

Dominique BOUF (LET - ITLS, University of Sydney)
Pierre-Yves PÉGUY (LET)
Stéphanie SOUCHE (LET)
Jean-Louis ROUTHIER (LET)
Nicolas OVTRACHT (LET)

Avec la participation de Jean-François DOULET

***Cette recherche a bénéficié du financement de la DAEI, Ministère des Transports,
sous la supervision de Mr Philippe Gratadour***

« Vendre et acheter, c'est transformer des mirages en réalité »

San Shi Liu Ji

Résumé du rapport de recherche intitulé : « Les transports en Chine en 2050 », DAEI, 2005

Bouf, D., Péguy, P-Y., Souche, S., Ovtracht, N., Routhier, J-L

Laboratoire d'Economie des Transports (L.E.T.)
UMR CNRS n°5593- Université Lumière Lyon 2 - E.N.T.P.E.
ISH -14, avenue Berthelot
69 363 Lyon - France
+33 -(0)4-72-72-64-03
dominique.bouf@let.ish-lyon.cnrs.fr

1. Introduction

En 1960, le Japon était un pays en développement plus pauvre que l'Argentine. Ce rappel est issu du rapport « BRIC » publié par Goldman Sachs en 2003 et réalisé par Wilson et Purushothaman qui s'interroge sur le développement de quatre grandes économies émergentes : le Brésil, la Russie, l'Inde et la Chine. Les auteurs de ce même rapport, utilisant des hypothèses réalistes et des tests de sensibilité, donnent une projection médiane pour le PIB par habitant de la Chine qui la situe à peu près au niveau du Japon de l'an 2000 et de la France en 2020.

En un mot, en 2050, la Chine sera développée. Cette hypothèse, confortée par d'autres études (Levine and Renelt 1992, Académie des Sciences chinoises) est bien sûr un signe d'espoir et d'opportunité. Elle ne va pas sans poser un certain nombre de questions en termes de transport et de mobilité.

Le développement accéléré de la Chine est à la fois une chance, par les possibilités d'investissements qu'il autorise et un handicap par l'explosion de la demande qu'il provoque.

Partant de ces constats, nous adoptons une démarche de prospective à long terme pour fournir des éléments de compréhension sur les transports en Chine en 2050. L'intérêt de cette démarche finale est tout à la fois d'éclairer la stratégie d'investissement, de comprendre l'impact global des transports sur l'évolution de la société chinoise mais aussi de pouvoir apprécier si un scénario n'est pas désirable.

Ce texte résume une recherche sur les transports en Chine en 2050 demandée au Laboratoire d'Economie des Transports par la DAEI (METL) en 2004. A cette date (2050), très vraisemblablement, la Chine sera développée. Diverses approches méthodologiques ont été mobilisées :

- la comparaison (on compare la Chine à des pays actuellement développés) ,
- les projections, selon différentes méthodes ;
- la modélisation (on suppose que la Chine se comporte comme la moyenne d'un échantillon de pays).

La première partie de ce résumé sera consacrée aux facteurs déterminants pour les transports en Chine en 2050, puis nous aborderons successivement les transports interurbains et urbains, avant de finir par les questions portuaires et aéroportuaires.

2. Facteurs déterminants pour les transports en Chine en 2050

2.1 Macro-économie

Trois scénarios macro-économiques sont élaborés (Tableau 1).

Tableau 1 : Trois scénarios macro-économiques

	Scénario haut	Scénario moyen	Scénario bas
P.I.B./ Hab. en \$ US 2003	44 800	31 357	21 600
Taux de croissance (en %)	6.1	5	4.2
Définition	Scénario « Coréen »	Scénario « BRIC ¹ »	Scénario crise structurelle

¹ Brésil, Russie, Inde, Chine in Goldman and Sachs, 2003, Global Economic Paper n°99, 24p..

Scénario moyen

Ce résultat pour la Chine d'un PIB/habitant en 2050 équivalent à celui du Japon aujourd'hui (2000), - de l'ordre de 32 000\$ - offre un point de départ pour l'étude et constitue un scénario moyen. En termes de variation, il correspond à un taux de croissance annuel moyen de 5 %.

Scénario haut

Pour construire ce scénario, nous combinons les éléments suivants :

- Entre 2000 et 2005 : croissance économique observée ou prévue pour la Chine
- Entre 2006 et 2046 : croissance économique coréenne de 1960 et 2000 (données Banque Mondiale)

Ce scénario est donc limité à 2046 (et non 2050) mais il est déjà éloquent. Il conduit à un PIB par habitant égal à 44 820 (US\$ constants 2003), soit une croissance moyenne sur la période de 6,1 %. Ce serait évidemment une croissance remarquable, mais notoirement inférieure à la croissance réalisée par la Chine sur les deux décennies précédentes (taux de croissance supérieur à 9 %). Une croissance « à la coréenne » se caractérise par des crises structurelles absorbées avec facilité et une croissance vigoureuse sur très longue période.

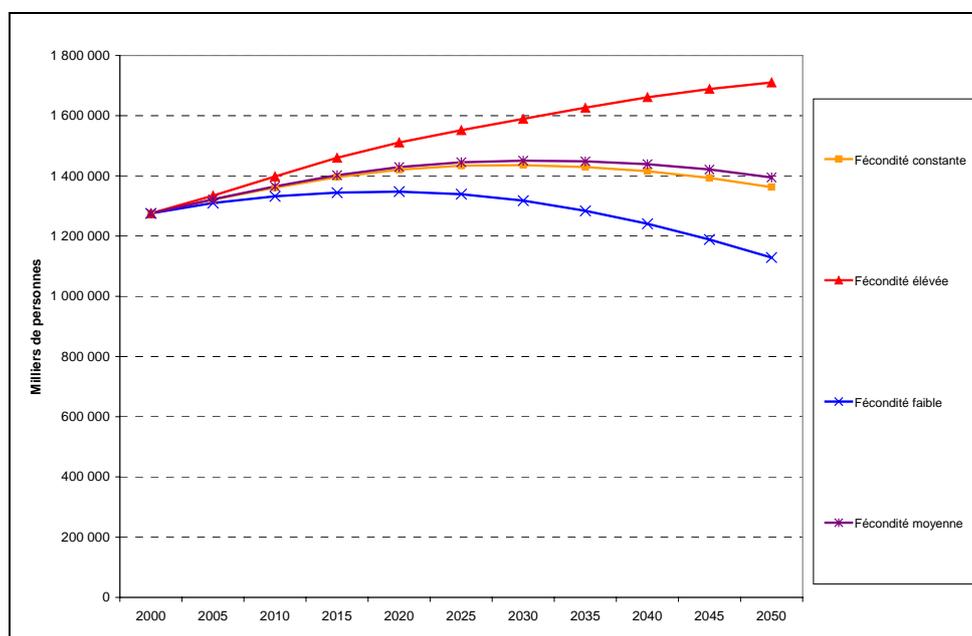
Scénario bas

Nous retenons pour ce scénario l'évolution de la croissance japonaise pendant 40 ans avec un prolongement durant dix ans de la croissance japonaise des années 90. Le PIB par habitant serait alors de 21 631 US\$, équivalent à celui de France en 2000. Le taux annuel moyen de croissance du PIB serait de 4,2%.

2.2. Démographie

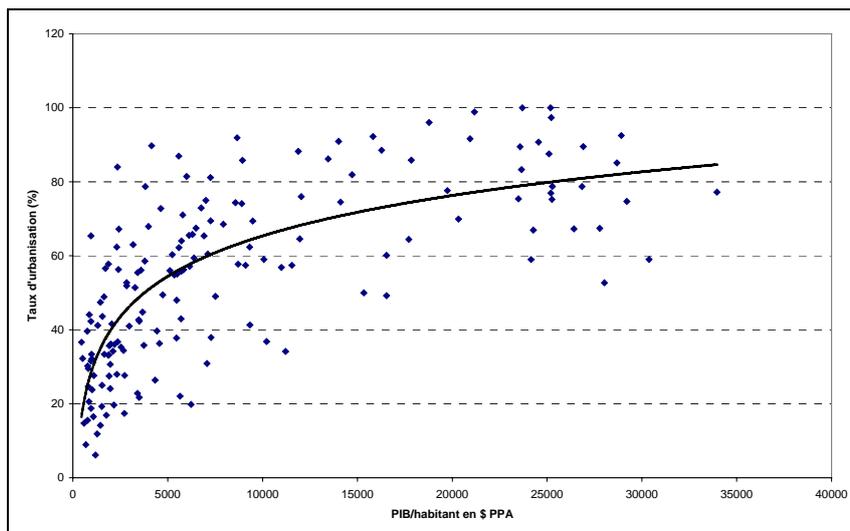
Les Nations Unies ont réalisé des projections de population totale pour la Chine à l'horizon temporel de 2050. Quatre hypothèses de fécondité ont été retenues : fécondité constante, fécondité élevée, fécondité faible et fécondité moyenne. Selon ces quatre hypothèses, la population chinoise serait comprise en 2050 entre 1,1 et 1,7 milliard d'individus.

Figure 1 : Projections de population pour la Chine



L'agence des Nations Unies pour la population a estimé également l'évolution de la population urbaine et la population rurale en retenant 2030 et non 2050 comme horizon temporel. Actuellement de 36%, le taux de population urbaine serait en 2015 de 50% et de 61% en 2030. Pour la projection en 2050, nous avons estimé économétriquement les variables explicatives du taux d'urbanisation sur un échantillon de 160 pays en l'an 2000. Dans un premier temps, seul le PIB a été retenu. Les résultats de l'estimation sur la base d'une fonction logarithme offre des résultats significatifs (Cf. Tableau 2)

Figure 2 : Relation taux d'urbanisation et PIB/habitant \$PPA en 2000 (effectif : 160 pays)



$$TXURB = f(LN(PIB / HAB)) \quad (1)$$

Tableau 2 : Résultats de l'estimation du taux d'urbanisation en fonction du GDP/hab. en \$ PPA.

	Coeff.	Std.Err.	t-ratio	P-value
ONE	-77,5651	9,6075	-8,07339	1,63425e-013
LNGDP/CAP	15,475	1,12142	13,7995	0
R2 = 0,5436				

L'introduction de la surface totale du pays exprimée en km² ne modifie pas les résultats précédents. Les signes des paramètres restent conformes à ce qui est attendu.

$$TXURB = f(LN(PIB / HAB); LNSURF) \quad (2)$$

Tableau 3 : Résultats de l'estimation du taux d'urbanisation en fonction du GDP/hab. en \$ PPA et de la surface.

	Coeff.	Std.Err.	t-ratio	P-value
ONE	-92,8747	12,6664	-7,33234	1,15207e-011
LNSURF	0,809494	0,525339	1,5409	0,125368
LNGDP20	16,2188	1,15227	14,0755	8,88178e-016
R ² = 0,5564				

L'introduction du niveau de population (exprimé en log) en plus de la surface et du niveau de PIB/hab. en \$PPA n'accroît pas le pouvoir explicatif du modèle global. En outre, la surface et la population sont non significatives dans ce cas.

Tableau 4 : Résultats de l'estimation du taux d'urbanisation en fonction du GDP/hab. en \$ PPA, de la surface et de la population.

	Coeff.	Std.Err.	t-ratio	P-value
ONE	-97,655	15,1057	-6,46479	6,20107e-010
LNGDP20	16,1667	1,15816	13,959	0
LNSURF	0,435582	0,829124	0,525352	0,600089
LNPOP20	0,60965	1,04438	0,583744	0,560241
R ² = 0,5545				

D'après le modèle 1, le taux de population urbaine pour la Chine en 2050 serait compris entre 76% et 88%. En retenant le modèle 2, ce pourcentage de population urbaine serait compris entre 82% et 93% en 2050.

Des scénarios globaux sont ensuite élaborés qui combinent économie et démographie, selon leurs effets sur la demande de transport : scénario haut correspondant à une forte croissance économique et démographique, scénario bas relatif à une faible croissance économique et démographique et scénario moyen renvoyant à une situation intermédiaire.

3. Développement des réseaux de transports interurbains

3.1 Le réseau ferroviaire

Le réseau ferroviaire chinois, qui supporte déjà la densité de trafic la plus importante du monde est soumis à de fortes contraintes. En dépit d'un développement vigoureux, mais inférieur à ce qu'ont connu les pays européens lors de la Révolution Industrielle, on peut estimer que le rôle du chemin de fer va s'atténuer dans les décennies qui viennent. Ce problème de capacité ferroviaire ne manquera pas d'avoir des conséquences sur le réseau routier. Nous examinerons successivement les projections qui peuvent être établies et un modèle de référence, qui simule le réseau ferroviaire à l'horizon de l'étude.

Nous utilisons ici un ratio « naïf » de km de ligne par habitant (Tableau 5).

Tableau 5 : Ratios du nombre de kilomètres de lignes ferroviaires par million d'habitants en 2002 et 2004 pour différents pays

	Chine	Corée	Japon	France	Etats-Unis (Amtrak+C1)
Ratio km de ligne ferroviaire par million d'habitants	45	65,4	158,2	485,9	1 103,6

Sources : U.I.C. 2002 pour les autres pays – MOR (Ministry of Railways)

Entre 1998 et 2002, la Chine a construit environ 1 400 km de ligne par an (croissance annuelle de 2%). Pour rejoindre le ratio du Japon en 2050, il faudrait construire plus de 4 000 km par an (croissance annuelle nécessaire de 2,8%). Pour atteindre le ratio de la France, plus 16 000 km de lignes par an seraient à réaliser (croissance annuelle nécessaire de 5,3%), pour un niveau équivalent à celui des Etats-Unis, presque 40 000 km par an seraient à engager (croissance annuelle nécessaire de 7,2%). Sur la base de simples ratio, la Chine paraît bien loin de pouvoir rejoindre les Etats-Unis ou même le Japon.

Il est également possible de construire un modèle de référence pour le réseau ferroviaire chinois, qui intègre la population, la surface et la richesse (PIB par habitant). Voici les résultats de ce modèle calibré sur les 68 pays pour lesquels toutes les données sont disponibles² (Tableau 6).

² Données World Bank, 2003, World Development Indicators (W.D.I.), Cd Rom.

Tableau 6 : Estimation du modèle relatif aux kilomètres de lignes ferroviaires

	Coefficients	Erreur-type	Statistique <i>t</i>	Probabilité
Constante	-48,668	4 766,145	-0,01021	0,991887
Surface	-0,02498	0,002441	-10,2321	5,08E-15
Population	5,4E-05	5,69E-06	9,489517	9,29E-14
Ln PIB/Habitant)	436,2184	592,87	0,735774	0,464599
Surface * Ln (PIB/habitant)	0,003788	0,000293	12,93302	2,17E-19
$R^2 = 0,909827$				

Appliqué aux trois scénarios précédemment élaborés, ce modèle donne les résultats suivants (Tableau 7) :

Tableau 7 : Résultats d'estimation de la taille du réseau ferroviaire en Chine en 2050 selon plusieurs hypothèses

Résultats	Scénario haut	Scénario moyen	Scénario bas
Taille du réseau ferroviaire en 2050 (km)	239 699	210 127	181 391

La planification chinoise prévoit pour l'instant un réseau de 100 000 km. En dépit des efforts importants que cela représente, ce réseau sera notoirement insuffisant pour la Chine développée de 2050. Nous y reviendrons lors de l'examen des déséquilibres offre-demande.

3.2 Le réseau routier

Nous suivons la même démarche que pour le réseau ferroviaire : examen des ratios et construction d'un modèle de référence. Même si la définition d'une autoroute n'est pas universelle, les ratios suivants sont riches d'enseignements.

Tableau 8 : Ratio du nombre de kilomètres d'autoroutes par million d'habitants en 2003

	Chine	Japon	Corée	France	Etats-Unis	Californie
Ratio de Km d'autoroutes par million d'habitants	22,8	54,3	58,1	173,1	293,2	625,0

Sources : Statistiques Nationales.

Le développement des autoroutes est, en Chine, extrêmement rapide, en vertu de la facilité des cofinancements. Il est très difficile dans ces conditions, de réaliser des projections. Les résultats diffèrent considérablement selon la méthode retenue. Nous nous sommes donc tournés vers la méthode des modèles de référence (Tableau 9), utilisée par ailleurs. Les résultats sont décrits dans le tableau suivant (Tableau 10).

Tableau 9 : Estimation du modèle relatif aux kilomètres de réseaux routiers

	Coefficients	Erreur-type	Statistique <i>t</i>	Probabilité
Constante	-38,2112179	29,2110568	-1,30810803	0,19279854
Ln (PIB)	56,4099289	15,6921025	3,59479737	0,00043733
Surface	0,03560326	0,0096266	3,69842642	0,00030189
Population	0,00181881	0,00014738	12,3407434	1,0118E-24
$R^2 = 0,63$				

Le réseau chinois serait donc compris entre 3 et 4 millions de kilomètres de route. Deux restrictions importantes doivent être prises en compte :

- le modèle routier est le moins bien ajusté des modèles à trois facteurs que nous utilisons, c'est le fruit probablement des données, mais aussi du fait que nous n'avons pas introduit de terme croisé, pour des questions de colinéarité. 60 % de la variance est prise en compte.
- les données routières sont hétérogènes et peu fiables. Selon le type d'infrastructure, la capacité d'un kilomètre de route peut varier dans des proportions importantes.

Tableau 10 : Résultats d'estimation de la longueur du réseau routier en Chine en 2050

<i>Résultats</i>	Scénario haut	Scénario moyen	Scénario bas
Longueur du réseau routier en Chine en 2050 (km)	4 007 098	3 431 594	2 907 374

Le réseau routier de référence chinois serait donc sensiblement plus petit que le réseau US (6 millions de km), qui fait figure d'exception. Notons cependant qu'en vertu de la croissance extraordinaire du réseau autoroutier, la capacité pourrait être significativement supérieure à ce que la seule longueur exprimée (par rapport à la moyenne de l'échantillon).

3.3. Le parc automobile

Le parc automobile chinois est en pleine explosion. Pour les pays développés, la densité automobile est comprise entre 400 et 600 véhicules par milliers d'habitants³. Si nous appliquons ces taux aux projections de population chinoise selon les scénarios précédemment élaborés, nous obtenons les résultats suivants (Tableau 11).

Tableau 11 : Hypothèses et résultats de l'estimation du nombre de véhicules en Chine en 2050

<i>Hypothèses</i>		
Population : niveau (milliard d'habitants)	1,7	1,1
Motorisation : taux de motorisation (nombre de véhicules pour 1 000 habitants)	600	400
<i>Résultats</i>	Scénario haut	Scénario bas
Nombre de véhicules (en millions)	1 020	452

Il n'est donc pas impossible de considérer qu'un milliard de véhicules circuleront en Chine en 2050. Mais ces résultats sont un peu frustrés. A l'image de ce qui a été fait dans les autres domaines, nous pouvons calibrer un modèle sur un échantillon de pays⁴. Le modèle est présenté dans le tableau ci-après (Tableau 12).

Tableau 12 : Estimation du modèle relatif au nombre de véhicules

	Coefficients	Erreur-type	Statistique <i>t</i>
Constante	-2,5E+07	8655271	-2,88788
Surface	-37,9544	3,886418	-9,76592
Population	0,389017	0,029769	13,06799
Ln (PIB)	2590028	920146,6	2,8148
Surface * Ln (PIB)	3,903541	0,420907	9,274126
$R^2 = 0,960743$			

Appliqués aux scénarios pour la Chine en 2050, nous obtenons les résultats suivants.

Tableau 13 : Résultats de l'estimation du nombre de véhicules en fonction du PIB/hab. en \$ PPA, de la population, de la surface et de la combinaison surface et PIB/hab

	Scénario haut	Scénario moyen	Scénario bas
Nombre de véhicules (millions de véhicules)	697,32	564,29	441,68
Taux d'équipement des individus en %	41%	40%	39%

Il semble qu'entre 450 et 700 millions de véhicules pourraient circuler en Chine en 2050. Il reste alors à savoir si les réseaux de référence permettent effectivement à ces véhicules de circuler.

³ Les chiffres sont issus du Centre Français des Constructeurs Automobiles.

⁴ En utilisant les données issues de la base W.D.I., *op cit*. Pour éviter les croissances exponentielles, l'échantillon comprend les pays plus riches que la Turquie.

3.4 le transport de marchandises et voyageurs

Nous avons estimé dans un premier les élasticités passagers.km (P.KM) et des tonnes.km (TKM) au PIB/hab. sur la base des données chinoises actuelles. Sur la base de ces résultats et de des valeurs observées dans d'autres pays, nous avons retenu trois hypothèses de niveaux d'élasticités. Combinées aux hypothèses de PIB/hab. pour 2050, elles permettent d'estimer le niveau de trafics de personnes et de marchandises pour 2050.

Tableau 14 : Différentes hypothèses concernant les élasticités des tonnes.km et des passagers.km au PIB/habitant.

	Elasticité P.KM / PIB/hab.	Elasticité T.KM / PIB/hab.
Hypothèse 1	0,75	0,5
Hypothèse 2	1	0,75
Hypothèse 3	1,25	1

Tableau 15 : Résultats en termes de tonnes.km en 2050 (Milliards)

Elasticité T.KM / PIB/hab.	0,5	0,75	1
PIB /Hab. (\$ US)			
31 357	13 945	25 544	46 424
21 632	11 613	19 372	32 026
44 820	16 869	33 681	66 357

Tableau 16 : Résultats en termes de passagers.km en 2050 (Milliards)

Elasticité P.KM / PIB/hab.	0,75	1	1,25
PIB /Hab. (\$ US)			
31 357	7 114	12 930	23 322
21 632	5 395	8 919	14 620
44 820	9 381	18 481	35 944

Les montants de ces tonnes.km correspondraient à des croissances annuelles moyennes comprise selon les valeurs basses et hautes du PIB/hab. et des élasticités entre 2,5% et 6,3%. Pour les passagers.km, ces croissances annuelles moyennes suivant les valeurs extrêmes des hypothèses du PIB/hab. et des élasticités évolueraient dans un intervalle de 3,7% à 7,8%.

Dans le cas des valeurs hautes des élasticités, le volume de passagers comme de marchandises apparaît gigantesques et comme très peu probables.

3.5. Les déséquilibres offre-demande

Pour envisager les déséquilibres offre-demande, nous avons recours aux hypothèses suivantes :

1. La densité de trafic sur le réseau ferroviaire est constante ;
2. La densité de trafic sur le réseau routier est celle du réseau des Etats-Unis, pour lequel nous avons les données ;
3. C'est le trafic en véhicules particuliers sur le réseau qui est la variable d'ajustement ;
4. Si ce trafic est trop faible on calcule l'extension du réseau routier qui permettrait une mobilité « suffisante » véhicules particuliers;
5. Le trafic marchandises est affecté par priorité au réseau ferroviaire. Toutefois, si la part modale du fer obtenue est trop importante, un partage modal exogène est simulé.

Dans le cadre de ce résumé, on présentera seulement les résultats :

Un ratio de Tkm à l'américaine se heurte à une quasi impossibilité, il faudrait multiplier la capacité du réseau routier ou la densité de trafic par 5.

Un scénario à la japonaise conduit à des mobilités véhicules particuliers très faibles. Seule une augmentation de 70 % de la capacité du réseau ou de la densité de trafic permet de s'approcher du kilométrage parcouru par les véhicules japonais.

Dès lors, il semble très probable que la mobilité en véhicules particuliers soit très faible en Chine en 2050, probablement de l'ordre de 5 000 à 10 000 km par an.

4. Le transport en urbain

Pour estimer la mobilité urbaine d'une ville chinoise théorique à l'horizon 2050, nous avons construit différents scénarios d'évolution. Ils sont construits sur le calibrage d'une sorte de modèle explicatif de la mobilité. Dans un second temps, on alimente ce dernier en utilisant, pour les variables actives, les valeurs actuelles qu'elles connaissent dans certains pays aujourd'hui. Si en termes de densité urbaine, en 2050 Shanghai ressemble à Tokyo aujourd'hui, nous estimons la mobilité et le partage modal de Shanghai en 2050. Pour construire ces scénarios urbains nous avons utilisé la base de données de l'I.U.T.P.⁵.

Sans trop de surprise, les résultats montrent que la mobilité des personnes augmente lorsque leur niveau de richesse s'accroît alors que dans le même temps une densité urbaine forte et un coût d'usage élevé la réduisent.

Il est fort peu probable qu'à l'avenir la densité urbaine des villes chinoises soit faible (elle est déjà de 220 hab/ha à Shanghai en 2001) et que le coût d'usage de la voiture particulière ne se réduise (à cause de la hausse des prix des carburants, de la mise en place d'une tarification du stationnement ...). Dans ces circonstances, la mobilité d'une ville chinoise théorique – ayant une densité urbaine équivalente à celle de Shanghai (220 hab/ha) ou de Hong Kong (320 hab/ha) aujourd'hui et un coût d'usage moyen comme celui de Hong Kong aujourd'hui - se situerait seulement autour de 2 déplacements par jour et *per capita*. Si dans le même temps, cette ville atteignait un niveau de richesse très élevé (équivalent au 45 000 \$ US de Tokyo aujourd'hui), elle ne pourrait alors bénéficier que d'à peine 0,5 points de mobilité supplémentaire. Précisons toutefois que la faible prise en compte de la marche pieds dans la base U.I.T.P. explique pourquoi le nombre de déplacements reste globalement assez faible.

Le scénario le plus avantageux pour les transports collectifs (avec une part modale de 33%) est obtenu lorsque la densité urbaine est forte (équivalente à celle de Hong Kong aujourd'hui), le niveau des prix des carburants élevé (comme à Hong Kong aujourd'hui) et le nombre d'emplacements de stationnement réduit dans la zone d'activité centrale (équivalent à celui de Tokyo aujourd'hui). En restant plus modéré sur la densité urbaine (en prenant celle de Shanghai aujourd'hui), le coût d'usage moyen (celui de Paris aujourd'hui) et même en prenant volontairement une situation plus que favorable pour le nombre d'emplacements de stationnement (plus que favorable puisque cela correspond à la situation de Paris aujourd'hui, grâce notamment à une densité urbaine faible de 50 hab/ha, ce qui, bien-sûr, est plutôt favorable au stationnement), on obtient toujours une part modale pour les transports collectifs très élevée de plus de 25%. On comprend dès lors l'importance et le niveau des besoins en investissements dans les transports collectifs urbains chinois.

L'évolution de la densité urbaine des villes chinoises et du coût d'usage moyen pour un déplacement sont des questions cruciales pour la mobilité future en Chine. S'il ne fait guère de doute que la hausse du PIB fera accroître la mobilité, à l'inverse la forte densité et un coût d'usage en hausse la freineront. L'utilisation des transports publics urbains peut alors apporter une solution. De nombreux et coûteux investissements devront être réalisés.

5. Question portuaires et aéroportuaires

5.1. Le transport maritime et les ports

La Chine enregistre également dans ce domaine du maritime des croissances vertigineuses en termes de trafics en particuliers sous la forme de conteneurs. A l'échelle internationale les deux tiers du transport des produits manufacturés sont réalisés sous forme de conteneurs. Le trafic a été multiplié sur l'Asie entre 1978 et 1998 par près de 80 sur ce mode de transport, il ne l'a été que de 5 dans les pays européens. Les choix de stratégies extraverties retenus au cours de ces années par les nouveaux pays industrialisés (les « 4 dragons », « les bébés tigres », puis par la Chine, plus récemment, ne sont pas étrangers à ces évolutions. Sur la période plus récente (2000-2003), les trafics de conteneurs entre l'Asie et l'Europe se sont accrus de plus de 70%.

Cette croissance des trafics nécessite une croissance simultanée des capacités portuaires. Les grands ports pour le trafic de conteneurs se trouvent dans en Asie orientale avec les ports de Hong-Kong, de Shanghai, de Singapour, de Busan (Corée du Sud) et de Kaoshiung (Taiwan), au Nord de l'Europe (Rotterdam, Anvers, Hambourg) et en Amérique du Nord (Los Angeles). Plusieurs des ports asiatiques ont franchi le seuil des 10 millions EVP de capacités, Hong-Kong et Singapour sont mêmes à plus de 17 millions EVP. Les ports chinois entre 2002 et 2003 ont enregistré les croissances les plus importantes de la région asiatique avec un taux de variation de 35% contre « seulement » 15% pour les ports de Malaisie (2eme position en termes de croissance) et de 8% pour le port de Singapour.

⁵ Millennium Cities Database for Sustainable Transport, J.R. Newman and F.Laube (2000).

Pour l'ensemble des trafics et non plus seulement les conteneurs, les ports asiatiques et chinois en particulier ont acquis une dimension de ports mondiaux traitant plus de 100 millions de tonnes de marchandises par an : Singapour 347 millions de tonnes, Shanghai 316 millions de tonnes, Hong-Kong 207 millions de tonnes, Kaohsiung 138 millions de tonnes, Busan 161 millions de tonnes, Nagoya 168 millions de tonnes.

Ces ports disposent de vastes hinterlands qui dépassent dans bien des cas les frontières de pays dans lesquels ils sont situés. En outre certains opèrent comme véritables hubs à l'image des grands aéroports.

Les ports ont du s'adapter à cette évolution des modes de transports avec le développement des ports en eaux profondes, des capacités de chargement et de déchargement de tels navires, de stockage et de livraison et de distribution. Ces dimensions de performance portuaires en termes de coûts et de temps d'immobilisation de navires, et plus largement d'approvisionnement ou de collecte des zones situées dans l'hinterland des ports seront encore plus déterminantes à l'avenir dans les compétitions que se livrent les grands ports mondiaux et asiatiques en particulier. Certains joueront le rôle de hubs principaux, traitant des volumes très importants de marchandises, avec des navires hors catégorie, d'autres ports seront des « feeders » locaux.

5.2. Le transport aérien

Conformément à ce qu'on pourrait attendre le transport aérien chinois est en pleine explosion. Trois villes sont proches de 40 millions de passagers en 2004 (Londres, la 1^{ère} ville aérienne du monde n'a que 120 millions de passagers)⁶. Les taux de croissance 2004/2003 sont proches de 40 %. C'est dire que dans les prochaines années, les villes chinoises vont apparaître parmi les pôles les plus importants du transport aérien. Même si cela pose des problèmes spécifiques, il serait possible de construire un scénario de transport aérien palliant les carences du transport terrestre, précédemment observées. Ce n'est pas le chemin que nous avons emprunté dans ce travail. Nous nous sommes concentrés sur un problème précis : si la Chine devait avoir le comportement moyen des pays développés en matière de transport aérien, cela conduirait-il à des problèmes d'accès aux aéroports insurmontables ? A cette fin, il nous faut estimer la demande en passagers aériens. Nous n'avons effectué l'exercice que pour la mégapole du delta du Yangzi, destinée à constituer la capitale économique de la Chine. Nous partons donc des deux hypothèses suivantes :

Le problème principal du transport aérien sera dans l'acheminement des passagers et des employés des aéroports. Nous excluons donc toute crise énergétique (par manque d'information) et tout problème de congestion aérienne (grâce à une judicieuse répartition des aéroports),

Le transport aérien, à l'échelle chinoise, est une question qui relève des mégapoles, ensembles urbains de villes articulées fonctionnellement et pouvant présenter des discontinuités dans le tissu urbain. L'hypothèse sous-jacente est que le delta du Yangzi évolue vers une mégapole (Cf. carte jointe). La récente décision sur le maglev Shanghai-Yangzhou est de nature à conforter cette dernière hypothèse.

Nous procéderons de la façon suivante :

1. quelle peut être la population de la mégapole du Yangzi en 2050 ?
2. quel est le nombre de passagers aériens au sein de cette mégapole ?
3. quel type de desserte est nécessaire pour les aéroports ?

En fonction des hypothèses de nos scénarios, la population des municipalités associées à la mégapole du Yangzi, selon un choix restrictif serait la suivante (Tableau 17).

Tableau 17 : Scénarios de population pour la mégapole du delta du Yangzi

Résultats	Scénario haut	Scénario moyen	Scénario bas
Population totale	119,85	82,56	62,56

Nous estimons ensuite un modèle de passagers à l'embarquement à partir de la même base de données⁷ (WDI). Les résultats sont donnés dans le tableau suivant.

⁶ Les chiffres aériens pris en compte ici sont ceux de l'ITA. Pour la modélisation, les données sont celles de W.D.I.

⁷ W.D.I., *op cit.*

Tableau 18 : Estimation du modèle relatif au nombre d'embarquement par habitant

	Coefficients	Standard Error	Statistique <i>t</i>	P-value
Constante	-0.28438	0.318719	-0.89225	0.377595
Surface	-8.2E-07	1.17E-07	-7.02793	1.71E-08
Ln (PIB/hab)	0.063439	0.039325	1.613182	0.114568
Ln (PIB/hab) * Surfac	9.3E-08	1.28E-08	7.287333	7.49E-09
Population	3.04E-10	1.66E-10	1.831452	0.074488
$R^2 = 0,76$				

On observe le même effet que précédemment sur la surface et la richesse. Appliqué aux scénarios démographiques sur la Chine de 2050, le modèle conduit aux résultats suivants (Tableau 19).

Tableau 19 : Résultats du nombre total de passagers dans la mégapole de Yangzi

Résultats	Scénario haut	Scénario moyen	Scénario bas
Population total en millions d'habitants	119,85	82,56	62,56
Nombre d'embarquements aériens par personne	2,38	1,95	1,50
Nombre d'embarquements aériens total en million	285,21	160,75	94,11
Dans les deux sens (nombre total de passagers)	570,42	321,49	188,23

Il faut maintenant convertir ces passagers aériens en différents aéroports. Pour cela nous supposons que la taille maximale (optimale) d'un aéroport est de 100 millions de passagers.

Il est facile de vérifier qu'il est possible d'irriguer la mégapole du Yangzi par 6 aéroports de 100 millions de passagers, situés dans les principales villes (scénario haut) . Est-il possible de les desservir ?

Compte tenu des autres moyens de transports (bus, voiture individuelle, taxi...), un RER et un TGV suffisent à desservir un aéroport métropolitain. Nous évaluons à 50 000 personnes par heure par sens (estimation prudente pour tenir compte des bagages) la capacité d'un R.E .R. et à 25 000 personnes par heure par sens pour un TGV. La demande serait de 40 000 pour les passagers et de 50 000 pour les employés.

Nous parvenons donc aux conclusions suivantes :

1. La Chine pourrait être l'un des pays où le transport aérien serait le plus développé : on aurait l'équivalent d'entre 16 et 40 aéroports de 100 millions de passagers en 2050, peut-être bien avant cette date.
2. Si l'on fait abstraction des problèmes d'énergie et de congestion aérienne, le problème principal, celui de la desserte, serait résolu à condition d'affecter aux aéroports une desserte de type RER et une part importante des TGV mégapolitains. Ce qui signifie que le rôle des transports terrestres rapides de chaque mégapole pourra être consacré en partie à la desserte des aéroports.

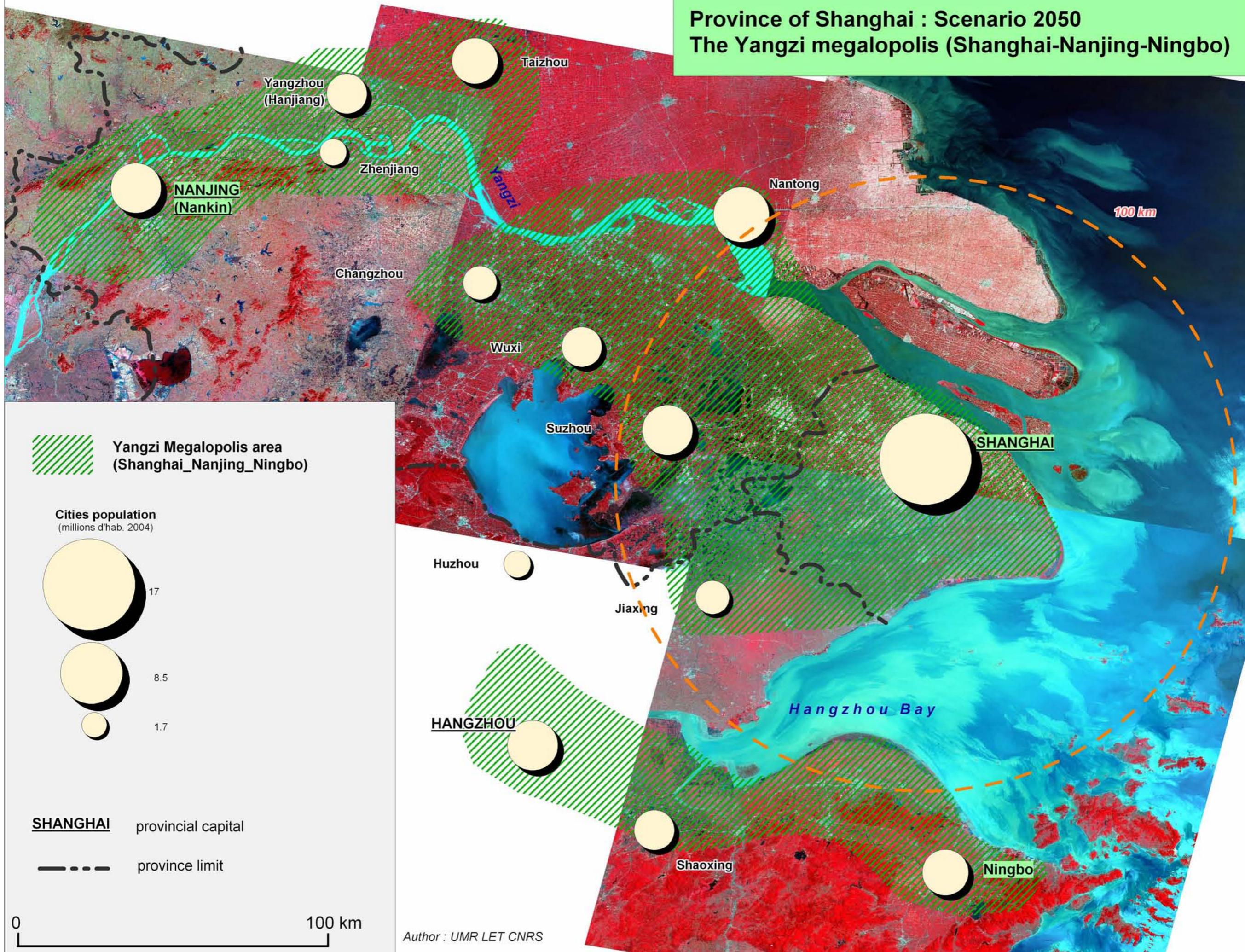
6. Conclusion

Compte tenu des simulations et des projections réalisées, il apparaît que les conclusions suivantes peuvent être avancées.

1. en interurbain, une forte motorisation est possible (cependant notoirement inférieure à la motorisation américaine) , à condition d'investir très largement en infrastructures, et avec une faible mobilité,
2. en urbain⁸, même dans les scénarios les plus favorables, la mobilité d'une ville chinoise théorique se situerait en dessous des 3 déplacements par jour et *per capita*. Par ailleurs, nos résultats montrent qu'il faut s'attendre à une part modale des transports collectifs au moins de 25%, si ce n'est même au-delà de 30%,
3. Dans le domaine portuaire, la qualité de service ainsi que les relations avec les zones d'approvisionnement et desserte en termes d'infrastructure de transport seront déterminantes,
4. dans le domaine du transport aérien, une forte quantité de très grands aéroports est possible, leur desserte par chemin de fer suburbain et trains rapides interurbains paraît hautement souhaitable.

⁸ Sous réserve d'avoir néanmoins en tête que la marche à pied est mal prise en compte par les données issues de la base U.I.T.P.

Province of Shanghai : Scenario 2050
The Yangzi megalopolis (Shanghai-Nanjing-Ningbo)



SOMMAIRE

RESUME.....	I
INTRODUCTION.....	8
LES OBJECTIFS DE LA RECHERCHE	8
MÉTHODOLOGIE DE LA RECHERCHE.....	10
PRÉSENTATION DE CE RAPPORT ET ÉLÉMENTS DE SYNTHÈSE.....	13
1ERE PARTIE : FACTEURS DETERMINANTS POUR LES TRANSPORTS EN 2050 ...	15
LES FACTEURS MACROÉCONOMIQUES	16
LES FACTEURS DÉMOGRAPHIQUES	23
LES FACTEURS ÉNERGÉTIQUES.....	33
LES FACTEURS LIÉS À LA MOTORISATION.....	47
2EME PARTIE : TRANSPORTS INTERURBAINS ET ESPACE.....	53
L'OFFRE DE TRANSPORT	54
LA DEMANDE DE TRANSPORT	73
DÉSÉQUILIBRE OFFRE ET DEMANDE.....	76
3EME PARTIE : LE TRANSPORT EN URBAIN	85
LA POPULATION URBAINE	86
QUELLES AGGLOMÉRATIONS URBAINES ? : LA QUESTION DE LA POPULATION.....	88
QUELLES FORMES URBAINES ? : LES QUESTIONS DE SUPERFICIE ET DE DENSITÉ	95
DIFFÉRENTES APPROCHES ALTERNATIVES POUR ESTIMER LA POPULATION MAXIMALES DES VILLES CHINOISES, L'EXEMPLE DE SHANGHAI	98
LES SCÉNARIOS URBAINS.....	110
4EME PARTIE : LA QUESTION AEROPORTUAIRE ET PORTUAIRE.....	129
LE TRANSPORT AÉRIEN	130
LE TRANSPORT MARITIME	139
5EME PARTIE : DES SCENARIOS GLOBAUX CONTRASTES.....	145
QUELQUES PRÉCAUTIONS MÉTHODOLOGIQUES POUR ABORDER LES SCÉNARIOS	146
LE SCÉNARIO NOIR : VERS UNE CONGESTION GÉNÉRALISÉE	146
LE SCÉNARIO VERT : VERS UN MODÈLE ASIATIQUE ?.....	148
BIBLIOGRAPHIE	154
LISTE DES TABLEAUX.....	157
LISTE DES FIGURES.....	160

Table des cartes

C 1 : La position de la Chine au sein du continent asiatique	14
C 2 : Carte de la Corée du Sud	19
C 3 : Carte du Japon	21
C 4 : PIB/hab et population chinoise par province en 2 000	24
C 5 : Réseau ferroviaire de la Chine (2 000) et les principaux ports (2002)	54
C 6 : Le réseau autoroutier chinois	68
C 7 : Population par provinces en 2 000 et variations 1990-2 000	85
C 8 : Les grandes régions administratives de la Chine	92
C9 : Province de Shanghai : Scénario 2050 – densité constant et densité parisienne ...	103
C10 : Province de Shanghai : Scénario 2050 : faible densité de population	104
C11 : Province de Shanghai ; Scénarios 2050 : la mégalopole Shanghai-Nanjing-Ningbo	105
C12 : Province de Beijing : scénarios 2050 : densité de population parisienne (densité haute) et densité de population de Los Angeles (densité basse)	106
C13 : La région métropolitaine de Tokyo	107
C14 : Principaux TCSP et projets dans les grandes villes chinoises	117
C15 : Trafics passagers des principaux aéroports de Chine (2004)	129
C16 : Données mondiales sur le trafic des principales liaisons aériennes internationales	131
C17 : Principaux ports de Chine en 2002	141

INTRODUCTION

Les objectifs de la recherche

En 1960, le Japon était un pays en développement plus pauvre que l'Argentine. Ce rappel est issu du rapport « BRIC » publié par Goldman Sachs en 2003 et réalisé par Wilson et Purushothaman qui s'interroge sur le développement de quatre grandes économies émergentes : le Brésil, la Russie, l'Inde et la Chine. Les auteurs de ce même rapport, utilisant des hypothèses réalistes et des tests de sensibilité, donnent une projection médiane pour le PIB par habitant de la Chine qui la situe à peu près au niveau du Japon de l'an 2000 et de la France en 2020. En un mot, en 2050, la Chine sera développée. Cette hypothèse, confortée par d'autres études (Levine and Renelt 1992, Académie des Sciences chinoises) est bien sûr un signe d'espoir et d'opportunité. Elle ne va pas sans poser un certain nombre de questions en termes de transport et de mobilité.

Le développement accéléré de la Chine est à la fois une chance, par les possibilités d'investissements qu'il autorise et un handicap par l'explosion de la demande qu'il provoque. Le Tableau 1 retrace les évolutions de l'offre et de la demande de transport interurbain sur les deux dernières décennies.

Tableau 1 : Evolution des trafics et des réseaux interurbains entre 1978 et 2000.

	Trafic passager	Trafic fret	Longueur du réseau
<i>Réseau ferré</i>			
Rapport 2000/78, base 100 en 1978	414	260	120
<i>Réseau routier</i>			
Rapport 2000/78, base 100 en 1978	1 277	2 237	157

Source : Chinese Statistical Yearbook 2000.

En un peu plus de deux décennies, le trafic passager a été multiplié par quatre sur les chemins de fer (par douze sur la route) et le trafic de marchandises n'est pas en reste : une multiplication par 22 sur la route (seulement par 2,6 sur les chemins de fer). La capacité des réseaux n'est pas assimilable à leur longueur mais l'évolution de l'extension des réseaux donne une idée de leur possibilité de développement, sans conteste, inférieure à la croissance du trafic. Ce simple exemple montre l'ampleur du rattrapage nécessaire en termes d'infrastructures aussi bien qu'au regard des adaptations nécessaires en termes de mobilité.

Imaginons que la Chine développée puisse ressembler au Japon. Première possibilité, si la Chine devait rejoindre le Japon en termes de kilomètres de lignes de chemin de fer par habitant, il faudrait multiplier le réseau par près de 3. Deuxième possibilité, c'est un facteur dix qui serait exigé par une mobilité interurbaine des chinois se haussant au niveau de celle des japonais, tout en gardant le même rapport entre mobilité interurbaine et longueur du réseau. En un mot, si la Chine se comportait comme dix Japon, il faudrait construire 130 000 kilomètres de lignes pour le premier ratio ou 600 000 kilomètres pour le second. Toujours avec ce calcul d'ordre de grandeur, nous arrivons à 2 600 km pendant 50 ans pour le premier ratio et 12 000 km pour le second (chiffres qui doivent être amendés de 15 % pour tenir compte des voies locales). Le même calcul de kilométrage de lignes par habitant avec les Etats Unis conduit à une impossibilité : construire de l'ordre de 30 000 km de lignes chaque année, pendant 50 ans. Où situer la barre ? Certainement à un niveau supérieur au ratio nippon de kilomètre par habitant, puisque le Japon est « petit » et que les chemins de fer japonais ne transportent presque pas de fret. Il faut probablement 5 à 10 milliers de kilomètres de lignes nouvelles chaque année pour espérer sortir de la saturation tout en accompagnant la croissance. Un rythme de 10 000 km par an pendant 50 ans donnerait un réseau à peine double du réseau américain pour une étendue comparable et une population plus de quatre fois supérieure. Envisageons à présent le rythme de construction de voies ferrées de ces dernières décennies, tel que décrit dans le Tableau 2.

Tableau 2 : Rythme de croissance du réseau ferroviaire 1978-2002

Dates	Longueur du réseau (10 000 km)	Période	Croissance annuelle moyenne entre les deux dates (km)
1978	5,13		
1988	5,61	1978-1988	480
1998	6,64	1988-1998	1 030
2002	7,19	1998-2002	1 375

Sources : Chinese Statistical Yearbook 2003.

Le rythme de construction s'intensifie donc mais on est encore loin des 2600 km par an, a fortiori des 12 000 km par an. Si l'on ajoute qu'entre 1997 et 2000, les investissements en chemin de fer ont représenté entre 0,8 et 1 % du PIB (M.O.R), on se rend compte de l'énorme effort financier qu'il faut réaliser. Pour un Etat en développement, dont le ressort principal est la compétitivité-prix, et qui a d'autres investissements à réaliser (routes, énergie, télécommunication, éducation, santé, ...). L'effort est probablement impossible pour les seuls fonds publics. Nous y reviendrons.

