Sustainable Urban Transport Project – Asia**
<http://www.sutp.org>
- **Transports Canada, section « Environnement »**
<http://www.tc.gc.ca/environnement/menu.htm>

Organisations non gouvernementales

- **Accès Transports Viables (Canada)**
<http://www.transportsviables.org>
- **America Walks (États-Unis)**
<http://www.americawalks.org>
- **Association pour l'étude des pics de production de pétrole et de gaz naturel (France)**
<http://aspofrance.org>
- **Association française de développement des vélos routes et voies vertes**
<http://www.af3v.org>
- **Center for Clear Air Policy (États-Unis), section « Issues » puis « Transportation and smart growth »**
<http://www.ccap.org>
- **Congress for the New Urbanism (États-Unis), section « Low-Carbon Urbanism Campaign »**
<http://www.cnu.org/climate>
- **Coopération pour le Développement et l'Amélioration des Transport Urbains et Périurbains**
<http://www.codatu.org>
- **Eurocities, sections « Environment » et « Mobility »**
<http://www.eurocities.org/main.php>
- **European Federation for Transport and Environment**
<http://www.transportenvironment.org>
- **Groupement des Autorités Responsables de Transport (France)**
<http://www.gart.org>
- **Équiterre (Canada), section « Transport écologique »**
<http://www.equiterre.qc.ca/transport/index.php>
- **Institute for Transportation & Development Policy (États-Unis)**
<http://www.itdp.org>
- **Option Transport Durable (Canada)**
<http://www.transportdurable.qc.ca>
- **Project for Public Spaces (États-Unis), section « Building Communities through Transportation »**
<http://www.pps.org/transportation>

- **Réseau Action Climat** – France, rubrique « Transport »
http://www.rac-f.org/rubrique.php?id_rubrique=66
- **Sierra Club** (États-Unis), section « Challenge to Sprawl Campaign »
<http://www.sierraclub.org/sprawl>
- **The Surface Transportation Policy Project** (États-Unis)
<http://www.transact.org>
- **Union Internationale des Transports Publics**
<http://www.uitp.org>
- **Walkable Communities** (États-Unis)
<http://www.walkable.org>
- **World Business Council for Sustainable Development**, section « Sector projects » puis « Mobility »
<http://www.wbcsd.ch>
- **World Resources Institute** (États-Unis), section « Climate, Energy & Transport »
<http://www.wri.org/climate>

Recherche et expertise

- **Experts in Climate Change and Tourism**
<http://www.e-clat.org>
- **Centre d'Étude sur les Réseaux, les Transports, l'Urbanisme** (France)
<http://www.certu.fr>
- **Centre de Recherche sur les Transports** (Canada)
<http://www.crt.umontreal.ca/index.php>
- **Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité** (France)
<http://www.inrets.fr>
- **Laboratoire d'Économie des Transports** (France)
<http://www.let.fr>
- **Laboratoire Techniques, Territoires et Sociétés** (France), section « Transports et déplacements »
http://latts.cnrs.fr/site/ob_1.php?Id=3
- **Passerelle de recherches sur les transports au Canada**
<http://www.tc.gc.ca/ctrp-prtc/fr/040.aspx>
- **Post Carbon Institute** (États-Unis)
<http://postcarbon.org>
- **Programme de Recherche et d'Innovation dans les Transports Terrestres** (France)
<http://www.predit.prd.fr/predit3/homePage.fo>
- **Projet Énergie Transport Habitat Environnement Localisations** (France)
<http://ethel.ish-lyon.cnrs.fr/Projet.htm>
- **Solidarité Internationale sur les Transports et la Recherche en Afrique Sub-Saharienne**
<http://www.sitrass.org>
- **Sprawl Watch Clearinghouse** (États-Unis)
<http://www.sprawlwatch.org>

- **The Geography of Transport Systems** (États-Unis)
<http://www.people.hofstra.edu/geotrans>
- **Traffic Calming – Measures, Programs and References** (États-Unis)
<http://www.trafficcalming.org/index.html>
- **Transportation Sustainability Research Center** (États-Unis)
<http://www.its.berkeley.edu/sustainabilitycenter>
- **Victoria Transport Policy Institute** (Canada)
<http://www.vtpi.org/tdm/index.php>
- **World Transport Policy and Practice Journal** (Royaume-Uni)
<http://www.eco-logica.co.uk/worldtransport.html>