Le deuxième trait du monde chinois qui pose question est la densité extrême de l'occupation humaine tant dans les villes que dans les campagnes de la zone centrale et orientale. La densité des villes ne peut être rendue de façon satisfaisante car les statistiques ont souvent trait à des espaces mixtes. Une densité moyenne de 22 000 habitant par km² pour Shanghai recouvre en fait des situations fort contrastées que seule l'observation directe peut déceler. En revanche les densités de certains comtés ruraux sont sans équivalent, sur une telle étendue. A titre d'exemple certains comtés « ruraux » du Jiangsu compte jusqu'à 600 voire 1 000 habitants au km² (Larivière et Marchand, 1999). C'est une densité similaire à certaines aires urbaines des Etats Unis (par exemple Boston autour de 1 200 habitants au km² et San José autour de 900 habitants au km²). En un sens, cette densité favorise les investissements de desserte. Mais cela constitue également un handicap lorsqu'il faut trouver de nouveaux espaces en faisceaux à libérer pour de nouvelles infrastructures. A mesure que les droits de propriété fonciers s'affirmeront, ce problème deviendra crucial.

Ces espaces ruraux sont en cours de mutation, avec le développement des TVE, entreprises des bourgs et villages, vouées à absorber une part de la population active agricole en surnombre comprise selon les auteurs entre 150 et 200 millions d'actifs pour l'ensemble de la Chine. Nous retiendrons la valeur basse de la fourchette : 150 millions correspondant à l'estimation du FMI, reprise par la DREE (2004). Une partie des actifs agricoles en surnombre se dirigera vers les métropoles déjà existantes, qui peuvent donc croître fortement, d'autant qu'elles proposent des salaires considérablement plus élevés. Néanmoins, certaines campagnes peuvent rester denses, plus particulièrement sur les franges orientales et le long des grands corridors (Yangtze). Cette vaste étendue humaine pose donc deux types de questions :

- Comment assurer la mobilité au sein de ces campagnes denses ?
- Comment prévoir l'importance et les conséquences de la forte urbanisation ?

A cette caractérisation de la Chine en termes géographiques, il convient d'ajouter deux éléments d'ordre économique qui peuvent amondrir légèrement les contraintes.

Premièrement, l'épargne chinoise est très forte : on observe un taux d'épargne compris entre 35 et 40 % selon les sources. Deuxièmement la Chine attire fortement les investissements directs extérieurs (jusqu'à environ 44 milliards de dollars en 2001 (Banque Mondiale, 2003)). Il est donc possible de trouver des financements pour des projets d'infrastructures dès lors qu'ils dégagent une rentabilité suffisante.

Ce travail de prospective présente un intérêt aussi bien pour le monde développé et notamment la France, que pour la Chine.

Pour le monde développé, une vision à long terme des marchés ne peut qu'éclairer la stratégie d'investissement, sous diverses formes, des acteurs. Un autre souci est l'impact global des transports, notamment en ce qui concerne la pollution. Enfin, les particularités chinoises peuvent donner lieu à des innovations, des adaptations ou des mises en œuvre, que le monde développé peut à son tour s'approprier. On peut évoquer à cet égard les deux expériences extrêmes du transport terrestre motorisé : le Maglev en service à Shanghai et les vélos et scooters électriques.

Pour nos partenaires chinois, l'apport de cette exploration conduit à proposer une autre démarche pour envisager l'avenir, qui repose sur le passage de la planification associée aux projections à une approche fondée sur la définition qualitative de scénarios sur un terme plus lointain. Une autre vision du futur est alors proposée. L'intérêt de cette approche est de pouvoir apprécier si un scénario n'est pas désirable et de proposer éventuellement les approches utiles pour s'en prémunir.

Méthodologie de la recherche

Démarche générale

Une démarche de prospective à très long terme se doit d'être ouverte. Cette ouverture s'entend dans un double sens :

- plusieurs approches doivent être mobilisées conjointement pour discerner les évolutions possibles du pays et de son système de transport,
- différents futurs possibles doivent être présentés, sous la formes de scénarios vraisemblables, cohérents et contrastés.

Les scénarios doivent comporter une description du système de transport et de tout ce qui peut l'influencer dans les champs économique, démographique, énergétique, ... Toutes les projections ne sont néanmoins pas à faire. Il existe notamment des projections démographiques réalisées par les Nations Unies et énergétiques réalisées par Agence Internationale de l'Energie (A.E.I.). Nous ne remettons pas en cause ces projections. L'horizon temporel retenu par les Nations Unies et l'AEI pour la répartition de la population selon les espaces (urbains et ruraux) et pour l'énergie étant 2030, nous étendrons ces projections jusqu'en 2050 sur la base de différents scénarios.

Les scénarios seront construits en ordonnant les facteurs qui influencent la demande de transport pour obtenir un scénario qui exige beaucoup d'investissements et un scénario qui conduit au minimum d'investissement. L'investissement est la variable clé du côté de l'offre, son évolution conduira à différents scénarios d'ajustement de la demande (congestion, transport de marchandises, réduction spontanée de la mobilité, ...). Compte tenu de l'ampleur de la fourchette obtenue entre le scénario haut et le scénario bas, nous serons parfois amenés à construire un ou des scénarios intermédiaires, basés sur du prolongement de tendance.

Nous avons la possibilité de bénéficier de trois disciplines pour mener à bien cette tâche :

1. l'économie des transports et le « transport engineering »
2. l'urbanisme et la géographie
3. la géomatique et les modèles cartographiques.

La méthode utilisée

Une dimension quantitative

L'intérêt de l'étude sera d'articuler ces trois disciplines en combinant des démarches qualitatives et quantitatives. Les techniques mobilisées appartiendront donc à l'une des familles suivantes :

- **la comparaison** : il s'agit ici de comparer la Chine avec d'autres pays actuellement développés ou en avance sur le développement chinois. Un exemple peut être fourni en comparant le ratio de

kilomètres de ligne par million d'habitants en 2000 en Chine, soit 45, à celui du Japon 158,2, de la France 485, des Etats-Unis 1 103,2. La technique est simple mais le résultat est instructif et sera approfondi en utilisant d'autres techniques.

• **la projection** : il s'agit ici de trouver un chemin pour caractériser l'évolution d'un ou de plusieurs attributs du système entre aujourd'hui et l'horizon de l'étude, c'est-à-dire en 2050. L'exemple en est fourni par les projections macro-économiques utilisées par le rapport « BRIC » précédemment cité. On observera cependant que tout ne peut être obtenu par projection, notamment si une rupture importante est vraisemblable entre aujourd'hui et l'horizon de l'étude. Ce peut être le cas, notamment en matière de rythme d'urbanisation. Ces projections devront évidemment faire émerger les spécificités chinoises.

• **la modélisation (causale)** : un prolongement de tendance est déjà un modèle. Mais les modèles qui prennent en compte des facteurs explicatifs explicites permettent d'élaborer des scénarios d'une autre façon.

Compte tenu de la nouveauté du terrain d'étude, les transports en Chine, et de l'horizon temporel, 2050, nous compléterons cette démarche quantitative par une démarche plus qualitative. Ainsi que de notre volonté d'intégrer les spécificités chinoises.

Une dimension qualitative

Notre démarche qualitative s'articulera autour d'une analyse par :

- entretiens experts
- prospective territoriale

L'analyse qualitative par entretiens experts complète l'exercice de quantification. Elle permet de valider les premières hypothèses de travail et, d'autre part, de cadrer la construction des scénarios. L'appel à des experts permet une assistance dans les estimations et d'obtenir des probabilités cohérentes. Cet aspect apparaît nécessaire dans un travail de recherche large qui se situe tout à la fois à un niveau prospectif intermédiaire - celui du secteur des transports – et à un niveau global – qui embrasse les enjeux divers du développement de la Chine (géographie, démographie, macro-économie, etc.). Les scénarios peuvent respecter ainsi les points de vue différents des experts qui s'expriment sur les scénarios qui leur paraissent les plus significatifs.

L'analyse qualitative par une prospective territoriale permet d'évaluer les transformations régionales et plus globalement spatiales qui pourraient se produire en Chine (ex : émergence de mégapoles sur la façade orientale). C'est à travers le langage cartographique et l'analyse spatiale que seront exprimés les résultats de ce travail (modélisation graphique et cartographique).

Une dimension transversale

Afin de prendre en compte la complexité des déterminants de la mobilité, nous ouvrons le champs à plusieurs approches transversales qui mettent en perspective les spécificités chinoises : les approches socio-démographiques, régionale et urbaine ; les approches transports ; les approches économiques.

Pour les approches socio-démographiques, régionale et urbaine par exemple, leur finalité est d'interroger le rapport entre mobilité et territoire ; en ce sens, elles sont directement liées à une prospective spatiale et territoriale. La mobilité est en Chine un phénomène relativement récent qui coïncide avec la politique de réformes entreprises à la fin des années 1970. Cette mobilité reflète tout à la fois des pratiques nouvelles de mobilité chez les individus (exode agricole et rural, mobilités régionale et professionnelle, voire mobilité résidentielle, etc.) et une évolution des structures spatiales du territoire chinois (nouvelles formes de régionalisation, poussée de la métropolisation, dichotomie est/ouest, etc.). Ainsi, doit-on poser, comme éléments du travail prospectif, l'analyse des mouvements (individus et marchandises) et les cadres de la mobilité (territoires, dynamique socio-démographiques, structures de l'encadrement social, politiques publiques, etc.).

L'une des entrées principales pour expliquer l'augmentation extrêmement rapide de la mobilité, et de la mobilité motorisée en particulier, est le phénomène de métropolisation. Il permet de dégager deux types de mobilité : interurbaine et urbaine, même si les formes récentes de l'urbanisation, à travers l'émergence d'ensembles mégapolitains, contribuent à rendre encore plus floue la distinction ville/campagne. Il faut rappeler que le taux d'urbanisation en Chine est aujourd'hui d'environ 40% et

que la population urbaine croît chaque année d'environ 3% (un taux de croissance qui rappelle ceux des pays en voie de développement dans les années 70 et 80). Cette croissance urbaine est aujourd'hui le fait essentiel d'un croît démographique positif (à hauteur de 80 à 90%). On comprend ainsi le lien entre urbanisation et mobilité interrégionale ou interurbaine. La mobilité intra-urbaine est tout autant encadrée par le processus de métropolisation qui possède d'importantes répercussions en termes de déplacements : allongement des distances, utilisation croissante des modes motorisés, séparation des lieux de travail et de résidence, augmentation annuelle du volume global de voyageurs à l'intérieur d'une même agglomération – avec les pressions sur l'offre de transport que l'on peut facilement imaginer. Deux tendances doivent être notées : d'une part, la place de plus en plus importante des véhicules automobiles depuis le début des années 1990, en particulier des voitures privées dont le nombre augmente de 40 à 50% environ, et d'autre part, la mise en service à partir de la fin des années 1990 de réseaux de transports collectifs, en particulier sur rail dans les plus grandes métropoles.

La démarche générale sera d'affiner progressivement les différentes approches en privilégiant les recherches qui ont le plus d'impact sur le système de transport.

La construction de scénarios globaux

Une fois construits les différents scénarios, nous terminerons notre travail par l'élaboration de scénarios globaux « cohérents ». L'objectif est de présenter des futurs possibles pour la Chine en 2050. L'intérêt de cette démarche finale est tout à la fois d'éclairer la stratégie d'investissement, de comprendre l'impact global des transports sur l'évolution de la société chinoise, de pouvoir apprécier si un scénario n'est pas désirable pour pouvoir éventuellement s'en prémunir.

Ces scénarios globaux s'appuieront sur les principaux résultats des scénarios qui auront été construits. Ils autoriseront la mise en relation des différents scénarios : identifier que telle variable active dans le scénario démographique, comme par exemple le taux de population urbaine, influencera le scénario urbain en agissant sur les déplacements. Ces scénarios globaux permettront également d'extraire les principaux résultats des différents scénarios (en éliminant par exemple les situations impossibles). Ce travail ne pourra être que positivement affecté par les commentaires des experts.

Une difficulté propre au terrain d'étude chinois

Soulignons une difficulté d'ordre général pour l'emploi des modèles sur le cas chinois: comment calibrer les liens de causalité ? Une estimation sur les données chinoises se heurte aux problèmes de fiabilité, de disponibilité, et finalement de pertinence des données. Entre aujourd'hui et l'horizon de l'étude, la Chine évoluera très fortement. Il n'est pas déraisonnable dans ces conditions de prendre les paramètres correspondants aux modèles des pays développés. Mais il importe alors de saisir la spécificité chinoise dans sa permanence et l'introduire dans l'analyse. A cette fin, il est utile de classer les traits distinctifs de la Chine en trois catégories :

- les données permanentes : par exemple la localisation des matières premières, aussi bien que certaines composantes culturelles.
- les données susceptibles d'être obtenues par projection : par exemple la démographie, l'économie, l'énergie.
- les données susceptibles de varier fortement : par exemple les densités et les populations urbaines, la liberté de mouvement à l'intérieur du pays.

Cette caractérisation de la permanence de la spécificité chinoise est le point clé de notre travail et requiert une méthodologie originale.

Présentation de ce rapport et éléments de synthèse

Contenu de ce rapport

Ce troisième rapport ne se contente pas de reprendre les éléments des deux rapports précédents. Si sa démarche s'inscrit totalement dans la continuité des deux premiers rapports et s'appuie sur leurs principaux résultats, ce troisième rapport va plus loin en :

- affinant les premiers résultats des scénarios (par exemple le scénario énergétique qui intègre davantage l'énergie nucléaire),
- construisant un scénario urbain qui prenne en compte la mobilité et le partage modal
- construisant des scénarios aériens
- proposant des scénarios globaux « cohérents » pour présenter des « futurs » pour la Chine en 2050.

Ces nouveautés s'enrichissent également de nouvelles analyses spatiales et cartographiques.

Ce rapport s'organisera de la façon suivante :

Partie 1 : Facteurs déterminants pour les transports en 2050

Partie 2 : Transport interurbain et espace

Partie 3 : Transport en urbain

Partie 4 : La question portuaire et aéroportuaire

Partie 5 : Des scénarios globaux contrastés

PREMIERE PARTIE :

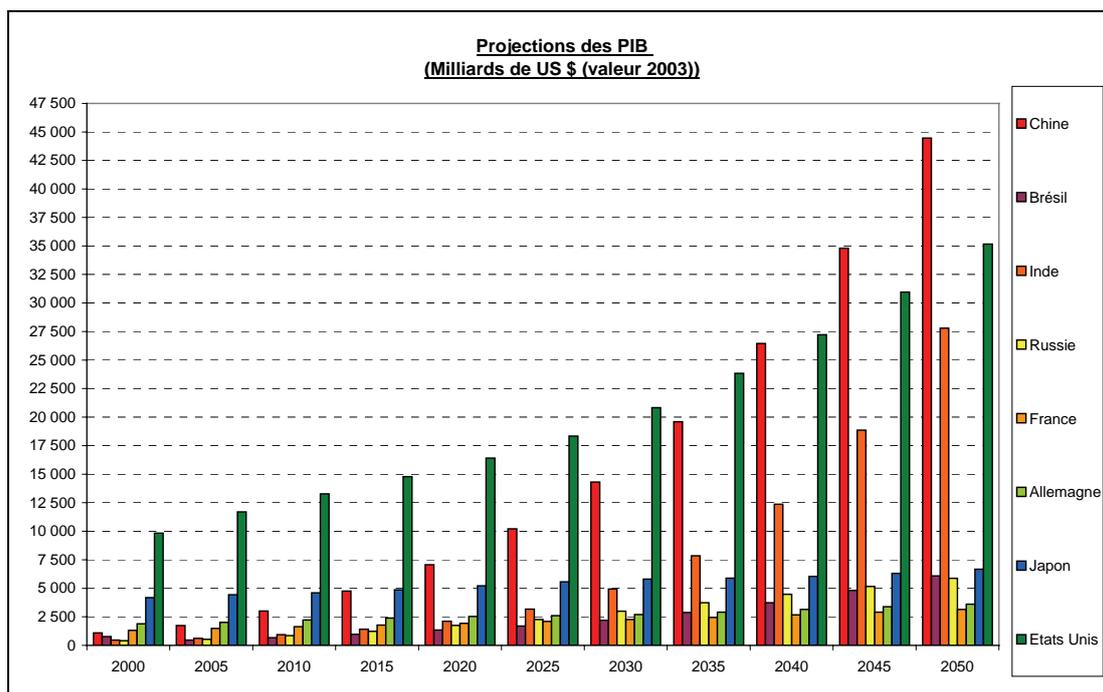
**FACTEURS DETERMINANTS POUR LES TRANSPORTS
EN 2050**

Les facteurs macroéconomiques

Différents scénarios

Plusieurs études (ADBI, 2002 citée par Lemoine 2003, Goldman Sachs 2003) ont été réalisées sur les perspectives de la croissance économique de la Chine avec des horizons temporels plus ou moins lointains. Parmi ces dernières, on peut noter celle réalisée par le Cabinet Goldman Sachs (2003) qui s'intéresse à plusieurs pays aujourd'hui en transition : au Brésil, la Russie, l'Inde et la Chine (dénommés BRIC). Pour la Chine, il considère qu'en 2045, la Chine aurait un PIB en US\$ (valeur 2003) supérieur à celui des Etats-Unis.

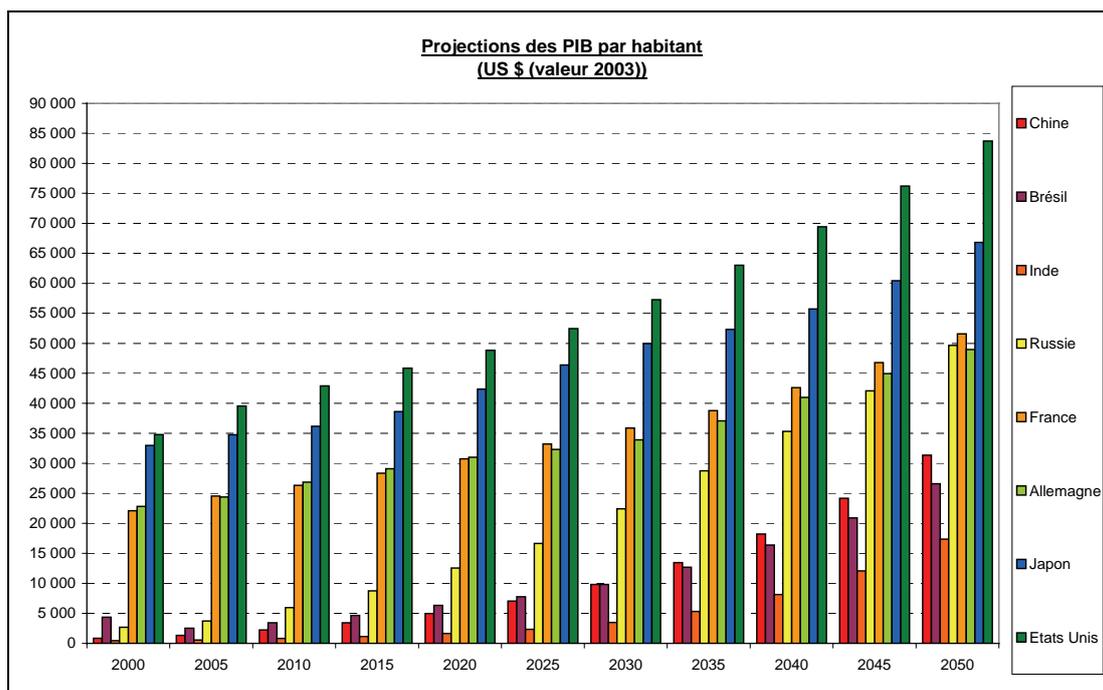
Figure 1 : Projections du PIB pour différents pays (milliards de US\$ valeur 2003)



Source : Goldman Sachs (2003)

D'après cette même étude de Goldman Sachs (2003), le PIB par habitant de la Chine passerait de 854 \$ à 31 357 \$ (US\$ valeur 2003) correspondant à une multiplication par près de 37 en 50 ans.

Figure 2 : Projections des PIB/habitant (US\$ valeur 2003)



Source : Goldman Sachs (2003)

Scénario de base

Ce résultat pour la Chine d'un PIB/habitant en 2050 équivalent à celui du Japon aujourd'hui (2000), - de l'ordre de 32 000\$ - offre un point de départ pour l'étude et constitue un scénario de base. En termes de variation, il correspond à un taux de croissance annuel moyen de 5 %. Il est intéressant d'encadrer ce scénario par une variante haute et basse. L'exercice est purement indicatif car la croissance économique sur longue période peut subir des variations extrêmement importantes.

Une première simulation de différents taux de croissance donne une mesure de cette variabilité (Tableau 3).

Tableau 3 : Résultats des simulations du PIB selon des taux de croissance annuels

Taux de croissance annuelle	PIB année de base	PIB après 50 ans
3%	100	438
4%	100	711
5%	100	1147
6%	100	1842

Un doublement du taux de croissance (de 3 à 6 %) conduit à une multiplication par plus de quatre du PIB.

Rappel et enseignements sur le Japon et la Corée

Pour appréhender la situation de la Chine en 2050, il semble opportun de s'intéresser aux expériences menées dans d'autres pays.

L'objectif est d'identifier dans ces pays, appelés pays « cibles », des caractéristiques et des évolutions qui pourraient être des orientations possibles de la Chine à moyen ou long termes. In fine, nous serons alors capables d'envisager quel sentier d'évolution devrait suivre la Chine pour ressembler en 2050 aux pays « cibles ».

En particulier à cause de leur proximité culturelle, de leurs poids économiques en Asie, et de leurs taux de croissance très élevés pendant leurs phases de développement, le Japon et la Corée du sud méritent d'être étudiés dans cette recherche. En outre, comme la réussite économique japonaise fut l'exemple à suivre pour les autres pays asiatiques (Fouquin et al., 1991), nous pouvons d'ores et déjà prévoir que certaines caractéristiques communes vont se dégager.

Nous présentons ici les principales caractéristiques des expériences japonaise et sud coréenne tout en soulignant les interrogations que cela pose sur les orientations présentes et à venir de la Chine.

Le Japon a connu pendant presque 20 ans des taux de croissance économique d'environ 10% (1950-1970) puis, pendant une phase d'une durée sensiblement équivalente, ses taux ont oscillé autour des 5%, pour atteindre ensuite 2-3% de croissance annuelle. La Corée du Sud a connu un développement économique plus tardif et concentré sur une période plus courte, ce qui l'a conduite à avoir des taux de croissance plus élevés (au-delà des 10%). Elle a également subi davantage les variations de la conjoncture internationale (taux de croissance négatif en 1999). Dans cette perspective, si la Chine connaît aujourd'hui un taux de croissance de 10%, ne peut-on pas envisager une réduction de ce dernier autour de 2020 et même envisager qu'il pourrait osciller autour des 2-3% en 2050 (Goldmann et Sachs prévoient d'ailleurs un taux de croissance réel de 2,7% en 2050) ? En outre, dans quelle mesure sera-t-elle dépendante de la variation de la conjoncture internationale, compte tenu notamment de la forte présence des capitaux étrangers ?

Structurellement, l'économie japonaise comme l'économie sud coréenne se caractérisent par une grande capacité à mobiliser les capitaux, notamment grâce à un niveau d'épargne élevé (25-30% pour le Japon et même davantage pour la Corée), ce qui leur permet de financer leurs investissements. En Chine, la propension à épargner semble également être importante, toutefois le niveau de vie moyen est actuellement encore trop faible pour permettre de mobiliser les capitaux suffisants. Si les taux de croissance se maintiennent, le niveau de vie moyen va augmenter. L'épargne en sera-t-elle alors positivement affectée ? On peut alors se demander quels seront les arbitrages des ménages chinois : vont-ils épargner pour consommer (des biens et des services touristiques par exemple), pour se prémunir contre l'avenir (financer les études de leurs enfants ou leur retraite) ?

Scénario de croissance haute : à l'exemple du cas coréen

Pour construire ce scénario, nous combinons les éléments suivants :

- Entre 2000 et 2005 : croissance économique observée ou prévue pour la Chine
- Entre 2006 et 2046 : croissance économique coréenne de 1960 et 2000 (données Banque Mondiale)

Les croissances sont calculées à partir de données déflatées.

Ce scénario est donc limité à 2046 (et non 2050) mais il est déjà éloquent. Il conduit à un PIB par habitant égal à : 44 820 (US\$ constants 2003), soit une croissance moyenne sur la période de 6,1 %.

Ce serait évidemment une croissance remarquable, mais notoirement inférieure à la croissance réalisée par la Chine sur les deux décennies précédentes (taux de croissance supérieur à 9 %). Une croissance « à la coréenne » se caractérise par des crises structurelles absorbées avec facilité et une croissance vigoureuse sur très longue période.



Carte 2 : Carte de la Corée du Sud.

Scénario de croissance modérée, avec crise structurelle « à la japonaise »

Le Japon (de 1960 à 2000) offre l'exemple d'un pays qui :

- rattrape le niveau de développement des pays les plus avancés ;
- subit une importante crise structurelle (à partir du début des années quatre-vingt dix).

C'est dire que l'on retrouve les deux phénomènes déjà avancés : atténuation des avantages du « catch up » et crise structurelle.

Nous avons construit un scénario de croissance économique fondé sur :

- une croissance à la japonaise entre 2000 et 2040 (en appliquant les données du Japon entre 1960 et 2000)
- la croissance du scénario « BRIC » pour la Chine entre 2040 et 2050.

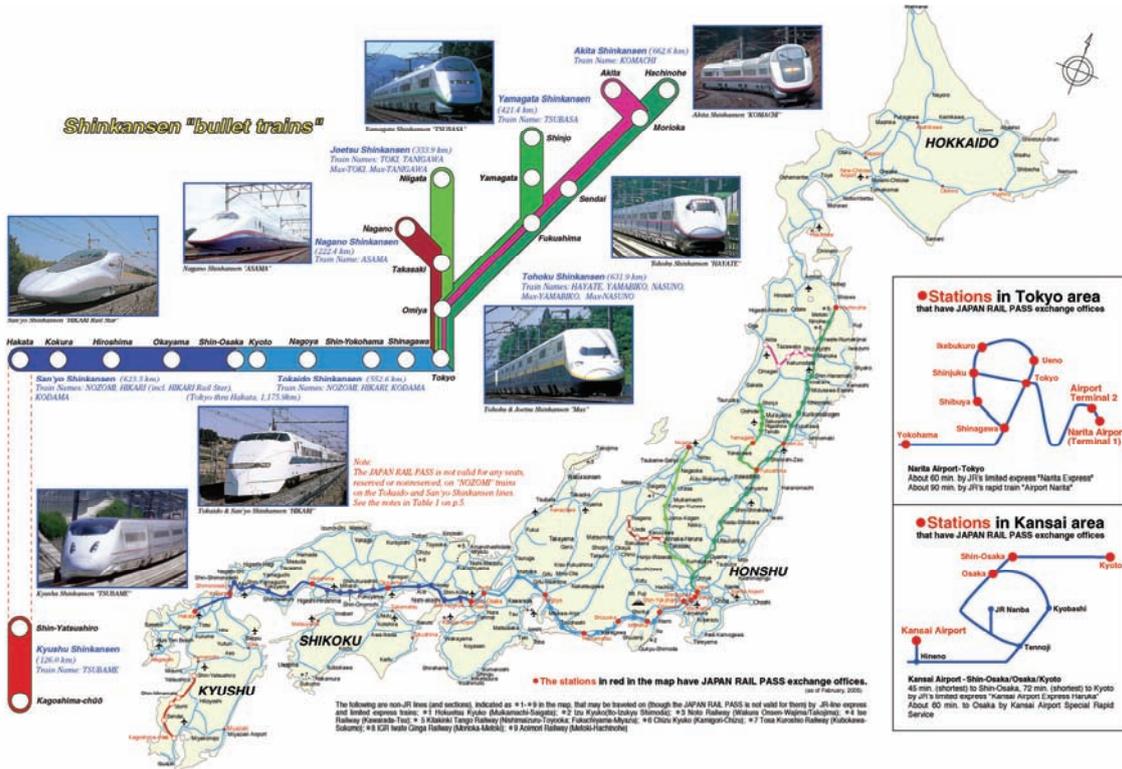
Ce scénario conduit à un PIB par habitant de 26 780 (USD constants 2003). Cela correspond à une croissance moyenne de 4,66 % par an.

Ce scénario n'est bien sûr pas le plus bas possible, dans la mesure où la croissance japonaise a été vigoureuse en début de période et que la crise structurelle n'a pas revêtu une grande ampleur. Nous restons donc dans l'hypothèse qu'en 2050, la Chine aura atteint le niveau d'un pays riche du début du siècle.

Deux remarques s'imposent avant de poursuivre :

- Ces scénarios sont établis aux taux de conversion du marché et comprennent donc une part de réévaluation de la monnaie entre 2000 et 2050. Le scénario « BRIC » prévoit une appréciation de 300 % de la monnaie chinoise sur la période d'étude. En fait les croissances simulées sont donc, en termes réels beaucoup plus faibles.
- Les PIB par habitants sont donnés en prenant en compte le scénario démographique moyen. Les liens ne sont pas évidents entre croissance économique et croissance démographique, mais il est possible, qu'une croissance démographique trop forte ou trop faible donne lieu à des PIB par habitant significativement inférieurs ou supérieurs.

Nous avons finalement décidé d'introduire un nouveau scénario pour prendre en compte une crise structurelle durable.

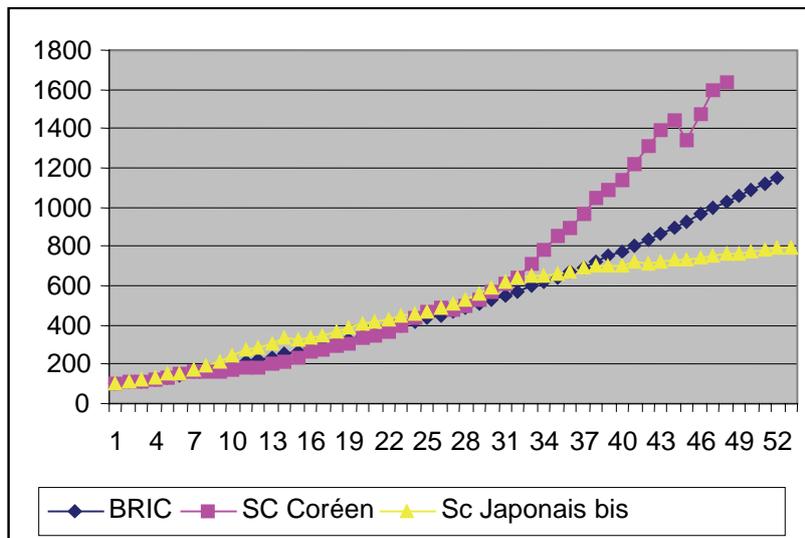


Carte 3 : Carte du Japon.

Scénario de croissance japonaise pendant quarante ans et de prolongement durant dix ans de la croissance japonaise des années 90.

Le PIB par habitant serait alors de 21 631 US\$. Le taux annuel moyen de croissance du PIB serait de 4,2%

Figure 3 : Simulations de l'évolution du PIB/habitant selon les scénarios de croissance retenus (base 100 : 2000).



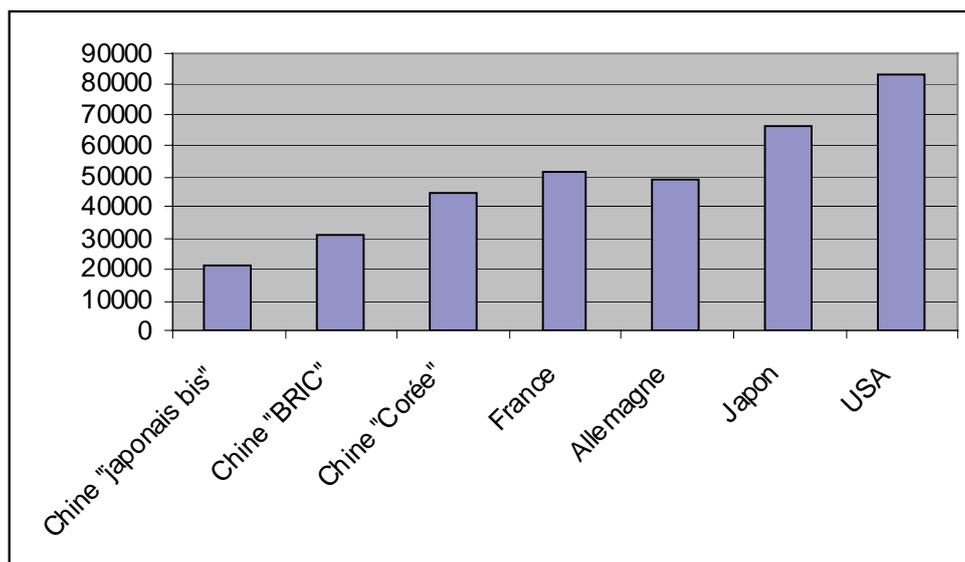
On notera que les taux de croissance japonais donnés par la Banque Mondiale diffèrent de ceux pris en compte dans le rapport Goldman Sachs sur les pays BRIC.

Il est intéressant de comparer les niveaux de PIB par habitant atteints par la Chine selon les différents scénarios à ceux projetés par le rapport Goldman Sachs (2003) sur les pays BRIC en 2050.

Synoptique des scénarios

	Scénario de référence	Scénario « haut »	Scénario « bas »	Scénario « japonais bis »
PIB par habitant en 2050 (\$ US constant 2003)	31 357	44 820 (en 2046)	26 780	21 631
Taux de croissance (en %)	5	6,1	4,66	4,2
Qualificatif	Scénario « BRIC »	Scénario coréen	Scénario « japonais »	Scénario crise structurelle durable
Niveau atteint comparable	Japon 2000	Entre les USA et le Luxembourg.	France 2004	France 2000 (en nominal)

Figure 4 : Niveaux de PIB par habitant en \$ en 2050 pour la Chine suivant les scénarios , la France, l'Allemagne et les USA



Source : rapport Goldman Sachs (2003)

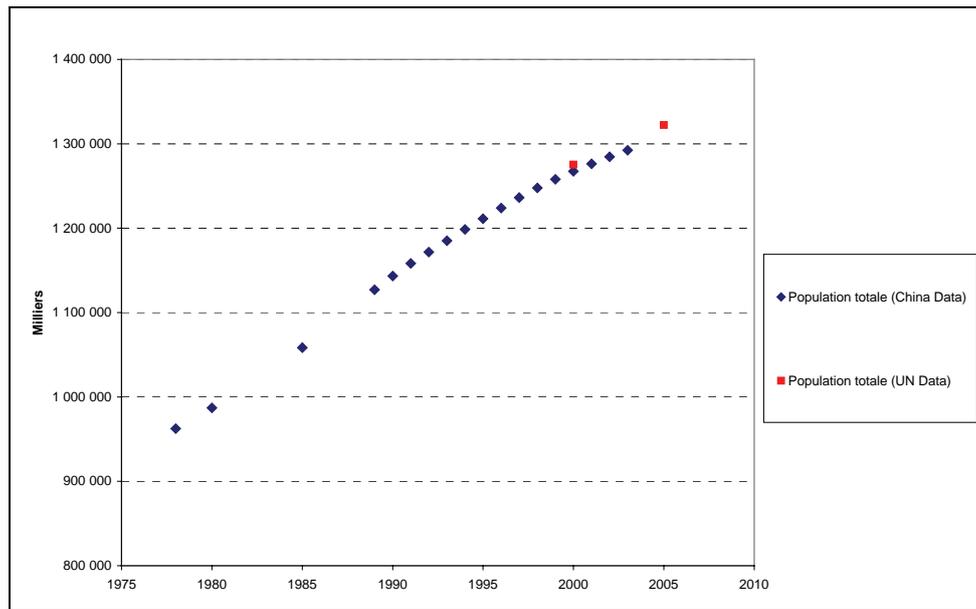
Les facteurs démographiques

Situation actuelle

Les différentes sources

La population chinoise serait en 2003 de 1,3 milliards d'individus. Les deux sources (Chinese Statistical Yearbook 2004 et Nations Unies 2002) mobilisées donnent un effectif de population totale peu différent pour l'année 2000, respectivement 1,267 milliards et 1,275 milliards d'individus.

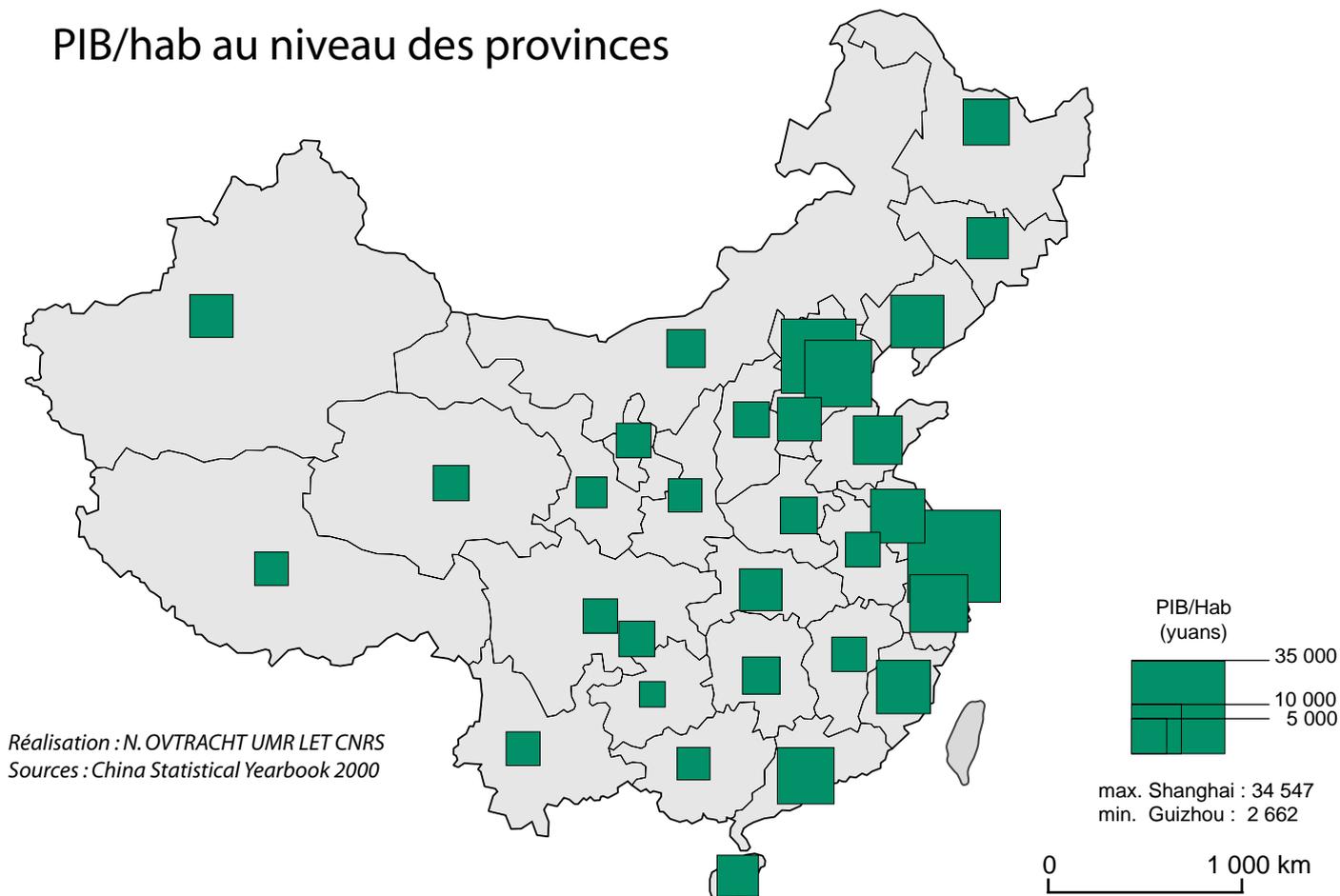
Figure 5 : Populations totales de la Chine d'après deux sources statistiques



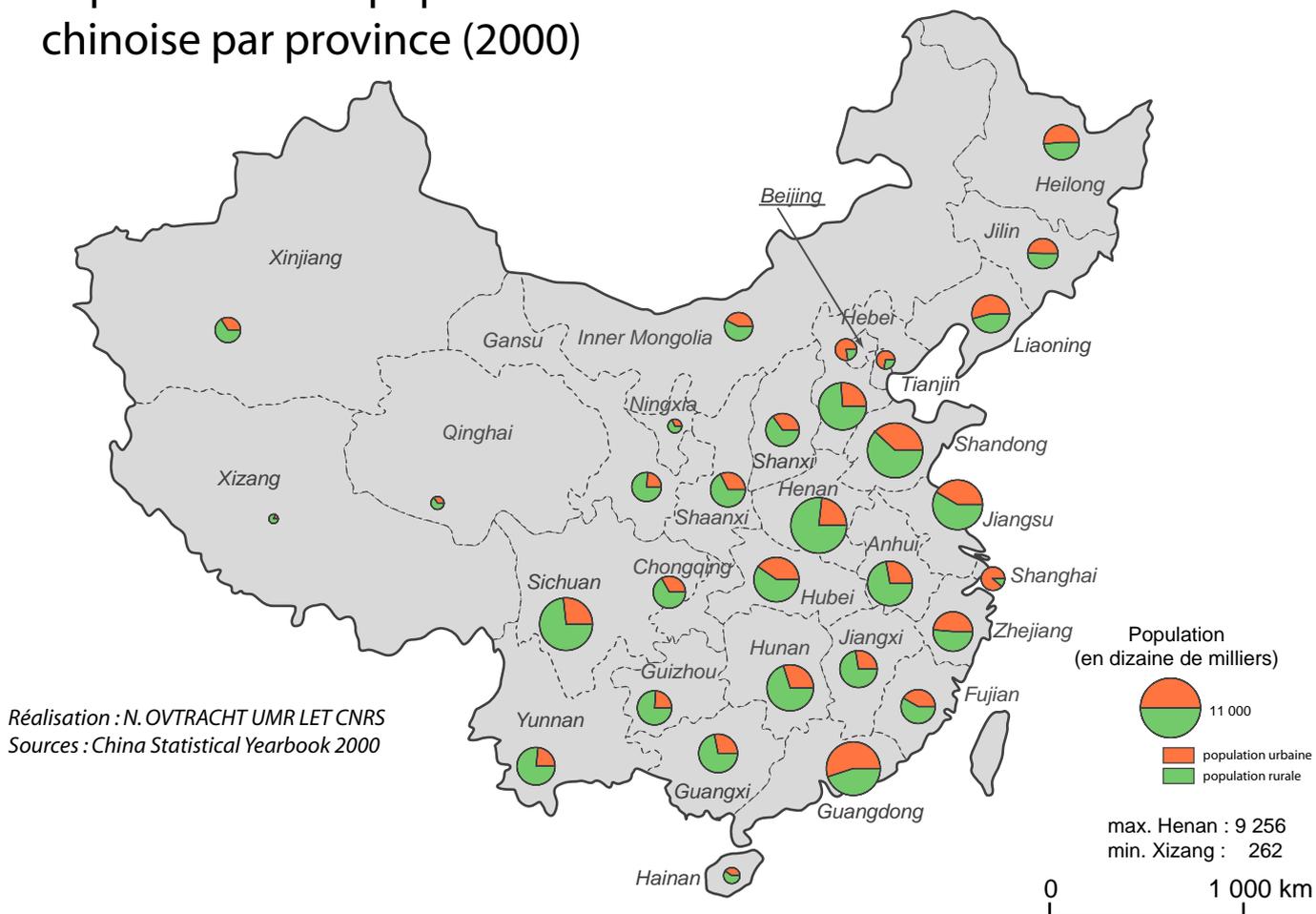
Population urbaine - population rurale

Les deux sources mentionnées précédemment peuvent être aussi retenues à ce niveau. Le taux de population urbaine est relativement faible.

PIB/hab au niveau des provinces



Répartition de la population chinoise par province (2000)



Carte 4 : PIB/hab et population chinoise par province en 2000

Figure 6 : Populations urbaine et rurale de la Chine selon les données chinoises et des Nations-Unies (milliers)

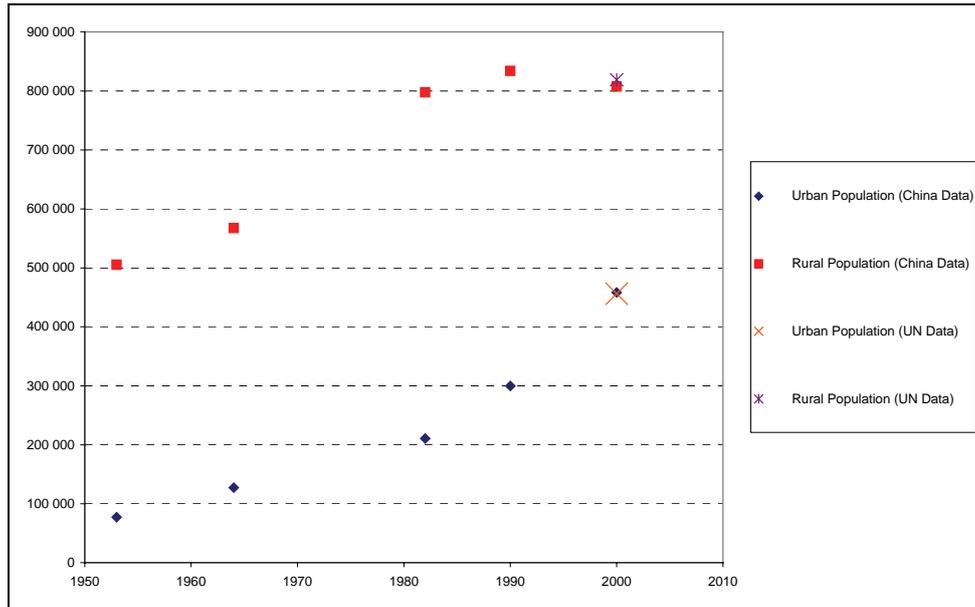
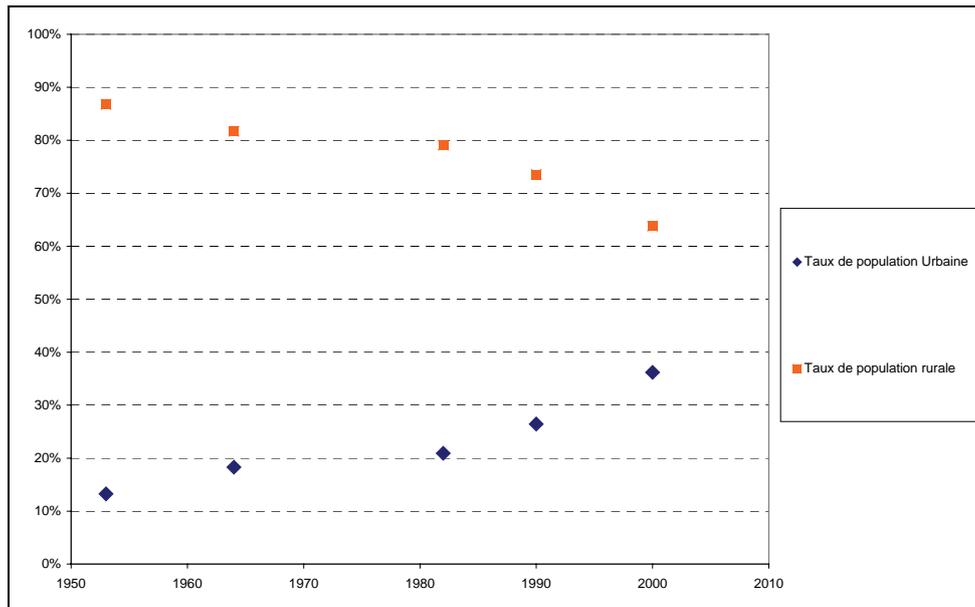
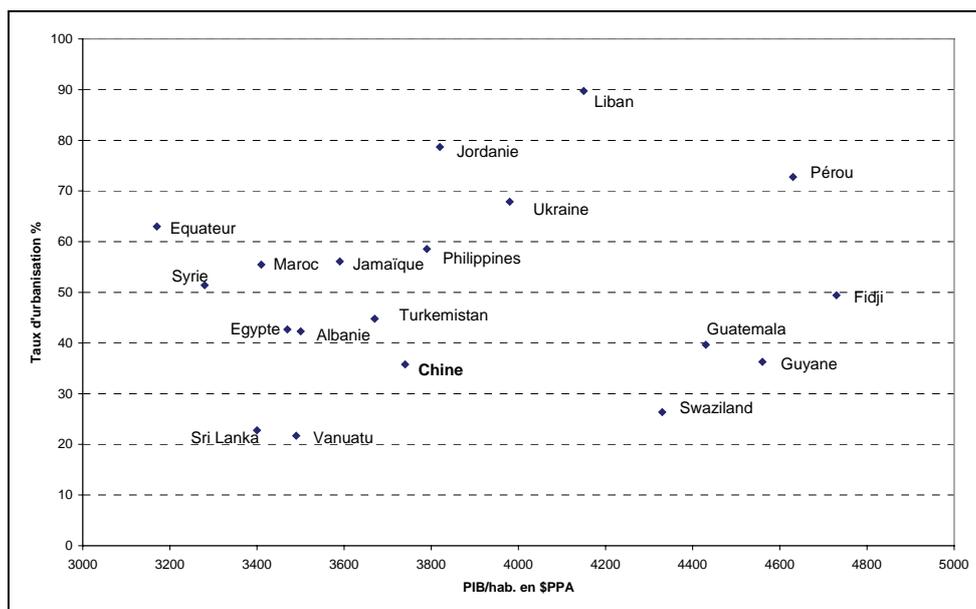


Figure 7 : Taux de populations urbaine et rurale de la Chine (%)



Ces taux de population urbaine restent faibles au regard des autres espaces à niveau de développement proche saisi par le PIB/ habitant en PPA (Figure 8).

Figure 8 : Taux d'urbanisation et niveau de richesse en PIB/hab. \$PPA (Echantillon de pays dont le PIB/hab. en \$ PPA est compris en 3000 et 5000\$ en 2000 et dont les valeurs du taux d'urbanisation en 2000 sont renseignées)



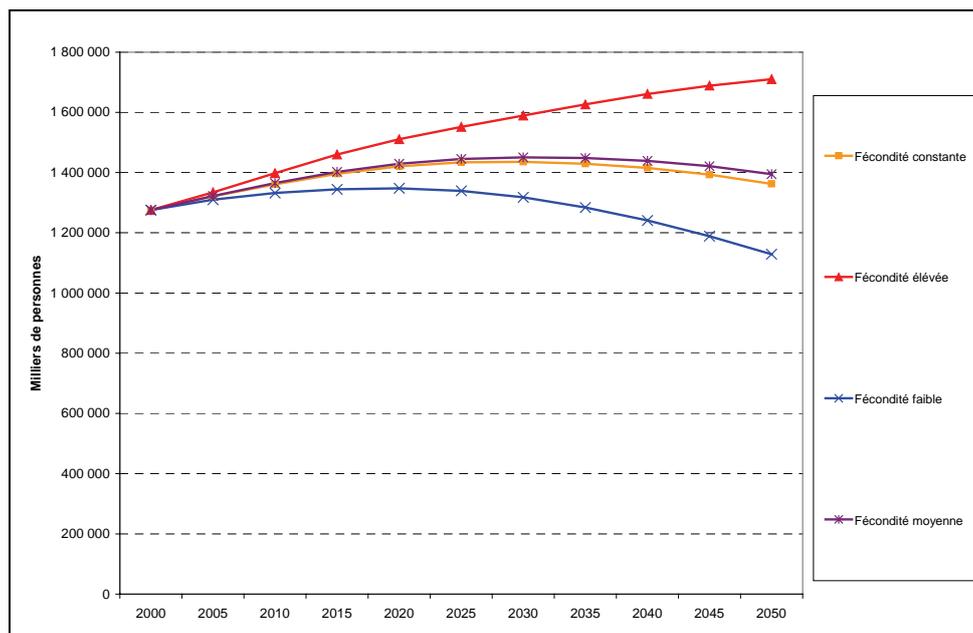
source : Nations-Unies 2002 et World Bank WDI 2003

Projections

Les Nations Unies ont réalisé des projections de population en 2002 pour différents pays du monde pour des horizons temporels de 2030 et de 2050. Ces données sont disponibles sur le site <http://esa.un.org/unpp/>.

Population totale et densités

Figure 9 : Projections de population pour la Chine



Quatre scénarios sont retenus par les Nations Unies pour cette projection de population selon les niveaux de fécondité : fécondité constante, fécondité élevée, fécondité faible et fécondité moyenne.

Les hypothèses de fécondité sont décrites suivant des groupes de pays.

- Les pays à **niveau de fécondité élevée** sont ceux pour lesquels il n'y a pas eu au cours des dernières années de baisse de la fécondité ou seulement une amorce de réduction.
- Les pays à **niveau de fécondité moyenne** sont ceux pour lesquels la fécondité a baissé mais pour lesquels le nombre d'enfants par femme est supérieur de 2,1 sur la période récente.
- Les pays à niveau de **fécondité faible** renvoient aux pays qui ont taux de fécondité égal ou inférieur à 2,1 enfants par femme pour la période récente.

Les hypothèses de fécondité moyenne :

La fécondité totale est supposée converger vers un niveau de 1,85 enfant par femme. Cependant tous les pays ne vont pas atteindre ce niveau au cours de la période de projection de 2050. Le principe de base pour ces projections de fécondité est le même pour tous les pays mais les procédures de projections diffèrent légèrement selon les pays, en particulier si le niveau de fécondité des pays sur la période récente est supérieur ou inférieur à 1,85 enfant par femme.

La fécondité pour les pays à niveaux de fécondité moyenne ou élevée est supposée suivre une baisse de fécondité déduite des modèles démographiques calibrés sur les 50 dernières années par les Nations-Unies.

La fécondité pour les pays à fécondité faible est supposée rester à un niveau inférieur à 2,1 enfants par femme sur une grande partie de la période de projection et atteindre 1,85 enfant par femme entre 2045 et 2050.

Les hypothèses de fécondité élevée :

Selon cette hypothèse, la fécondité est projetée pour maintenir la fécondité par femme de 0,5 enfant de plus que la fécondité moyenne sur la plus grande partie de la période de projections. En 2045-2050, la fécondité serait de moitié supérieure à celle de la fécondité moyenne. Autrement dit, les pays atteignant une fécondité de 1,85 enfant par femme dans un scénario moyen, seront à un niveau de 2,35 enfants par femme à la fin la période de projection de 2050.

Les hypothèses de fécondité faible :

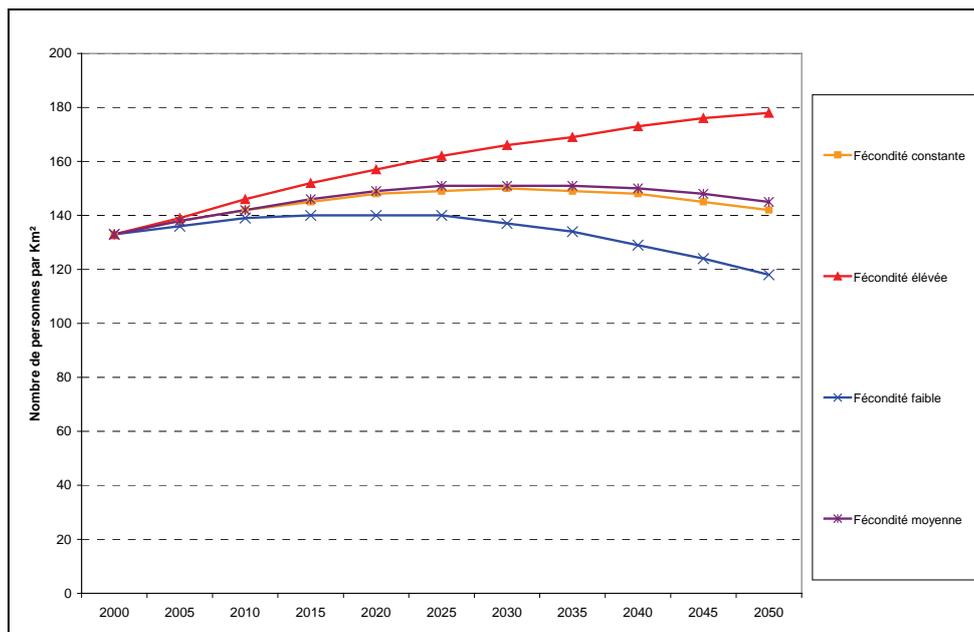
Selon cette hypothèse, la fécondité est projetée pour maintenir la fécondité par femme de 0,5 enfant de moins que la fécondité moyenne sur la plus grande partie de la période de projections. En 2045-2050, la fécondité serait de moitié inférieure à celle de la fécondité moyenne. Autrement dit, les pays atteignant une fécondité de 1,85 enfant par femme dans un scénario moyen, seront à un niveau de 1,35 enfant par femme à la fin la période de projection de 2050.

L'hypothèses de fécondité constante :

Pour chaque pays un niveau de *fécondité constante* est donné sur la base du niveau observé sur la période récente.

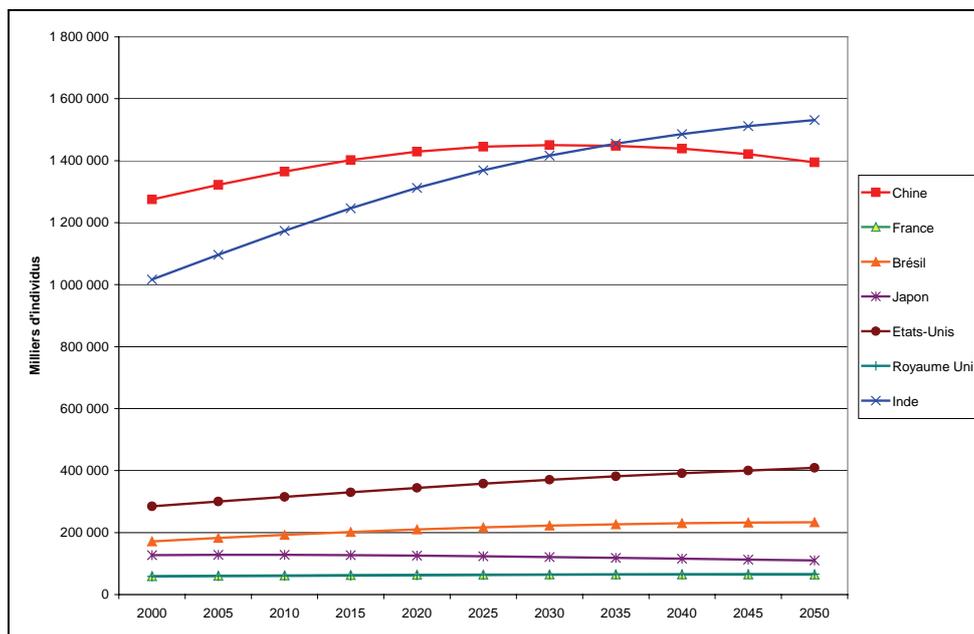
Selon ces quatre hypothèses, la population chinoise serait comprise en 2050 entre 1,1 et 1,7 milliard d'individus.

Figure 10 : Densités de population en Chine



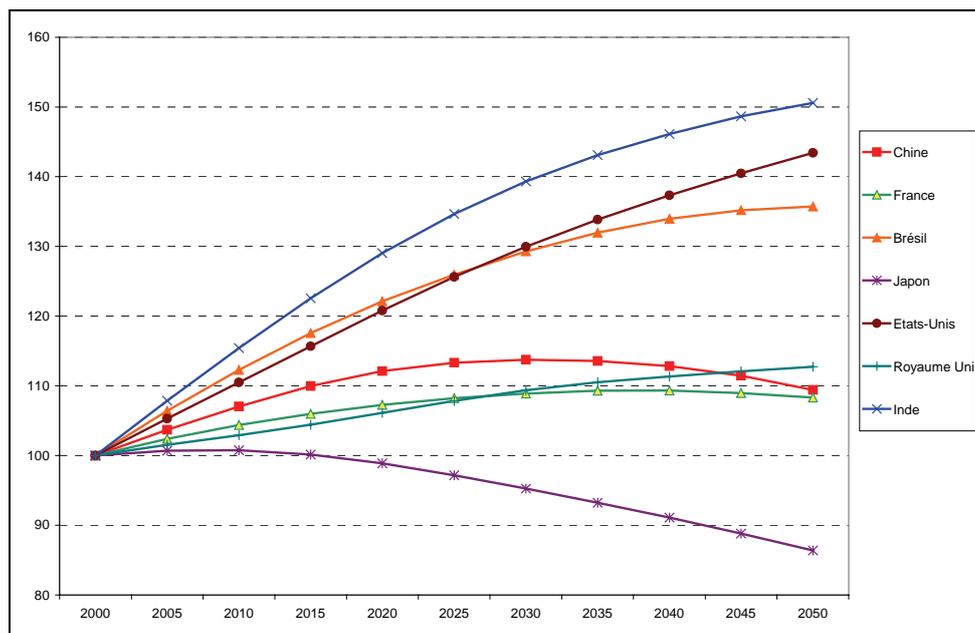
A taille de territoire constante, la densité de population suit dans ces projections le même profil que la population totale. Elle se situerait entre 118 et 178 habitants au km².

Figure 11 : Projections de population totale pour différents pays (Hypothèse de fécondité moyenne, base 100 en 2 000)



Le comparatif des projections pour les pays suivant l'hypothèse de fécondité moyenne indique une croissance continue de l'Inde qui en 2050 serait le premier pays au monde en termes de population avec un effectif de 1,5 milliard d'individus contre 1,4 milliard pour la Chine.

Figure 12 : Projections de population totale selon l'hypothèse de fécondité moyenne (Base 100 : année 2000)

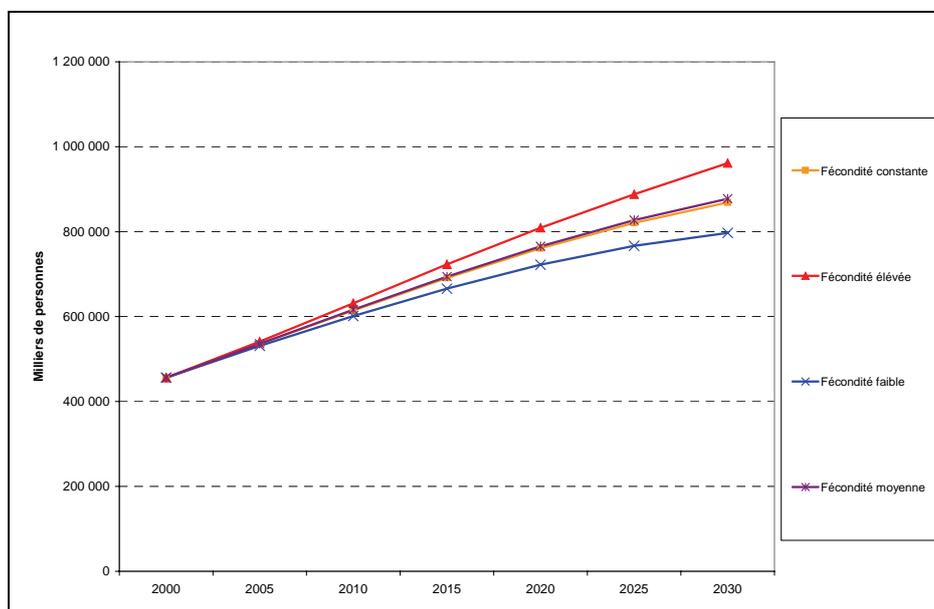


La croissance démographique entre 2000 et 2050 serait de 9% pour la Chine, de 8% pour la France, de 13% pour le Royaume Uni, de 36% pour le Brésil, de 41% pour les Etats Unis et de 51% pour l'Inde. Le Japon enregistrait une baisse de population en 2050 de 14% par rapport à l'an 2000.

Population urbaine et population rurale

Les projections des Nations-Unies

Figure 13 : Projections de population urbaine en Chine

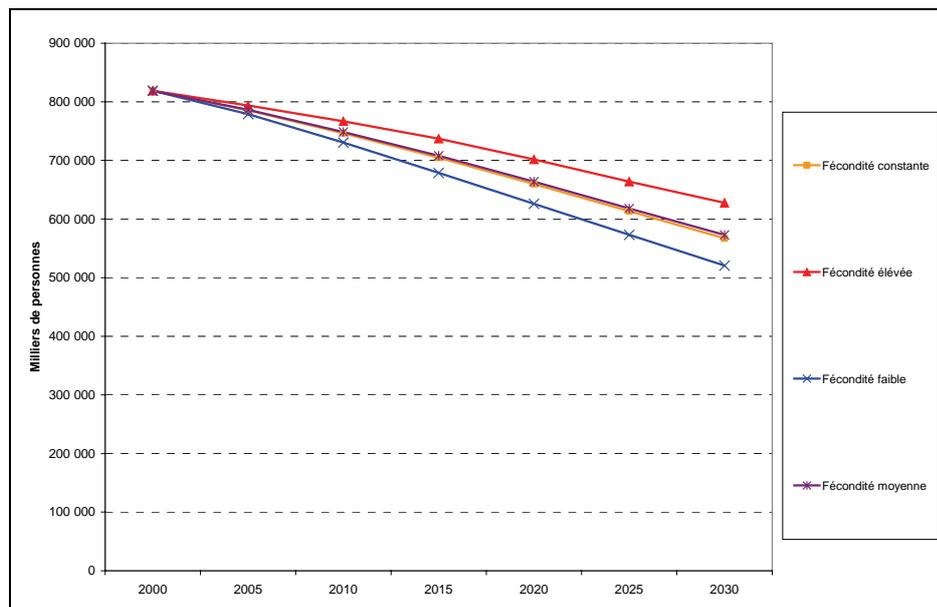


Comme pour les projections de population totale, les Nations Unies ont retenu quatre scénarios pour la population urbaine et rurale suivant le niveau de fécondité : fécondité constante, fécondité élevée, fécondité faible et fécondité moyenne. Seul l'horizon temporel de la projection change. Pour les taux d'urbanisation, celui-ci est l'année 2030 et non 2050.

D'après les Nations Unies, la Chine comptait en l'an 2000 450 millions de personnes vivant dans les villes. Ce chiffre de population urbaine doublerait d'ici 2030 pour être compris entre 800 millions et 961 millions d'individus.

Dans le même temps, et d'après les projections des Nations Unies, la population rurale passerait de 818 millions à un intervalle compris entre 520 et 627 millions d'individus.

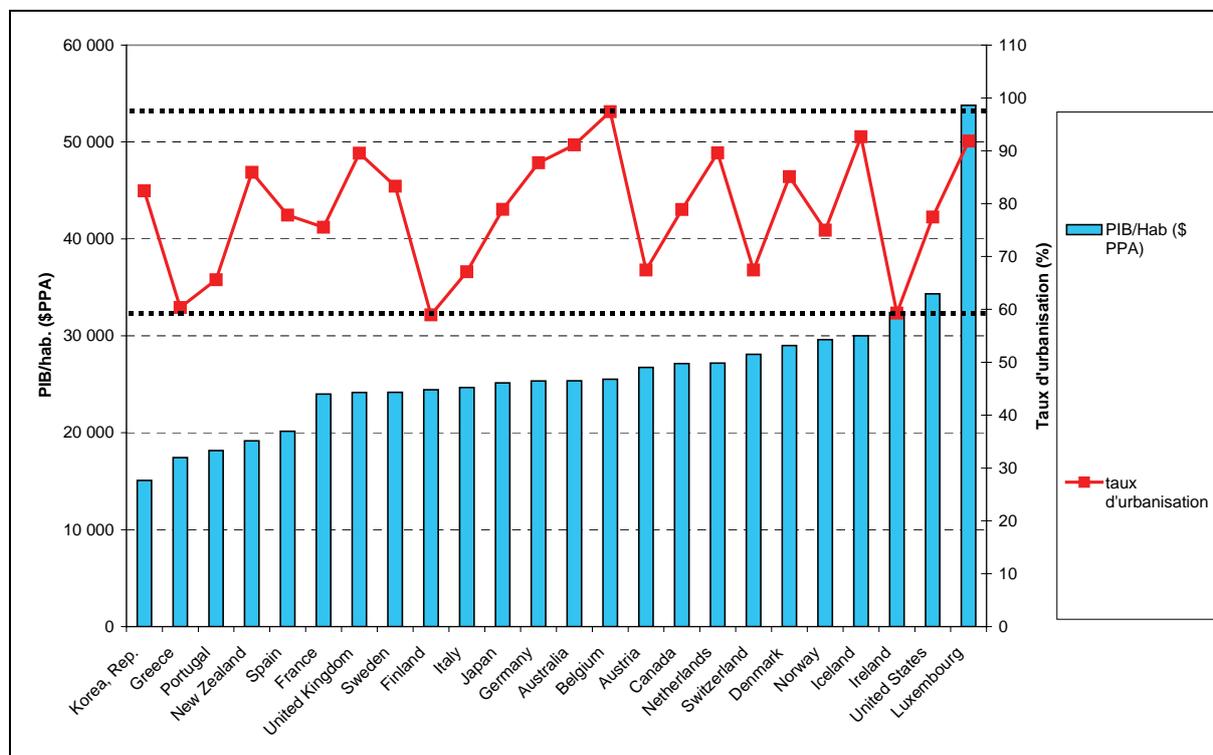
Figure 14 : Projections de population rurale en Chine



Les déterminants du niveau d'urbanisation

Le taux d'urbanisation d'un pays n'est pas totalement indépendant de son niveau de richesse *per capita*. Les pays à revenus élevés (PIB/habitant supérieur à 10 000 \$ en 2003) ont une proportion de population urbaine comprise entre 60 et 97% par rapport à la population totale comme l'indique le graphique ci-dessous.

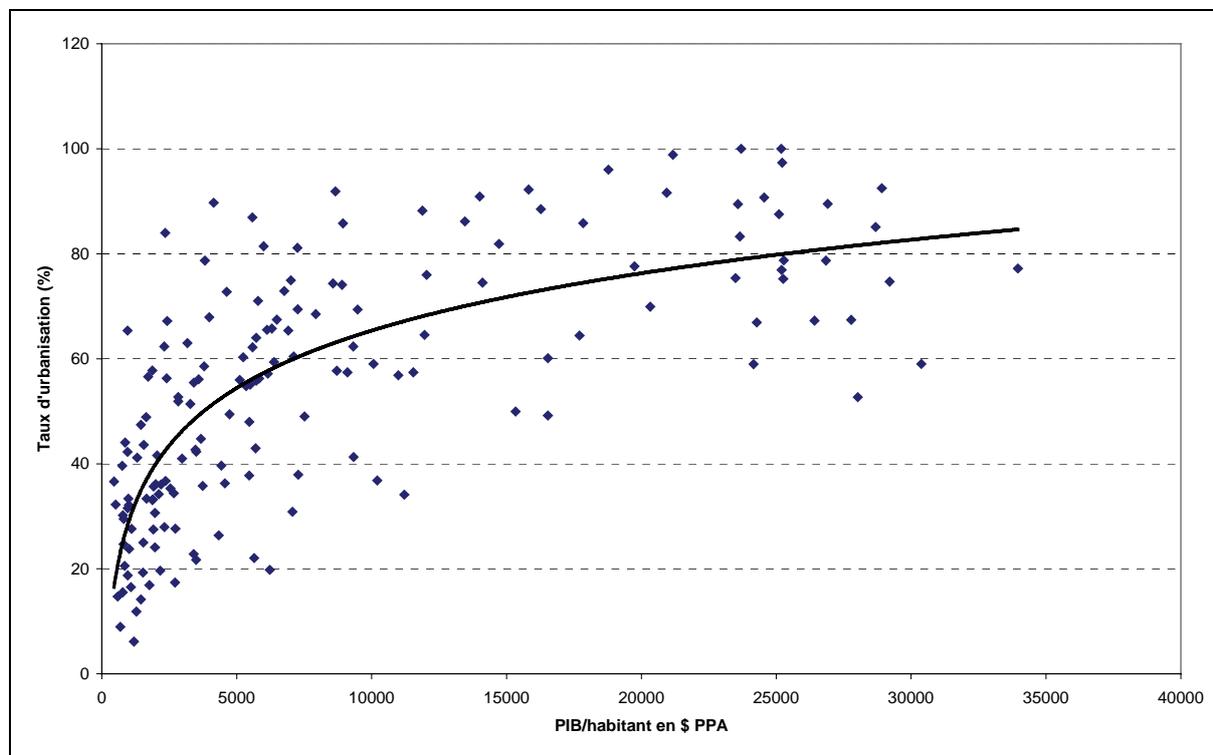
Figure 15 : Taux d'urbanisation et niveau de richesse en 2000



Il est possible d'approfondir cette analyse des déterminants du taux d'urbanisation sur la base de différents modèles.

Nous avons testé plusieurs variables explicatives du taux d'urbanisation sur un échantillon de 160 pays en l'an 2000 pour lesquels les variables étaient renseignées. Dans un premier temps, seul le PIB a été retenu. Les résultats de l'estimation sur la base d'une fonction logarithme offre des résultats significatifs (Cf. Tableau 4)

Figure 16 : Relation taux d'urbanisation et PIB/habitant \$PPA en 2000 (effectif : 160 pays)



$$TXURB = f(LN(PIB / HAB)) \quad (1)$$

Tableau 4 : Résultats de l'estimation du taux d'urbanisation en fonction du GDP/hab. en \$ PPA.

	Coeff.	Std.Err.	t-ratio	P-value
ONE	-77,5651	9,6075	-8,07339	1,63425e-013
LNGDP/CAP	15,475	1,12142	13,7995	0
R2 = 0,5436				

L'introduction de la surface totale du pays exprimée en km² ne modifie pas les résultats précédents. Les signes des paramètres restent conformes à ce qui est attendu.

$$TXURB = f(LN(PIB / HAB); LNSURF) \quad (2)$$

Tableau 5 : Résultats de l'estimation du taux d'urbanisation en fonction du GDP/hab. en \$ PPA et de la surface.

	Coeff.	Std.Err.	t-ratio	P-value
ONE	-92,8747	12,6664	-7,33234	1,15207e-011
LNSURF	0,809494	0,525339	1,5409	0,125368
LNGDP20	16,2188	1,15227	14,0755	8,88178e-016
R ² = 0,5564				

L'introduction du niveau de population (exprimé en log) en plus de la surface et du niveau de PIB/hab. en \$PPA n'accroît pas le pouvoir explicatif du modèle global. En outre, la surface et la population sont non significatives dans ce cas.

Tableau 6 : Résultats de l'estimation du taux d'urbanisation en fonction du GDP/hab. en \$ PPA, de la surface et de la population.

	Coeff.	Std.Err.	t-ratio	P-value
ONE	-97,655	15,1057	-6,46479	6,20107e-010
LNGDP20	16,1667	1,15816	13,959	0
LNSURF	0,435582	0,829124	0,525352	0,600089
LNPOP20	0,60965	1,04438	0,583744	0,560241
R ² = 0,5545				

D'après le modèle 1, le taux de population urbaine pour la Chine en 2050 serait compris entre 76% et 88%. En retenant le modèle 2, ce pourcentage de population urbaine serait compris entre 82% et 93% en 2050.

Les facteurs énergétiques

Eléments de cadrage actuel

La Chine est le deuxième consommateur mondial d'énergie derrière les Etats-Unis et le troisième producteur mondial d'énergie après les Etats-Unis et la Russie.

Tableau 7 : La Chine au niveau de l'énergie mondiale en 1971, 1990 et en 2000 (% du total mondial)

	1971	1990	2000
Offre totale d'énergie primaire	5	9	11
Demande de charbon	13	24	28
Demande de pétrole	2	4	7
Demande finale d'électricité	3	5	9
Emissions de CO ₂	6	11	24
GDP	3	6	12
Population (%)	23	22	21

Source : International Energy Agency (2002) p.238

La Chine est le premier consommateur au monde de charbon au monde avec 28% du total consommé. Compte tenu de cette très forte consommation de charbon et des technologies énergétiques peu efficaces retenues, la Chine génère un volume très élevé d'émissions de CO₂, qui fait de ce pays le deuxième émetteur mondial après les Etats-Unis, représentant 3 milliards de tonnes en 2000. L'analyse per capita relativise sensiblement cette position. La Chine émet par habitant 2,4 tonnes de CO₂ contre 3,8 tonnes au titre de la moyenne mondiale.

Le quinzième plan chinois (2001-2005) prévoit une réduction de la dépendance en charbon en développant les infrastructures de gaz et de pétrole, en recherchant une efficacité énergétique accrue et recourant aux énergies non renouvelables.

La Chine dispose de ressources énergétiques abondantes en particulier en termes de charbon (114 milliards de tonnes de réserves de charbon) et de gaz (2,3 trillions de mètres³ (10¹⁸ metres³ cubes)) de réserves de gaz). Ces ressources sont cependant très inégalement réparties : les réserves sont principalement dans le Nord et le Nord-Est de la Chine alors que les besoins de consommation sont au niveau des régions côtières et orientales. Cela nécessitera des investissements conséquents en matière d'infrastructures de transports.

Après s'être accrue de 5% par an entre 1990 et 1996, la demande commerciale d'énergie primaire a stagné (+0,8%) alors que le PIB augmentait de l'ordre de 7 à 8% par an entre 1996 et 2000, traduisant une efficacité énergétique accrue.

Tableau 8 : Indicateurs énergétiques de la Chine et du monde en 2000 et en variation entre 1990 et 2000

	2000		Taux de croissance annuel moyen 1990-2000 (%)	
	<i>Chine</i>	<i>Monde</i>	<i>Chine</i>	<i>Monde</i>
PIB (Milliards \$ 1995 PPA)	4861	41 609	9,9	3,0
PIB/Hab. (\$ 1995 PPA)	3823	6908	8,7	1,6
Population (Milliards)	1,3	6	1,1	1,4
TEP	950	9179	3,4	1,5
TEP/GDP	0,2	0,2	-5,9	-1,5
Production énergétique/TEP	1	6	-0,7	-
Importations nettes de pétrole (Milliers de barils/jours)	1,7	-	n.d.	-
Emissions de CO2 (Millions de tonnes)	3052	22 639	2,9	1,2
Emissions de CO2 par habitant	2,4	3,8	1,8	-0,2

Source : International Energy Agency, (2002), p.240

Les projections

Un horizon temporel de 2030 avec l'Agence Internationale de l'Energie

L'Agence Internationale de l'Energie (IEA, 2002) a réalisé des projections de consommation énergétique pour la Chine à l'horizon de 2030. Elle a retenu pour cela différentes hypothèses sur des variables telles que le PIB et la population. Le modèle d'énergie mondiale retenu par l'AIE comprend différents modules ayant trait à la demande finale d'énergie, à production énergétique et au raffinage, à l'offre d'énergies fossiles et aux émissions générées (Cf. présentation détaillée dans rapport AIE 2002, pp. 501-513).

Tableau 9 : Hypothèses retenues par l’AIE pour les projections energetiques à l’horizon 2030.

	2000	2010	2020	2030	Taux de croissance annuel moyen (2000-2030)
PIB (Milliards de \$ 1995 PPA)	4 861	8 484	13 428	19 753	4,8
Population	1 272	1 363	1 442	1 481	0,5
PIB/habitant (\$ 1995 PPA)	3 823	6 227	9 311	13 338	4,3

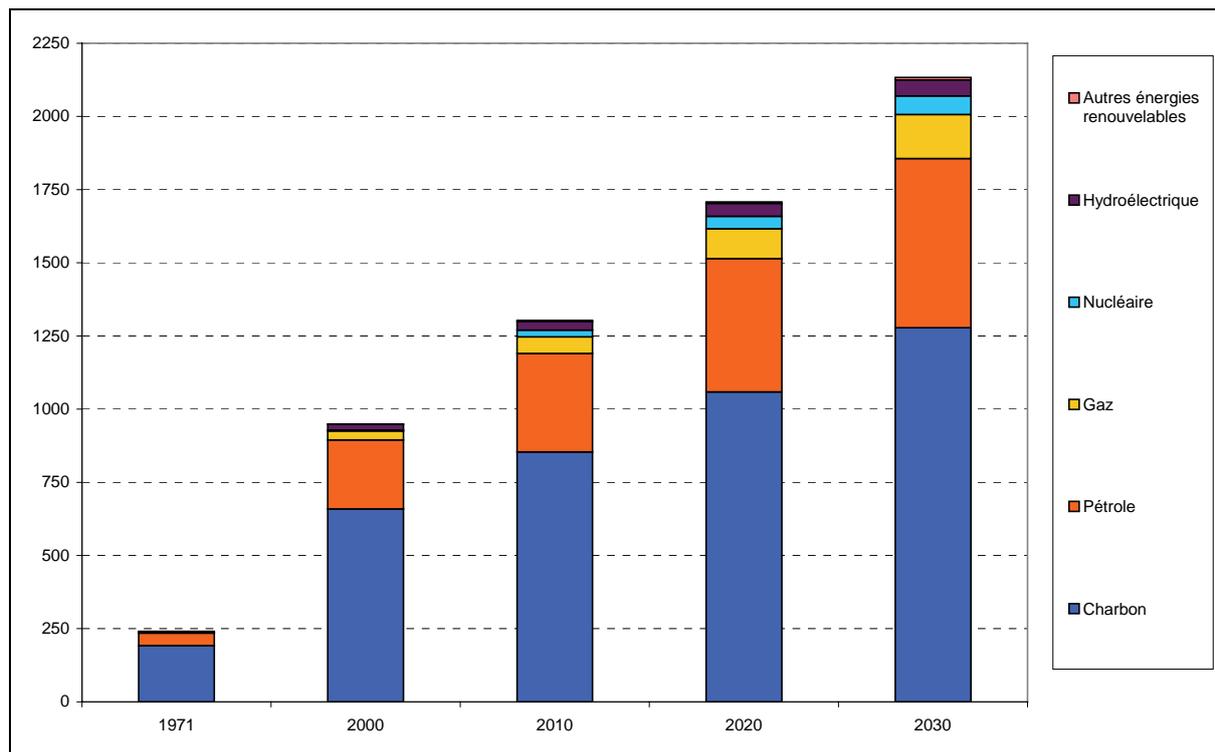
Source : International Energy Agency 2002

Tableau 10 : Demande d’énergie primaire totale en Chine (Millions de tonnes-équivalent pétrole) et taux de croissance projetés (en %)

	1971	2000	2010	2020	2030	Taux de croiss. annuel moyen 1971-2000	Taux de croiss. annuel moyen 2000-2010	Taux de croiss. annuel moyen 2000-2020	Taux de croiss. annuel moyen 2000-2030
Charbon	192	659	854	1059	1278	4,3	2,6	2,4	2,2
Pétrole	43	236	336	455	578	6,0	3,6	3,3	3,0
Gaz	3	30	57	102	151	8,1	6,5	6,3	5,5
Nucléaire	0	4	23	43	63		18,3	12,1	9,3
Hydroélectrique	3	19	29	44	54	7,2	4,1	4,2	3,5
Autres énergies renouvelables	0	1	4	5	9		10,7	7,0	6,8
Demande d’énergie primaire totale	241	950	1302	1707	2133	4,8	3,2	3,0	2,7

Source : International Energy Agency 2002

Figure 17 : Projections de la demande d'énergie pour la Chine à l'horizon de 2030 (Millions de tonnes-équivalent pétrole)



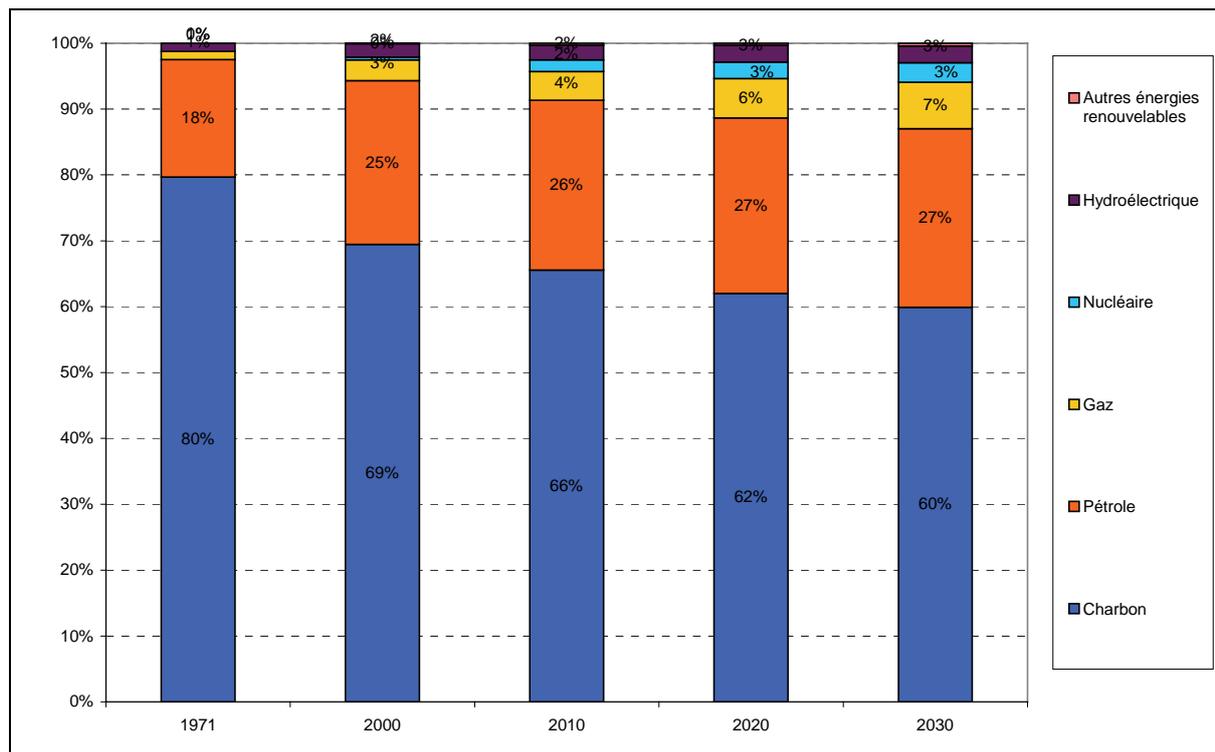
Source : A partir des données de l'AIE 2002

Tableau 11 : Répartition de la demande d'énergie primaire totale en Chine (% du total en millions de tonnes-équivalent pétrole)

	1971	2000	2010	2020	2030
Charbon	80%	69%	66%	62%	60%
Pétrole	18%	25%	26%	27%	27%
Gaz	1%	3%	4%	6%	7%
Nucléaire	0%	0%	2%	3%	3%
Hydroélectrique	1%	2%	2%	3%	3%
Autres énergies renouvelables	0%	0%	0%	0%	0%
Demande d'énergie primaire totale	100%	100%	100%	100%	100%

Source : International Energy Agency 2002

Figure 18 : Répartition de la demande d'énergie primaire totale en Chine ((% du total en millions de tonnes-équivalent pétrole)



Source : A partir des données de l'AIE 2002

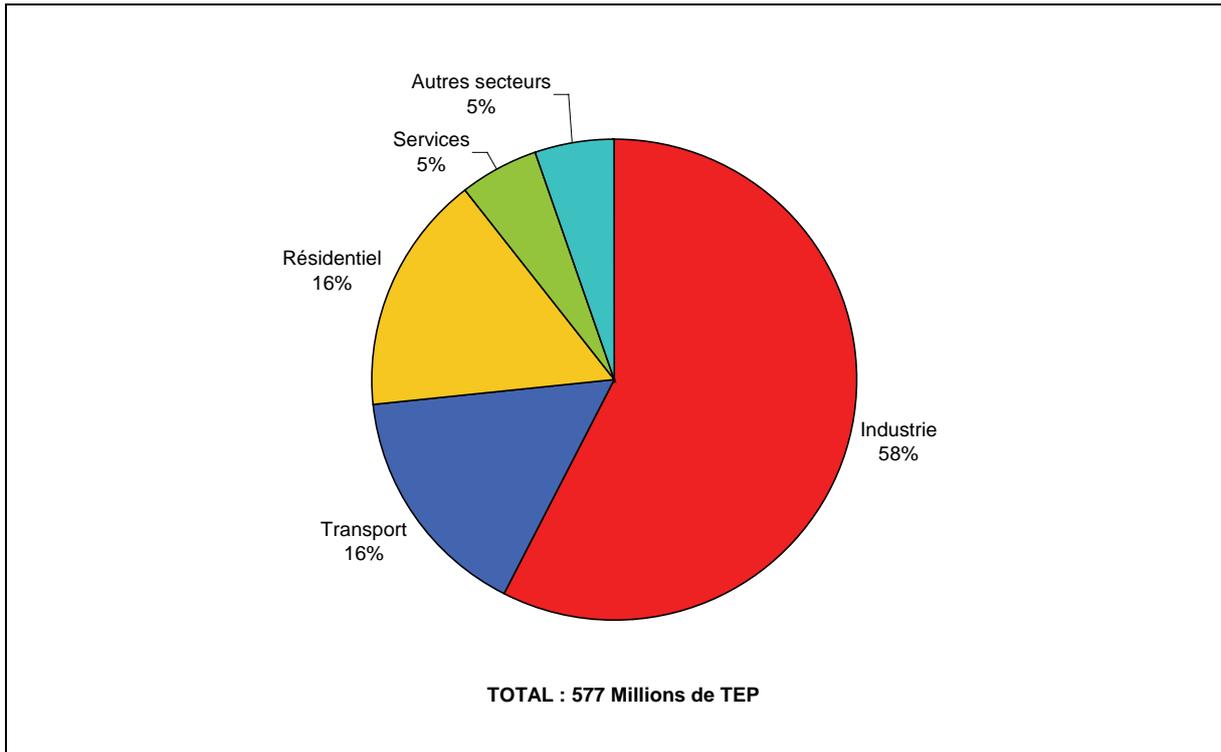
La consommation totale d'énergie finale augmentera de 2,7% par an sur la période 2000-2030 pour atteindre 1 264 millions de TEP en 2030. Cette croissance de la demande décélère cependant en passant de 3,2% de croissance annuelle moyenne entre 2000 et 2010 à 2,3% sur la période 2020-2030. Il en résulte un doublement de la demande d'énergie primaire qui passera de 577 millions de TEP en l'an 2000 à 1 264 millions de TEP en 2030.

La contribution des différentes énergies sera sensiblement modifiée. Ainsi, la part du charbon dans cette demande énergétique diminue de 9 points entre 2000 et 2030. Celle du pétrole, du gaz, de l'énergie nucléaire et de l'énergie hydroélectrique s'accroît respectivement de 2 points, de 4 points, de 3 points et de 1 point.

Induite par un développement des services et par une efficacité énergétique accrue, la part de l'industrie dans cette demande totale se réduira de 11 points entre 2000 et 2030.

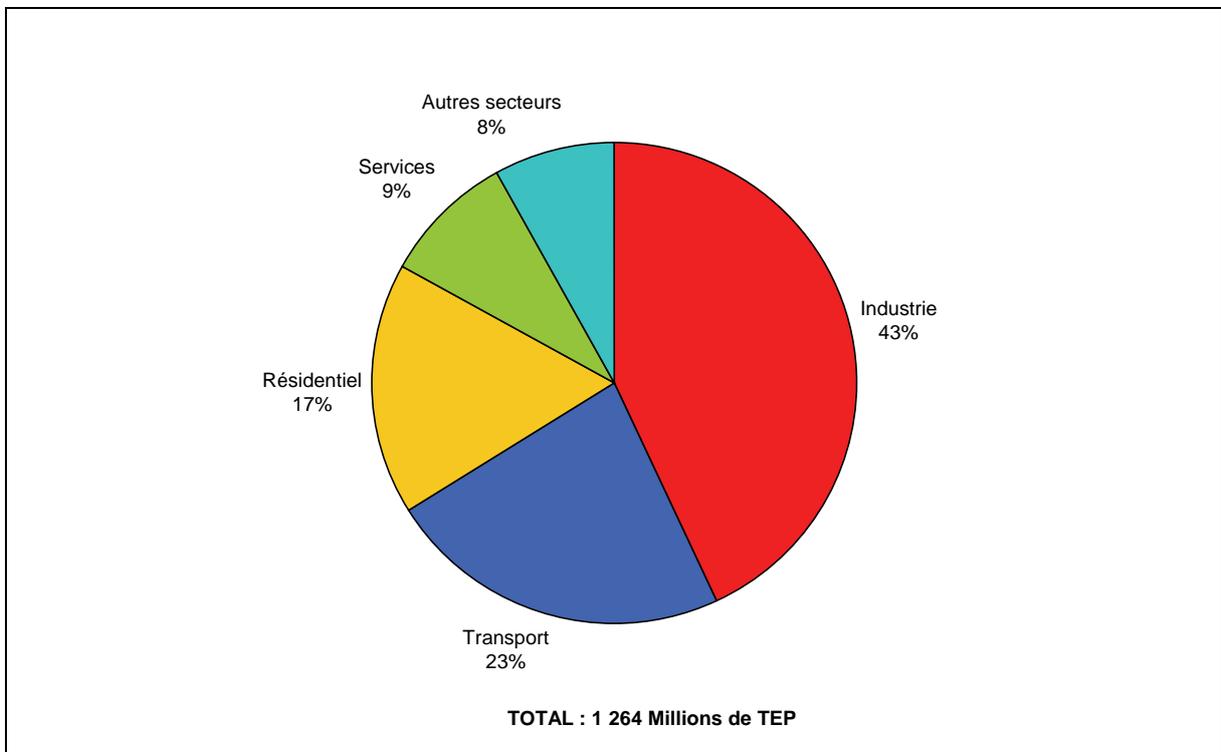
La consommation énergétique dans le secteur *des transports* augmentera de 4,1% par an sur la période 2000-2030. Sa part augmentera de 8 points. Les déplacements individuels se sont fortement accrues au cours des deux dernières décennies. Les deux tiers de l'accroissement de demande finale de pétrole proviendront du secteur des transports. La consommation énergétique du transport routier devrait fortement augmenter d'après les projections, de 54 millions de TEP en l'an 2000 à 213 millions de TEP en 2030 avec une croissance de 4,7% par an.

Figure 19 : Consommations finales énergétiques par secteur en Chine 2000



Source : A partir des données de l'AIE 2002

Figure 20 : Consommations finales énergétiques par secteur en Chine 2030



Source : A partir des données de l'AIE 2002

Un horizon temporel de 2050

Compte tenu de l'horizon temporel de 2050 retenu dans cette étude, nous avons bâti différents scénarios sur la consommation énergétique de la Chine pour 2050. Faute de données détaillées et de structures causales calibrées, il n'a pas été possible de mettre en œuvre une approche de modélisation. Nous avons opté ici pour une approche par simulation et une approche par comparaison déclinée dans trois cas pour la construction de trois perspectives énergétiques pour 2050.

Perspective 1

Nous retenons pour la construction de ces perspectives différents niveaux de consommations énergétiques exprimées en TEP et rapportées au nombre d'habitant ou au PIB global observés dans des pays développés et pour la Chine au cours des dernières années.

Sur la base des hypothèses faites en termes de population et des niveaux de PIB/habitant pour la Chine en 2050, nous en déduisons les consommations énergétiques exprimées en millions de TEP.

Tableau 12 : Ratios consommation énergétique primaire en TEP/hab et TEP/PIB.

	Chine	Etats-Unis Canada	UE 15	Japon
Ratio consommation énergétique primaire en TEP/habitant	1	8	4	4
Ratio consommation énergétique primaire en TEP /PIB (pour 1000\$)	0,92	0,24	0,2	0,11

Source : International Energy Agency 2005, pp.57-60

Tableau 13 : Projections des consommations énergétiques de la Chine à l'horizon 2050 (en millions de TEP) sur la base de ratio TEP/hab (PERSPECTIVE 1).

		TEP/habitant		
		Etats-Unis Canada en l'an 2000	UE 15 en l'an 2000	Japon en l'an 2000
Hypothèses	Population totale	8	4	4
fécondité faible	1 128 940 000	9 032	4 516	4 516
fécondité constante	1 362 615 000	10 901	5 450	5 450
Fécondité élevée	1 710 281 000	13 682	6 841	6 841

Figure 21 : Projections des consommations énergétiques de la Chine à l’horizon 2050 (en millions de TEP) sur la base de ratio TEP/hab. (PERSPECTIVE 1).