Autres publications

- **Feng A. and A. Sauer, 2004.** Comparison of Passenger Vehicle Fuel Economy and GHG Emission Standards Around the World. Pew Center on Global Climate Change. http://www.pewclimate.org/global-warming-in-depth/all_reports/fuel_economy
- **IPCC** (Kahn Ribeiro, S., S. Kobayashi, M. Beuthe, J. Gasca, D. Greene, D. S. Lee, Y. Muromachi, P. J. Newton, S. Plotkin, D. Sperling, R. Wit, P. J. Zhou), 2007. Transport and its infrastructure. In: Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg3/ar4-wg3-chapter5.pdf>
- **JTRC, OECD, ITF, 2008.** Transportation Outlook 2008. Focussing on CO2 Emissions from Road Vehicles. Discussion Paper N° 2008-13. Joint Transport Research Centre of the Organisation for Economic Cooperation Development and the International Transport Forum. <http://www.internationaltransportforum.org/jtrc/DiscussionPapers/DP200813.pdf>
- **JTRC, OECD, ITF, 2008.** The Cost and Effectiveness of Policies to Reduce Vehicle Emissions. Summary and Conclusions. Discussion Paper N° 2008-9. Joint Transport Research Centre of the Organisation for Economic Cooperation Development and the International Transport Forum <http://www.internationaltransportforum.org/jtrc/DiscussionPapers/DP200809.pdf>
- **OCDE, 2008.** Tables rondes FIT - No. 139 Pétrole et transports. La fin des carburants à prix abordable? Forum International des Transports. Éditions Organisation de Coopération et Développement Économiques. <http://www.internationaltransportforum.org/Pub/roundtablesfr.html>
- **OCDE, 2008.** Environmentally Harmful Subsidies in the Transport Sector. Rapport ENV/EPOC/WPNEP/T (2007) 1/FINAL. Organisation de Coopération et Développement Économiques. [http://www.oecd.org/olis/2007doc.nsf/LinkTo/NT00005D5A/\\$FILE/JT03242218.PDF](http://www.oecd.org/olis/2007doc.nsf/LinkTo/NT00005D5A/$FILE/JT03242218.PDF)

RECTIFICATIF

Dans un article intitulé « les coûts des marées noires » paru au 1er trimestre 2007 dans le numéro 74 de la Revue LEF, M. Henri WANKO a, à plusieurs reprises, utilisé un article publié par Mme Valentine ERNE-HEINTZ dans le Journal des Accidents et des Catastrophes (numéro 2, mars 2002), et intitulé « Erika ou les difficultés d'une monétarisation des effets d'une pollution accidentelle des eaux », sans que référence explicite ait été faite à cet article. La rédaction de LEF souhaite que cet oubli soit rectifié.



« La ville » Benjamin Dessus - 2007

Global Chance est une association de scientifiques qui s'est donné pour objectif de tirer parti de la prise de conscience des menaces qui pèsent sur l'environnement global pour promouvoir les chances d'un développement mondial équilibré. Global Chance se propose de mettre les compétences



scientifiques de ses membres au service d'une expertise publique multiple et contradictoire. Elle a pour objectif d'identifier et de promouvoir des réponses collectives nouvelles et positives aux menaces de changement global dans un esprit de solidarité Nord-Sud, d'humanisme et de démocratie. Publie deux fois par an *Les Cahiers de Global Chance*.

Global Chance

Global Chance - 17 ter, rue du Val - 92190 Meudon - France - Tél. : +33 (0)1 46 26 31 57
contact@global-chance.org / www.global-chance.org

LA FRANCOPHONIE AU SERVICE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE

L'Institut de l'énergie et de l'environnement de la Francophonie (IEPF), organe subsidiaire de l'Organisation internationale de la Francophonie, est né en 1988 de la volonté des chefs d'États et de gouvernement des pays francophones de conduire une action concertée visant le développement du secteur de l'énergie dans les pays membres. En 1996, cette action a été élargie à l'Environnement.

Basé à Québec, l'Institut a aujourd'hui pour mission de contribuer au renforcement des capacités nationales et au développement de partenariats dans les domaines de l'énergie et de l'environnement.

Meilleure gestion et utilisation des ressources énergétiques, intégration de l'environnement dans les politiques nationales dans une perspective durable et équitable, tels sont les buts des interventions spécifiques de l'IEPF - formation, information, actions de terrain et concertation - menées en synergie avec d'autres programmes de l'Organisation internationale de la Francophonie et notamment ceux issus de la mission D du Cadre stratégique décennal de la Francophonie: « Développer la coopération au service du développement durable et de la solidarité ».

La programmation mise en œuvre par l'IEPF en 2006-2009 visera notamment à :

- améliorer les conditions d'élaboration et de mise en œuvre de stratégies nationales de développement durable,
- développer les pratiques de gestion durable des ressources naturelles et de l'énergie: Maîtrise des Outils de Gestion de l'Environnement pour le Développement (MOGED), utilisation durable de l'énergie (UDE), Politiques énergétiques (POLLEN),
- accroître les capacités des pays francophones en développement à participer aux négociations internationales sur l'environnement et le développement durable.

L'Institut de l'énergie et de l'environnement de la Francophonie

56, rue Saint-Pierre, 3^e étage
Québec (QC) G1K 4A1
CANADA

Téléphone : 1 418 692-5727
Télécopie : 1 418 692-5644
iepf@iepf.org / www.iepf.org





**INSTITUT DE L'ÉNERGIE ET DE L'ENVIRONNEMENT
DE LA FRANCOPHONIE (IEPF)**
56, rue Saint-Pierre, 3^e étage, Québec (Québec) G1K 4A1 Canada
L'IEPF est un organe subsidiaire de l'Organisation internationale de la Francophonie



GLOBAL CHANCE
17 ter, rue du Val
92190 Meudon-France