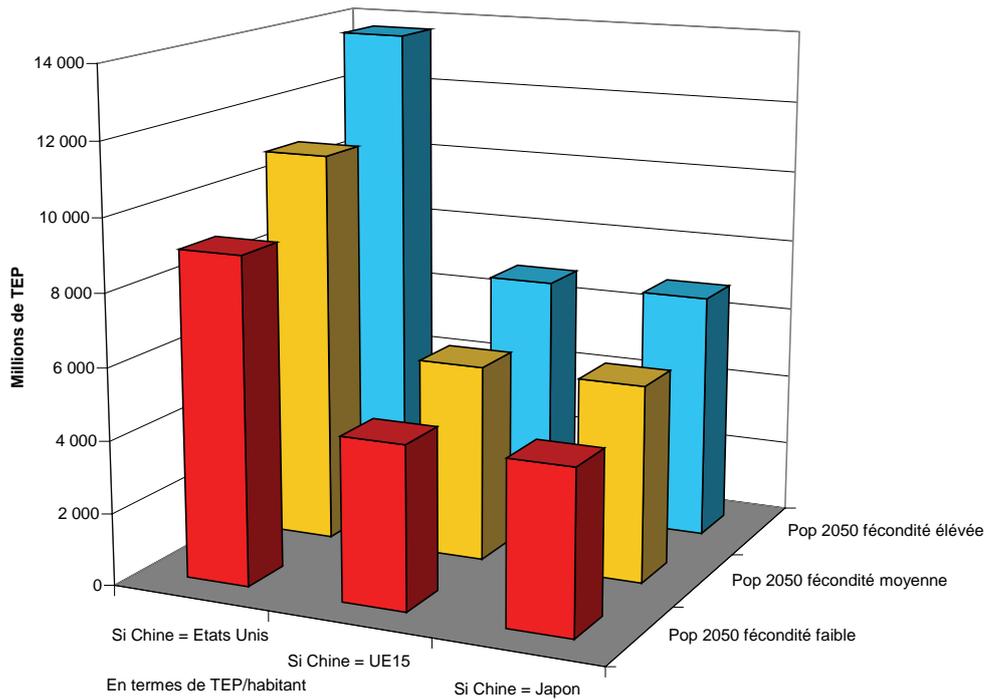
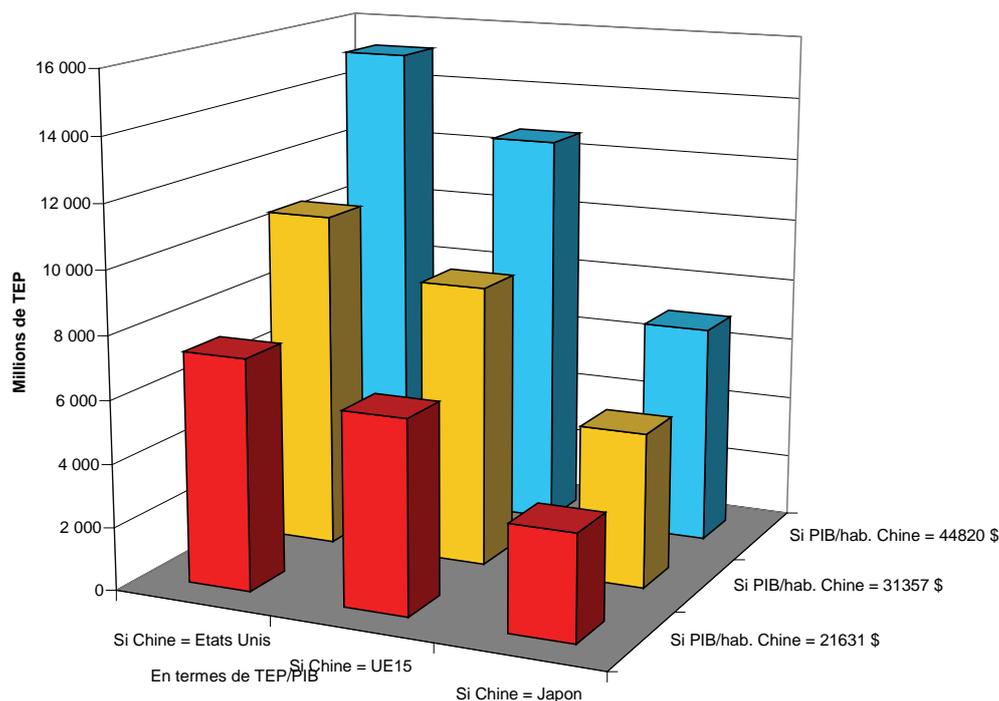


Tableau 14 : Projections des consommations énergétiques de la Chine à l’horizon 2050 (en millions de TEP) sur la base de ratio TEP/PIB. (PERSPECTIVE 1).

	TEP/PIB pour 1000\$		
	Etats-Unis	UE15	Japon
PIB/hab. en 2050	0,24	0,2	0,11
21631 \$	7 315	6 096	3 353
31357 \$	10 669	8 891	4 890
44820 \$	15 157	12 631	6 947

Figure 22 : Projections des consommations énergétiques de la Chine à l’horizon 2050 (en millions de TEP) sur la base de ratio TEP/PIB. (PERSPECTIVE 1).



Comparativement au niveau actuel en termes de consommations énergétiques (environ 1 milliard de TEP), les montants obtenus tant sur la base de ratios TEP/habitant que TEP/PIB dans ces projections de consommation correspondent pour 2050 à un coefficient multiplicateur compris entre 3 et 15 !

Perspective 2

La construction de la deuxième perspective part des estimations réalisées par l’Agence Internationale de l’Energie pour 2030 et prolonge les tendances enregistrées en termes de taux de croissance pour chacune des énergies envisagées au cours des 30 années entre 2000 et 2030 sur la période 2030-2050. Ainsi, la décélération de la demande des énergies se poursuit reposant sur l’idée d’une efficacité énergétique générale accrue sur la période. Sur la base de ces taux de croissance, nous en déduisons les montants de demande énergétique correspondants. Enfin, nous calculons la demande énergétique totale pour 2040 et 2050 et en déterminons les taux de croissance projetés relativement à 2000.

La demande énergétique primaire serait de 2 756 millions de tonnes-équivalent pétrole correspondant à un triplement relativement à 2000. Le taux de croissance annuel moyen de la demande énergétique serait de 2,1% sur la période 2000-2050. Avec cette approche, on se situe en termes de consommation énergétique en 2050 au niveau de la borne inférieure des résultats obtenus avec la première méthode, correspondant à un triplement par rapport à la consommation actuelle.

Tableau 15 : Projections de la demande d'énergie primaire pour la Chine en 2050 (en millions de tonnes-équivalent pétrole) et taux de croissance projetés pour cette période (%) (PERSPECTIVE 2)

SCENARIO 2	2000	2030	2040	2050	Taux de croiss. annuel moyen 1971-2000	Taux de croiss. annuel moyen 2000-2010	Taux de croiss. annuel moyen 2000-2020	Taux de croiss. annuel moyen 2000-2030	Taux de croiss. annuel moyen 2000-2040	Taux de croiss. annuel moyen 2000-2050
Charbon	659	1278	1455	1608	4,3	2,6	2,4	2,2	2	1,8
Pétrole	236	578	685	773	6	3,6	3,3	3,0	2,7	2,4
Gaz	30	151	174	145	8,1	6,6	6,3	5,5	4,5	3,2
Nucléaire	4	63	87	136		19,0	12,6	9,6	8	7,3
Hydroélectrique	19	54	62	65	7,2	4,2	4,3	3,6	3	2,5
Autres énergies renouvelables	1	9	16	29		14,0	8,0	7,5	7,2	7
Demande d'énergie primaire totale	950	2132	2480	2756	4,8	3,2	3,0	2,7	2,4	2,1

Figure 23 : Projections de la demande d'énergie pour la Chine à l'horizon de 2050 (Millions de tonnes-équivalent pétrole) (PERSPECTIVE 2).

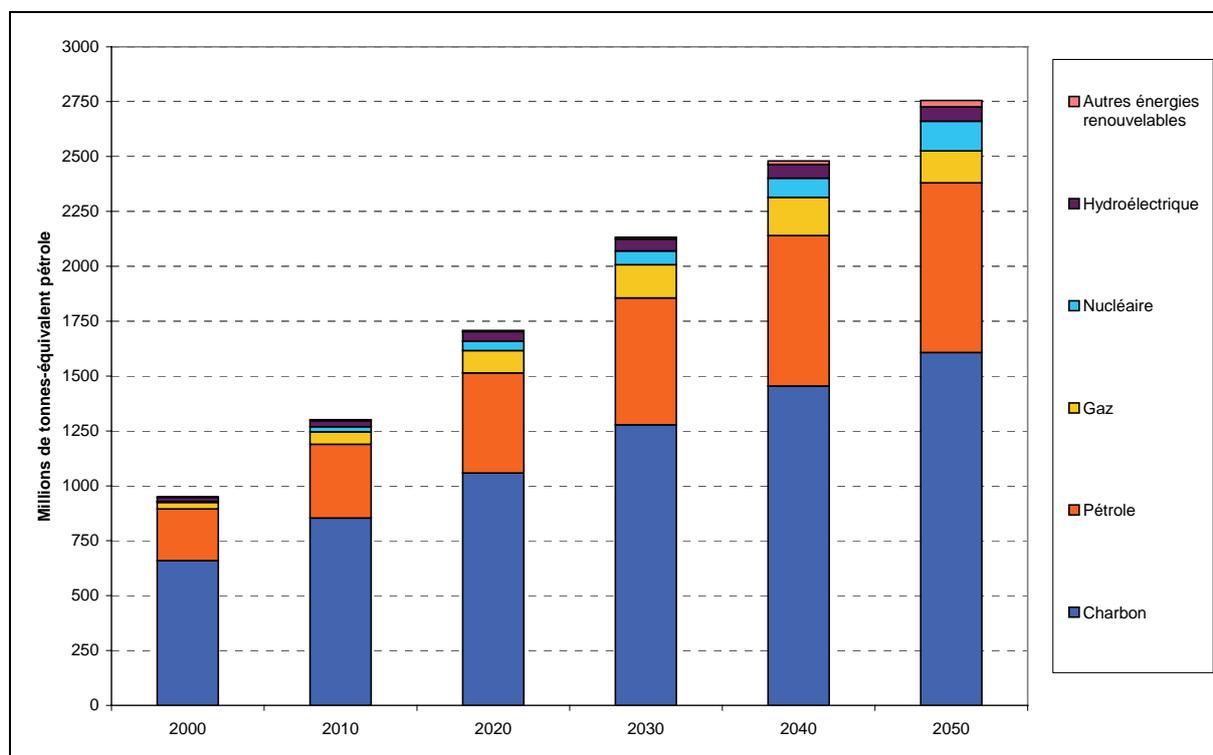
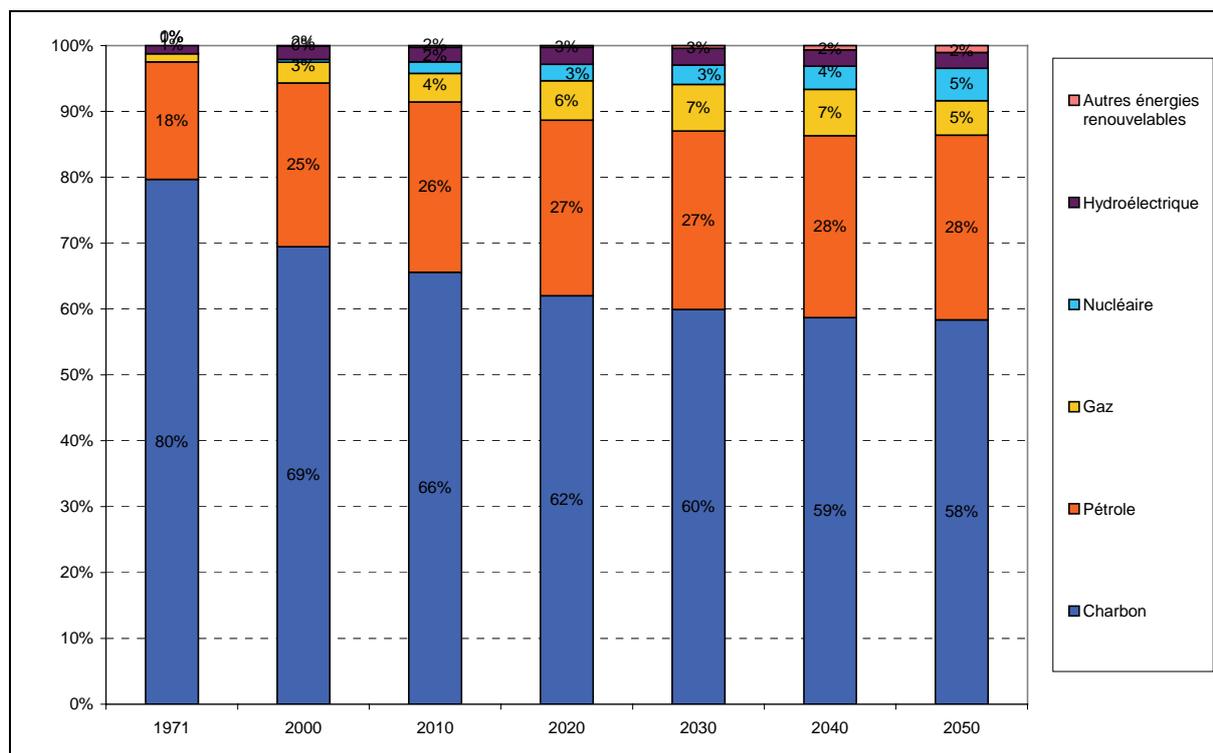


Tableau 16 : Répartition de la demande énergétique (en % du total en millions de tonnes-équivalent pétrole) (PERSPECTIVE 2).

scénario 2	1971	2000	2010	2020	2030	2040	2050
Charbon	80%	69%	66%	62%	60%	59%	58%
Pétrole	18%	25%	26%	27%	27%	28%	28%
Gaz	1%	3%	4%	6%	7%	7%	5%
Nucléaire	0%	0%	2%	3%	3%	4%	5%
Hydroélectrique	1%	2%	2%	3%	3%	2%	2%
Autres énergies renouvelables	0%	0%	0%	0%	0%	1%	1%
Demande d'énergie primaire totale	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Même si elle est en recul, la part du charbon reste prépondérante dans cette demande suivie par le pétrole. Les autres énergies telles que le nucléaire, l'hydroélectricité augmentent tant en volume qu'en part relative mais leur montant reste faible.

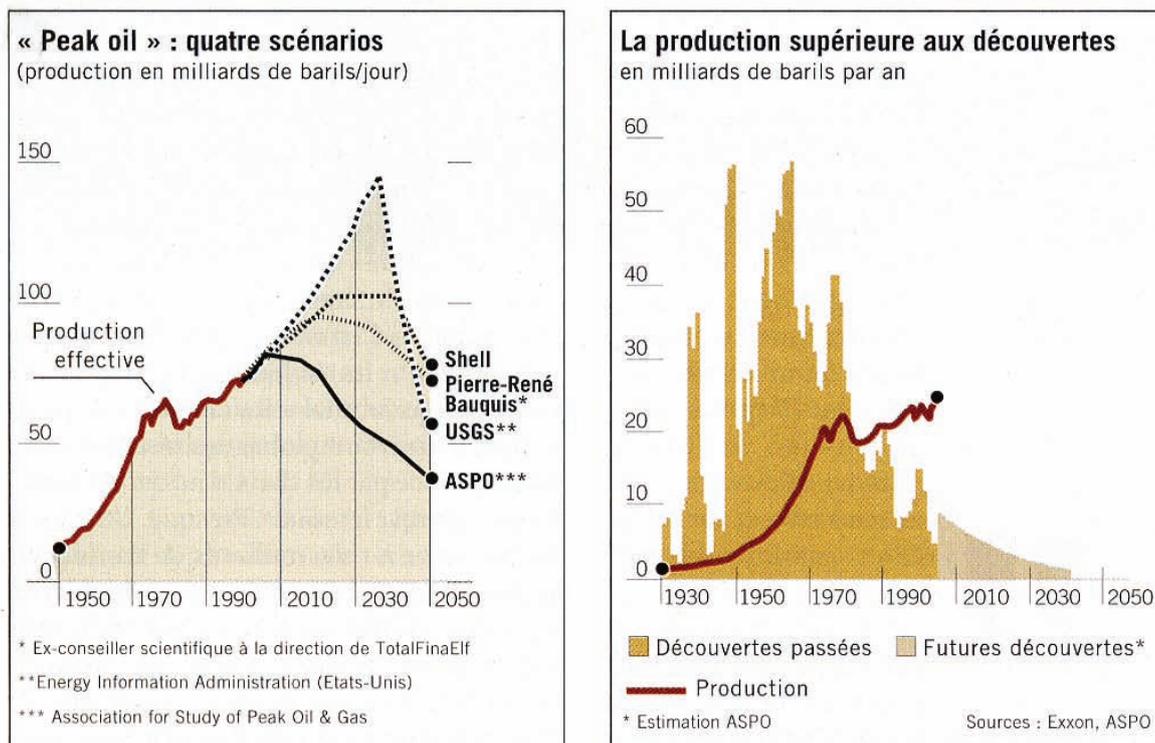
Figure 24 : Répartition de la demande d'énergie (en % du total en millions de tonnes-équivalent pétrole) (PERSPECTIVE 2).



Perspective 3

La perspective 3 se veut plus volontariste que la précédente. Elle retient comme base les projections réalisées par l'Agence Internationale de l'Energie pour 2030. Mais il intègre les perspectives d'un Peak oil, selon lequel la production mondiale de pétrole atteindrait son maximum aux alentours des années 2030 (Cf. Figure 25).

Figure 25 : Le Peak Oil



Source : Le Monde 2, n°85, 1^{er} octobre 2005

A cette contrainte forte d'un niveau de pétrole réduit au niveau mondial, s'ajoute dans cette perspective une prise en compte des contraintes environnementales fortes au niveau international qui incitent les pays à développer des énergies de substitution moins génératrices de gaz à effet de serre tels que le CO₂. Le charbon voit en particulier son utilisation réduite au profit d'autres énergies telles que le nucléaire ou l'hydroélectricité.

On définit dans un premier temps un profil de croissance de consommation énergétique primaire. On suppose que les gains d'efficacité énergétique sont plus importants que dans la perspective 2 conduisant à une modération plus grande de la consommation énergétique. Le rythme de croissance décélère significativement pour la décennie 2030-2040 (2,3%) et 2040-2050 (1,8%) relativement aux trois décennies antérieures.

Dans un second temps, nous arrêtons les contributions relatives de chacun des énergies à la consommation énergétique totale primaire. Cette ventilation traduit des choix énergétiques intégrant les contraintes mentionnées ci-dessus. Le nucléaire et l'hydroélectricité voient leurs parts significativement augmentées celles du pétrole et du charbon baissées amplement.

Nous en déduisons enfin les taux de croissance pour chacune des énergies pour la décennie 2030-2040 et pour celle 2040-2050.

Tableau 17 : Répartition de la demande énergétique (en % du total en millions de tonnes-équivalent pétrole) (PERSPECTIVE 3).

Scénario 3	1971	2000	2010	2020	2030	2040	2050
Charbon	80%	69%	66%	62%	60%	55%	50%
Pétrole	18%	25%	26%	27%	27%	22%	16%
Gaz	0%	3%	4%	6%	7%	10%	13%
Nucléaire	0%	0%	2%	3%	3%	7%	12%
Hydroélectrique	1%	2%	2%	3%	3%	5%	7%
Autres énergies renouvelables	0%	0%	0%	0%	0%	1%	2%
Demande d'énergie primaire totale	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Figure 26 : Répartition de la demande d'énergie (en % du total en millions de tonnes-équivalent pétrole) (PERSPECTIVE 3).

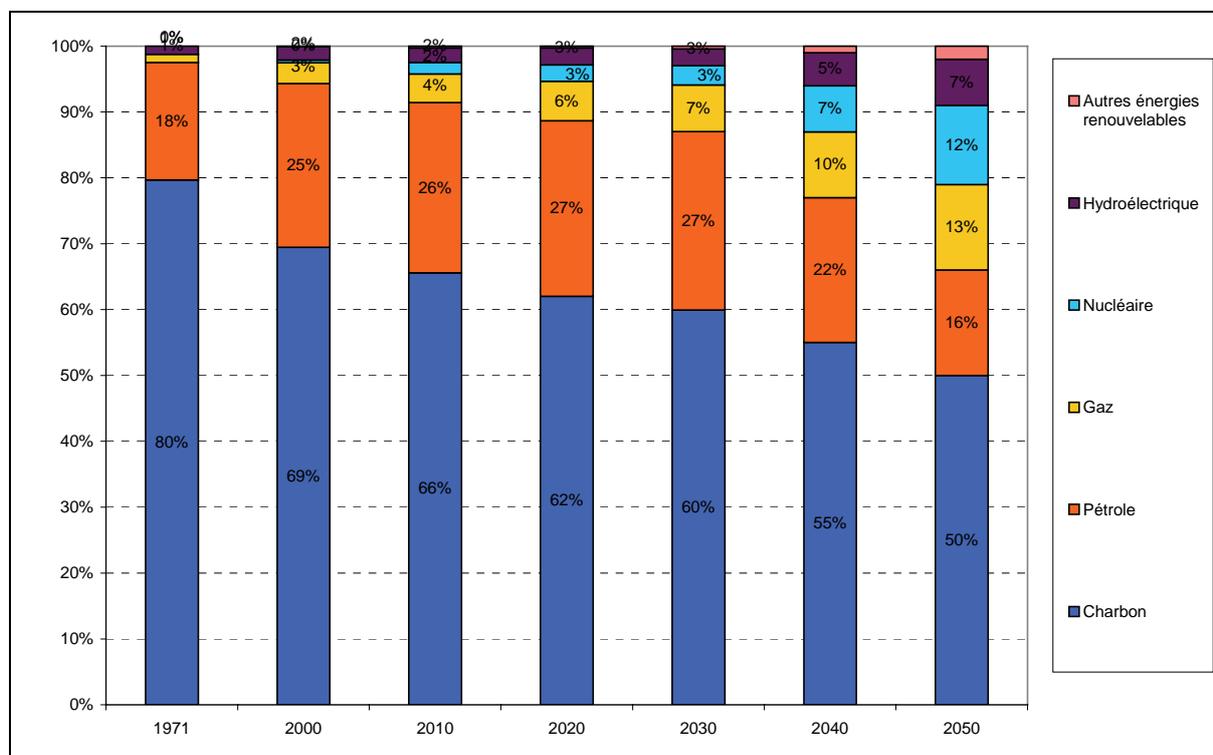
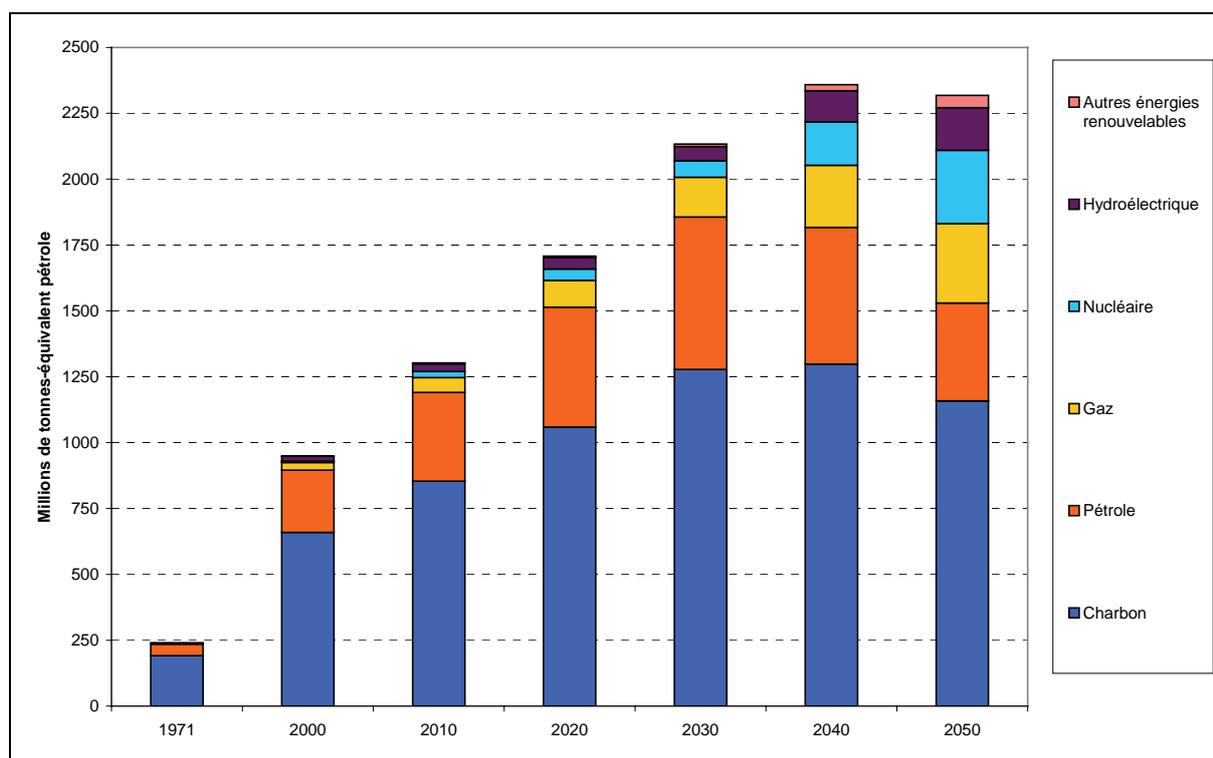


Tableau 18 : Répartition de la demande énergétique (en % du total en millions de tonnes-équivalent pétrole) (PERSPECTIVE 3).

Scénario 3	1971	2000	2030	2040	2050	Taux de croiss. annuel moyen 1971-2000	Taux de croiss. annuel moyen 2000-2010	Taux de croiss. annuel moyen 2000-2020	Taux de croiss. annuel moyen 2000-2030	Taux de croiss. annuel moyen 2000-2040	Taux de croiss. annuel moyen 2000-2050
Charbon	192	659	1278	1298	1159	4,3	2,6	2,4	2,2	1,7	1,1
Pétrole	43	236	578	519	371	6	3,6	3,3	3,0	2	0,9
Gaz	3	30	151	236	301	8,1	6,6	6,3	5,5	5,2	4,7
Nucléaire	0	4	63	165	278		19,0	12,6	9,6	9,7	8,8
Hydroélectrique	3	19	54	118	162	7,2	4,2	4,3	3,6	4,6	4,3
Autres énergies renouvelables	0	1	9	24	46		14,0	8,0	7,5	8,2	8
Demande d'énergie primaire totale	241	950	2133	2359	2318	4,8	3,2	3,0	2,7	2,3	1,8

Figure 27 : Projections de la demande d'énergie pour la Chine à l'horizon de 2050 (PERSPECTIVE 3).

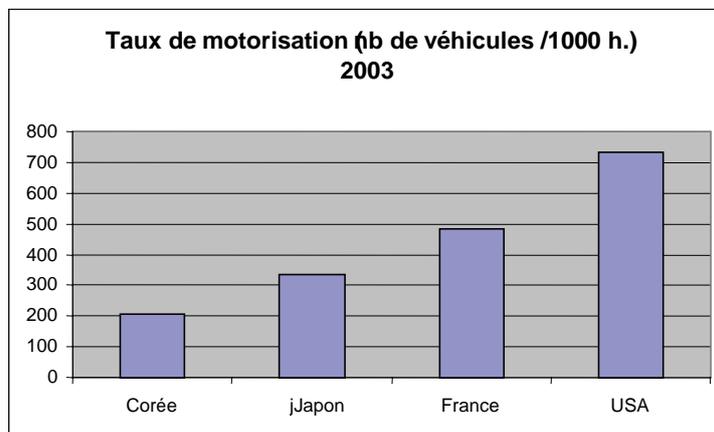


Cette troisième perspective tranche davantage sur la contribution des énergies mobilisées en 2050 que sur le montant de la consommation énergétique projetée. Cette dernière se situe au niveau des résultats obtenus précédemment.

Les facteurs liés à la motorisation

Un milliard de voitures en Chine en 2050 ?

Il est possible de procéder à une première évaluation du parc de voitures en Chine en 2050 sur la base des taux de motorisation de différents pays (Corée, Japon, France et USA) aujourd'hui.



source : Données nationales. Les données des USA intègrent les véhicules utilitaires et sportifs (SUV)

Tableau 19 : Taux de motorisation (nombre de véhicules pour 1000 habitants) pour différents pays en 2003

	Taux de motorisation 2003
Corée	205
Japon	335
France	484
USA	734

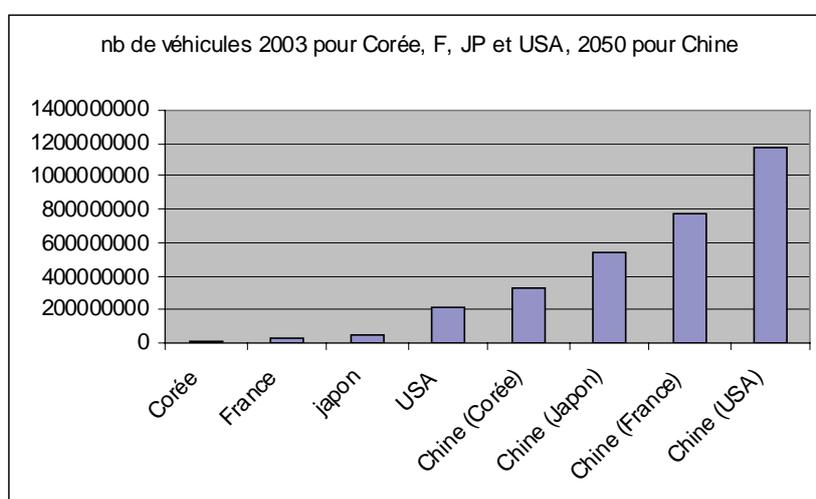
Sources : Statistiques nationales.

Nous donnons ici le taux tel qu'il apparaît dans chaque statistique nationale. Ces taux sont différents de ceux présentés par le Centre Français des Constructeurs Automobiles ¹.

¹ Ces données sont publiées par le CCFA, ce sont les seules données homogènes que nous ayons trouvées. Le CCFA donne une valeur anormalement faible pour les USA. Probablement est-ce en raison de l'omission d'un certain nombre d'utilitaires légers. Le taux japonais est également singulièrement bas d'après les statistiques nationales.

Tableau 20 : Application des ratios de base à la Chine en 2050 (population 2050 : 1,6 milliard)

	Nombre de véhicules
Corée	9 813 340
France	29 233 600
Japon	42 624 000
USA	213 000 000
Si la Chine avait la densité automobile d'un pays développé.	
Chine (Corée)	328 480 000
Chine (Japon)	536 995 276
Chine (France)	774 400 000
Chine (USA)	1 175 172 414



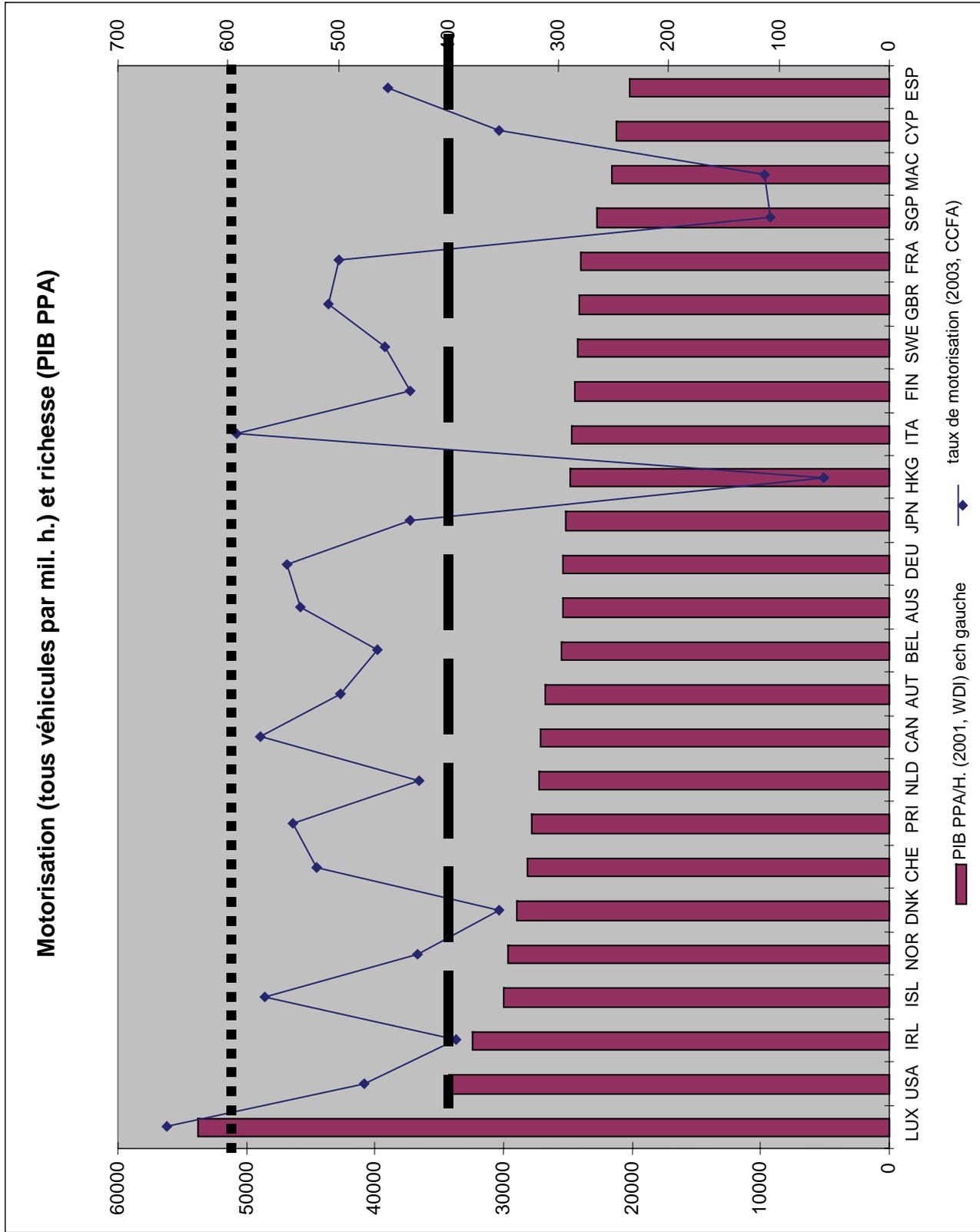
En 2050, la Chine aura probablement le parc de véhicule le plus grand du monde, jusqu'à plus d'un milliard de véhicules.

Les Données du Centre Français des Constructeurs Automobiles (CCFA), censées être harmonisées, nous permettent d'avoir une vue plus générale.

Etablissement de scénarios sur la base de ratios et en fonction du PIB/habitant

Il est possible d'affiner cette évaluation du parc de véhicules en Chine en 2050 sur la base des données issues du Centre Français des Constructeurs d'Automobiles (CCFA) et en les croisant avec des niveaux de richesse en termes de PIB/habitant.

Un graphique combinant ces deux dimensions permet d'apprécier des intervalles de variation.



Ce graphique donne lieu à trois constats qui vont nous guider dans l'établissement des scénarios :

- Passé 20 000 \$ (valeur de 1995), le taux de motorisation est davantage une affaire de politique de transport et de pratiques individuelles que de richesse.
- Seules les villes d'Asie orientales avec les revenus les plus élevés descendent notablement en dessous de trois cents véhicules pour 1000 habitant.
- La majorité des densités automobiles des pays développés sont contenues dans une bande comprise entre 400 et 600 véhicules pour 1 000 habitants.

En considérant que le cas américain est une exception, nous pouvons imaginer deux scénarios :

- 400 véhicules pour 1 000 habitants
- 600 véhicules pour 1 000 habitants.

Tableau 21 : Evaluation du parc de véhicules en Chine en 2050 sur la base de ratios de taux de motorisation observés au niveau d'autres pays.

HYPOTHESES		
Population		
Niveau (milliard d'habitants)	1,7	1,1
Motorisation		
Taux de motorisation (nombre de véhicules pour 1000 habitants)	600	400
RESULTATS		
	Scénario haut	Scénario bas
Nombre de véhicules (millions de véhicules)	1 020	452

Modélisation du parc de véhicules

Le parc de véhicules pour la Chine en 2050 a fait l'objet d'une estimation plus précise issue d'une modélisation du type :

$$Parc = f[surf; \ln(PIB / hab.); pop; (surf * \ln(PIB / hab))]]$$

L'échantillon retenu pour cette estimation correspond aux pays dont le PIB par habitant est supérieur ou égal à celui de la Turquie et pour lesquels l'information sur le parc de véhicules est renseignée dans la base World Bank Indicators (World Bank, 2003). 38 pays composent cet échantillon pour l'année 1999².

² Austria, Bahrain, Barbados, Belgium Botswana, Brazil, Chile, Costa Rica, Croatia, Cyprus, Czech Republic, Denmark, Estonia, Finland, France, Germany, Hungary, Iceland, Israel, Italy, Japan, Korea, Rep., Malaysia, Mauritius, Mexico, Netherlands, New Zealand, Norway, Poland, Singapore, Slovak Republic, Slovenia, South Africa, Sweden, Switzerland, Turkey, United Kingdom, United States.

Tableau 22 : Résultats de l'estimation du nombre de véhicules en fonction du PIB/hab. en \$ PPA, de la population, de la surface et de la combinaison surface et PIB/hab.

	Coefficients	Erreur-type	Statistique t
Constante	-2,5E+07	8655271	-2,88788
surf	-37,9544	3,886418	-9,76592
pop	0,389017	0,029769	13,06799
lnPIB	2590028	920146,6	2,8148
suf*lnpib	3,903541	0,420907	9,274126
R ² = 0,960743			

Tableau 23 : Résultats de l'estimation du nombre de véhicules suivant le modèle et selon les hypothèses de population et de PIB/habitant

HYPOTHESES			
Population			
Niveau (milliard d'habitants)	1,7	1,4	1,1
Macroéconomie			
PIB/habitant ((\$ US constant 2003)	44 820	31 357	21 631
Géographie			
Surface (km ²)	9 598 000	9598000	9598000
RESULTATS			
	Scénario haut	Scénario moyen	Scénario bas
Nombre de véhicules (millions de véhicules)	697,32	564,29	441,68
Taux d'équipement des individus en %	41%	40%	39%

Sur la base de cette équation et des hypothèses retenues pour la population et la PIB/habitant en 2050, nous obtenons un parc de véhicules en 2050 compris entre 442 millions de véhicules et 697 millions de véhicules en 2050 pour la Chine. Cet intervalle de variation est plus restreint que celui obtenu à partir de ratios de motorisation compris entre 452 millions et 1 020 millions de véhicules pour la Chine en 2050 et qui semble « excessif ».

SECONDE PARTIE:

TRANSPORT INTERURBAIN ET ESPACE

L'offre de transport

Le développement des réseaux interurbains

Il existe plusieurs possibilités de dessiner des scénarios pour le développement des réseaux interurbains en Chine, pour un horizon aussi lointain que 2050. Trois approches seront utilisées dans ce travail, mais seulement les deux premières présentées dans ce rapport.

On suppose que la Chine se caractérise par des ratios semblables à ceux de pays développés considérés comme archétypes d'un complexe associant un type d'utilisation de l'espace, une mobilité des personnes et un transport de marchandises et un niveau d'infrastructure de transport. Dans une large mesure, ce que l'on tentera de prendre en compte ici est complexe, et intègre des éléments économiques et géographiques.

On prolonge les tendances de développement des réseaux actuels, en simulant un effort d'investissement plus ou moins accentué.

On teste, sur un axe donné, la capacité des réseaux. Nous présenterons successivement les éléments sur le réseau ferrés et le réseau routier.

Réseau ferré

Il existe au moins deux grandeurs susceptibles de représenter la taille et la capacité d'un réseau ferré :

- la longueur des voies ;
- la longueur des lignes.

Les deux types de données ne sont pas forcément disponibles pour tous les pays. Pour les ratios utilisés ainsi que pour les taux de croissance, il faut donc garder à l'esprit que tout raisonnement de proportionnalité se doit de prendre en compte un ratio de longueur de voies à la longueur de lignes identique pour les deux termes du ratio ou invariant lors du taux de croissance.

Une autre remarque préliminaire peut être faite. Le réseau ferré chinois est probablement le réseau qui supporte la plus grande densité de trafic au monde. En témoigne le tableau ci-dessous.

Carte 5 : réseau ferroviaire de la Chine (2000) et les principaux ports

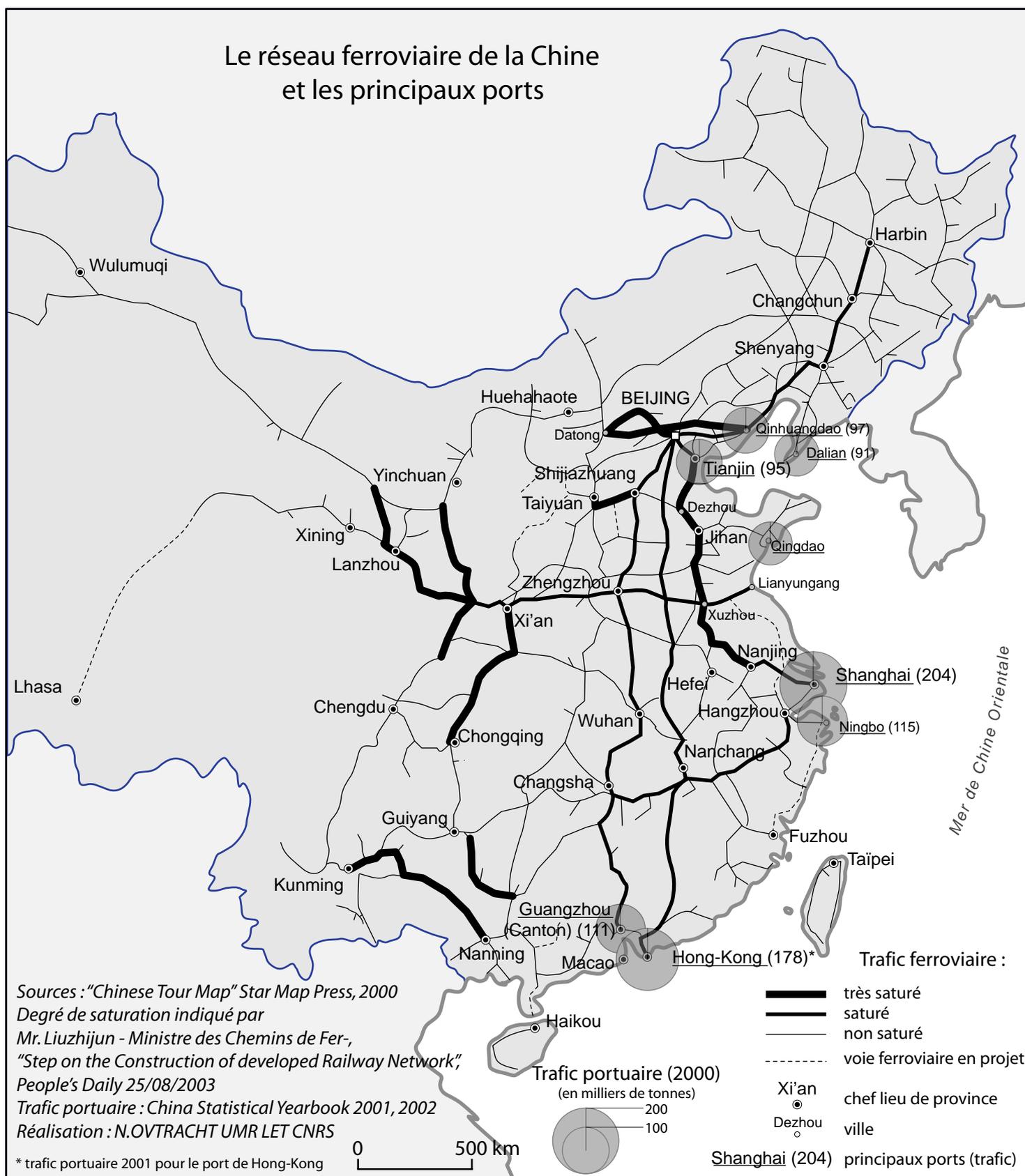


Tableau 24 : Densités de trafics (2000)

	Longueur du réseau (1000 km)	Passager km (milliard)	tonne km, milliard	Unité de trafic (milliard)	densité de trafic
États-Unis : class 1	194	0	2140	2140	11,03
États-Unis : Amtrack	36,6	8,97		8,97	n s
Allemagne	36,5	74	76	150	4,11
France	29,17	69,5	55	124,5	4,27
Royaume-Uni	29,3	39,80	18,3	58,1	1,98
Suède	9,94	6	15	21,00	2,11
Chine (réseau national public)	58,86	441,4	1 333	1774,40	30,15

Ce trait distinctif pourrait se trouver encore accentué par le développement du réseau ferré, puisque des lignes spécialisées verraient le jour. Ce serait l'un des avantages de la densité de l'espace chinois. Entre des pôles importants (et la Chine développée de 2050 peut en offrir de nombreux), des lignes spécialisées en fret, en passagers directs, et en passagers omnibus, peuvent voir le jour. Les problèmes de graphiquage se trouvent réduits et la capacité peut être maximisée.

Il est donc fort possible qu'un rapport de un à trois pour les tonnes kilomètres et la longueur du réseau puisse être encore observé en 2050 si l'on compare les États-Unis et la Chine. Pour les passagers, l'extrapolation est moins légitime, dans la mesure où des conditions de confort interviennent dans un pays développé.

Prospective sur la base de ratios

A quelles conditions la Chine peut-elle se rapprocher de certains pays développés ?

Nous utiliserons le ratio kilomètre de lignes par habitant, indicateur plus significatif : les besoins de transport, qu'il s'agisse des marchandises ou des passagers, sont liés à la taille de la population, si l'on considère des niveaux de développement comparables.

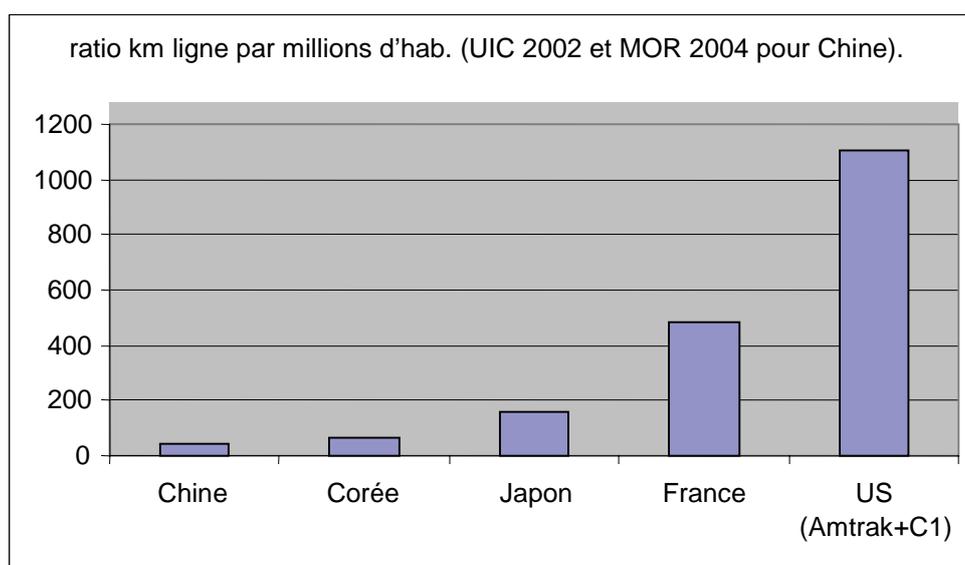


Tableau 25 : Ratios du nombre de kilomètres de lignes ferroviaires par million d’habitants en 2002 et 2004 pour différents pays

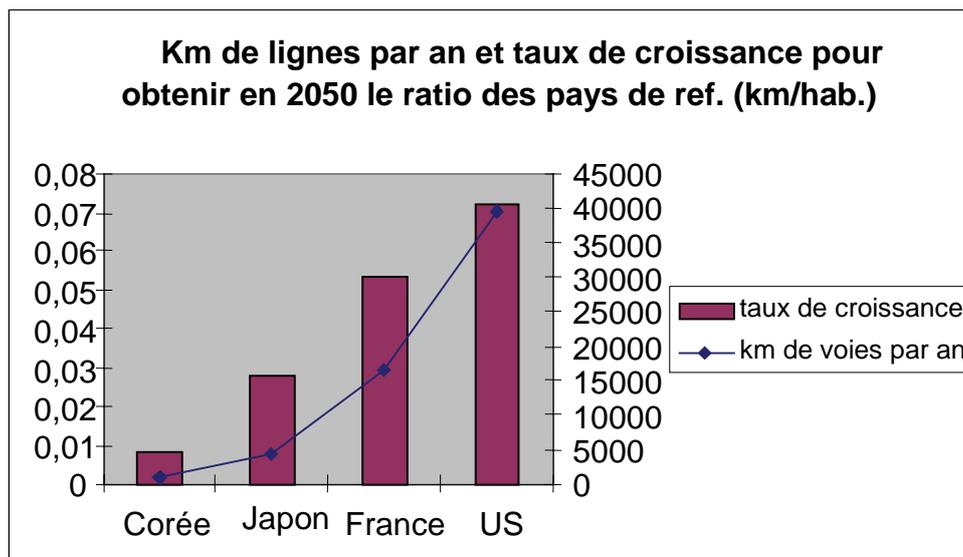
	Ratio km ligne ferroviaire par million d’habitants
Chine	45
Corée	65,4
Japon	158,2
France	485,9
US (Amtrak+C1)	1103,6

Sources : UIC 2002 pour les autres pays - MOR 2004 pour Chine

Il est possible de formuler quelques éléments d’appréciation :

- Les ratios des différents pays européens continentaux sont comparables en termes d’ordre de grandeur.
- le ratio coréen est particulièrement bas, la part modale du fer est relativement faible aussi bien pour les voyageurs que pour les marchandises (inférieure à 10 %) et la population est concentrée sur quelques axes et pôles.
- En dépit d’une forte concentration axiale, le ratio de longueur de lignes par habitant est déjà plus fort pour le Japon. La part modale du fer est très faible pour les marchandises (inférieure à 4%) mais significative pour les passagers (de l’ordre de 27 % en 2002).
- La France obtient un partage modal assez fort pour les marchandises (de l’ordre de 20 % en 2000) et pour les passagers (8,9 % en 2000) avec un ratio plus de 10 fois le ratio chinois.
- Il faut plus que doubler ce ratio pour obtenir un transport de fret performant aux Etats-Unis, sans que le transport de passagers puisse être assuré avec succès par le fer.
- La difficulté pour apprécier le ratio qui permettrait à la Chine de conserver une part modale importante en chemin de fer est que le pays offre à la fois des zones denses « à la japonaise » et des grands espaces « à l’américaine ». Quoiqu’il en soit un ratio supérieur au ratio japonais est certainement souhaitable.

On peut calculer le taux de croissance et le kilométrage de lignes nécessaire pour atteindre le ratio de chaque pays.



Il est alors possible de déduire le taux de croissance et le nombre de kilomètres de lignes ferroviaires que la Chine devrait construire si l'objectif était d'atteindre la densité de réseau par habitant des pays tels que la Corée, le Japon, la France ou les Etats-Unis.

Tableau 26 : Taux de croissance et nombre de kilomètres de lignes ferroviaires à construire par an pour obtenir les densités de réseau par habitant de quelques pays

	Taux de croissance impliqué	Kilomètres de voies par an nécessaires
Corée	0,81	761,31
Japon	2,77	4 213,44
France	5,31	16 407,82
US	7,20	39 390,50

On discerne d'emblée qu'un scénario à l'américaine est très peu probable. Pour s'en convaincre il suffit de rappeler les données sur la croissance du réseau ferré au cours des dernières années.

Tableau 27 : Nombre de kilomètres de lignes ferroviaires construites en Chine sur les dernières décennies

Période	Croissance annuelle moyenne entre les deux dates (km)
1978-1988	480
1988-1998	1 030
1998-2002	1 375

Le taux de croissance des réseaux ferrés sur la période 98-2002 est de 2%, alors que le pays bénéficie d'une croissance économique vigoureuse.

Il est intéressant de comparer cette croissance à celle réalisée par le Royaume Uni au cœur de la révolution industrielle :

Tableau 28 : Croissance du réseau ferroviaire au Royaume Uni entre 1821 et 1846.

	Mile	Km	Km/an	Km/an/million d'habitants.
1821-1825	27	43,2	8,6	
1826-1830	71	113,6	22,7	
1831-1837	443	708,8	101,2	
1838-1840	957	1531,2	510,4	32,9
1841-1843	546	873,6	291,2	18,2
1844-1846	1084	1734,4	578,1	34
1844-1846	1084	1734,4	578,1	34

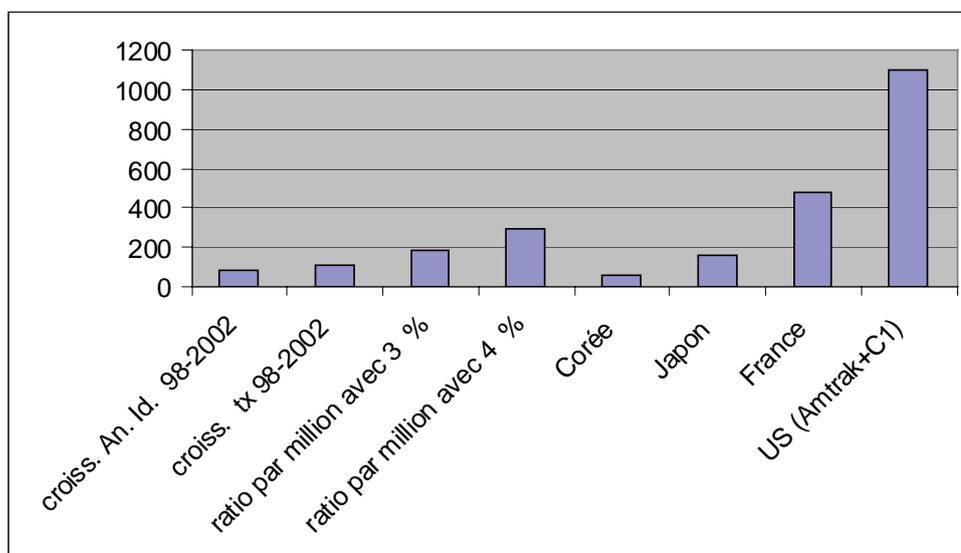
Par comparaison, la Chine construit à peine plus d'un kilomètre par an et par million d'habitants. On est donc loin du rythme de la révolution industrielle britannique. Il est donc logique que l'on ne puisse par ce rythme atteindre la densité des réseaux occidentaux (qui était, il est vrai, excessive à l'issue de la période de construction effrénée).

Quels sont les résultats si on prolonge le rythme d'investissement actuel de la Chine ?

Tableau 29 : Ratios du nombre de kilomètres de lignes ferroviaires par million d’habitants en 2002 et 2004 pour différents pays

Hypothèses	Ratio km ligne par million d’habitants
Croissance annuelle identique 98-2002	86,25
Croissance taux 98-2002	116,41
Ratio par million avec 3%	185,95
Ratio par million avec 4%	295,67
Rappel des ratios pour différents pays	
Corée	65,46
Japon	158,23
France	485,96
US (Amtrak+C1)	1103,61

Source : UIC 2002 MOR 2004 par h



En prolongeant les tendances, la Chine ne disposerait que d’un densité de réseau inférieur au Japon. Un taux de croissance de 3% lui permettrait de dépasser ce niveau.

On peut remarquer qu’un taux de croissance de 4% conduit à un réseau sensiblement trois fois moins dense que celui des Etats Unis.

Donc, si la Chine maintient une densité de trafic trois fois supérieure à celle des Etats Unis, elle pourrait écouler « proportionnellement au nombre d’habitant » le même nombre de tonnes sur les mêmes distances qu’aux USA.

Notons cependant que :

- le trafic passager en chemin de fer aux US est très faible.
- le taux de croissance actuel du réseau est égal à 2% et non 4%.

Prospective sur la base d'une modélisation

Il est possible de calibrer un modèle sur la taille du réseau ferroviaire sur un échantillon³ de 68 pays pour lesquels les informations sont disponibles dans la base WDI (World Development Indicators) de la Banque Mondiale. Les données portent sur l'année 2000.

$$KM = f[surf; pop; \ln(PIB / hab); (surf * \ln PIB / hab)]$$

Tableau 30 : Estimation du modèle relatif aux kilomètres de lignes ferroviaires

	Coefficients	Erreur-type	Statistique t	Probabilité
Constante	-48,658	4 766,145	-0,01021	0,991887
SURFACE	-0,02498	0,002441	-10,2321	5,08E-15
POPULATION	5,4E-05	5,69E-06	9,489517	9,29E-14
ln(PIB/Habitant)	436,2184	592,87	0,735774	0,464599
SURF*Ln(PIB/habitant)	0,003788	0,000293	12,93302	2,17E-19
R ² = 0,909827				

Tableau 31 : Résultats d'estimation de la taille du réseau ferroviaire en Chine en 2050 selon plusieurs hypothèses

HYPOTHESES			
Population			
Niveau (milliard d'habitants)	1,7	1,4	1,1
Macro économie			
PIB/habitant ((\$ US constant 2003)	44 820	31 357	21 631
Géographie			
Surface (km ²)	9 598 000	9 598 000	9 598 000
RESULTATS			
	Scénario haut	Scénario moyen	Scénario bas
Taille du réseau ferroviaire en 2050 (km)	239 699	210 127	181 391

³ Albania, Algeria, Armenia, Austria, Belarus, Belgium, Cambodia, Cameroon, China, Congo, Dem. Rep. Congo, Rep., Cote d'Ivoire, Czech Republic, Denmark, Egypt, Arab Rep. El Salvador, Estonia, Finland, France, Gabon, Georgia, Germany, Ghana, Greece, India, Iran, Islamic Rep., Ireland, Israel, Italy, Japan, Jordan, Kazakhstan, Kenya, Korea, Rep., Latvia, Lithuania, Macedonia, FYR, Malawi, Malaysia, Mali, Mongolia, Morocco, Netherlands, Nigeria, Pakistan, Poland, Portugal, Romania, Russian Federation, Saudi Arabia, Senegal, Slovak Republic, South Africa, Spain, Sudan, Sweden, Syrian Arab Republic, Tanzania, Thailand, Tunisia, Turkey, Uganda, Ukraine, United Kingdom, United States, Venezuela, RB, Vietnam, Zambia.

Les résultats des différents scénarios sont finalement assez proches les uns des autres. Comment pouvons-nous alors les interpréter ? Si la Chine devait se doter d'un réseau de chemin de fer qui ressemble à celui de la plupart des pays du monde, elle aurait en 2050 :

- un réseau du même ordre de grandeur que celui des USA ;
- un réseau deux fois plus grand que celui qui a été programmé jusqu'à présent.

Simulons maintenant ce que ces résultats impliqueraient en termes de taux de croissance des réseaux ferroviaires à l'horizon 2050.

Tableau 32 : Implication en termes de croissance des réseaux ferroviaire simulés par le modèle.

	Scénario haut	Scénario moyen	Scénario bas
Réseau en 2050 ⁴	240	210	180
Réseau en 2000	58	58	58
Kilomètres par an (000)	3,64	3,04	2,44
Taux de croissance annuel	2,88	2,61	2,29

Il apparaît que de tels réseaux représentent un effort substantiel par rapport à ce qui est fait aujourd'hui.

Les densités de réseau, par rapport à ce qui a été déjà exposé, seraient alors les suivantes.

Tableau 33 : Implication en termes de densités de réseau

	Scénario haut	Scénario moyen	Scénario bas
Population	1,7	1,4	1,1
Densité par habitant	141,18	150,00	163,64

On obtient dès lors une densité comparable à la densité japonaise. Nous en concluons que nos scénarios sont « possibles », ce qui nous permet de les considérer comme des scénarios de référence.

Réseau routier

Le péage interurbain en Chine

En 2005, c'est dans le domaine interurbain que la Chine est la plus avancée sur les questions de péage. Cette activité toute récente offre des perspectives de développement très importantes.

En 2002, le réseau routier chinois représente 1 765 milliers de km dont 25,1 milliers en autoroutes (soit moins de 1,5% du réseau routier total).

Le réseau autoroutier est en pleine expansion : une hausse de + 29,4% du réseau autoroutier de 2001 à 2002, ce qui représente 5 700 km d'autoroute construit en une seule année. Il est vrai que le gouvernement chinois en a fait un axe privilégié de sa politique d'investissements en infrastructure. Le but principal est à la fois d'obtenir un réseau étendu et performant pour permettre le déplacement des biens et des personnes et de permettre le désenclavement de régions situées à l'ouest du pays.

L'objectif affiché est d'élaborer un réseau autoroutier de 70 000 km d'ici en 2010, ce qui revient à construire plus de 5 500 km chaque année. Cet objectif semble pouvoir être atteint si le rythme actuel de construction se poursuit. Il semble même, aux dires de certains experts rencontrés, que le programme de construction du National Trunk Highway System, initié en 1990 et prévu pour être

⁴ Chiffres arrondis du tableau précédent.

achevé en 2020, soit déjà en passe de l'être. Il prévoyait la construction de 5 couloirs Nord-Sud et de 7 couloirs Est-Ouest (soit 36 000 km).

C'est le Ministère des Communications qui a la responsabilité de définir le schéma autoroutier national mais la conception, la construction, le montage financier et l'exploitation sont confiés aux provinces⁵. Celles-ci disposent chacune d'un département provincial des communications. Les travaux de construction sont pour l'essentiel réalisés par des entreprises de travaux publics chinoises.

Le financement de ces infrastructures s'organise de la manière suivante : budget de la province, subvention du gouvernement central, fonds privés⁶ mais ces derniers restent minoritaires. Comme le réseau est récent, que le trafic est en hausse⁷ et encore largement sous exploité, les charges financières finalement assez faibles, les résultats sont fortement bénéficiaires (voir l'exemple ci-après de la Zhejiang ExpressWay Co., Ltd).

Il semble que quelques contraintes pèsent sur les infrastructures autoroutières. Il existe d'abord une contrainte réglementaire qui ne permet pas aux sociétés autoroutières d'être indépendantes des autorités chinoises. Dans ces circonstances, pour financer ses infrastructures autoroutières le pays semble dépendre quelque peu de la participation financière d'organismes internationaux comme la Banque Mondiale et de la Banque Asiatique du Développement. Enfin, si les entreprises chinoises semblent désormais disposer d'une maîtrise de la technique de construction des infrastructures autoroutières, elles ne disposent pas pour l'instant des compétences techniques pour gérer la fluidité du trafic et plus largement des Systèmes de Transports Intelligents (ITS).

⁵ Elles ont créé des sociétés publiques portant le nom de la province ex : Jiangsu Expressway Company Ltd.

⁶ Prêts bancaires classiques et capitaux boursiers.

⁷ Il semble toutefois difficile d'obtenir des informations précises sur les trafics et les recettes afférentes.

Tableau 34 : Résultats de la Zhejiang Expressway Co, Ltd

Results	Year ended December 31				
	2003 Rmb'000	2002 Rmb'000	2001 Rmb'000	2000 Rmb'000	1999 Rmb'000
Turnover	2,471,805	2,168,078	1,722,517	1,188,604	1,050,498
Operating costs	(731,451)	(561,918)	(392,535)	(248,429)	(298,417)
Gross profit	1,740,354	1,606,160	1,329,982	940,175	752,081
Other revenue	127,285	66,457	216,690	242,888	167,528
Administrative expenses	(114,629)	(95,209)	(88,487)	(64,978)	(60,320)
Other operating expenses	(54,243)	(33,109)	(18,236)	(75,317)	(2,374)
Profit from operating activities	1,698,767	1,544,299	1,439,949	1,042,768	856,915
Finance costs	(132,801)	(163,224)	(215,346)	(197,083)	(172,922)
Share of profits of associates	17,394	11,719	12,396	40,584	22,559
Share of profit(loss) of a jointly-controlled entity	9,829	1,677	(1,459)	(6,517)	—
Profit before tax	1,593,189	1,394,471	1,235,540	879,752	706,552
Tax	(497,166)	(400,952)	(363,970)	(186,391)	(71,810)
Profit before minority interests	1,096,023	993,519	871,570	693,361	634,742
Minority interests	(87,231)	(103,067)	(110,957)	(57,360)	(86,431)
Net profit from ordinary activities attributable to shareholders	1,008,792	890,452	760,613	636,001	548,311
Earnings per share - basic	23.23 cents	20.50 cents	17.51 cents	14.64 cents	12.62 cents
Assets, liabilities and minority interests					
Total assets	15,068,687	14,505,834	14,477,538	14,586,420	13,925,688
Total liabilities	(3,910,291)	(3,826,254)	(3,685,828)	(4,128,921)	(3,868,691)
Minority interests	(1,012,417)	(977,789)	(1,502,629)	(1,495,364)	(1,449,432)
Net profit from ordinary activities attributable to shareholders	1,008,792	890,452	760,613	636,001	548,311
Earnings per share - basic	23.23 cents	20.50 cents	17.51 cents	14.64 cents	12.62 cents
Assets, liabilities and minority interests					
Total assets	15,068,687	14,505,834	14,477,538	14,586,420	13,925,688
Total liabilities	(3,910,291)	(3,826,254)	(3,685,828)	(4,128,921)	(3,868,691)
Minority interests	(1,012,417)	(977,789)	(1,502,629)	(1,495,364)	(1,449,432)
Net assets	10,145,979	9,701,791	9,289,081	8,962,135	8,607,565

Source : site Internet de la compagnie

Précision de vocabulaire

Nous avons longtemps hésité sur la variable à prendre en compte pour mesurer l'évolution du réseau routier. Notamment un terme revient de façon récurrente dans les statistiques internationales la notion de highways.

Après examen de ce que cela représentait aux USA et l'impossibilité de trouver l'équivalent en France, avec en plus le côté équivoque de la notion en Chine, nous avons préféré abandonné cet indicateur.

Restent les autoroutes, expressways, motorways, etc.

La notion d'autoroute est très bien définie en France, au Japon et en Corée. Elle soulève cependant deux difficultés :

- ne sont comptés comme expressways en Chine que les autoroutes dont le contrôle d'accès (par les bretelles) obéit à des normes très strictes. Selon un site web privé, la Chine construit à peu près autant d'autoroutes au sens strict que de voies rapides à chaussées séparées mais dont l'accès est moins contrôlé.
- le kilométrage d'autoroutes aux USA n'est pas comptabilisé, au niveau fédéral, dans des sources aisément accessibles (annuaires statistiques ou site web du BTS). Nous avons pu cependant le trouver pour la Californie et au niveau fédéral sur deux sites web privés. Le même chiffre, ou à peu près, est repris par une dépêche officielle chinoise.

Nous en concluons que les données sur les construction d'autoroutes en Chine sont à prendre comme des minima et que les données sur les autoroutes américaines sont à considérer comme des ordres de grandeur.

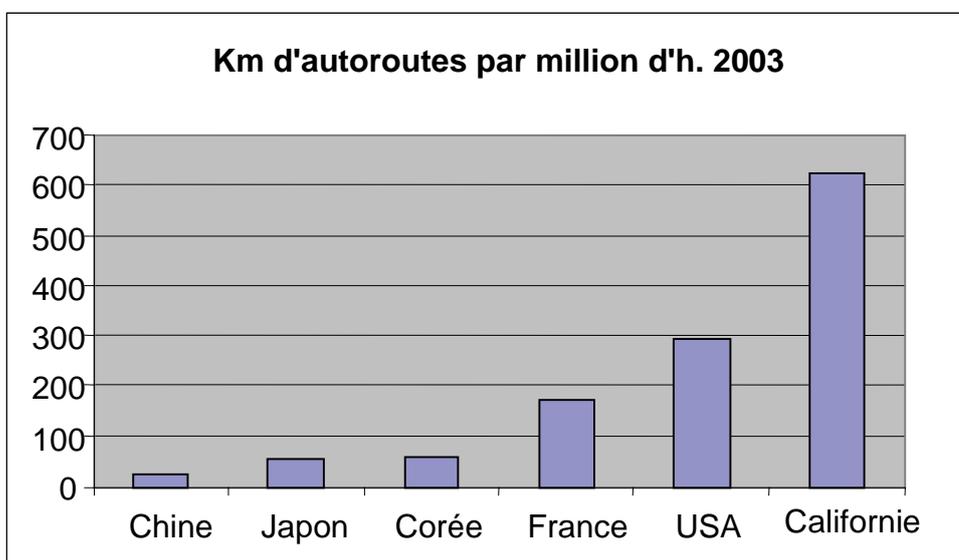
Nous commencerons par un bref aperçu de la densité actuelle du réseau autoroutier chinois.

Prospective sur la base de ratios

Tableau 35 : Ratio du nombre de kilomètres d'autoroutes par million d'habitants en 2003

	Ratio de Km d'autoroutes par million d'habitants
Chine	22,8
Japon	54,3
Corée	58,1
France	173,1
USA	293,2
Californie	625,0

Sources : statistiques nationales.



En dépit d'un réseau autoroutier très important (près de 30 000 km en 2004), la Chine se caractérise par une densité extrêmement faible. Mais le taux de croissance de ce réseau est singulièrement vigoureux.

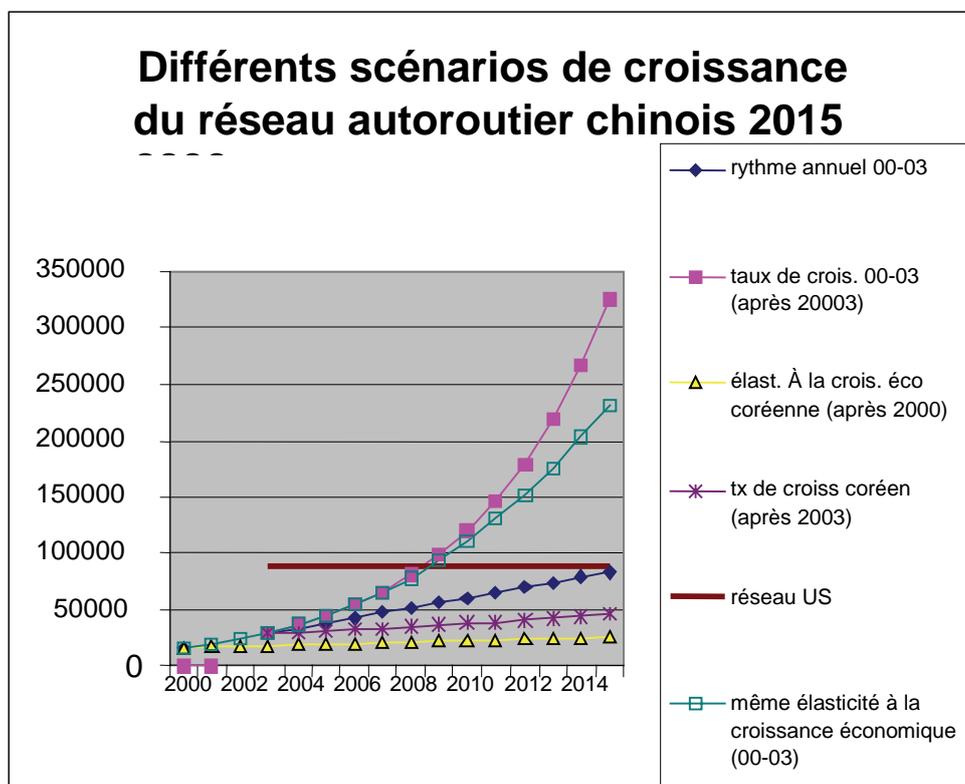
Le rythme annuel entre 2000-2003 est de 4 462 km. Il est trois fois supérieur au rythme de construction de chemin de fer.

Nous avons réalisé différents scénarios de projection du réseau autoroutier chinois. Entre 2000 et 2003, le taux de croissance annuel est de 22 %. Il est cependant logique de s'attendre à ce qu'il diminue. Néanmoins, nous l'avons gardé comme un scénario « explosif ». Un autre scénario explosif consiste à garder constante l'élasticité de la construction d'autoroutes à la croissance économique (donc le taux de croissance du réseau autoroutier diminue avec le taux de croissance économique).

Ces scénarios explosifs ne peuvent durer bien longtemps, cela n'aurait guère de sens.

Le graphique suivant les présente, ainsi que quelques scénarios « modérés » que nous commenterons par la suite :

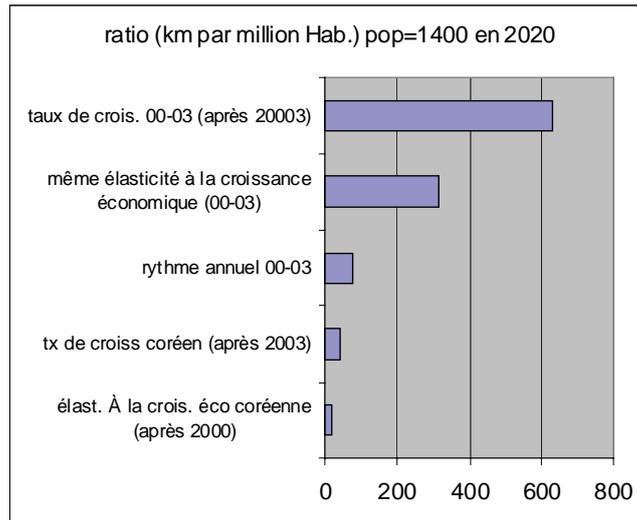
- même rythme de croissance en termes de kilomètre par an ;
- élasticité à la croissance économique de type coréen (calculée sur 1980-2002) ;
- taux de croissance coréen (sur la même période 1980-2002).



Si l'on prolonge les scénarios jusqu'en 2020 on obtient les ratios suivants :

Tableau 36 : Densité du réseau autoroutier par million d'habitants en 2020 selon différentes hypothèses et une population de 1,4 milliard d'individus.

	Ratio du km d'autoroutes par million d'habitants en 2020 (pop=1,4 milliard)
Elasticité à la croissance économique coréenne (après 2000)	20,6
Taux de croissance coréen (après 2003)	38,8
Rythme annuel 00-03	75,4
Même élasticité à la croissance économique (00-03)	312,8
Taux de crois. 00-03 (après 2003)	632,1



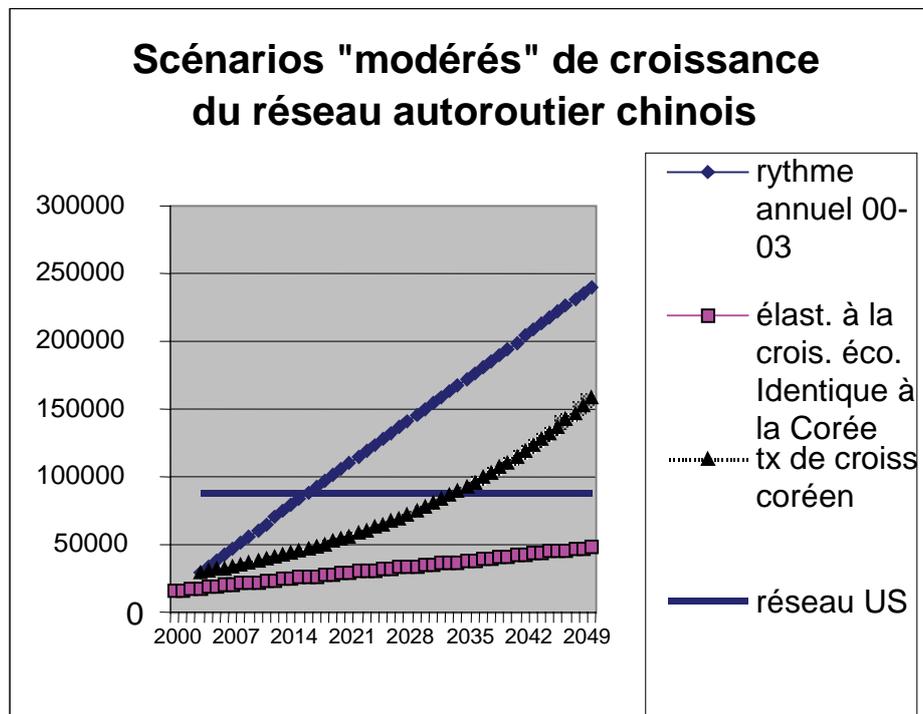
Quelques commentaires sont d'ores et déjà possibles sur ces scénarios explosifs.

- Une grande incertitude plane sur la taille future du réseau autoroutier chinois. Même s'il s'agit de scénarios extrêmes, un réseau de la taille du réseau américain pourrait être atteint entre 2008 (même taux de croissance, même élasticité à la croissance) et 2016 (un scénario plus modéré : même kilométrage annuel).
- Les scénarios extrêmes conduisent à des densités autoroutières de type américain vers 2020 et même californien pour la poursuite du taux de croissance.
- Le scénario modéré le plus fort (le scénario linéaire de croissance du réseau selon le même kilométrage annuel) conduit à un réseau de la taille des US en 2016 et à une densité d'autoroutes supérieure à celle du Japon en 2020.
- En mars 2005, le ministre des transports a publié un plan du réseau autoroutier chinois à terme. Il est à peu près de la taille du réseau américain (89 000 km). Une carte en est donnée (Carte). Les dépêches de presse consultables sur Internet, ainsi que les avis des commentateurs divergent sur la date de réalisation de ce réseau (entre 2010 et 2030). Notons que le scénario linéaire nous y conduit en 2016.

Carte 6 : Le réseau autoroutier chinois



On s'intéresse à présent plus en détails aux scénarios « modérés ».



Ils conduisent aux densités de réseau autoroutier présentées dans le tableau suivant (Tableau 37).

Tableau 37 : Densité du réseau autoroutier par million d’habitants en 2050 selon différentes hypothèses et une population de 1,4 milliard d’individus.

	Densité autoroutière (km par millions d'habitants) 2050
Rythme annuel 00-03	149,6
Elasticité à la croissance économique identique à la Corée	29,9
Taux de croissance coréen	98,9

En conclusion, on peut être saisi devant la largeur de l’éventail des possibles sur une prospective à long terme de l’extension du réseau autoroutier chinois.

Devant la forte demande de transport interurbain, le réseau autoroutier devrait se développer rapidement, si les possibilités de financement le permettent. Dès lors qu’un partenariat public-privé est possible et qu’une partie des financements sont acquis par le péage, on voit mal comment le réseau devrait se développer à un rythme moindre que celui de ces dernières années.

Raisonnons à présent dans l’autre sens, à quel rythme devrait croître le réseau autoroutier pour avoir la densité des USA en 2050 ?

Tableau 38 : Rythme de construction d’autoroutes pour atteindre le ratio US ou français en fonction de la population Chinoise en 2050

	Population	Km	Tx de croissance	Km par an
Ratio US (303 km par millions d’hab)	290	88 000		
Ratio chinois	1 300	393 900	0,057	7 748
	1 400	424 200	0,058	8 393
	1 500	454 500	0,060	9 038
	1 600	484 800	0,061	9 682
	1 700	515 100	0,063	10 327
	Pop	Km	Tx de croissance	Km par an
Ratio France (173 km par millions d’habitants)	60	10 384		
Ratio chinois	1 300	224 900	0,044	4 153
	1 400	242 200	0,046	4 521
	1 500	259 500	0,047	4 889
	1 600	276 800	0,049	5 257
	1 700	294 100	0,050	5 625

On en déduit qu’en 2050, quelle que soit la population, le ratio français est probablement dépassé et que le ratio américain est possible (dans l’hypothèse d’une croissance économique telle que définie par les scénarios macro économiques).

Prospective sur la base d'une modélisation

Il est possible de calibrer un modèle relatif aux kilomètres d'infrastructures routières en retenant les variables explicatives de surface, de PIB et de population sur un échantillon de 157 pays pour lesquels les variables retenues sont renseignées dans la base WDI 2003 de la Banque Mondiale⁸.

$$KM = f[\ln(PIB); surf; pop]$$

Tableau 39 : Estimation du modèle relatif aux kilomètres de réseaux routiers

	Coefficients	Erreur-type	Statistique t	Probabilité
Constante	-38,2112179	29,2110568	-1,30810803	0,19279854
ln(PIB)	56,4099289	15,6921025	3,59479737	0,00043733
surface	0,03560326	0,0096266	3,69842642	0,00030189
population	0,00181881	0,00014738	12,3407434	1,0118E-24
R ² = 0,63				

⁸ Albania, Algeria, Angola, Antigua and Barbuda, Argentina, Armenia, Australia, Austria, Azerbaijan, Bahamas the, Bahrain, Bangladesh, Barbados, Belarus, Belgium, Belize, Benin, Bolivia, Bosnia and Herzegovina, Botswana, Brazil, Bulgaria, Burkina Faso, Burundi, Cambodia, Cameroon, Canada, Cape Verde, Central African Republic, Chad, Chile, China, Colombia, Comoros, Congo, Dem. Rep., Congo, Rep., Costa Rica, Cote d'Ivoire, Croatia, Cyprus, Czech Republic, Denmark, Djibouti, Dominica, Dominican Republic, Ecuador, Egypt, Arab Rep., El Salvador, Eritrea, Estonia, Ethiopia, Fiji, Finland, France, Gabon, Gambia, The, Georgia, Germany, Ghana, Greece, Grenada, Guatemala, Guinea, Guinea-Bissau, Guyana, Haiti, Honduras, Hungary, Iceland, India, Indonesia, Ireland, Israel, Italy, Jamaica, Japan, Jordan, Kazakhstan, Kenya, Korea, Rep., Kuwait, Kyrgyz Republic, Lao PDR, Latvia, Lebanon, Lesotho, Lithuania, Macedonia, FYR, Madagascar, Malawi, Malaysia, Mali, Malta, Mauritania, Mauritius, Mexico, Moldova, Mongolia, Morocco, Mozambique, Namibia, Nepal, Netherlands, New Zealand, Niger, Nigeria, Norway, Oman, Pakistan, Panama, Papua New Guinea, Paraguay, Peru, Philippines, Poland, Portugal, Puerto Rico, Romania, Russian Federation, Rwanda, Samoa, Saudi Arabia, Senegal, Sierra Leone, Singapore, Slovak Republic, Slovenia, Solomon Islands, South Africa, Spain, Sri Lanka, St. Kitts and Nevis, St. Lucia, St. Vincent and the Grenadines, Sudan, Sweden, Switzerland, Syrian Arab Republic, Tajikistan, Tanzania, Thailand, Togo, Trinidad and Tobago, Tunisia, Turkey, Turkmenistan, Uganda, Ukraine, United Kingdom, Uruguay, Uzbekistan, Vanuatu, Venezuela, RB, Vietnam, Yemen, Rep., Zambia, Zimbabwe.

Tableau 40 : Résultats d'estimation de la taille du réseau routier en Chine en 2050 selon plusieurs hypothèses

HYPOTHESES			
Population			
Niveau (milliard d'habitants)	1,7	1,4	1,1
Macro économie			
PIB/habitant ((\$ US constant 2003)	44 820	31 357	21 631
Géographie			
Surface (km ²)	9 598 000	9598000	9598000
RESULTATS			
	Scénario haut	Scénario moyen	Scénario bas
Longueur du réseau routier en Chine en 2050 (km)	4 007 098	3 431 594,	2 907 374,

Le réseau chinois serait donc compris entre 3 et 4 millions de kilomètres de route. Deux restrictions importantes doivent être apportées :

- le modèle routier est le moins bien ajusté des modèles à trois facteurs que nous utilisons, c'est le fruit probablement des données, mais aussi du fait que nous n'avons pas introduit de terme croisé, pour des questions de colinéarité. 60 % de la variance est prise en compte.
- les données routières sont hétérogènes et peu fiables. Selon le type d'infrastructure, la capacité d'un kilomètre de route peut varier dans des proportions importantes.

Ces résultats seront donc considérés comme des références, mais nous nous réservons de les modifier sensiblement, si des questions de capacités devaient apparaître lors de l'examen de l'équilibre entre l'offre et la demande.

Que signifient ces scénarios en termes de croissance ?

Tableau 41 : Implication en termes de croissance des différentes tailles du réseau routier en Chine en 2050

	Scénario haut	Scénario moyen	Scénario bas
Réseau en 2050 (millions de km)	4,01	3,43	2,91
Réseau en 2000 (millions de km)	1,35	1,35	1,35
kilomètres de routes par an (milliers)	53,12	41,61	31,13
Taux de croissance annuel	2,20	1,88	1,54

Ces scénarios sont donc tout à fait possibles, compte tenu du faible taux de croissance qu'ils impliquent.

Si l'on veut revenir aux autoroutes, on peut essayer d'appliquer la proportion d'autoroutes des trois pays de référence.

Tableau 42 : Implication en termes de croissance des différentes tailles du réseau autoroutier en Chine en 2050

Référence	Ratio d'autoroute (%)	Kilomètres d'autoroutes		
		Scénario haut	Scénario moyen	Scénario bas
USA	1,35	53 934,01	4 624,84	3 910,22
France	1,16	46 521,84	3 989,25	3 372,83
Japon	0,60	23 925,65	2 051,62	1 734,61

Ces réseaux d'autoroutes sont sensiblement plus petits que ceux que laissent entrevoir les prolongements de tendance. Il en résulte que le réseau chinois aura peut être une proportion d'autoroutes supérieure à la moyenne internationale, donc une capacité supérieure.

La demande de transport

Estimations des élasticités

Les élasticités passagers/PIB/hab.

Nous avons estimé pour la Chine l'élasticité des passagers (P) au PIB/habitant sur la période 1989-2001.

L'estimation est du type :

$$\text{Log}P = \alpha \text{Log}PIB / \text{hab} + \beta$$

	Coefficients	Erreur-type	Statistique t	Probabilité
β	3,68	0,076	47,95	3,9758E-14
α	0,67	0,021	30,76	5,0693E-12

R² = 0,98

Les élasticités passagers.km/PIB/hab.

Nous avons estimé pour la Chine l'élasticité des passagers.kilomètres (PKM) au PIB/habitant sur la période 1989-2001.

L'estimation est du type :

$$\text{Log}P.KM = \alpha \text{Log}PIB / \text{hab} + \beta$$

	Coefficients	Erreur-type	Statistique t	Probabilité
β	1,34	0,090	14,88	1,2321E-08
α	0,74	0,025	28,86	1,0151E-11

R² = 0,98

Les élasticités tonnes / PIB/hab.

Nous avons estimé pour la Chine l'élasticité des tonnes (T) au PIB/habitant sur la période 1989-2001.

L'estimation est du type :

$$\text{Log}T = \alpha \text{Log} \text{PIB} / \text{hab} + \beta$$

	<i>Coefficients</i>	<i>Erreur-type</i>	<i>Statistique t</i>	<i>Probabilité</i>
β	4,87	0,071	68,04	8,5665E-16
α	0,34	0,020	16,72	3,6109E-09

R² = 0,96

Les élasticités tonnes.km/PIB/hab.

Nous avons estimé pour la Chine l'élasticité des Tonnes.kilomètres (TKM) au PIB/habitant sur la période 1989-2001.

L'estimation est du type :

$$\text{Log}T.KM = \alpha \text{Log} \text{PIB} / \text{hab} + \beta$$

	<i>Coefficients</i>	<i>Erreur-type</i>	<i>Statistique t</i>	<i>Probabilité</i>
β	2,671	0,078	34,00	1,7052E-12
α	0,53	0,022	23,58	9,0715E-11

R² = 0,98

Les résultats en termes de passagers et de marchandises pour la Chine en 2050

Compte tenu des valeurs obtenues sur ces mêmes élasticités pour d'autres pays sur des périodes plus anciennes (Banque mondiale, 1985), nous avons choisi de tester trois valeurs pour ces élasticités dans le cas chinois.

Tableau 43 : Différentes hypothèses concernant les élasticités des tonnes.km et des passagers.km au PIB/habitant.

	Elasticité P.KM / PIB/hab.	Elasticité T.KM / PIB/hab.
Hypothèse 1	0,75	0,5
Hypothèse 2	1	0,75
Hypothèse 3	1,25	1

Sur la base des trois scénarios de PIB par habitant identifiées, les valeurs retenues nous ont permis de déterminer des valeurs de Tonnes.km et de Passagers.km à l'horizon de 2050.

Tableau 44 : Résultats en termes de tonnes.km en 2050 (Milliards)

Elasticité T.KM / PIB/hab.	0,5	0,75	1
PIB /Hab. (\$ US)			
31 357	13 945	25 544	46 424
21 632	11 613	19 372	32 026
44 820	16 869	33 681	66 357

Tableau 45 : Résultats en termes de passagers.km en 2050 (Milliards)

Elasticité P.KM / PIB/hab.	0,75	1	1,25
PIB /Hab. (\$ US)			
31 357	7 114	12 930	23 322
21 632	5 395	8 919	14 620
44 820	9 381	18 481	35 944

Tableau 46 Taux de croissance annuel moyen des tonnes.Km (%)

Elasticité T.KM / PIB/hab.	0,5	0,75	1
PIB /Hab. (\$ US)			
31 357	2,5%	3,7%	5,0%
21 632	2,1%	3,2%	4,2%
44 820	3,1%	4,7%	6,3%

Tableau 47 : Taux de croissance annuel moyen des passagers.km (%)

Elasticité P.KM / PIB/hab.	0,75	1	1,25
PIB /Hab. (\$ US)			
31 357	3,7%	5,0%	6,2%
21 632	3,2%	4,2%	5,3%
44 820	4,7%	6,3%	7,8%

Les valeurs hautes des élasticités relatives aux marchandises comme aux passagers et à la croissance économique apparaissent pour de nombreux interlocuteurs comme excessives et conduisant à des volumes de trafics gigantesques. Elles ne seront pas retenues dans la suite des scénarios.

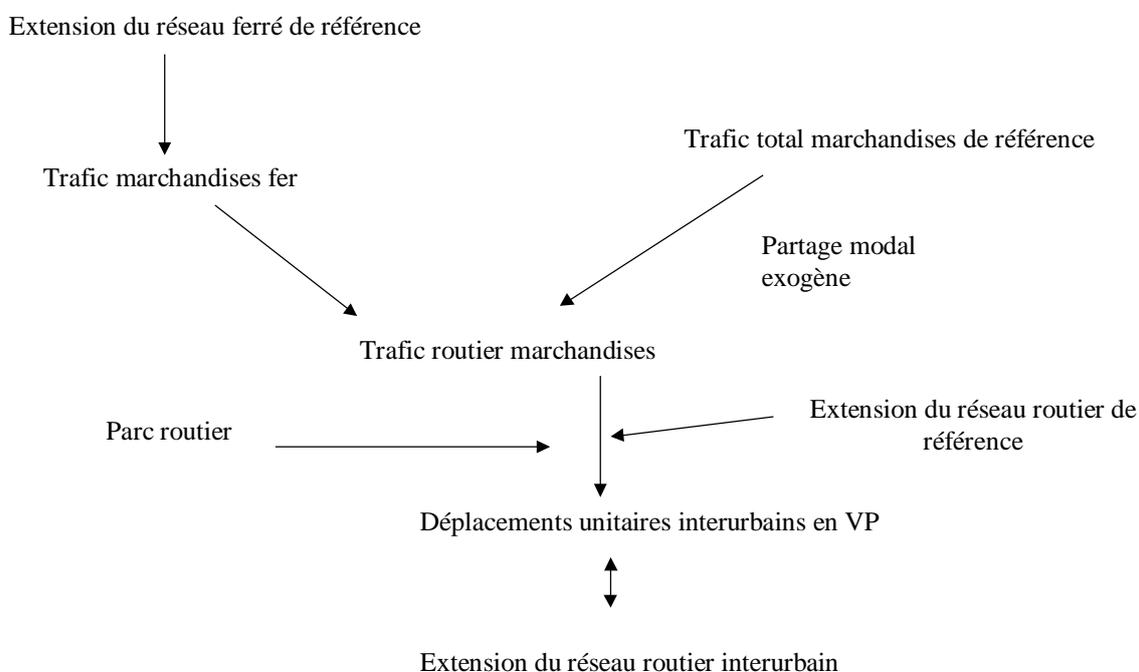
Le déséquilibre entre l'offre et la demande

La mesure des déséquilibres

Nous avons jusqu'à présent élaboré des scénarios d'évolution partiels, pour les infrastructures, le parc de véhicules particuliers, et les tonnes kilomètres. Il convient d'examiner à quelles conditions ces différents descripteurs du système de transport sont compatibles. Il est pour cela nécessaire de s'appuyer sur une certaine forme de prise en compte de la congestion dans le modèle.

La congestion

Nous proposons la formalisation suivante pour apprécier le degré de congestion ou de saturation des réseaux interurbains.



Cette chaîne de calcul fonctionne ainsi :

Les données de bases, entrées du modèle de congestion, sont les suivantes :

- extension du réseau ferré,
- extension du réseau routier
- trafic total marchandises
- parc de voitures particulières.

Nous avons recours aux hypothèses suivantes :

Hypothèse 1 :

La densité de trafic en marchandises sur le réseau ferré ne peut augmenter. Cette densité est déjà la plus forte du monde, ainsi qu'il a déjà été précisé. Le réseau est déjà en état de saturation endémique, ainsi que beaucoup d'indicateurs le démontrent. La saturation du réseau n'est pas totale, et, du reste la saturation d'un réseau interurbain n'intervient que progressivement : point par point et segments par segment. Nous faisons donc l'hypothèse que les investissements à venir permettront de soulager les infrastructures mais sans augmentation significative de la densité de trafic. Le trafic, bien sûr, augmente proportionnellement à l'infrastructure.

Hypothèse 2 :

Pour le trafic routier, la densité de trafic de référence sera celle obtenue sur le réseau routier US, seul pays pour lequel nous avons l'ensemble des données.

Hypothèse 3 :

Sur le réseau routier, se reporte tout le trafic de marchandises possible, en évinçant le trafic voiture particulière, qui en interurbain, pour un pays développé, est principalement du trafic de loisir. Cette hypothèse n'est pas nécessaire, mais elle permet de calculer l'extension du réseau nécessaire à une mobilité interurbaine en voiture particulière donnée, ainsi qu'on le verra par la suite.

Hypothèse 4 :

Toutes marchandises sont transportées sur des poids lourds de 20 tonnes, équivalents à 2 UVP, hypothèse très normative, mais cohérente avec le fait que l'on ne recherche que des ordres de grandeurs. On suppose un taux de chargement moyen de 0,5.

La simulation se déroule alors de la façon suivante :

1. L'extension du réseau ferré permet de calculer le trafic de marchandises qui emprunte le fer (hypothèse 1) en saturant le réseau. Si cette opération conduit à un partage modal irréaliste, un partage modal exogène est simulé.
2. Une proportion du trafic est affectée à la voie maritime et fluviale (correspondant à ce qu'on observe aux USA ou au Japon)
3. Le reste du trafic de marchandises est affecté sur le réseau routier
4. Si possible un kilométrage annuel moyen des véhicules particulier est calculé
5. Si ce kilométrage est trop faible par rapport aux normes internationales, ou si la capacité n'est pas suffisante pour le seul fret une extension du réseau routier est calculée pour pouvoir atteindre une mobilité interurbaine en véhicules particuliers considérée comme normale, ce qui réintroduit un point de vue normatif.
6. Les densité de trafic constituent des résultats intermédiaires à considérer, du fait que la densité de trafic américain n'est pas forcément la plus grande possible.

Les scénarios de référence

Les résultats des estimations de la taille du réseau routier et ferroviaire obtenus précédemment selon les scénarios sont les suivants :

Tableau 48 : Résultats d'estimation de la taille du réseau routier et ferroviaire en Chine en 2050 selon plusieurs hypothèses

HYPOTHESES			
Population			
Niveau (milliard d'habitants)	1,7	1,4	1,1
Macro économie			
PIB/habitant ((\$ US constant 2003)	44 820	31 357	21 631
Géographie			
Surface (km ²)	9 598 000	9598000	9598000
RESULTATS			
	Scénario haut	Scénario moyen	Scénario bas
Longueur du réseau routier en Chine en 2050 (km)	4 007 098	3 431 594,	2 907 374,
Taille du réseau ferroviaire en 2050 (km)	239 699	210 127	181 391
Nombre de véhicules (millions de véhicules)	697,32	564,29	441,68
Taux d'équipement des individus en %	41%	40%	39%

Comme nous l'avons déjà indiqué, la densité automobile varie peu avec le niveau de richesse. L'augmentation du parc entre les différents scénarios est principalement le fruit du croît démographique.

Le trafic de marchandises

Le trafic de marchandises est apprécié en prenant les ratio de tkm par habitant des USA et du Japon.

		trafic total/h	trafic maritime/h
	USA	19823,72881	1301,694915
	Japon	4453,125	1843,75
CHINE 2050		Trafic total	trafic maritime
Même ratio par habitant que USA	Scénario 1	3,38986E+13	2,2259E+12
	Scénario 2	2,76541E+13	1,81586E+12
	Scénario 3	2,23612E+13	1,46831E+12
Même ratio par habitant que Japon	Scénario 1	7,61356E+12	3,15153E+12
	Scénario 2	6,21106E+12	2,57099E+12
	Scénario 3	5,02228E+12	2,0789E+12

Scénario américain

Si l'on sature le réseau ferroviaire correspondant à chacun des scénarios, en conservant la même densité de trafic de marchandises sur le réseau ferré, et que l'on suppose un kilométrage annuel des automobiles égal au kilométrage américain, on obtient les densités de trafic suivantes, qui conduisent à augmenter le réseau dans des proportions importantes.

	réseau routier	total UVP	Ratio (millions d'UVP par km)	augmentation du réseau pour avoir la densité de trafic américaine (facteur multiplicatif)
scénario haut	4 007 098,12	1,6119E+13	4,02	5,47
scénario moyen	3 431 594,59	1,3133E+13	3,83	5,20
scénario bas	2 907 374,28	1,0482E+13	3,61	4,90

La densité de trafic aux USA est de 0,736 en million UVP/km de voie.

Le tableau peut se lire ainsi. Pour avoir la même densité de trafic que les USA, la Chine devrait dans les conditions socio-économiques du scénario 1, avoir un réseau 5,4 fois plus étendu. Une autre possibilité serait que la densité de trafic soit 5 fois plus importante ou toute autre solution qui combine les deux pour donner un facteur 5.

Cela nous semble irréaliste et nous n'avons pas mené plus loin les investigations.

Scénario japonais

Le scénario japonais diffère du scénario américain en trois dimensions cruciales :

- le nombre de tonnes.kilomètres par habitant est plus faible
- la proportion, plus forte, des tonnes.kilomètres acheminées par le transport fluvio-maritime
- le kilométrage annuel moyen des véhicules particuliers, sensiblement moitié moindre qu'aux US.

Rappelons que, malheureusement, nous n'avons pas été en mesure de calculer la densité de trafic japonaise et que le partage modal est obtenu de deux façons différentes :

- saturation du fer, en conservant la densité de trafic chinoise actuelle, puis avec la part modale japonaise du fluvio - maritime .
- simulation d'une part modale routière des Tkm exogène.

Le trafic automobile interurbain est une résultante.

Il en résulte que les parts modales du pays de référence (ici le Japon) ne sont pas conservées.

Simulation avec saturation du chemin de fer

Si l'on sature le chemin de fer avec le trafic de référence en marchandises, nous obtenons deux résultats intéressants :

- le trafic de marchandises, affecté totalement aux chemins de fer laisse des réserves de capacité.
- Il faudrait, selon les scénarios, multiplier par 1,7 ou 2 le réseau de référence routier pour laisser la place à une mobilité automobile de type japonais, en supposant qu'il n'y a pas de transport routier de marchandises.

Nous en tirons les conclusions suivantes :

- Les scénarios de référence ferroviaires sont probablement trop étendus, à moins qu'une modification du trafic privilégiant les voyageurs ne viennent contribuer à utiliser de la capacité. Ce dernier point n'est pas à exclure, tant le réseau routier paraît sous dimensionné.
- Il est impossible d'avoir un partage modal du transport de marchandises extrêmement favorable au chemin de fer. C'est pourquoi nous avons simulé différents partages modaux.

Simulation de partages modaux exogènes

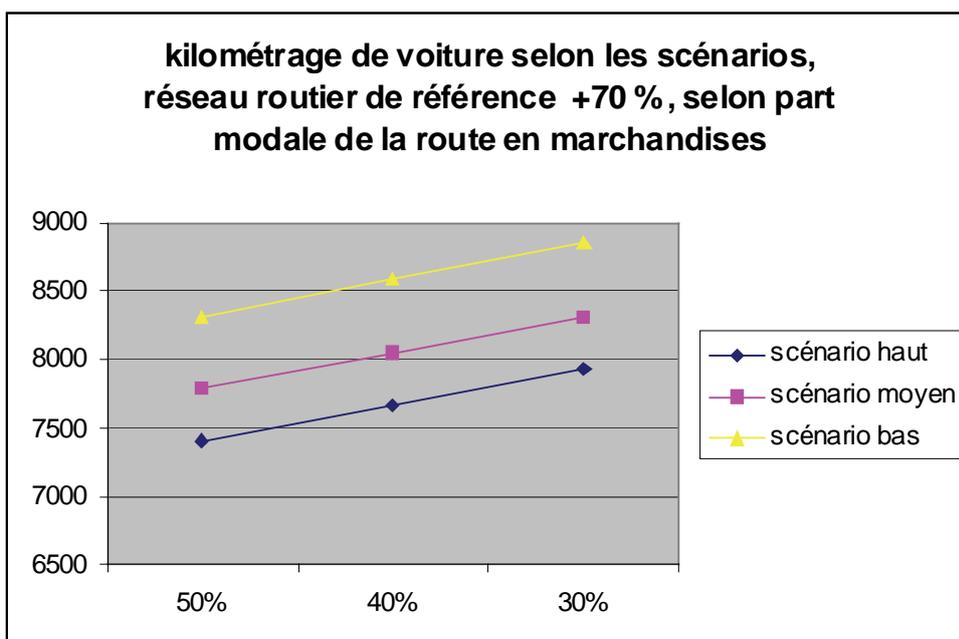
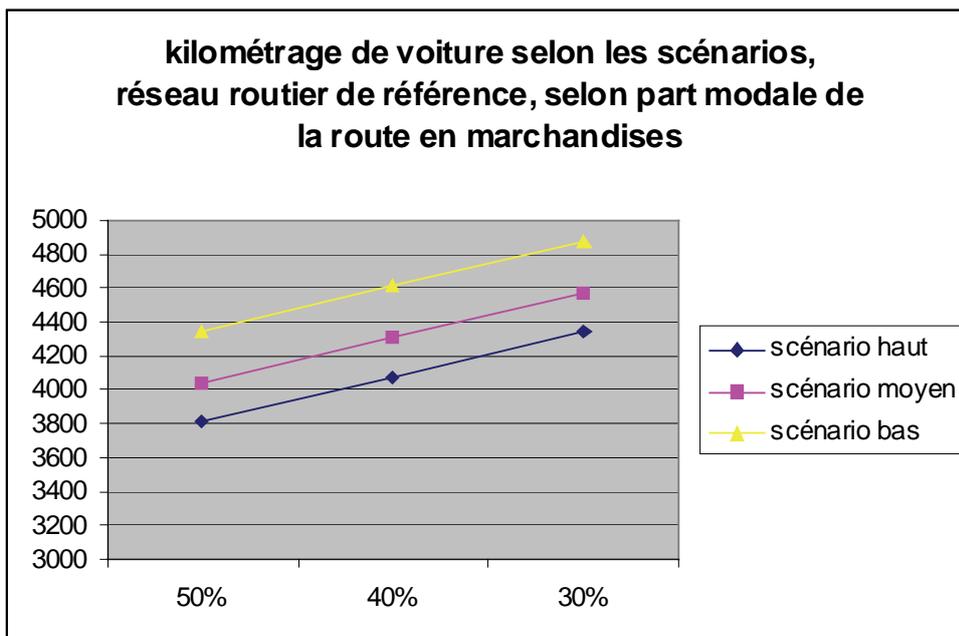
Nous avons choisi de simuler les partages modaux suivants pour les marchandises :

- Hypothèse 1 : 50 % pour la route ;
- Hypothèse 2 : 40 % pour la route ;
- Hypothèse 3 : 30 % pour la route.

Ce dernier chiffre nous paraît un minimum, même si le réseau ferroviaire semble offrir des réserves de capacité. En raison précisément de l'offre ferroviaire, à laquelle il faut ajouter un fluvio-maritime très développé, une part modale de la route de 50 % nous paraît un maximum.

La sortie du modèle de simulation est le kilométrage annuel possible pour les voitures individuelles.

Les résultats sont présentés dans les graphiques ci dessous.



Ces simulations, qui agglomèrent transports urbain et interurbain nous permettent de parvenir aux conclusions suivantes :

Seuls une augmentation importante du réseau de référence et un partage modal favorable aux modes non routiers permettent d’approcher la mobilité en voiture particulière du Japon.

L’influence de l’accroissement du réseau routier est prépondérante par rapport au partage modal, ce qui veut dire que le transport routier de marchandises ne prend qu’une part limitée de la capacité (dans le cadre d’un scénario à la japonaise).

Il est mathématiquement équivalent de supposer que le réseau augmente de 70 % ou que la densité de trafic augmente de 70 %. Du fait de l’incertitude qui entache la détermination de la densité de trafic maximale admissible, on ne peut exclure qu’une densité de trafic significativement plus forte qu’au

USA soit réalisée, en Chine, en 2050. Une mobilité en voiture particulière de type japonais serait alors possible avec un réseau moins étendu.

Conclusion : les conséquences des déséquilibres

Rappelons quelques résultats avant de discuter les conséquences des déséquilibres.

Au delà des incertitudes des calculs, un scénario à l'américaine paraît exclu. Il en va d'un facteur 5, pour le réseau ou la densité de trafic.

Un scénario à la japonaise conduit à une mobilité en voiture particulière réduite, dans les meilleurs cas de figure (augmentation du réseau ou de la densité de trafic de 70%), avec grossièrement entre 8 et 9 milliers de kilomètre par an, soit 10 à 20 % de moins que les japonais.

Au delà de ces constats, l'analyse que l'on fait dépend de l'interprétation que l'on donne des différences entre les USA et le Japon.

Une diminution de la mobilité VP

Du fait que la part de la capacité dévolue aux transports de marchandises est faible, l'essentiel du déséquilibre provient de la mobilité en voiture particulière. Il en résulte que l'on peut affirmer que très probablement, la Chine ne sera pas le théâtre d'une circulation extensive à l'américaine. Le caractère très agrégé des données conduit à formuler ce genre d'analyse aussi bien pour le niveau interurbain que pour la majorité des grandes villes, où la circulation périphérique se mêle aux flux interurbains. Contenir la mobilité VP peut être le fruit de différents amendements par rapports aux modèles de référence :

- congestion importante (cela signifie une congestion plus importante que dans l'échantillon de pays ayant servi à calibrer les modèles)
- incitations au faible usage de la voiture (fiscalité des carburants, péages autoroutiers, ...)
- moindre développement du parc.

Ce dernier facteur peut conduire à diviser le parc par deux. Les voitures pourraient alors rouler deux fois plus. Ce scénario n'est pas le plus probable, car une limitation de l'achat de véhicules, par exemple par la fiscalité, conduirait à une concentration dans les zones les plus riches, ce qui ne diminuerait pas la congestion.

Une diminution du transport de marchandises

Le réseau ferroviaire de référence semble suffisant pour un trafic de marchandises à la japonaise. Concernant le scénario à l'américaine, il ne transporte qu'entre 17 et 19 % des marchandises (en tkm), contre environ 40 % aux Etats Unis. L'impossibilité d'un scénario à l'américaine relève donc également d'une extension insuffisante du réseau ferroviaire. Entre les USA et le Japon, il y a bien sûr une différence dans la mobilité en voiture particulière déjà évoquée. Mais il y a également une différence de profondeur « continentale ». Et sur ces deux plans, la Chine de 2050 pourrait différer des USA. Ce qui pourrait signifier pour la Chine une orientation plus prononcée encore vers les côtes, ou vers les espaces desservis par la voie d'eau, principalement le bassin du Yangzi. Une autre possibilité, non exclusive du déséquilibre vers les côtes, serait que la Chine se tourne progressivement davantage vers les services. Notons seulement que les Etats Unis sont déjà fortement orientés vers les services, et que le parti pris des autorités chinoises paraît très nettement orienté vers l'industrialisation.

Une chose paraît assurée : dans un contexte de relative pauvreté des infrastructures, les provinces ou les villes qui disposeront de réserve de capacité pour échanger avec l'extérieur seront favorisées. Ceci peut conduire les autorités, qui en auront vite conscience, à développer encore plus les infrastructures. Si l'on prend en compte les facilités de financement actuelles, cet effort d'investissement se tournerait vers le réseau routier.

Une augmentation de l'investissement en voirie

Le réseau de référence défini dans cet exercice de simulation est assez peu étendu. Rappelons quelques données de base.

Tableau 49 : Rappels sur les données de base

	Scénario haut	Scénario moyen	Scénario bas
Réseau routier en milliers de km	4 007,1	3 431,6	2 907,4
Taux de croissance 2000/2050 impliqué	2,20	1,88	1,54

Le réseau des USA est en 2000, d'environ 6 millions de km. Il a été exclu de l'échantillon, car c'est un point aberrant. Peut-être que les réseaux de référence calculés s'en trouvent trop petits. Si nous doublons la longueur des réseaux de référence, nous obtenons les résultats suivants.

Tableau 50 : Doublement des réseaux routiers de référence

	Taux de croissance annuel 2000/2050	Extension du réseau routier en millions de km
Scénario haut	3,62	8,01
Scénario moyen	3,30	6,86
Scénario bas	2,96	5,81

Même si la Chine constituerait alors une anomalie par rapport à la quasi totalité de l'ensemble des pays de planète (sauf les USA), de telles possibilités ne sont pas totalement improbables.

En termes de densité de trafic, on retrouverait, dans le cadre d'un scénario à la japonaise, la possibilité d'avoir une mobilité du même ordre de grandeur qu'au Japon et un scénario à l'américaine ne pourrait se développer qu'avec des densités de trafic deux à trois fois supérieures à celles des Etats-Unis. Tout en donnant plus de crédibilité au scénario à la japonaise, cet effort d'investissement supplémentaire ne semble pas rendre possible un scénario à l'américaine.

Il reste une possibilité à évoquer. L'ensemble des scénarios développés dans ce rapport repose sur croissance vigoureuse de l'économie chinoise, au moins pendant les premières décennies. En fonction de l'insuffisance des infrastructures de transport, cette hypothèse peut être remise en cause.

TROISIEME PARTIE :

LE TRANSPORT EN URBAIN

La population urbaine

Le choix méthodologique s'est porté sur une définition morphologique de la ville, l'agglomération, de façon à éviter tous les pièges statistiques dans la définition de la ville au sens démographique et administratif⁹. L'agglomération est une définition universelle de la ville construite par les géographes :

« L'agglomération est un milieu géographique. Si dans le paysage, les limites administratives de la ville sont invisibles, celles de l'agglomération sont mieux identifiables. Marquées par une rupture morphologique dans le front des constructions, elles se voient. L'agglomération est densément peuplée et occupée, et l'homme doit apprendre à s'organiser en fonction de cette contrainte. C'est une étendue de territoire dont les formes n'ont souvent pas de lien avec les limites administratives »¹⁰.

Nous nous intéresserons en particulier à trois agglomérations chinoises majeures, à savoir les deux plus importantes aujourd'hui, Shanghai et Pékin, ainsi qu'à Chongqing, agglomération en plein développement dans le centre de la Chine.

Tableau 51 : Les 13 agglomérations chinoises de plus de 2 millions d'habitants en 2000

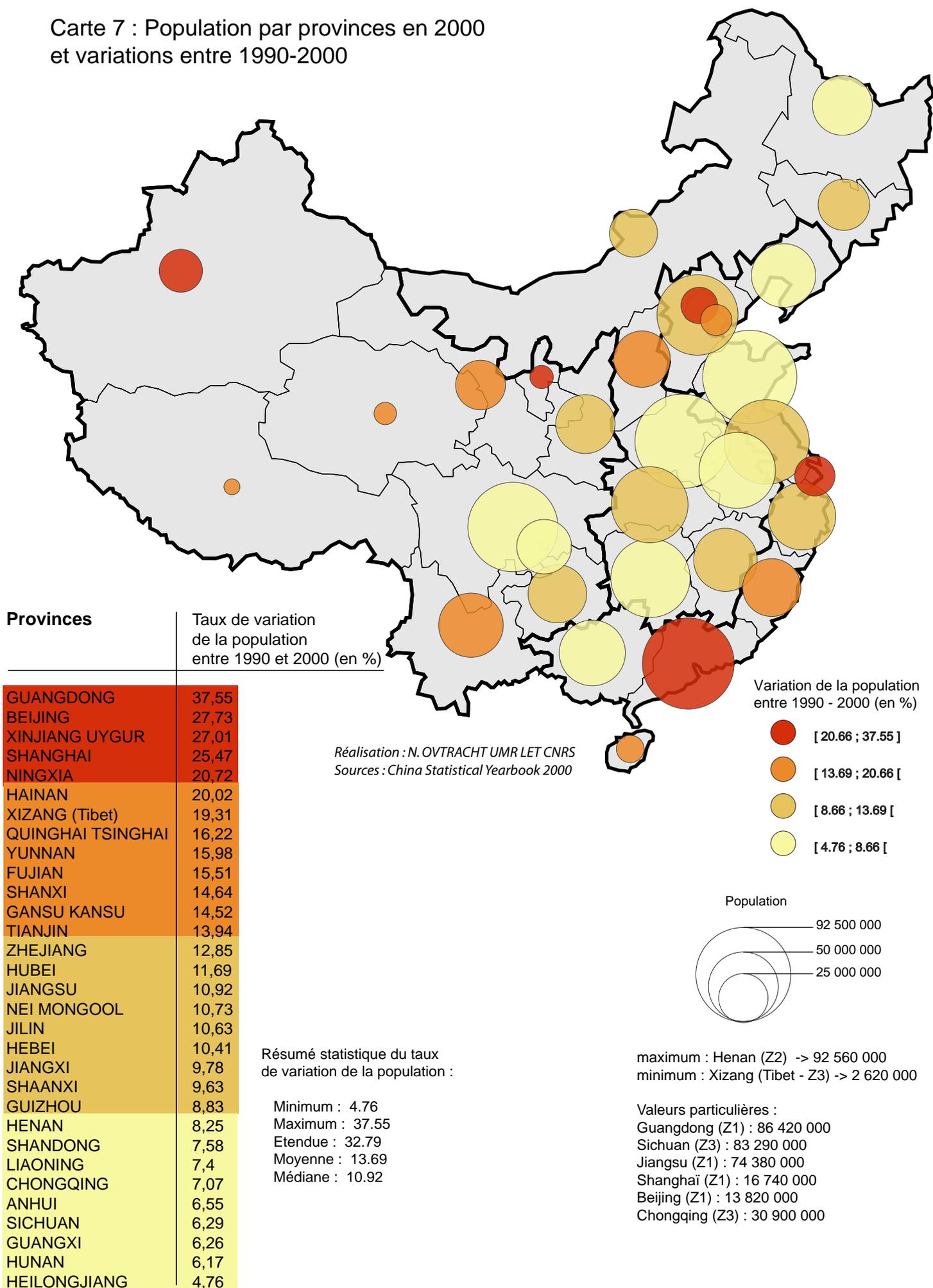
Ville	Population	Superficie ajustée 2	Densité (hab./km2)
Shanghai	11,96	2 720	4 397
Pékin	7,99	2 277	3 508
Tianjin	6,73	4 277	1 574
Shenyang	5,73	4 321	1 326
Canton	3,97	1 052	3 771
Wuhan	3,96	1 259	3 148
Harbin	2,97	1 675	1 774
Chongqing	2,71	1 521	1 782
Nanjing	2,56	1 000	2 564
Xi'an	2,50	879	2 846
Dalian	2,19	1 100	1 987
Chengdu	2,15	1 820	1 179
Anshan	2,09	876	2 390

Source : François Moriconi-Ebrard, *De Babylone à Tokyo*, Paris : Ophrys, 2000.

⁹ On se saurait que trop rappeler les difficultés à définir et la ville et l'urbain en Chine...mais c'est une remarque qui s'applique à de nombreux pays.

¹⁰ F. Moriconi-Ebrard, 2000 (op.cit.), p. 1

Carte 7 : Population par provinces en 2000 et variations entre 1990-2000



Quelles agglomérations urbaines ? : la question de la population

L'un des premiers exercices dans le travail sur les projections urbaines est de parvenir à estimer la population de nos trois villes en 2050. Pour ce faire, nous utiliserons comme base les projections démographiques de l'ONU pour la population totale de la Chine et pour sa population urbaine.

Comme les projections de l'ONU ne donnent pas les chiffres de population urbaine jusqu'en 2050, nous avons identifié plusieurs facteurs explicatifs du taux d'urbanisation au niveau des pays dans le cadre de modèles économétriques (Cf. partie sur les facteurs démographiques). Sur cette base, nous avons obtenu deux intervalles de variation de la proportion de population urbaine pour la Chine en 2050. Par prudence, nous retenons les deux bornes inférieures de ces intervalles 70% et 80%.

Tableau 52 : Deux hypothèses du taux d'urbanisation de la Chine en 2050

Année	2000	2050 (1)	2050 (2)
Taux d'urbanisation	36% ¹¹	70%	80%

Shanghai et Pékin sont déjà de grosses agglomérations aujourd'hui. Qu'en sera-t-il en 2050 ? Chongqing est une agglomération relativement modeste ; à quoi ressemblera-t-elle en 2050 ?

Les méthodes de projection

Pour estimer la population de nos trois villes en 2050, nous allons utiliser deux méthodes.

La première méthode (M1) utilise la formule de métropolisation élaborée par le géographe François Moriconi-Ebrard¹² ; cette formule permet de calculer la part de chaque métropole dans la population métropolitaine totale d'un pays en tenant compte du taux d'urbanisation et de la hiérarchie urbaine¹³. Les résultats des projections font apparaître trois courbes correspondantes aux projections démographiques de l'ONU pour la population chinoise¹⁴.

La deuxième méthode (M2) utilise une formule plus simple qui pose la proportionnalité de la croissance des agglomérations chinoises à la croissance de la population urbaine du pays. Les résultats des projections font apparaître trois courbes correspondantes aux projections démographiques de l'ONU pour la population chinoise.

¹¹ Taux d'urbanisation officielle issue du recensement de la population chinoise de 2000.

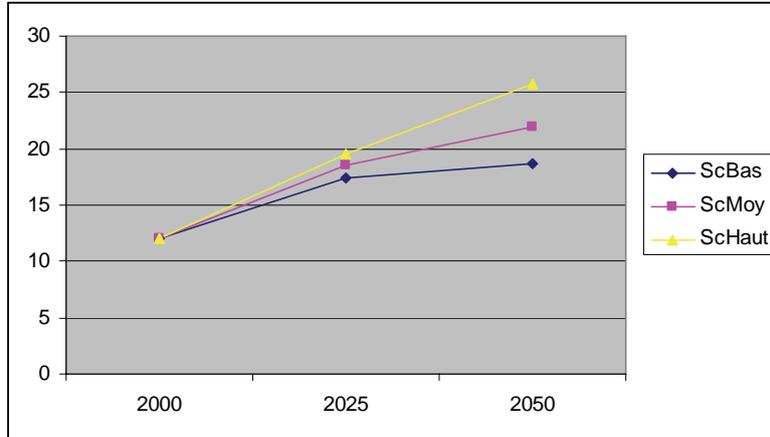
¹² F. Moriconi-Ebrard, 1994, *Géopolis. Comparer les villes du monde*, Paris : Economica.

¹³ Equation de la loi de métropolisation : $P_m = 6,55 P_u^{0,815}$

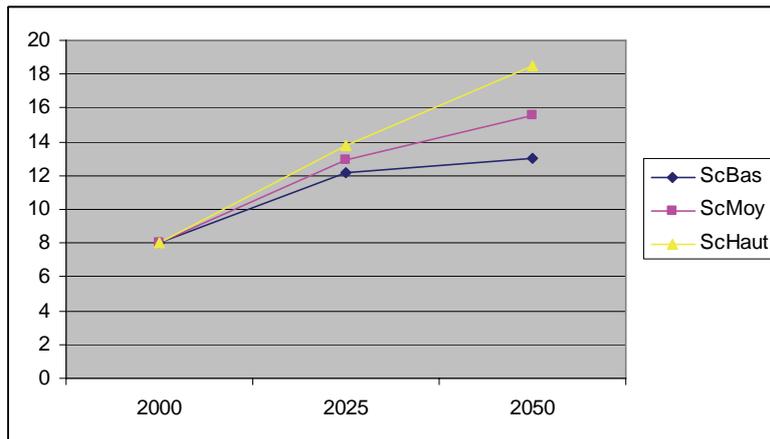
¹⁴ Les calculs se fondent sur les travaux en cours de Francis Papon, INRETS.

PROJECTIONS DE POPULATION URBAINE – M1 (Taux d'urbanisation à 70% en 2050)

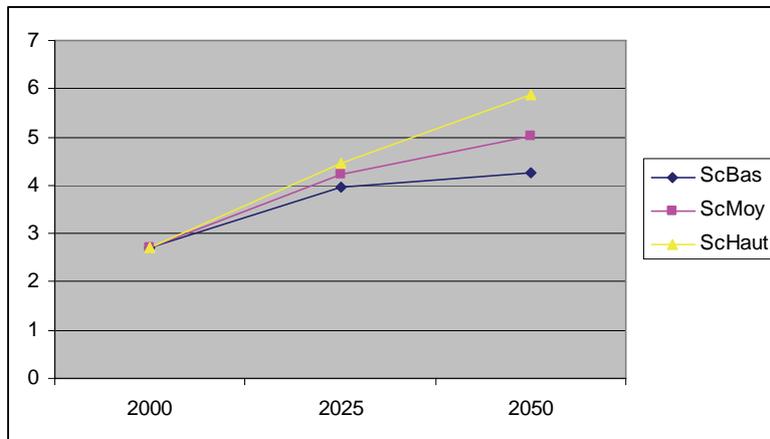
Shanghai



Pékin

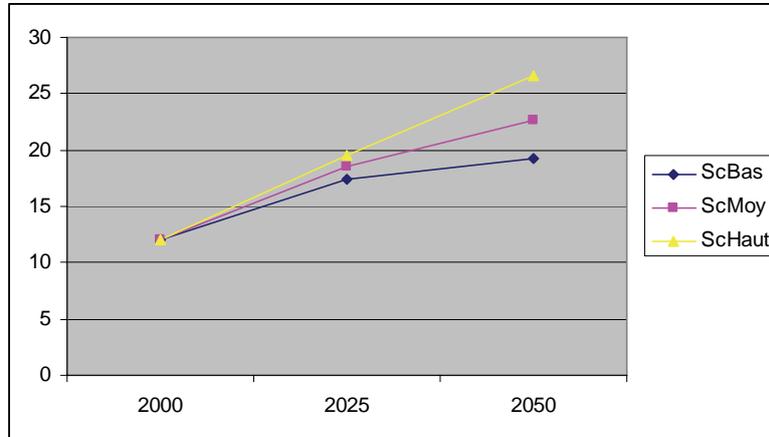


Chongqing

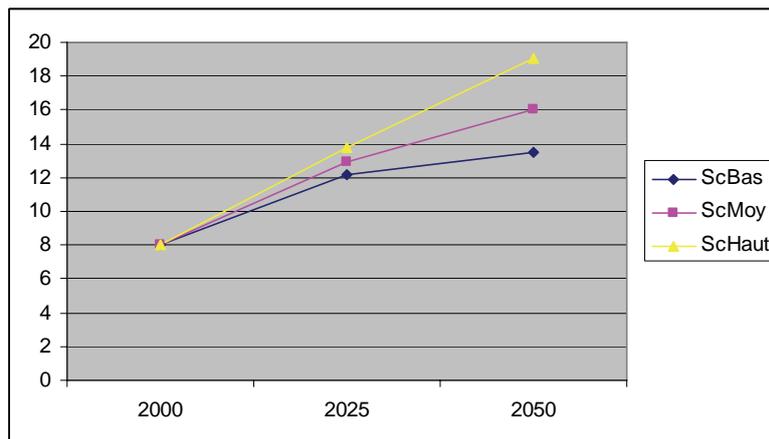


PROJECTIONS DE POPULATION URBAINE – M1
(Taux d’urbanisation à 80% en 2050)

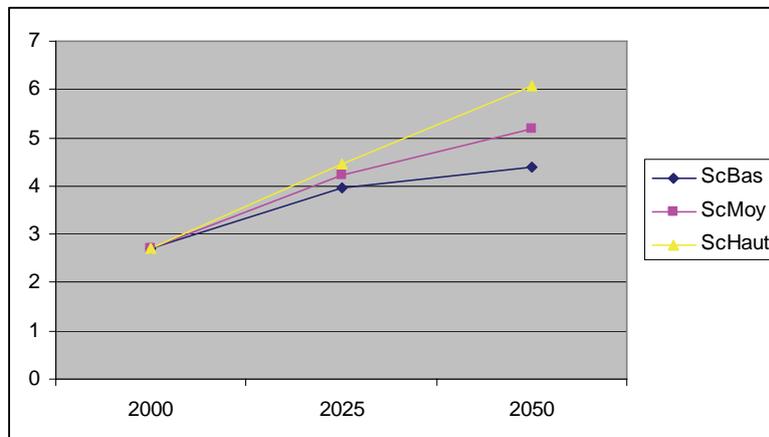
Shanghai



Pékin

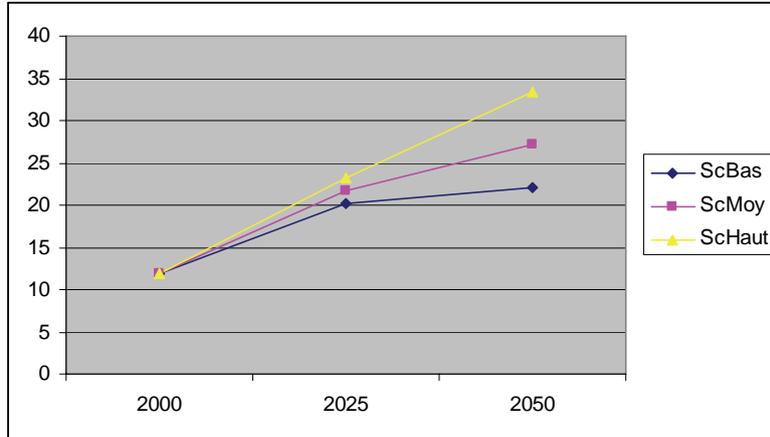


Chongqing

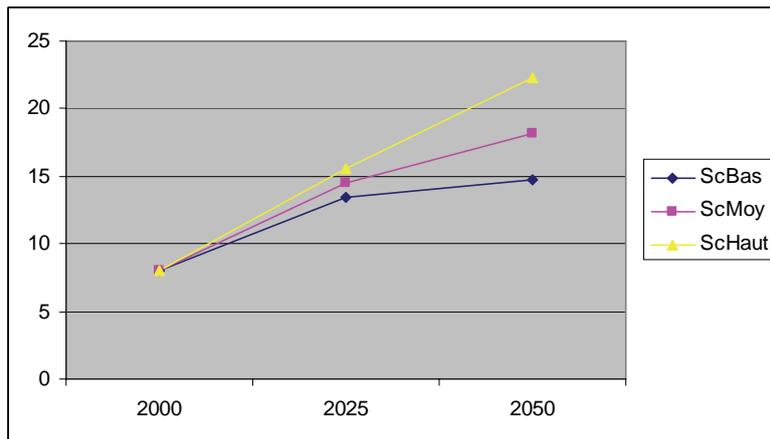


**PROJECTIONS DE POPULATION URBAINE – M2
(Taux d’urbanisation à 70% en 2050)**

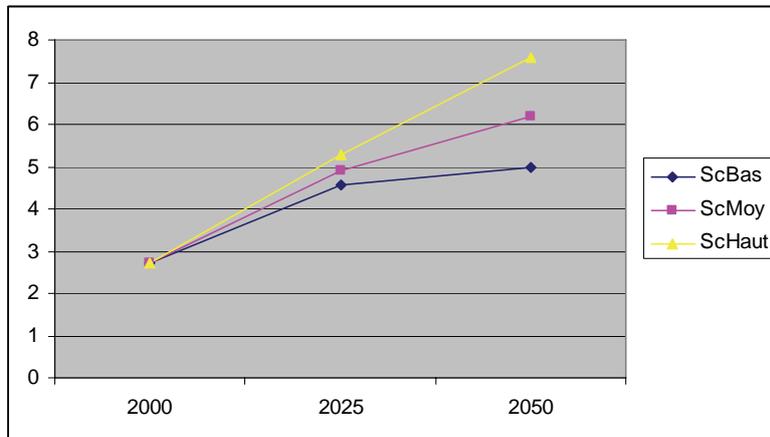
Shanghai



Pékin

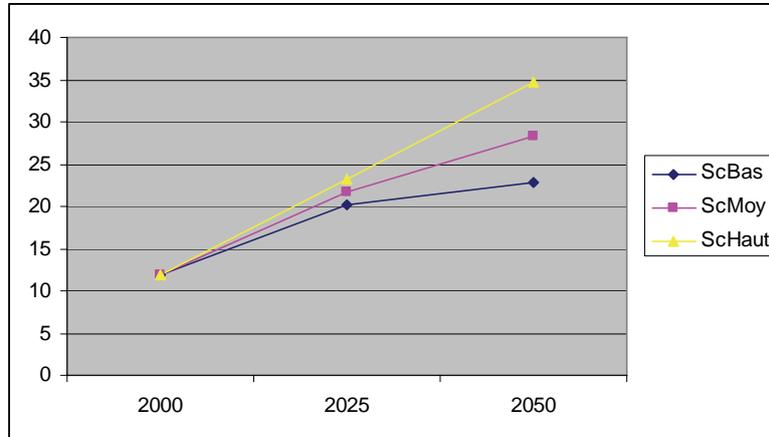


Chongqing

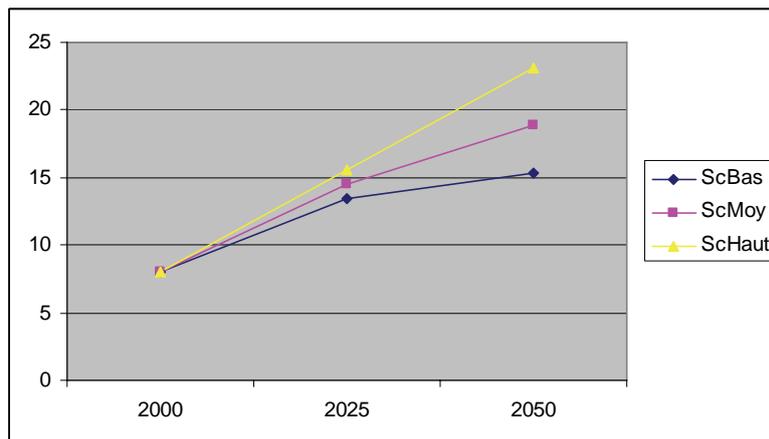


PROJECTIONS DE POPULATION URBAINE – M2
(Taux d’urbanisation à 80% en 2050)

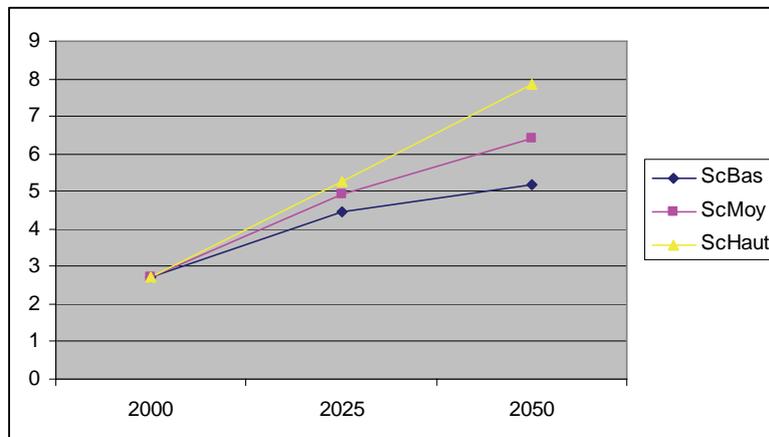
Shanghai



Pékin



Chongqing



Les variantes de projections

Les résultats des deux méthodes de projections proposent des différences sensibles. Cependant, ils sont fondés sur l'hypothèse que la population de chacune des trois villes restent proportionnelles jusqu'en 2050.

Il serait intéressant d'intégrer une variante régionale dans la projection, de façon à rendre compte de différences qui pourraient intervenir dans le développement des trois grandes régions de Chine : l'Est, le Centre et l'Ouest (Carte). Pour ce faire, on pourrait poser des hypothèses de répartition régionale de la population :

- Hypothèse 1 : déséquilibre renforcé en faveur de l'Est
- Hypothèse 2 : rééquilibre en faveur du Centre et de l'Ouest

Les hypothèses pourraient s'exprimer comme indiqué dans le tableau ci-dessous.

Tableau 53 : Scénario de répartition régionale de la population en 2050

	Constante ¹⁵	Hypothèse 1 ¹⁶	Hypothèse 2 ¹⁷
Est	47%	58%	43%
Centre	39%	35%	47%
Ouest	14%	7%	10%

Les hypothèses 1 et 2 permettent de calculer des seuils minimum et maximum de population. Pour Shanghai et Pékin, les seuils maximum sont calculés sur la base du scénario 1 (renforcement du développement de l'Est) ; les seuils minima sur la base du scénario 2 (attraction plus forte du Centre et de l'Ouest). C'est bien évidemment la démarche inverse qui prévaut au calcul des seuils pour Chongqing.

Tableau 54 : Estimation des seuils de population minimum et maximum pour les 4 villes

Seuil minimum		Seuil maximum	
Ville	Population (millions)	Ville	Population (millions)
Shanghai	18	Shanghai	42
Pékin	11	Pékin	26
Chongqing	4	Chongqing	9,5

¹⁵ La constante correspond à la répartition de la population observée aujourd'hui.

¹⁶ Dans l'hypothèse 1, l'Est ne cesse d'attirer les individus et les activités.

¹⁷ Dans l'hypothèse 2, le Centre et l'Ouest deviennent attractifs du fait de l'amélioration de leurs avantages comparatifs.



Carte 8 : Les grandes régions administratives de la Chine.

Quelles formes urbaines ? : les questions de superficie et de densité

Les projections de population urbaine possèdent des incidences sur les formes urbaines. A quelles grandes villes connues ressembleront les villes chinoises en 2050 ? Les deux données les plus importantes que l'on peut faire varier sont la superficie de l'agglomération – qui donne une idée du territoire effectivement construit – et la densité – qui permet d'évaluer la concentration des individus sur le territoire de l'agglomération.

Aujourd'hui, en termes de superficie, Shanghai se rapproche d'Istanbul, Pékin de Caracas et Chongqing de Barcelone, c'est à dire des agglomérations de taille moyenne. Qu'en sera-t-il en 2050 ?

Tableau 55 : Données pour l'année 2 000 de référence

Ville	Population	Densité (hab./ km ²)	Superficie ajustée	Ville de référence ¹⁸
Shanghai	11 960 000	4 397	2 720	Istanbul
Pékin	7 987 000	3 508	2 277	Caracas
Chongqing	2 711 000	1 782	1 521	Barcelone

Il convient de remarquer que ces données, comme l'ensemble des données chinoises doivent être interprétées avec précaution, notamment en raison de l'importance de la population flottante qui n'est pas toujours recensée et qui, en raison de sa mobilité rend la notion de population d'une ville donnée plus complexe. Ainsi, une simple visite de la ville de Shenzhen, à côté de Hong-Kong conduit à penser que sa population est très nettement supérieure à celle donnée par les statistiques nationales (inférieure à 2 millions) mais plus proche des 7 ou 8 millions dont parlent les gens que l'on rencontre (dont le directeur du métro).

Densité constante

Faisons d'abord l'hypothèse d'une densité constante.

Tableau 56 : Données pour 2050 en densité constante

Ville	Population	Densité (hab./km ²)	Superficie ajustée	Ville de référence
Shanghai	42 000 000	4 397	9 552	<i>Sao Paulo</i>
	18 000 000	4 397	4 094	<i>Séoul</i>
Pékin	26 000 000	3 508	7 412	<i>Tokyo</i>
	11 000 000	3 508	3 136	<i>Paris, Londres</i>
Chongqing	9 500 000	1 782	5 331	<i>Tokyo</i>
	4 000 000	1 782	2 245	<i>Caracas</i>

On remarque que dans cette hypothèse, on aboutit à une multiplication d'environ 3,5 de la superficie des trois villes pour le scénario haut et une multiplication d'environ 1,5 pour le scénario bas ; c'est à dire proportionnellement au croît de la population.

¹⁸i.e. ayant une superficie comparable.

Densités comparées

Faisons ensuite l'hypothèse d'une densité de population en comparaison de celles d'autres agglomérations connues ; par exemple Los Angeles pour les basses densités, Séoul pour les fortes densités et Paris pour les densités moyennes.

Tableau 57 : Une densité comparable à Los Angeles aujourd'hui (densités basses)

Ville	Population	Densité (hab./km ²)	Superficie ajustée	Ville de référence
Shanghai	42 000 000	2 230	18 834	New York
	18 000 000	2 230	8 072	Sao Paulo
Pékin		2 230	11 659	Sao Paulo, New York
	26 000 000			
	11 000 000	2 230	4 933	Séoul, Tokyo
Chongqing	9 500 000	2 230	4 260	Séoul
	4 000 000	2 230	1 794	Madrid

Note : Ces chiffres doivent être interprétés avec précaution, par exemple la première ligne du tableau signifie qu'une agglomération de 42 millions d'habitants, avec la densité calculée par Moriconi-Ebrard pour Los Angeles aurait environ 19 000 km², soit 25 % de plus que la superficie calculée par Moriconi-Ebrard pour l'agglomération de New York, qui pour ce même auteur compte 24 millions d'habitants (l'aire urbaine définie par les critères américains donne une population d'environ 17 millions d'habitants). Bien-sûr, si Shanghai devait avoir la densité de New-York (définie par ce même auteur) la surface serait bien supérieure : de l'ordre de 25 600 km². Avec la densité donnée par Moriconi-Ebrard pour Chicago on obtiendrait une surface d'environ 30 000 km², soit la surface de la Belgique.

Une densité de « type américain » conduit à une agglomération de Shanghai qui occupe un espace entre trois fois et six fois la surface de la municipalité de Shanghai. Il est alors très probable que si les autres villes du delta du Yantzé devaient se développer également avec de faibles densités, on assisterait à la formation d'une vaste conurbation, surtout en direction de Nankin. Il reste à tester l'aspect réaliste de ce scénario. Notamment, il n'est pas garanti que l'on ait assez d'espace entre Shanghai et Wuxi. Autour de Pékin-Tianjin, la surface pourrait manquer également.

Tableau 58 : Une densité comparable à Séoul aujourd'hui (densités hautes)

Ville	Population	Densité (hab. km ²)	Superficie ajustée	Ville de référence
Shanghai	42 000 000	5 250	8 000	Sao Paulo
	18 000 000	5 250	3 429	Paris, Londres
Pékin		5 250	4 952	Séoul, Tokyo
	26 000 000			
	11 000 000	5 250	2 095	Caracas
Chongqing	9 500 000	5 250	1 809	Madrid
	4 000 000	5 250	762	Delhi

Tableau 59 : Une densité comparable à Paris aujourd'hui (densités hautes)

Ville	Population	Densité (hab. /km ²)	Superficie ajustée	Ville de référence
Shanghai	42 000 000	3 120	13 462	<i>Sao Paulo, New York</i>
	18 000 000	3 120	5 769	<i>Tokyo</i>
Pékin	26 000 000	3 120	8 333	<i>Sao Paulo</i>
	11 000 000	3 120	3 526	<i>Paris, Londres</i>
Chongqing	9 500 000	3 120	3 045	<i>Paris, Londres</i>
	4 000 000	3 120	1 282	<i>Barcelone</i>

On remarque que, même dans l'hypothèse d'une densité relativement basse (en comparaison avec Los Angeles), la superficie des plus grandes villes restent encore comparable à des agglomérations connues : Shanghai serait un peu plus grande que New York aujourd'hui dont la superficie actuelle est d'environ 15 000 km². Dans le contexte du scénario haut de population, les trois villes sont à l'image des plus grosses métropoles d'aujourd'hui.

Il est possible de représenter sous forme cartographique l'occupation de l'espace pour Pékin et Shanghai selon les hypothèses de densités retenues.

Différentes approches alternatives pour estimer la population maximale des villes chinoises : l'exemple de Shanghai

La population actuelle, aussi bien pour la Chine que pour les villes, est mal connue (Shanghai n'est pas de loin la ville dont l'estimation de la population est la plus difficile). Pour Shanghai, on retiendra des chiffres compris entre 13 et 20, une population un peu supérieure à 17 millions étant souvent citée pour l'année 2003.

Rappelons que la politique maoïste était fondamentalement hostile à l'urbanisation et à Shanghai en particulier, en raison du passé de la ville. Le véritable démarrage économique de Shanghai est assez récent, au début des années 1990.

Il faut encore préciser que, même si cela s'est atténué, le pouvoir pratique une certaine rétention des populations rurales à la campagne, par l'entremise du passeport intérieur.

Shanghai peut former une conurbation avec Suzhou, ville en développement rapide¹⁹, à environ 80 km de Shanghai.

En dernier lieu, lorsqu'il s'agit de définir un scénario « haut », ce n'est pas le plus vraisemblable.

Premiers cadrages quantitatifs

Faisons une évaluation de la situation si Shanghai maintient son poids dans la population urbaine totale.

Tableau 60 : Première hypothèse : Shanghai maintient son poids dans la population urbaine

	2005	2050	Rapport 2050/2005
Taux d'urbanisation	40%	80%	
Population (millions)	1 300	1 700	
Population urbaine (millions)	520	1 360	2,6
Part sur les côtes	47%	58%	
Population urbaine sur les côtes (millions)	244,4	748	3,06

Avec cette première hypothèse, la population urbaine sur les côtes peut être multipliée par trois. Les résultats sont présentés ci-après.

¹⁹ Ce qui a d'ailleurs été confirmé par différents interlocuteurs lors de nos visites de terrain.

Tableau 61 : Résultats pour Shanghai 2050 avec différentes hypothèses

Population à Shanghai (différentes hypothèses) en millions d'habitants		
	2005	2050
Hypothèse minimale	13	39,8
Hypothèse maximale	20	>60
Population à Suzhou en millions d'habitants		
Toute la municipalité	6	18
La ville centre de la municipalité	2	6
Population totale en millions d'habitants		
Ville de Shanghai	13	40
	15-26	46-78

Il s'agit d'un premier calcul très sommaire qui suppose que toute la population rurale qui migre sur les villes se répartit proportionnellement à la population actuelle des villes, une fois qu'un déséquilibre Est-Ouest s'est produit. En clair, cela revient à supposer que les villes de la côte Est conservent leur poids dans la hiérarchie urbaine.

On obtient 40 millions d'habitants sans augmentation de la polarisation, avec augmentation homothétique de toutes les villes, en prenant pour base 13 millions en 2000.

Si l'on prend 20 millions d'habitants pour Shanghai en 2000 et que l'on ajoute Suzhou (6 millions en 2005) on obtient 78 millions d'habitants (autant dire 80).

C'est dire que ce chiffre de 40 millions correspond bien à la partie basse de la fourchette de notre scénarios haut. C'est une traduction :

- De la croissance démographique
- Du déséquilibre est –ouest ;
- Et de l'urbanisation.

Le problème est que la base de la population en 2000 (13 millions) est probablement trop faible.

Pourquoi prendre 20 millions au lieu de 13, comme base de projection ?

La surface de la municipalité de Shanghai : 6 000 km² (la moitié de la RIF). La densité à la « campagne » : 800 habitants /km² (soit la densité de l'aire urbaine de Boston). Le poids du secteur primaire dans la municipalité est inférieur à 2 %. Il y a donc peu d'agriculteurs. Signalons de plus l'arbitraire de la classification des habitants comme ruraux (Batisse, C., 2003). Du reste un de nos interlocuteurs nous a affirmé que toute la population de Shanghai avait été déclarée comme urbaine.

Même si cela est excessif, dès lors que Shanghai bénéficie d'une croissance économique et démographique importante, il est probable que seule une très faible minorité de la population doive être considérée comme rurale.

Quelle polarisation ?

La plupart des croissances de villes durant la révolution industrielle se sont accompagnées d'un phénomène de polarisation. Le problème est ici de retenir une sorte d'espace polarisé pour le comparer à d'autres expériences nationales. Il n'est pas légitime de considérer que toute la Chine est polarisée par Shanghai, en fonction du polycentrisme évident de l'espace. En revanche, on peut considérer que Shanghai est la capitale économique du grand delta du Yangzi voire de la Chine de l'est., qui

comprend les quatre provinces ou municipalités suivantes : Shanghai, Jiangsu, Zeijang, Anhui (le Tableau 62 : Données sur la population de Shanghai en 2050, présente les différentes extensions retenues pour l'espace polarisé).

Tableau 62 : Données sur la population de Shanghai en 2050

Extension de l'espace polarisé pris en compte			
	Chine de l'est : Jiangsu, Shanghai, Zeijang et Anhui	Jiangsu, Shanghai et Zeijang	Shanghai et la moitié de Zeijang et Jiangsu
Population de l'espace polarisé (scénario « haut »)	306 ²⁰	222	130
% de la ville primatale similaire aux pays suivants			
Corée	0,42		
Japon	0,25		
France	0,19		
Résultats pour les espaces polarisés			
Corée	129	93	55
Japon	77	55	33
France	58	42	25

Précisons que ces données ne prennent pas en compte le « grand » Séoul (25 millions) ni le grand Tokyo (40 millions).

Une polarisation « à la française » sur la Chine de l'Est donne une population de 60 millions pour Shanghai. Une polarisation « à la japonaise » sur les deux provinces côtières donne 55 millions.

Taux de croissance impliqués

On peut également raisonner dans l'autre sens et calculer le taux de croissance impliqué par des populations données à l'horizon de l'étude. On peut ensuite les comparer à certains taux de croissance observés.

²⁰ Données en millions d'habitants 2050.

Tableau 63 : Taux de croissance pour Shanghai avec une population de 13 millions d’habitants en 2000.

Population initiale	13	13
Population finale	40	50
Taux de croissance annuel moyen	2,3 %	2,7 %
Shanghai à 20 millions en 2000		
Population initiale	20	20
Population finale	40	50
Taux de croissance annuel moyen	1,4 %	1,8 %

Tableau 64 : Taux de croissance observés dans quelques pays

Londres	
1841	1,9
1901	4,5
Taux de croissance	1,4 %
Séoul²¹	
1949	1446
2002	20000
Taux de croissance	5 %
Mumbai²²	
1941	1,67
1991	12,6
Taux de croissance	4,1 %
Manchester	
1811	89
1871	351
Taux de croissance	2,3 %
Londres	
1841	1,9
1880	4
Taux de croissance	1,8 %

Des taux de croissance autour de 2 % ne sont pas sans précédents. Séoul est probablement une exception.

Les croissances observées incluent l'absorption des villes périphériques proches (en particulier pour Séoul). Faut-il inclure la municipalité de Suzhou, qui pourrait représenter 5 à 10 millions d'habitants en 2050 ? (le « downtown » actuel compte 2 millions d'habitants et la municipalité 6 millions sur 8000 km²)

Le trajet en train Shanghai - Suzhou offre un ruban continu de grandes maisons paysannes séparées de quelques dizaines de mètres tout au plus, interrompu ça et là par quelques centres secondaires. La municipalité de Suzhou est considérée comme la plus dynamique du delta, avec une croissance économique de 17 % en 2003. Shanghai va développer une ville nouvelle consacrée à l'automobile dans la direction de Suzhou. Déjà, on rapporte que quelques personnes habitent à Suzhou et travaillent à Shanghai. Nous ne pouvons rien dire avec certitude mais dans le cadre d'un scénario haut Shanghai et Suzhou appartiennent à la même agglomération.

Un autre moyen pour apprécier la croissance de Shanghai est de regarder les migrations de la population flottante.

²¹ Source : internet.

²² Source : internet.

Tableau 65 : Les migrations flottantes avec des flux constants

Population flottante	Millions d'habitants
En 2 000	3,87
En 1997	2,37
Flux annuel	0,5
Flux sur 50 ans	25

Ce qui donne avec des taux de croissance constants de la population flottante, les résultats suivants :

Taux de croissance	Population flottante	Population totale (avec population légale inchangée)
2010	20	40
2015	45	65

Rappelons qu'après 20- 25 ans à Shenzhen, la population flottante représente près de la moitié de la population urbaine.

Approche par les mégalo-poles

S'il est probable que Suzhou et Shanghai forment une conurbation à l'horizon de l'étude, il semble plus difficile que l'urbanisation s'étendent de façon continue le long du ruban de villes qui se déroule le long du delta du Yangzi. En revanche, certains signes montrent qu'une sorte de mégalo-pole est en cours de formation. Ce n'est probablement pas la seule région de Chine affectée par ce mouvement. Dans le delta de la rivière des perles, autour de Pékin et peut-être en Mandchourie, semblent se dessiner d'autres mégalo-poles. Rappelons qu'il s'agit d'un ensemble de villes proches, aux fonctionnalités complémentaires. Les deux principales mégalo-poles identifiées jusqu'à présent sont :

- BoWas (Boston-Washington) sur la côte Est des Etats Unis ;
- Tokaido (Tokyo-Nagoya-Osaka) sur la côte Japonaise (Cartes).

Chacune de ces mégalo-poles est organisée autour d'une ville principale : New York pour BoWas et Tokyo pour Tokaido.

Quelle pourrait être la population de la mégalo-pole du delta du Yangzi ?

Tableau 66 : La population totale des municipalités chinoises (en millions d’habitants)

Municipalité	Population totale
Nanjing	6
Zhenjiang	2,6
Changzhou	3,4
Wuxi	4,5
Suzhou	6
Taizhou	5
Yangzhou	4,5
Nantong	7,7
Huzhou	2,6
Jiaxing	3,3
Hangzhou	6,4
Shanghai	17
Shaoxing	4,3
Ningbo	5,5
Total général	78,8

Source : Encyclopédia Wikipedia, version anglophone.

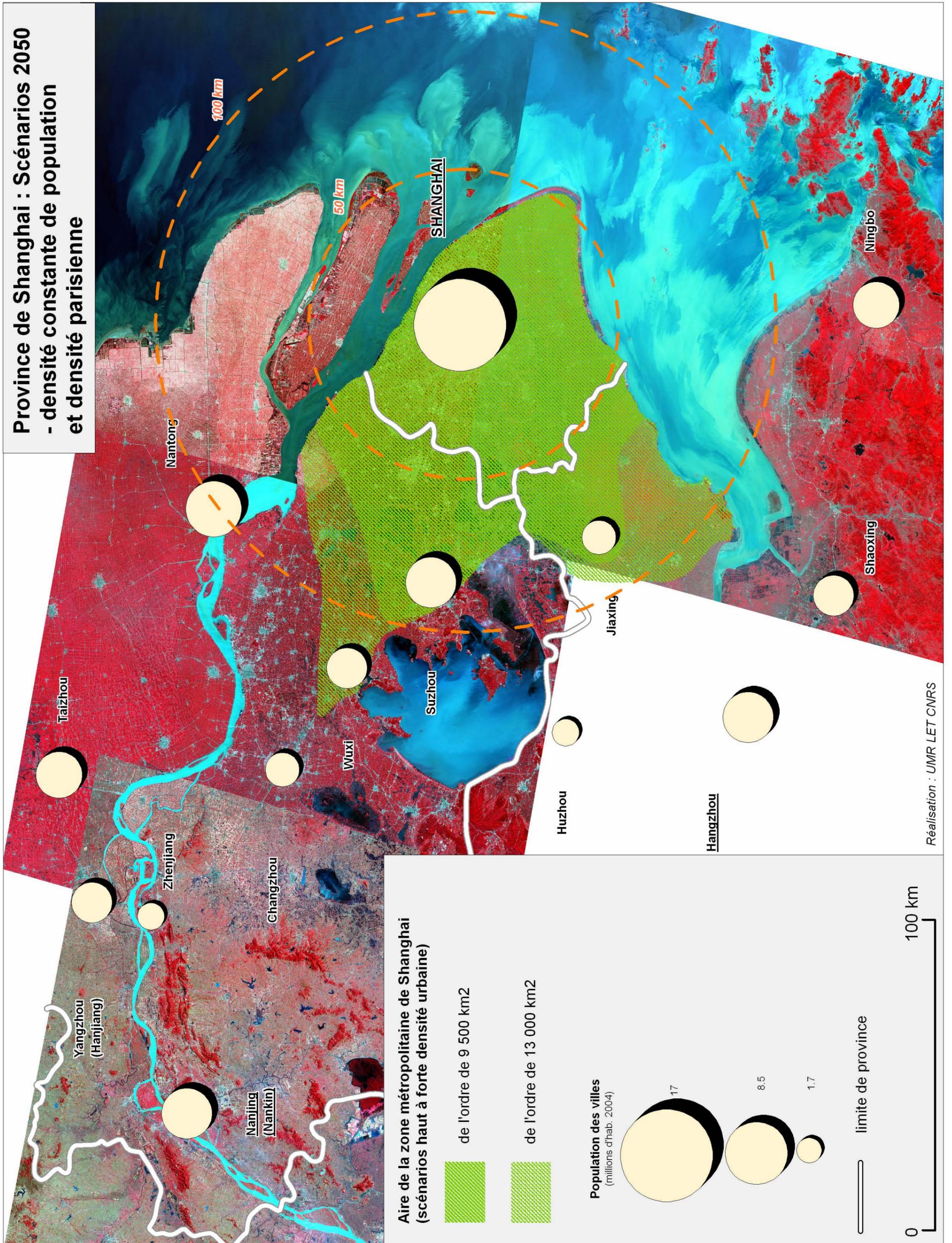
En fonction des hypothèses démographiques et d’équilibre régional nous obtenons les populations suivantes pour la mégapole. Nous n’appliquons pas la croissance de la population urbaine, puisqu’elle est déjà en partie incluse dans la prise en compte des municipalités en partie rurales.

Tableau 67 : Population de la mégapole du delta du Yangzi

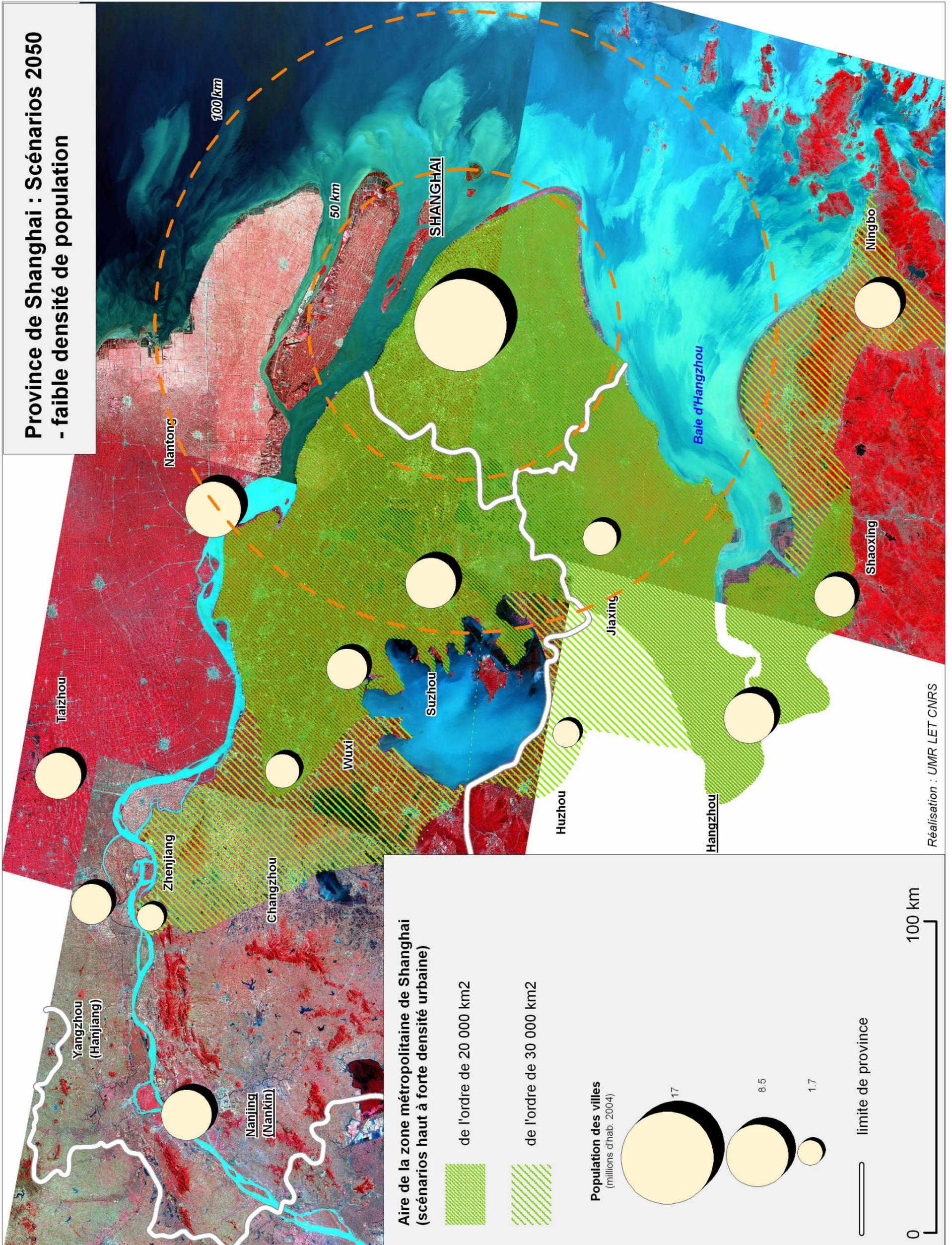
	Scénario haut	Scénario moyen	Scénario bas
Population totale	119,85	82,56	62,56

Si nous appliquons maintenant le taux de primatie des mégapoles existantes, nous obtenons les populations suivantes pour Shanghai.

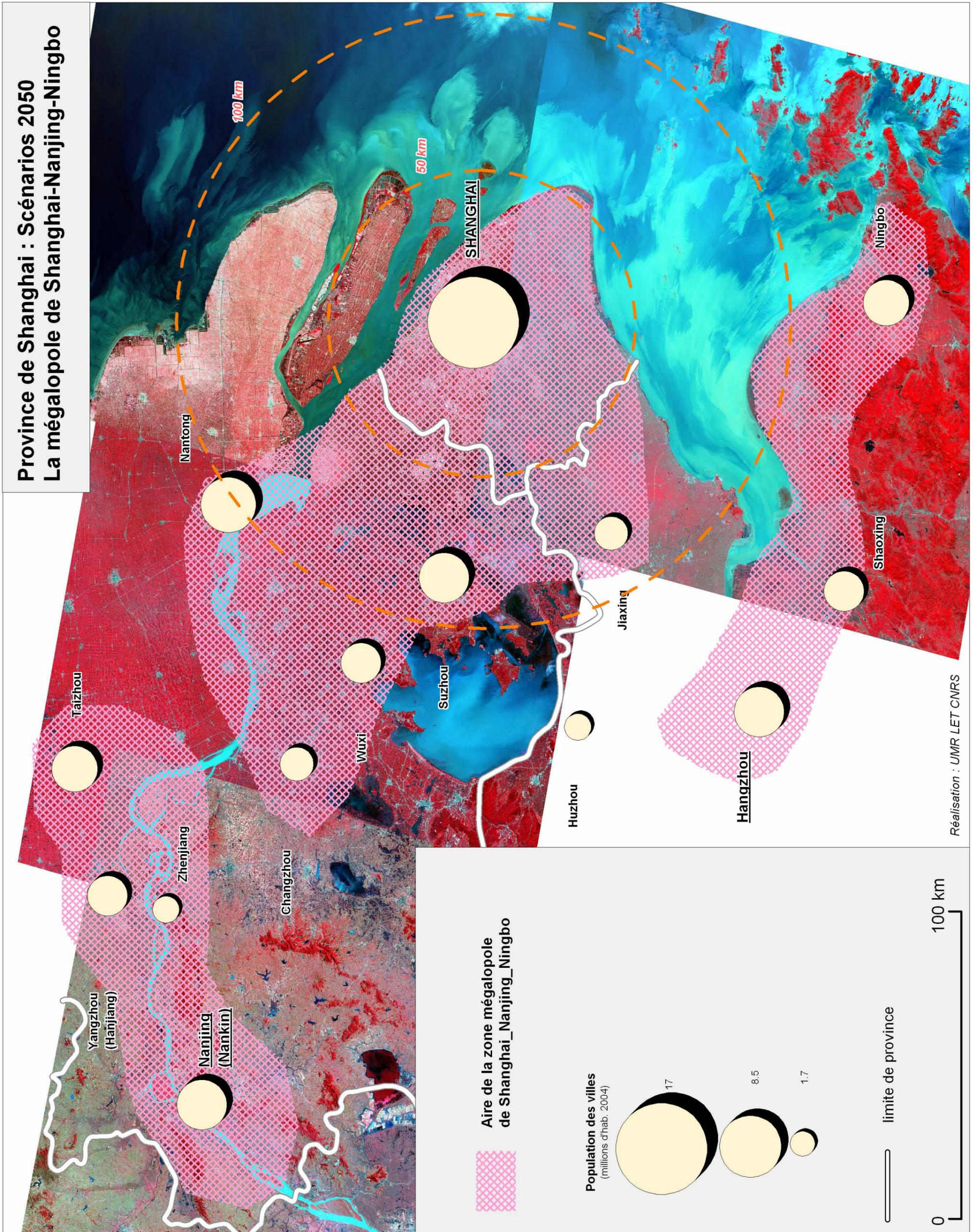
			Scénario haut	Scénario moyen	Scénario bas
BosWas	22/44	0,5	60	41	31
Tokaido	33/55	0,6	72	50	38



Carte 9 : Province de Shanghai : Scénarios 2050 densité constante et densité parisienne



Carte 10 : Province de Shanghai : Scénarios 2050 : faible densité de population



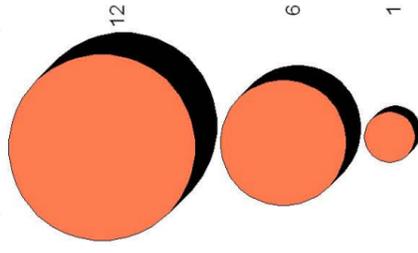
Carte 11 : Province de Shanghai : Scénarios 2050 : la mégapole Shanghai-Nanjing-Ningbo

**Province de Beijing : Scénarios 2050
- densité de population parisienne (densité haute)
et densité de population de Los Angeles
(densité basse)**

Aire de la zone métropolitaine de Beijing

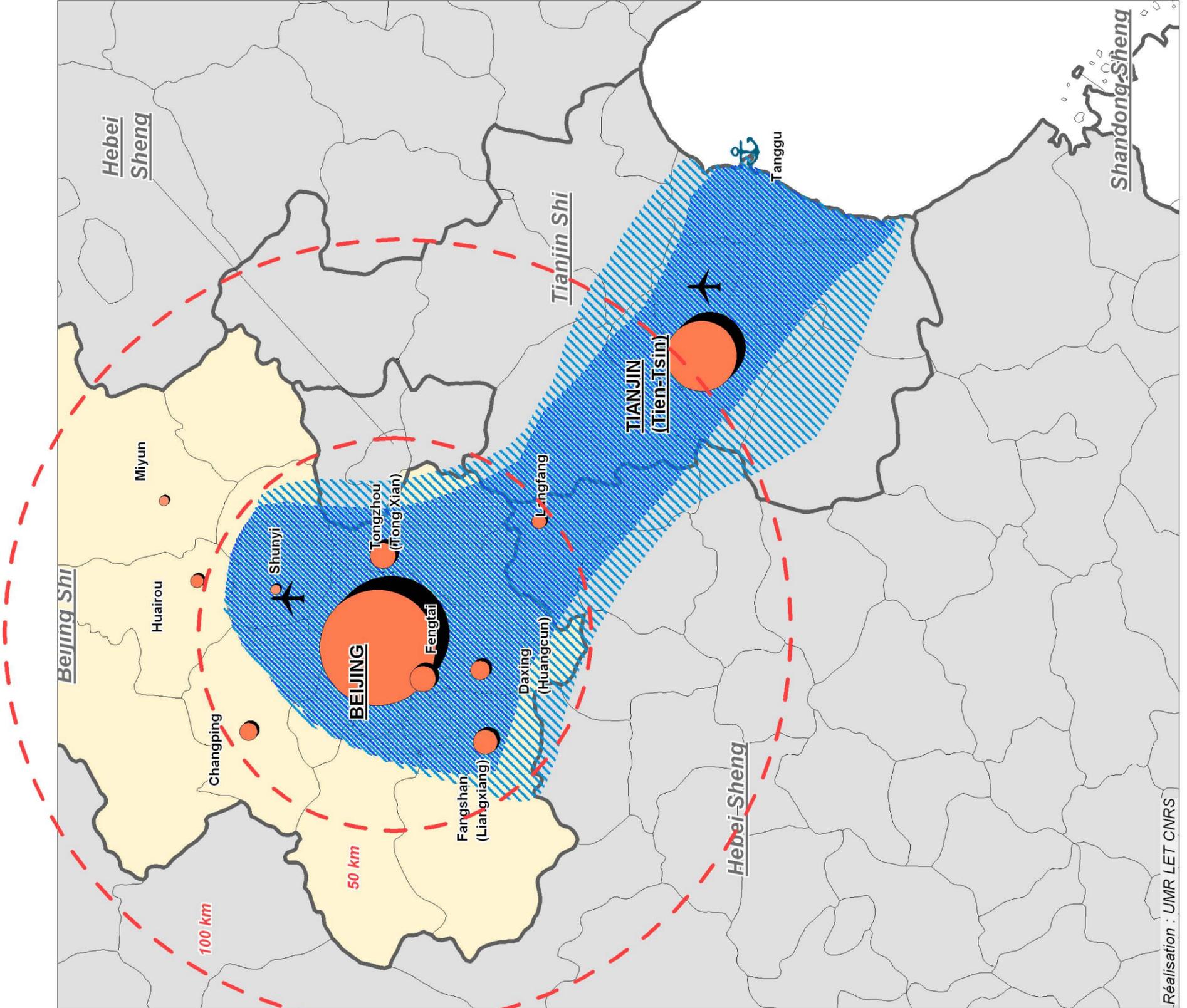
- de l'ordre de 8 500 km²
(densité haute de l'ordre de 3 100 hab/km²)
- de l'ordre de 12 000 km²
(densité basse de l'ordre de 2 200 hab/km²)

Population des villes
(millions d'hab. 2003)



— Limite de province
✈️ aéroport international

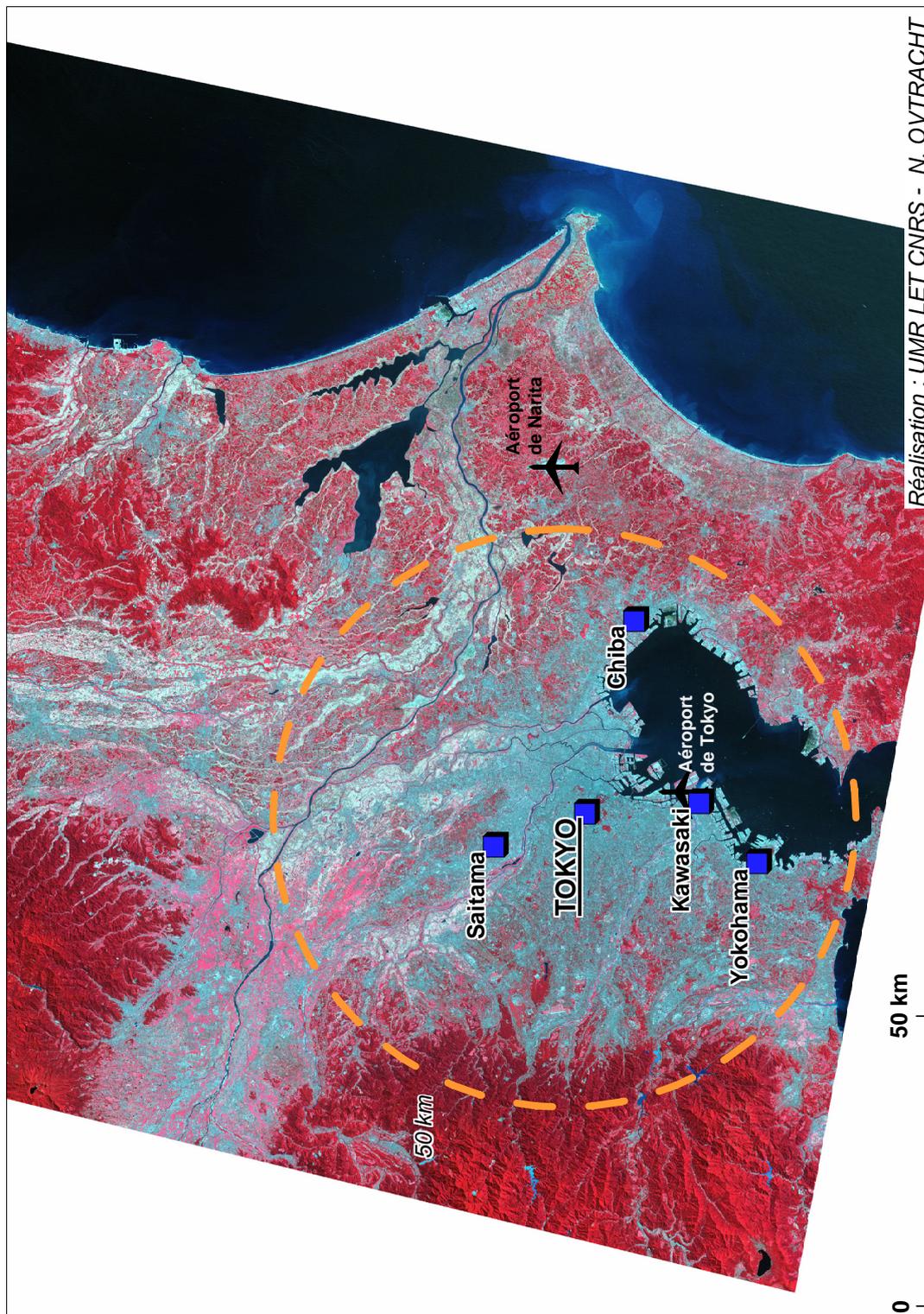
0 100 km



Réalisation : UMR LET CNRS

Carte 12 : Province de Beijing : Scénarios 2050 : faible et haute densité de population

Région métropolitaine de Tokyo
(plus de 30 millions d'habitants)



- La région métropolitaine de Tokyo est composée de :
- Tokyo (ville centre-préfecture) : 12.25 millions d'habitants
 - Préfecture de Saitama : 6.98 millions d'habitants
 - Préfecture de Kanagawa : 8.25 millions d'habitants
 - Préfecture de Chiba : 5.85 millions d'habitants

Carte 13 : La région métropolitaine de Tokyo

Les scénarios urbains

Nous présenterons notre méthode de travail puis nous commenterons nos résultats.

Nous terminerons en élargissant notre réflexion à la question du péage et des marchandises en ville.

Quels scénarios urbains ?

Présentation de la méthode

Méthodologie

La littérature économique (Kain et Fauth, 1977, Ortuzar et Willumsen, 1996) a établi une forte corrélation entre l'augmentation du P.I.B. et la hausse de la mobilité des personnes.

Sur la base de différents scénarios de mobilité et de partage modal, l'objet de cette partie est d'estimer la demande de transport en urbain de quelques villes chinoises sur la longue période. Les résultats peuvent être utiles pour anticiper les besoins en infrastructures autant en termes de capacités que d'investissements.

Nous calibrerons une sorte de modèle explicatif de la mobilité d'une ville chinoise théorique à l'horizon 2050. La mobilité sera étudiée à travers deux dimensions : la mobilité en termes de nombre de déplacements et en termes de partage modal c'est-à-dire précisément de part modale des transports collectifs.

L'hypothèse centrale est que cette ville chinoise théorique sera développée en 2050.

Nous estimerons la demande de mobilité, notée m , par le nombre de déplacements par jour et *per capita*. Le partage modal sera estimé par le pourcentage de modes publics motorisés sur l'ensemble des déplacements noté p_a .

Nous identifierons d'abord les variables dépendantes pour la mobilité et le partage modal. Ces variables dépendantes seront notées de a_1 pour la première variable dépendante à a_n pour la $n^{\text{ième}}$ variable dépendante pour la mobilité. Elles seront notées de b_1 pour la première variable dépendante à b_n pour la $n^{\text{ième}}$ variable dépendante pour le partage modal.

L'estimation de la demande de mobilité en terme de nombre de déplacements par jour et *per capita* sera du type :

$$m = \alpha \log a_1 + \beta \log a_2 + c$$

où α est le coefficient de corrélation de la variable dépendante a_1 , β est le coefficient de corrélation de la variable dépendante a_2 , et c nous indique la valeur de la constante.

L'estimation de la demande de mobilité en terme de partage modal sera du type :

$$p_a = \alpha' \log b_1 + \beta' \log b_2 + c'$$

où α' est le coefficient de corrélation de la variable dépendante b_1 , β' est le coefficient de corrélation de la variable dépendante b_2 , et c' nous indique la valeur de la constante.

Nous construirons ensuite différents scénarios qui représenteront autant de visages de notre ville chinoise à l'horizon 2050. Ces scénarios seront basés sur l'idée suivante : si en 2050 en termes de densité urbaine (variables dépendante), Shanghai ressemble à Tokyo aujourd'hui alors nous pourrons estimer la mobilité et le partage modal de Shanghai en 2050.

Prenons un exemple de régression multiple pour estimer la demande de mobilité :

$$m = \alpha \log a_1 + \beta \log a_2 + c$$

où α est le coefficient de corrélation de la variable dépendante densité urbaine notée a_1 . La transformation en logarithme permet de faciliter l'estimation. β est le coefficient de corrélation de la variable dépendante PIB urbain *per capita* notée a_2 , ε nous indique la valeur de la constante.

Si nous faisons l'hypothèse qu'en 2050, la ville chinoise considérée ressemble à Tokyo, nous remplaçons a_1 et a_2 par leurs valeurs en 2001 pour Tokyo - soit respectivement $a_1 = 88$ hab/ha et $a_2 = 45\ 000$ US\$ - ce qui nous permettra de calculer la valeur de m .

Les régressions (R^2) ont été effectuées sous les logiciels Xstat et R et un test du t de Student a été systématiquement réalisé pour vérifier la validité de la corrélation²³.

Nous procéderons donc en deux étapes :

Etape 1 : projection de la mobilité urbaine d'une ville chinoise théorique en 2050. Nous identifierons d'abord les variables dépendantes (la mobilité urbaine dépend-elle du revenu urbain, de la densité ... ?). Puis nous construirons différents scénarios pour 2050 selon que la ville ressemble à une ville japonaise, européenne, américaine pour les variables dépendantes.

Etape 2 : projection du partage modal d'une ville chinoise théorique en 2050. Nous identifierons d'abord les variables dépendantes (le partage modal dépend-il du revenu urbain, de la densité urbaine... ?). Puis nous construirons différents scénarios pour 2050 selon que la ville ressemble à une ville japonaise, européenne, américaine pour les variables dépendantes.

En nous aidant des données de cette même base, nous avons retenu les situations de références suivantes pour construire les scénarios :

- en termes de densités urbaines (hab/ha), les villes chinoises pourraient ressembler à : Paris 50 hab/ha, Tokyo 88 hab/ha, Shanghai 200 hab/ha, Hong Kong 320 hab/ha,
- en termes de P.I.B. urbain *per capita* en dollar américain, les villes chinoises pourraient ressembler à : Tokyo 45 000 \$, Hong Kong 25 000 \$,
- en termes de prix des carburants par km (10-5% *per capita* P.I.B./km), les villes chinoises pourraient ressembler à : Hong Kong 66, New York 15,
- en termes de coût d'usage moyen (10-4% *per capita* P.I.B./déplacement), les villes chinoises pourraient ressembler à : Hong Kong 220, Paris 120,
- en termes de places de stationnement²⁴ (places pour 1 000 emplois), les villes chinoises pourraient ressembler à : Tokyo 40 places pour 1 000 emplois, Paris 141 places pour 1 000 emplois, Los Angeles 627 places pour 1 000 emplois,
- en termes de % du P.I.B. dépensé dans l'investissement en transport public, les villes chinoises pourraient ressembler à : Los Angeles 0,11%, Singapour 0,44%, Londres 1,28%.

Notre choix des situations de référence (ou des ressemblances) a été guidé par une volonté de rechercher des situations diversifiées, exigées par l'horizon à 50 ans sans pour autant qu'elles ne soient ni trop irréalistes ni trop nombreuses.

La base de données

Pour construire les scénarios urbains nous utilisons la base de données de l'I.U.T.P. (Millennium Cities Database for Sustainable Transport) J.R. Newman and F.Laube (2000).

Cette base de données collectées en 1995 pour 100 villes dans le monde fournit des informations sur 175 indicateurs urbains.

Même si la date de collecte des données est maintenant un peu ancienne, elle permet de faire des comparaisons internationales sur la démographie (population...), la structure urbaine (densité

²³ Si en valeur absolue le t de Student est supérieur ou égal à 2 et que le nombre d'observations est supérieur à 25-30, le résultat peut être considéré comme significatif.

²⁴ Pour 1 000 emplois dans le district économique du centre ville.

urbaine...), l'économie (PIB...), système de transport (longueur des routes...). En outre, comme les changements dans la mobilité, prennent du temps (Bonnafous, 2003), et comme nous sommes sur une perspective générale de long terme, la nécessité d'avoir des données récentes est moindre.

Néanmoins l'absence de détail sur la construction de certains indicateurs affaiblit l'information donnée par les données. La marche à pied semble par exemple sous estimée. Il nous faudra en tenir compte dans l'analyse des résultats.

Après avoir présenté notre méthode de travail, nous commentons nos principaux résultats.

Résultats et commentaires

Nous présenterons et commentons les différentes variables dépendantes puis les scénarios pour 2050 d'abord pour la mobilité et ensuite pour le partage modal.

La mobilité urbaine

Identification des variables dépendantes

Nous présentons ici les variables qui ont une influence sur la mobilité.

Seules les régressions multiples sont présentées dans les modèles ci-dessous et commentées.

La mobilité urbaine est dépendante de la densité urbaine et du prix des carburants. Une forte densité urbaine et des prix des carburants élevés exercent une action contraignante sur la mobilité urbaine. Leur action s'effectue dans des proportions à peu près similaires.

Modèle 1

Variables dépendantes ²⁵	a_1	a_2	c	R ²	t de Student
Densité urbaine (a_1)	-0,358	-0,395	5,690	0,581	-4,597 (a_1)
Prix des carburants (a_2)					-5,619 (a_2)

La densité urbaine et le niveau du P.I.B. urbain affectent la mobilité urbaine des personnes mais dans deux directions opposées : la hausse du P.I.B. urbain permet aux individus d'accroître leur mobilité alors que la forte densité urbaine la réduit. Il semble d'ailleurs que l'action de la densité urbaine soit plus forte que celle du P.I.B. urbain.

Modèle 2

Variables dépendantes	a_1	a_2	c	R ²	t de Student
Densité urbaine (a_1)	-0,392	0,296	1,488	0,540	-4,827 (a_1)
P.I.B. urbain <i>per capita</i> (a_2)					5,019 (a_2)

L'évolution de la mobilité urbaine est dépendante de la densité urbaine et du coût d'usage moyen d'un déplacement. Une densité urbaine élevée et un coût d'usage du déplacement élevé réduisent la mobilité urbaine des personnes. Ce résultat est à mettre en relation avec celui du modèle 1 sur l'influence du prix des carburants.

Modèle 3

Variables dépendantes	a_1	a_2	c	R ²	t de Student
Densité urbaine (a_1)	-0,347	-0,532	6,963	0,797	-4,915 (a_1)
Coût d'usage moyen (a_2)					-6,976 (a_2)

Pour résumer, et sans trop de surprise, si la mobilité des personnes augmente lorsque leur niveau de richesse s'accroît, toutefois une densité urbaine forte et un coût d'usage élevé la réduisent.

²⁵ Transformées en log sauf pour la variable places de stationnement.

Différents scénarios pour 2050

Nous présentons maintenant et commentons rapidement les scénarios pour 2050 associés à chacun des 3 modèles.

Selon le choix des situations de référence pour la densité urbaine et le prix des carburants, les résultats des scénarios pour 2050 montrent que la mobilité urbaine pourrait varier dans une fourchette allant de moins de 2 déplacements par jour et *per capita* dans la situation la plus faible à de 3,2 déplacements par jour et *per capita* pour la plus élevée soit plus d'1 point de différence. Si en 2050 Shanghai connaît une densité urbaine (320 hab/ha) et un prix des carburants très forts sa mobilité en sera alors fortement réduite.

Scénarios pour le modèle 1

Scénarios : densité urbaine et prix des carburants	Mobilité urbaine en 2050 ²⁶
Ville chinoise en 2050 = densité de Paris 2001 soit 50 hab/ha et prix des carburants de New York 15	3,2
Ville chinoise en 2050 = densité de Shanghai 2001 soit 200 hab/ha et prix des carburants de New York 15	2,7
Ville chinoise en 2050 = densité de Paris 2001 soit 50 hab/ha et prix des carburants de Hong Kong 66	2,6
Ville chinoise en 2050 = densité Tokyo 2001 soit 88 hab/ha et prix des carburants de Hong Kong 66	2,4
Ville chinoise en 2050 = densité Hong Kong 2001 soit 320 hab/ha et prix des carburants de Hong Kong 66	1,97
Ville chinoise en 2050 = densité Shanghai 2001 soit 200 hab/ha et prix des carburants de Hong Kong 66	2,1

Les résultats des scénarios sont moins contrastés qu'avec les variables dépendantes du modèle 1. On obtient en effet 2,4 déplacements par jour et *per capita* pour le scénario où la mobilité urbaine est la plus faible et 2,95 déplacements par jour et *per capita* pour le scénario le plus élevé, soit un écart entre les deux scénarios qui se réduit de moitié par rapport aux scénarios du modèle 1. Même si la ville chinoise avait la forte densité urbaine de Hong Kong (320 ha/ha), les contraintes sur la mobilité seraient atténuées par un niveau de PIB urbain élevé.

Scénarios pour le modèle 2

Scénarios : densité urbaine et PIB urbain <i>per capita</i>	Mobilité urbaine en 2050
Ville chinoise en 2050 = densité de Paris 2001 soit 50 hab/ha et PIB urbain de Hong Kong 25 000 USD	2,95
Ville chinoise en 2050 = densité de Shanghai 2001 soit 200 hab/ha et PIB urbain de Hong Kong 25 000 USD	2,4
Ville chinoise en 2050 = densité de Tokyo 2001 soit 88 hab/ha et PIB urbain de Tokyo 45 000 USD	2,9
Ville chinoise en 2050 = densité de Hong Kong 2001 soit 320 hab/ha et PIB urbain de Tokyo 45 000 USD	2,4
Ville chinoise en 2050 = densité de Shanghai 2001 soit 200 hab/ha et PIB urbain Tokyo 45 000 USD	2,6
Ville chinoise en 2050 = densité de Tokyo 2001 soit 88	2,7

²⁶ Déplacement journalier total *per capita*.

hab/ha et PIB urbain de Hong Kong 25 000 USD	
--	--

Si en 2050, notre ville chinoise connaît une forte densité urbaine équivalente à celle d’Hong Kong, le nombre de déplacements par jour et *per capita* se situera aux environs de 2,4 que son P.I.B urbain soit équivalent à celui de Tokyo (45 000 \$) ou que son coût du déplacement soit celui de Paris (120).

Scénarios pour le modèle 3

Scénarios : densité urbaine et coût d’usage moyen du déplacement	Mobilité urbaine en 2050
Ville chinoise en 2050 = densité de Paris 2001 soit 50 hab/ha et coût d’usage moyen du déplacement de Hong Kong 220	2,7
Ville chinoise en 2050 = densité de Shanghai 2001 soit 200 hab/ha et coût d’usage moyen du déplacement de Hong Kong 220	2,3
Ville chinoise en 2050 = densité de Shanghai 2001 soit 200 hab/ha et coût d’usage moyen du déplacement de Paris 120	2,6
Ville chinoise en 2050 = densité de Tokyo 2001 soit 88 hab/ha et coût d’usage moyen du déplacement de Hong Kong 220	2,5
Ville chinoise en 2050 = densité de Hong Kong 2001 soit 320 hab/ha et coût d’usage moyen du déplacement de Hong kong 220	2,1
Ville chinoise en 2050 = densité de Hong Kong 2001 soit 320 hab/ha et coût d’usage moyen du déplacement de Paris 120	2,4

Il convient de souligner que la faible prise en compte de la marche à pied dans la base I.U.T.P. explique pourquoi le nombre de déplacements par jour et *per capita* atteint des niveaux qui peuvent parfois sembler relativement faibles²⁷.

Le partage modal

Identification des variables dépendantes

Nous présentons ici les variables qui ont une influence sur le partage modal.

Seules les régressions multiples sont présentées dans les modèles ci-dessous et commentées. Le partage modal se définit ici comme un pourcentage de modes publics motorisés sur l’ensemble des déplacements. Pour faciliter la lecture, nous utiliserons le terme de pourcentage des transports publics (ou part modale des transports publics) dans la suite de la présentation à la place de modes publics motorisés sur l’ensemble des déplacements.

La part modale des transports publics est très fortement dépendantes des prix des carburants et du % du P.I.B. dépensé dans l’investissement en transport public : plus les prix des carburants et le pourcentage du P.I.B. dépensé dans l’investissement en transport public seront élevés plus les transports publics seront en position favorable.

²⁷En France, à la fin des années 90, on évaluait les déplacements par personne et par jour pour les principales villes dans une fourchette située entre 3,4 et 4,2 (Rapport du Ministère sur la politique globale des déplacements au Japon).

Modèle 1

Variables dépendantes	b_1	b_2	c'	R^2	t de Student
Prix des carburants par km (b_1)	9,011	2,979	-10,625	0,522	8,522 (b_1)
% du PIB dépensé dans l'investissement en transport public (b_2)					2,858 (b_2)

Le pourcentage de transports publics est fortement lié à la densité urbaine, au prix des carburants par km, et dans une moindre mesure et en sens inverse au nombre de places de stationnement : plus la densité urbaine et les prix des carburants sont élevés, moins les places de stationnement seront nombreuses et plus la part modale des transports publics augmente.

Modèle 2

Variables dépendantes	b_1	b_2	b_3	c'	R^2	t de Student
Densité urbaine (b_1)	4,190	6,171	-0,012	-16,536	0,596	3,005 (b_1)
Prix des carburants par km (b_2)						5,178 (b_2)
Places de stationnement ²⁸ (b_3)						-3,193 (b_3)

La part modale des transports collectifs est dépendante de la densité urbaine, du coût d'usage moyen d'un déplacement et du nombre de places de stationnement : plus la densité urbaine et la coût d'usage moyen d'un déplacement sont élevés, moins les places de stationnement sont nombreuses et plus la part modale des transports collectifs s'accroît.

Modèle 3

Variables dépendantes	b_1	b_2	b_3	c'	R^2	t de Student
Densité urbaine (b_1)	5,000	6,135	-0,012	-28,719	0,561	3,523 (b_1)
Coût d'usage moyen (b_2)						4,248(b_2)
Places de stationnement (b_3)						-3,137(b_3)

Pour résumer, le partage modal au sens de la part des transports publics, sera d'autant plus élevée que la densité urbaine, le coût d'usage de la voiture particulière et le pourcentage du PIB dépensé dans les transports publics seront également élevés.

Différents scénarios pour 2050

Nous présentons et commentons rapidement les scénarios pour 2050 associés à chacun des 3 modèles.

Les résultats des scénarios sont très contrastés : de 7-11% de part modale pour les transports publics pour les scénarios les plus faibles à presque trois fois plus pour le scénario le plus haut. Si le scénario de % du PIB urbain dépensé dans l'investissement en transport public de Londres (1,28) paraît élevé, il n'en reste pas moins qu'avec le pourcentage de dépenses de Singapour et un prix des carburants élevé, la part modale des transports collectifs pourrait osciller autour des 25%.

Scénarios pour le modèle 1

Scénarios : prix des carburants par km et % du P.I.B. urbain dépensé dans l'investissement en transports publics	Partage modal pour les transports collectifs en 2050 (en %)
Ville chinoise en 2050 = % du PIB urbain dépensé dans l'investissement en transport public de Londres (1,28) et prix	14,5

²⁸ Pour 1 000 emplois dans le district économique du centre ville.

des carburants de New York (15)	
Ville chinoise en 2050 = % du PIB urbain dépensé dans l'investissement en transport public de Los Angeles (0,11) et prix des carburants de New York (15)	7,2
Ville chinoise en 2050 = % du PIB urbain dépensé dans l'investissement en transport public de Singapour (0,44) et prix des carburants de New York (15)	11,3
Ville chinoise en 2050 = % du PIB urbain dépensé dans l'investissement en transport public de Londres (1,28) et prix des carburants de Hong Kong (66)	27,9
Ville chinoise en 2050 = % du PIB urbain dépensé dans l'investissement en transport public de Los Angeles (0,11) et prix des carburants de Hong Kong (66)	20,6
Ville chinoise en 2050 = % du PIB urbain dépensé dans l'investissement en transport public de Singapour (0,44) et prix des carburants de Hong Kong (66)	24,7

Le scénario le plus élevé de part modale des transports collectifs pour 2050 est atteint avec ce modèle 2 : avec la forte densité et le niveau élevé du prix des carburants de Hong Kong, et un nombre réduit de places de stationnement (40 places pour Tokyo), la part modale des transports publics atteint 33%. Une nouvelle fois les scénarios peuvent aller du simple au triple : de 9% si en 2050 notre ville chinoise avait la faible densité urbaine de Paris, le faible prix des carburants de New York (15), à 33% avec un niveau élevé de stationnements comme à Los Angeles.

Scénarios pour le modèle 2

Scénarios : densité urbaine, prix des carburants par km, places de stationnement	Partage modal pour les transports collectifs en 2050 (en %)
Ville chinoise en 2050 = densité de Paris 2001 soit 50 hab/ha et prix des carburants de New York 15, stationnement de Paris 141	14,9
Ville chinoise en 2050 = densité Paris 2001 soit 50 hab/ha et prix des carburants de Hong Kong (66), stationnement de Paris 141	24
Ville chinoise en 2050 = densité Hong Kong 320 hab/ha et prix des carburants de Hong Kong (66), stationnement de Paris 141	31,8
Ville chinoise en 2050 = densité de Tokyo 88 hab/ha et prix des carburants de New York 15, stationnement de Paris 141	17,2
Ville chinoise en 2050 = densité de Shanghai (200) et prix des carburants de New York 15, stationnement de Paris 141	20,7
Ville chinoise en 2050 = densité de Paris 2001 soit 50 hab/ha et prix des carburants de New York 15, stationnement de Tokyo 40	16,1
Ville chinoise en 2050 = densité de Paris 2001 soit 50 hab/ha et prix des carburants de New York 15, stationnement de Los Angeles 627	9
Ville chinoise en 2050 = densité de Paris 2001 soit 50	18,2

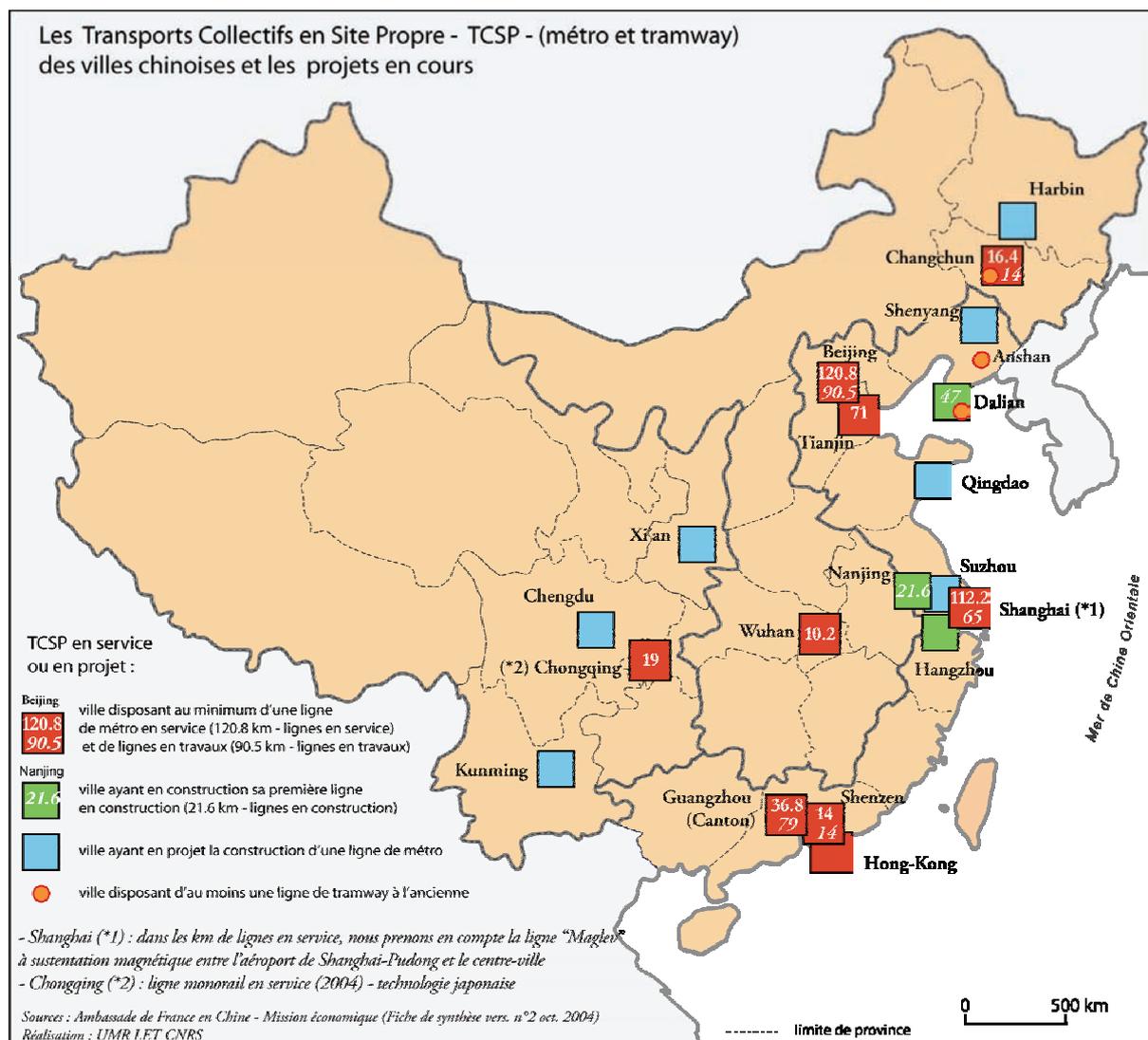
hab/ha et prix des carburants par km de Hong Kong 66, stationnement de Los Angeles 627	
Ville chinoise en 2050 = densité Hong Kong 320 hab/ha et prix des carburants par km de New York 15, stationnement de Paris 141	22,7
Ville chinoise en 2050 = densité Hong Kong 320 hab/ha et prix des carburants par km de Hong Kong (66), stationnement de Paris 141	31,8
Ville chinoise en 2050 = densité Hong Kong 320 hab/ha et prix des carburants par km de Hong Kong 66, stationnement de Tokyo 40	33
Ville chinoise en 2050 = densité Hong Kong 320 hab/ha et prix des carburants par km de Hong Kong 66, stationnement de Los Angeles 627	25,96
Ville chinoise en 2050 = densité Tokyo 88 hab/ha et prix des carburants par km de New York 15, stationnement de Los Angeles 627	11,4
Ville chinoise en 2050 = densité Shanghai (200) et prix des carburants par km de Hong Kong 66, stationnement de Tokyo 40	31

Scénarios pour le modèle 3

Scénarios : densité urbaine, coût d'usage moyen du déplacement, places de stationnement	Partage modal pour les transports collectifs en 2050 (en %)
Ville chinoise en 2050 = densité de Paris 2001 soit 50 hab/ha et coût d'usage moyen de Hong Kong (220), stationnement de Paris (141)	22,2
Ville chinoise en 2050 = densité Paris 2001 soit 50 hab/ha et coût d'usage moyen de Paris (120), stationnement de Paris (141)	18,5
Ville chinoise en 2050 = densité Shanghai (200 hab/ha) et coût d'usage moyen Paris (120), stationnement Paris (141)	25,5
Ville chinoise en 2050 = densité Shanghai (200 hab/ha) et coût d'usage moyen de Hong Kong (220), stationnement de Paris (141)	29,2
Ville chinoise en 2050 = densité de Paris 2001 soit 50 hab/ha et coût d'usage moyen de Hong Kong (220), stationnement de Tokyo (40)	23,5
Ville chinoise en 2050 = densité de Paris 2001 soit 50 hab/ha et coût d'usage moyen de Paris (120), stationnement de Los Angeles (627)	12,7
Ville chinoise en 2050 = densité Shanghai (200 hab/ha) et coût d'usage moyen de Paris (120), stationnement de Los Angeles (627)	19,6
Ville chinoise en 2050 = densité Shanghai (200 hab/ha)	30,4

et coût d'usage moyen de Hong Kong (220), stationnement de Tokyo (40)	
Ville chinoise en 2050 = densité Tokyo (88 hab/ha) et coût d'usage moyen de Hong Kong (220), stationnement de Tokyo (40)	26,3

En 2050, la ville chinoise pourrait avoir une part modale des transports publics de plus de 30% si elle conservait sa densité urbaine et qu'elle avait le coût d'usage moyen pour un déplacement élevé comme à Hong Kong et un faible nombre de places de stationnement. Les résultats seraient encore plus élevés si cette ville atteint la densité urbaine explosive de Hong Kong (320 hab/ha).



Carte 14 : Principaux TCSP et projets dans les grandes villes chinoises.

Éléments de réflexion sur le péage urbain

L'un des principaux résultats du modèle est que l'évolution de la densité urbaine des villes chinoises et le coût d'usage moyen pour un déplacement sont des questions cruciales pour leur mobilité future. S'il ne fait guère de doute que la hausse du PIB fera accroître la mobilité, à l'inverse la forte densité la freinera. Le développement de la mobilité induite par la hausse du P.I.B. urbain *per capita* est fortement contraint par la densité urbaine.

L'utilisation des transports publics urbains peut alors apporter une solution. De nombreux et coûteux investissements devront être réalisés mais il faudra également accroître les contraintes sur l'usage de la voiture. Celles-ci peuvent prendre la forme d'instruments quantitatifs ou tarifaires : réduction des places de stationnement et hausse du prix du stationnement, péage de régulation (voir tableau ci-après Tableau 68 tiré du rapport d'avancement n°2), hausse des taxes à l'achat et à l'usage de la voiture, réduction de l'espace laissé à la voiture, politique incitative pour utiliser les transports publics.

Tableau 68 : L'impact sur la mobilité de quelques expériences de péage urbain dans le monde

Expériences	Objectif premier	Type	Prix	Impact sur la mobilité	Particularité
Londres (2003), GB	Péage de régulation	Zone (sous forme cordon)	7-8 euros (03)	Baisse de 30% du trafic dans la zone, de 18% pour l'entrée dans la zone aux HP, et 15% dans la zone aux HP	Hausse trafic à proximité du cordon
Prado-Carénage (1993), France	Péage de régulation (décongestion réseau de surface)	tronçon	11 FF (98) (soit ≈ 1,70 euros)	Baisse de 6% du trafic (de sept 1993 à sept 1994, puis de 2% de sept 94 à sept 95). Pas d'évolution significative des horaires de trafic Tunnel + surface conduisent à une hausse de 14% du trafic	Hausse de l'offre conduit à un allègement à court terme du réseau de surface, même dans le centre
Trondheim (1991), Norvège	Péage de financement	cordon	12 NOK (1999) ≈ 1,5 euros	Baisse du trafic entrant de 10% mais hausse de 8-9% le week-end et le soir.	Au départ rapide adaptation des horaires de déplacement
Londres (2003), GB	Péage de régulation	Zone (sous forme cordon)	7-8 euros (03)	Baisse de 30% du trafic dans la zone, de 18% pour l'entrée dans la zone aux HP, et 15% dans la zone aux HP	Hausse trafic à proximité du cordon
Prado-Carénage (1993), France	Péage de régulation (décongestion réseau de surface)	tronçon	11 FF (98) (soit ≈ 1,70 euros)	Baisse de 6% du trafic (de sept 1993 à sept 1994, puis de 2% de sept 94 à sept 95). Pas d'évolution significative des horaires de trafic Tunnel + surface conduisent à une hausse de 14% du trafic	Hausse de l'offre conduit à un allègement à court terme du réseau de surface, même dans le centre
Trondheim (1991), Norvège	Péage de financement	cordon	12 NOK (1999) ≈ 1,5 euros	Baisse du trafic entrant de 10% mais hausse de 8-9% le week-end et le soir.	Au départ rapide adaptation des horaires de déplacement
Hanshin Urban Expressway Japon	Péage de financement	tronçon	500 à 700 yen pour les différents tronçons de la Hanshin Expressway ≈ 5 à 7 euros	Hausse du trafic de 24%	
SR 91 (1995), USA	Péage de régulation	tronçon	Entre 1,25 FF et 2,5 FF ≈ 0,19 à 0,38	Gain de temps 20 mn aux heures de pointes et hausse du trafic sur le tronçon gratuit et payant	L'exploitant cherche à optimiser les recettes du péage

			euros		
New York (2001), USA	Péage de régulation	tronçon	De 1,33 \$US à 8\$ US ≈ 1,02 à 6,16 euros	Baisse du trafic de 7% aux HP du matin et de 4% HP du soir	Trafic globalement stable car décalage horaires
Hong Kong (1983-1985)	Péage de régulation	zone	8 \$HK (1983) ≈ 0,8 euros (2005)	Baisse du trafic de 20-25% en HP	hausse du trafic de 20-25% en HC
Singapour (1975)	Péage de régulation	zone	3-4 \$ (1975) ≈ 1,41 à 1,88 euros (2005)	Baisse trafic de 45% pour véhicules à moteur, baisse 76% VP pénétrant dans zone	Fortes mesures en parallèle sur stationnement et taxe véhicule

La question des marchandises

L'analyse des flux de transports de marchandises en ville est un domaine encore peu développé dans la culture de l'économie des transports. Les principaux travaux datent de moins de dix ans et ceux-ci sont réalisés presque exclusivement dans les pays industrialisés. En effet, ce secteur n'est considéré comme stratégique que depuis quelques années, car les principaux enjeux sont la dynamique économique des villes (notamment les centres denses), les effets d'une congestion croissante sur les temps de parcours et les pollutions locale et globale du fait de la banalisation de l'usage de l'automobile.

La perception de ces enjeux est néanmoins différente selon les pays. Une étude réalisée sur 10 pays industrialisés montre que ⁽²⁹⁾ :

Dans les pays "neufs" (USA en Australie et au Canada), la dimension géographique de ces pays, leur faible densité, leurs formes urbaines (réseaux maillés et réguliers, voies larges y compris dans les centres urbains) leur économie, leur politique et leur culture induisent des enjeux essentiellement économiques : les équilibres démographique et économique sont fragilisés par la dégradation des conditions d'approvisionnement des centres et par les nuisances occasionnées par le trafic des camions dans les zones résidentielles (bruit, sécurité). La congestion routière apparaît sur les voies d'accès aux zones d'activités ou bien sur les axes, rocadés et corridors urbains excentrés. L'échelle de perception des problèmes est donc plus régionale ou nationale que locale. La pollution est rarement évoquée et encore moins les émissions de gaz à effet de serre.

En Europe, il s'agit de maintenir la vitalité économique de centres historiques denses, en les préservant de la congestion liée à un bâti historique de forte densité peu adapté à la circulation automobile et a fortiori à la pénétration des poids lourds. L'échelle de perception est la ville ou l'agglomération. Les petits véhicules sont les plus nombreux (<3,5 t.), engendrant des encombrements par le stationnement en double file.

Les enjeux liés à la congestion sont encore plus accrus au Japon où l'espace disponible est plus rare qu'en Europe. Les principaux remèdes envisagés sont à la fois technologiques (systèmes automatiques de gestion et d'optimisation des itinéraires, informatique embarquée, Internet) et organisationnels (coopération entre les acteurs).

²⁹ AMBROSINI Christian, ROUTHIER Jean-Louis. Objectives, Methods and Results of Surveys Carried out in the Field of Urban Freight Transport: An International Comparison. *Transport Reviews*. 2004. vol. 24, n°1. pp. 57-77.

Du fait de cette diversité, à la rareté des statistiques dans ces pays s'ajoute le fait qu'elles sont difficilement comparables : l'échelle et la structure des espaces urbains, les définitions, indicateurs et modèles sont très différents, si bien que l'on doit être très prudents dans la comparaison des résultats.

La situation actuelle

Quelle définition du transport de marchandises en ville (TMV)

Il convient de prendre en compte tous les segments de transport urbain de marchandises :

- les échanges de biens entre l'ensemble des établissements économiques de la ville (de l'industrie au secteur tertiaire, comme les services aux entreprises et aux particuliers),
- les flux de transports générés par la gestion de la ville (construction et gestion des réseaux, chantiers de construction, élimination des déchets, déménagements, alimentation des hôpitaux, services postaux etc),
- les déplacements réalisés par les particuliers pour effectuer leurs achats.

Quels indicateurs ?

Nous proposons dans un premier temps quelques ratios et indicateurs issus de recherches récentes réalisées dans les pays occidentaux et notamment en France, susceptibles de servir de repères dans des scénarios de croissance démographique et économique.

Voici quelques indicateurs mesurés en France (1995-2000) :

Ce n'est pas (comme en transport interurbain) le poids de la marchandise qui est l'unité pertinente pour expliquer la génération des flux de véhicules, mais le mouvement (événement de livraison ou enlèvement de marchandise associé à un type de véhicule (VUL-<3,5T-, PL porteur, ensemble articulé).

En France, un emploi génère en moyenne une livraison/enlèvement par semaine en milieu urbain. Ce ratio moyen est très variable selon les activités : un emploi dans un entrepôt génère environ 10 livraisons ou enlèvements par semaine, alors qu'un établissement tertiaire en génère 0,2.³⁰

La distance parcourue en véhicule thermique dans une agglomération française (hors transit) s'élève en moyenne à 15 km/jour /hab (+- 20%). Elle se répartit entre :

- les déplacements de marchandises (20% dont 1/3 pour les livraisons + gestion urbaine et 2/3 pour les achats),
- les autres déplacements particuliers VP, autobus (80%).

La densité a un impact non négligeable (les trajets font en moyenne 17 km dans une agglomération d'une densité de 800 hab/km², 12 km dans une agglomération de 1700 hab./km²).

En milieu urbain, la consommation d'énergie fossile pour les transports (gazole ou essence) est d'environ 1kg / habitant / jour (équivalent pétrole).

Cette consommation se répartit (+-20% suivant les villes) en :

- 120 g/h/j pour les déplacements d'achat,
- 180 g/h/j pour les livraisons
- 700 g/h/j pour les autres types de déplacements motorisés (VP + TC).

Enfin, dans les zones denses, l'encombrement de la voirie par les opérations de livraisons est plus lié au stationnement sur voirie qu'à la circulation des véhicules (la durée de livraison est en moyenne d'environ 15 minutes).

³⁰ D'après les enquêtes "Marchandises en ville" réalisées en 1995-97 dans les villes de Bordeaux, Marseille et Dijon, LET, rapports DRAST-ADEME, 1996-99.

Comment prendre en compte les marchandises dans le transport urbain en Chine en 2050 ?

La transposition de ces résultats réalisés en France aux villes chinoises rencontrent plusieurs difficultés :

- Les flux de transport de marchandises en ville sont totalement absents des statistiques chinoises (comme dans un nombre important de pays occidentaux, d'ailleurs),
- Les seules statistiques dont l'on peut disposer sont des tonnes transportées par régions (et non des tonnes*km) et sans distinction des espaces urbains et interurbains. Les flux de marchandise en ville ne sont aujourd'hui mesurés que sur des pays dont les infrastructures routières urbaines sont arrivées à saturation et où les modes d'organisation logistique sont rationalisés autour de la logique de commande par l'aval (juste à temps et flux tendu). Ce n'est pas encore le cas en Chine.
- les modes de transport urbains chinois actuels sont très différents de ceux qui sont opérationnels dans les pays d'Europe, sur lesquels nous commençons depuis seulement quelques années à avoir quelques éléments d'information : A Shanghai, l'approvisionnement de la ville est réalisé pour une grande part par le transport routier et ferroviaire. Des gares routières sont situées à proximité de la zone dense. Elles accueillent les camions la journée et les camions ne peuvent accéder au centre ville que la nuit. Les transports de proximité (derniers kilomètres) sont effectués par des véhicules légers (petites fourgonnettes) et surtout par des tricycles ou des deux-roues motorisés (voir photo). Aucune statistique urbaine sur l'usage et la part respective de ces modes n'est, à notre connaissance, disponible à ce jour.

Figure 28 : Rues commerçantes à Shanghai, nov. 2004



- enfin, il sera difficile de présager des nouvelles formes et pratiques de la logistique urbaine.
 - certains pays du sud-est asiatique voient se développer des véhicules de transport légers à deux ou trois roues. au Vietnam, par exemple³¹, où le nombre de deux roues motorisés a triplé de 1990 à 1996, portant le taux d'équipement à 300 pour 1000 habitants, chiffre certainement très dépassé aujourd'hui (les enquêtes du LET-TEPEC et HOUTRANS - 2002/2003 - ont montré qu'à Hô Chi Minh Ville, 94% des familles disposaient d'un 2 roues à moteur). Les bicyclettes s'y font plus rares, seulement une famille sur deux en étant équipée. A Ho-Chi-Minh-ville, la faiblesse du réseau routier urbain (de l'ordre 0,6km/km²) rend les problèmes de circulation de plus en plus aigus avec la croissance de la voiture particulière. Ce développement des 2 roues motorisées est lié à un encouragement de ce mode, la forte croissance économique permettant à un plus grand nombre d'accéder à ce mode de transport

³¹ D'après NGUYEN Thien Phu, "Un modèle vietnamien de transport urbain : utopie ou réalités", Thèse d'Economie des Transports, Lyon, 13 dec. 2005.

moins onéreux que l'automobile. En Chine, en revanche, la possession d'une motocyclette est freinée par des mesures limitatives (un quota d'immatriculation est fixé dans les grandes villes). Cela complète les mesures de restriction des 2 roues motorisés ou non, par l'interdiction de circuler sur les voies principales pour (sic) ne pas entraver la circulation des véhicules à moteur. Dans un tel contexte, on peut penser que les modes actuels d'approvisionnement local en tricycle céderont la place aux camionnettes et camions. Le modèle de Tokyo d'aujourd'hui serait alors réaliste, à l'horizon 2050.

- en termes de modes - quel rôle pourra jouer l'inter-modalité rail-route, dans 50 ans ?

- ou encore selon la diffusion de nouvelles pratiques et de nouveaux comportements liés aux nouvelles technologies - nouveaux matériels et véhicules, guidage "intelligent", Internet.

- les ratios utilisés en Europe tels que le nombre de livraisons par emploi sont difficilement transposables, car le nombre d'emplois "officiels" dans la Chine actuelle (de l'ordre de 15% de la population ?) est bien inférieur au nombre total des emplois. Ce qui n'est pas le cas des populations urbaines en France ou au Japon (de l'ordre de 40%). Il nous faudrait donc rapporter ces ratios à une unité d'observation moins biaisée que le nombre d'emplois tel que la population, car l'on peut considérer qu'il y a un lien entre la quantité de biens transformés puis consommés (donc transportés) et la population des consommateurs.

Ces difficultés peuvent être partiellement résolues si l'on fait le choix de transposer la situation actuelle d'une grande agglomération d'un pays industrialisé et développé telle que Tokyo à la situation future d'une ville telle que Shanghai.

Quelle quantification ?

On peut proposer quelques ratios pour permettre d'évaluer les scénarios correspondants : en France, la consommation journalière en milieu urbain de carbone équivalent pétrole par personne est de l'ordre de 1 kg par jour et par personne. Sur cette quantité, la part des transports de marchandises en ville au sens large, comprenant les échanges entre établissements commerciaux industriels et tertiaires, les déplacements d'achat et les transports liés à la gestion de la ville (chantiers de construction et de voirie, déménagements, transports des déchets urbains, ...) s'élèverait à environ 30%. On peut ainsi avoir une idée de la consommation quotidienne d'énergie fossile nécessaire à la vie quotidienne des chinois en ville.

Comme nous ne disposons pas de statistiques sur les flux urbains de marchandises à Tokyo aujourd'hui, nous proposons d'appliquer les ratios utilisés dans le modèle FRETURB³² à Tokyo, dont la situation simulée selon les caractéristiques françaises de 1995, serait la suivante :

Avec une population de 32 000 000 h. sur une superficie de 13 000 km², la région métropolitaine de Tokyo a une densité de 2500 habitants au km². Le tableau suivant propose une simulation à l'aide du modèle FRETURB des flux de transport générés par l'activité économique de Tokyo sur une journée (sur la base de 15 250 000 emplois, répartis environ pour moitié en centre-ville (12 000 emplois au km² sur les 23 arrondissements de Tokyo sur 617 km²) et une périphérie beaucoup moins dense en emplois (de l'ordre de 750 emplois au km²) sur 12 000 km².³³

³² Ce modèle, développé au LET est calé sur les résultats des enquêtes françaises propose une simulation des flux de transport de marchandises en zone urbaine. Ce modèle est utilisé dans plusieurs dizaines de villes françaises pour l'aide au diagnostic de leurs plan de transports urbains (ref. LET, 2001).

³³ Selon Teikoku's complete atlas of Japan, Teikoku Shoin Company, Ltd, Tokyo ; DREES, études et résultats, n° 260, sept. 2003 ; documents en langue japonaise aimablement traduits par N. Aveline, pour la description fine de la population et des grands secteurs d'activité de Tokyo.

Tableau 69 : Simulation des flux de transport de marchandises en ville à TOKYO (2000)³⁴

Type de trajet	Longueur moyenne d'un trajet	Nombre de mvts/jour	Nbre de km/jour	Nb UVP/jour ³⁵	Nb km*UVP/jour
Artic	18,1	232 030	4 745 717	696 089	14 237 150
PORT	11,1	838 345	9 342 528	1 676 691	18 685 056
<3;5	8,3	1 790 620	14 788 677	2 685 930	22 183 015
Total	10,1	2 860 995	28 876 921	5 058 709	55 105 221
UVP	19,3				

La mesure des flux en UVP*km a l'intérêt de rendre compte de l'occupation de la voirie par les véhicules selon leur gabarit ainsi que de leur consommation d'énergie. On constate ainsi que le nombre de livraisons effectuées par des ensembles articulés est faible (8%) mais prend une bien plus grande importance en termes d'occupation de l'espace (26% des UVP*km) et de consommation d'énergie. Le nombre de km générés par une livraison varie de 8 à 18 km selon le type de véhicule et est de 10 km en moyenne, mais de 19 km mesuré en UVP*km.

Quelques scénarios sur Shanghai

La formation des flux de livraisons dépend essentiellement des types d'activité, de la densité de la ville et de la répartition des différents types de véhicules selon les activités.

1/ L'effet densité

Nous avons simulé le transport de marchandises dans le grand Shanghai à l'horizon 2050 sous une hypothèse de population de 50 millions d'habitants, selon quatre scénarios de superficie. Nous avons transposé la situation de Tokyo actuelle à la ville de Shanghai, sous les hypothèses suivantes :

- Le développement de Shanghai aboutirait à une structure d'emploi et d'activité (répartition des d'activité selon le type et dans l'espace, comparable à Tokyo aujourd'hui).
- L'organisation logistique serait celle des villes françaises actuelles.

En voici les principaux résultats :

Tableau 70 : Simulation de l'effet de la densité sur les marchandises en ville

Shanghai 2050	50 Mh				
Nb Emplois :	Superficie	km/trajet ³⁶	kmUVP/trajet	Km UVP / jour	% km UVP
23 000 000	9000 km ²	8	16	70 291 927	-
Nb Mvts / jour :	13 000 km ²	10	18	79 903 043	+ 14%
4 328 148	20 000 km ²	12	23	97 749 752	+ 39%
	30 000 km ²	14	26	114 522 848	+ 63%

La densité urbaine apparaît comme déterminante sur la formation des flux : on constate une augmentation des 2/3 des UVP *km, si l'on passe de 9000 km² (5500 h/km²) de superficie à 30 000 (1700 h/km²).

³⁴ Les hypothèses sur la répartition des différents types de véhicules sont forte ; nous supposons ici que les organisations logistiques urbaines diffèrent peu entre la France et le Japon, ce qui n'a pas été vérifié.

³⁵ 1 VUL <3,5T = 1,5 VP, 1 Porteur = 2 VP, 1 articulé = 3 VP

³⁶ Un trajet est occasionné par un mouvement (livraison ou enlèvement de marchandise en un point donné)

2/ L'effet véhicule

La répartition des différents types de véhicules utilisés pour l'approvisionnement du Grand Shanghai à l'horizon du modèle serait la suivante :

Tableau 71 : Répartition théorique des types de véhicules en ville selon Freturb

	% Articulés	% Porteurs	% <3,5 T
En nb de mouvements	8%	30%	62%
En nb d' UVP*km	26%	35%	39%

Une ville dense avec de petits véhicules

Compte tenu de la situation actuelle à Shanghai, (les gros véhicules sont évincés de la ville centre pendant la journée et la plupart des transports de proximité sont effectués à l'aide de tricycles, ainsi que par des petites camionnettes dans une proportion qui nous est inconnue), il n'est pas interdit de considérer qu'une partie des livraisons de proximité seraient encore réalisées en 2050 à l'aide de véhicules très légers et peu consommateurs d'énergie fossile (tricycles à moteur ou aidés électriquement, petits véhicules légers électriques). Cette option est plutôt compatible avec un scénario de haute densité (superficie de 9 000 km²).

En faisant l'hypothèse que la moitié des livraisons effectuées par des <3,5T selon le modèle seraient effectuées à l'aide de véhicules tricycles ou deux roues, avec une portée de déplacement plus faible (2/3) et une occupation de la voirie d'un tricycle estimée à 0,5*VP, nous obtenons les répartitions suivantes :

Tableau 72 : Répartition théorique des types de véhicules en ville selon l'hypothèse "petits véhicules"

9 000 km ²	% Articulés	% Porteurs	% <3,5 T	Tricycles + DR	Total jour
En nb de mouvements	8%	30%	31%	31%	4 300 000
En nb d' UVP*km	30%	38%	26%	6%	62 700 000

Pour un nombre de livraisons identique, le scénario de la ville dense (9 000 km²) voit le nombre d'UVP*km diminuer de 11%.

Une ville étalée dédiée aux gros véhicules de marchandises

A contrario, nous pouvons considérer que dans une hypothèse de faible densité, la politique visera à favoriser la circulation des gros véhicules au centre comme en périphérie, dans un hypothèse de renouvellement radical du tissu urbain (voies rapides, étalement urbain, grands centres de distribution commerciale, atomisation et rationalisation des lieux de production). Avec une organisation adaptée à ce type de véhicule; cette option est conforme à une ville plus étalée (30 000 km²). Nous supposons dans ce scénario que les tricycles auront disparu, que le nombre de véhicules articulés a augmenté de 50%, avec pour conséquence une diminution des autres types de véhicules à raison de 1 Articulé pour 3 porteurs ou pour 15 VUL (<3,5 T) :

Tableau 73 : Répartition théorique des types de véhicules en ville selon l'hypothèse "gros véhicules"

30 000 km ²	% Articulés	% Porteurs	% <3,5 T	Total jour
En nb de mouvements	17%	35%	48%	3 000 000
En nb d' UVP*km	43%	32%	24%	99 000 000

Dans ce cas, du fait d'une massification des envois, l'occupation de la voirie par le TMV aura diminué de 14% par rapport au scénario faible densité sans modification de la répartition des véhicules,. Cela supposera de fait un renversement de la tendance actuelle de la parcellisation des envois (dans la logique du flux tendu) qui se développe dans les grandes villes des pays occidentaux.

QUATRIEME PARTIE :

LA QUESTION AEROPORTUAIRE ET PORTUAIRE

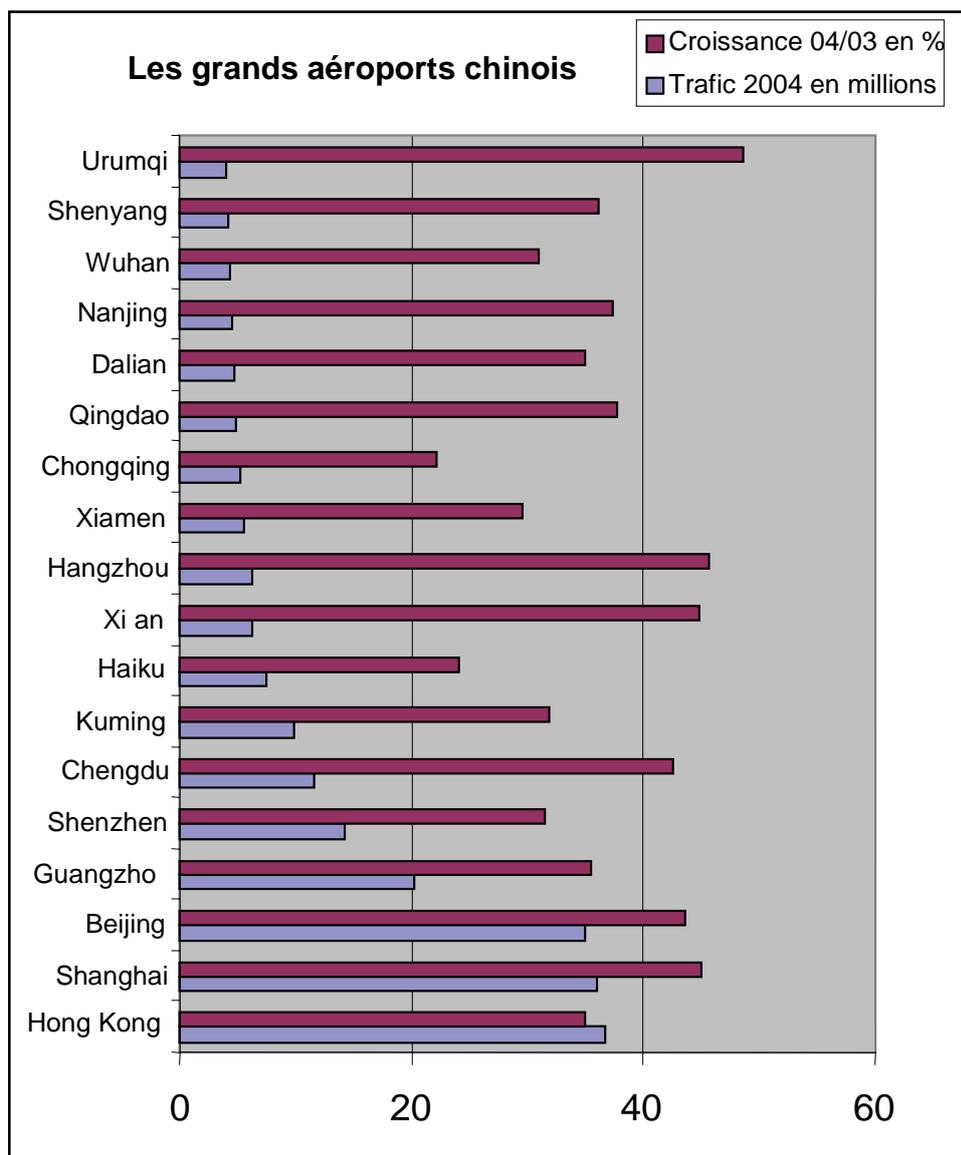
Le transport aérien

L'évolution récente du transport aérien en Chine

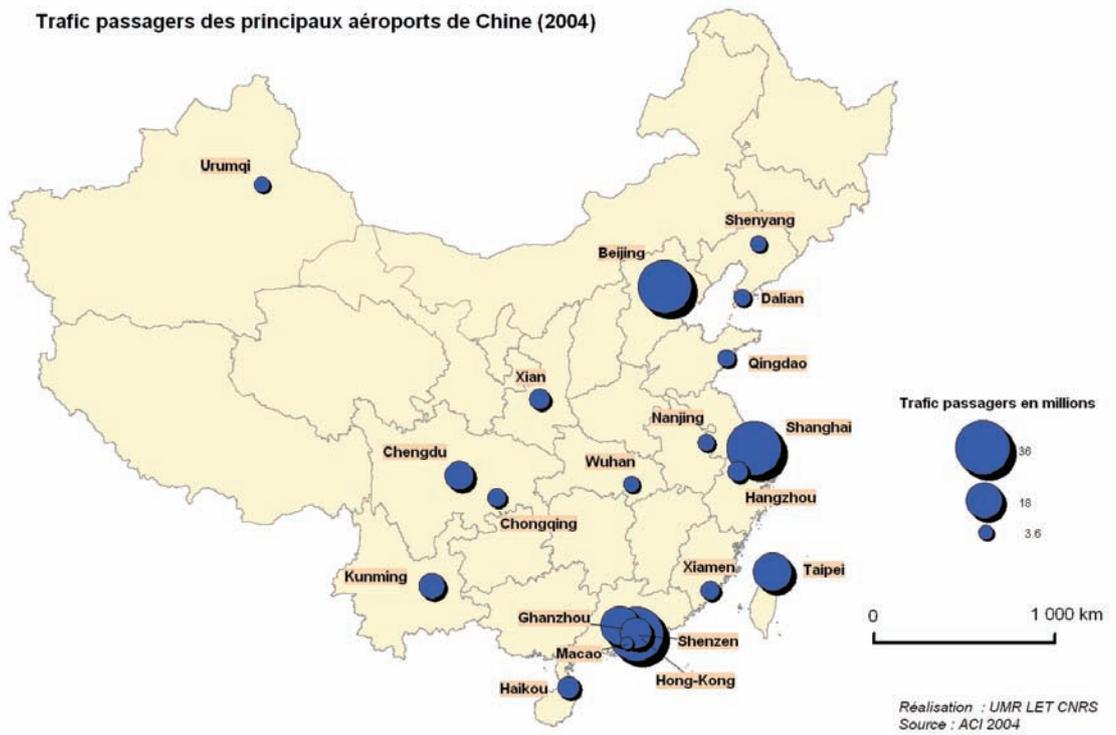
Les aéroports

Les premières données qui témoignent de l'importance croissante du transport aérien en Chine sont celles des aéroports. Plusieurs sources sont disponibles mais sans être totalement cohérentes. Celles présentées ci-dessous sont issues d'un rapport de l'Institut du Transport Aérien..

Figure 29 : Les grands aéroports chinois en 2004



source : ITA, trafic mondial 2004.



Carte 15 : Trafics passagers des principaux aéroports de Chine (2004).

Ces données nous conduisent à deux conclusions :

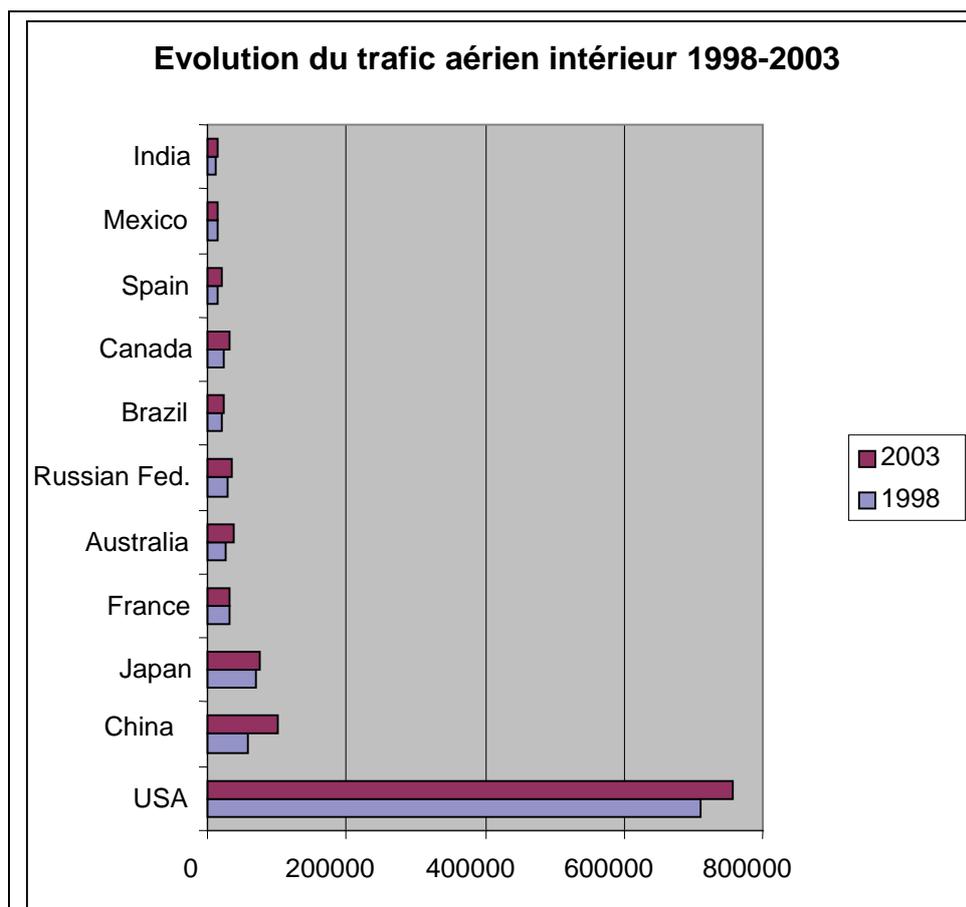
- Plusieurs aéroports chinois ont déjà atteint une taille significative au plan mondial (en fait il s'agit des villes parce que les données des différents aéroports sont additionnés lorsqu'ils desservent la même ville). A titre de comparaison, Séoul, 15^{ème} ville en nombre de passagers, a environ 39 millions de passagers en 2004, Paris 75 millions et Londres, la ville ayant le plus grand nombre de passagers, 121 millions.
- Le taux de croissance du trafic atteste d'une véritable explosion, puisqu'on observe des taux aux alentours de 40 %.

Nous en tirons la conclusion, que d'ici très peu de temps, plusieurs villes chinoises se situeront dans les 15 ou même 10 villes ayant les plus de passagers aériens. Pour le « top 15 », cela se produira peut-être dès 2015. Ce sera également probablement le cas pour les aéroports.

Les lignes intérieures

Nous n'avons pas d'informations précises sur les lignes intérieures. Néanmoins la comparaison des données agrégées pour différents pays est instructive.

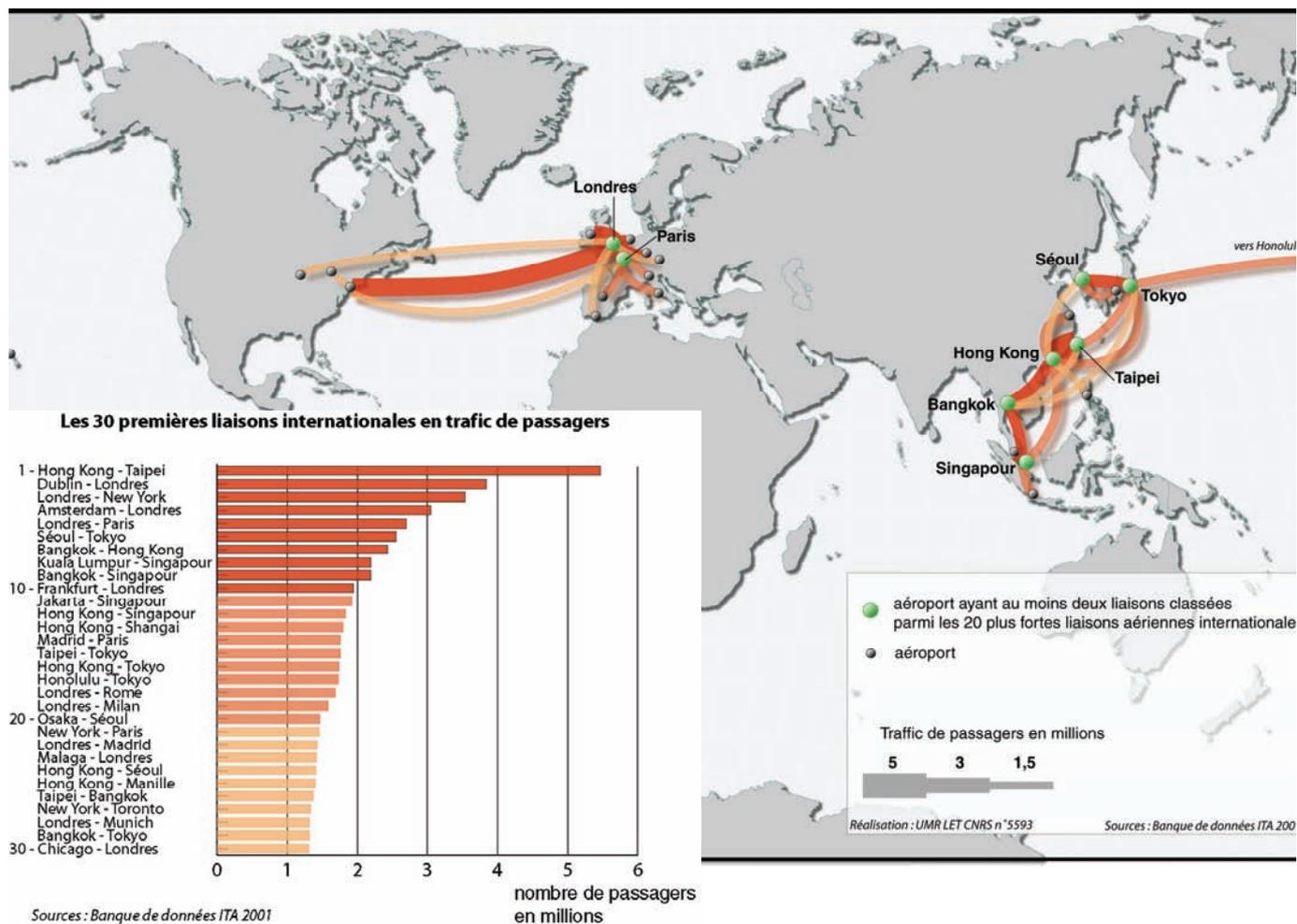
Figure 30 : Evolution du trafic aérien intérieur 1998-2003



C'est une nouvelle fois un constat de progression extrêmement rapide qu'il convient de dresser, en se rappelant que la période est marquée par les attentats du 11 septembre et l'épidémie de SRAS.

La Chine représente donc le deuxième trafic intérieur mondial, tout en restant très loin du premier, les USA.

Pour autant, la Chine n'est pas encore dominante dans le transport international, ainsi qu'en témoigne la carte ci-dessous (Carte) (les données sont plus anciennes, 2001).



Carte 16 : Données mondiales sur le trafic des principales liaisons aériennes internationales (2001)

Avec une population, dans les variantes hautes, près de quatre fois supérieure à celle des USA, il est légitime de s'interroger sur le trafic aérien en Chine en 2050.

A cette fin, nous utilisons un modèle simplifié, comme précédemment, sur les infrastructures et le parc automobile.

Un modèle simple de référence

Il s'agit d'un modèle de demande, simple et robuste, utile selon nous pour estimer quel pourrait être le trafic aérien en Chine en 2050.

On fait l'hypothèse habituelle dans le cadre de ce rapport, que la Chine ressemblera aux pays riches actuels.

Nous avons rencontré un problème pour caler le modèle. La surface intervient de façon contradictoire. En effet, les petits pays comme les grands pays³⁷ ont des trafics aériens importants :

- les petits pays, parce qu'ils sont très impliqués dans les échanges internationaux, ou qu'ils sont des îles,
- les grands pays, parce qu'ils ont besoin du transport aérien pour desservir leur territoire.

Nous avons donc calé le modèle sur les grands pays et utilisé les données contenues dans la base WDI 2003³⁸ (World Development Indicators). Les résultats sont les suivants (Tableau 74).

Tableau 74 : Estimation du modèle relatif au nombre d'embarquement par habitant

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value
Constante	-0.28438	0.318719	-0.89225	0.377595
Surface	-8.2E-07	1.17E-07	-7.02793	1.71E-08
Ln(PIB/hab)	0.063439	0.039325	1.613182	0.114568
Ln(PIB/hab)*surf	9.3E-08	1.28E-08	7.287333	7.49E-09
Population	3.04E-10	1.66E-10	1.831452	0.074488
R ² = 0,76				

Nous présentons maintenant l'application de ce modèle aux trois scénarios économiques et démographiques précédemment élaborés. Mais auparavant il convient d'explicitier deux hypothèses fortes qui guident notre travail.

Hypothèses de travail sur la prospective aérienne

La première hypothèse est la suivante :

Les problèmes des transports aériens seront pour les décennies qui viennent des problèmes d'accès aux aéroports, qui peuvent être situés assez loin des villes et dont la taille, qui peut être très importante, génère des trafics terrestres qui se mêlent aux flux urbains et suburbains. L'hypothèse implicite est qu'il n'y a pas de congestion dans l'espace aérien, grâce notamment à une répartition judicieuse des aéroports.

La seconde hypothèse est la suivante :

Les aéroports sont des équipements mégapolitains. On rappelle que les mégapoles sont des ensembles de villes, assez proches mais qui peuvent être séparées par des espaces non urbanisés et dont les différentes spécialisations socio-économiques forment système. Deux mégapoles ont été identifiées avec un bon degré de consensus par les géographes : BoWas et Tokaido. Il en a déjà été question dans ce rapport. L'hypothèse 2 consiste à dire que les aéroports des futures mégapoles chinoises seront intégrés et bien interconnectés de façon terrestre, voire aérienne pour les plus éloignées. Ceci nous conduit à postuler que la desserte des aéroports doit être étudiée au niveau mégapolitain.

³⁷ Nous appelons « grands pays », les pays qui sont plus grands que l'Espagne. Il s'agit des pays suivants : Algeria, Angola, Argentina, Australia, Bolivia, Botswana, Brazil, Canada, Central African republic, Chad, Chile, China, Colombia, Egypt, Arab Rep., Ethiopia, France, India, Indonesia, Iran, Islamic Rep., Kazakhstan, Kenya, Madagascar, Mali, Mauritania, Mexico, Mongolia, Mozambique, Namibia, Niger, Nigeria, Pakistan, Peru, Russian Federation, Saudi Arabia, South Africa, Spain, Sudan, Tanzania, Thailand, Turkey, Ukraine, United States, Venezuela, RB, Yemen, Rep., Zambia.

³⁸ Les données obtenues dans le WDI 2003 sont celles de 1999.

Passagers aériens par habitant

Nous appliquons à présent le modèle présenté précédemment aux populations de la mégalopole de Nanjing-Shanghai-Hangzhou-Ningbo. Les résultats sont présentés dans le tableau ci dessous.

Tableau 75 : Nombre total de passagers dans la mégalopole

	Scénario haut	Scénario moyen	Scénario bas
Population total en millions d'habitants	119,85	82,56	62,56
Nbre d'embarquements aériens par personne	2,38	1,95	1,50
Nbre d'embarquements aériens total en million	285,21	160,75	94,11
Deux sens (nbre total de passagers)	570,42	321,49	188,23

Nous nous trouvons maintenant confrontés à la question suivante : quelle est la taille maximale d'un aéroport ? Il ne s'agit pas de la taille « physiquement » possible, mais de la taille économiquement justifiée.

Sur les données de l'ITA, nous constatons que parmi les huit villes les plus importantes en termes de trafic passagers, seule Atlanta ne dispose que d'un seul aéroport. C'est du reste le plus grand aéroport mondial en termes de passagers avec un peu moins de 84 millions de passagers en 2004. Il est donc possible qu'il ne soit pas optimal de desservir les villes importantes par des aéroports géants, ne serait-ce que parce que les grandes métropoles sont étendues et qu'il vaut mieux offrir plusieurs possibilités pour les vols de proximité. Il convient néanmoins d'observer que les trafics des aéroports que nous observons sont le fruit d'une histoire aéronautique et urbaine que la Chine n'est peut-être pas destinée à répliquer. C'est pourquoi nous prendrons en compte dans nos projections une taille maximale d'aéroport plus importante, ne serait-ce que parce que la Chine est le marché par excellence des très gros porteurs.

Nous prendrons comme taille optimale des très grands aéroports 100 millions de passagers par an et comme taille maximale 120 millions de passagers par an. D'aucun, lisant ces lignes en 2050, ou même avant seront surpris de la prudence de ces hypothèses. Mais cela est conforme à la démarche qui a présidé à ce rapport : en l'absence d'informations claires sur les tendances, le futur pour la Chine ne peut être qu'à l'image des pays développés actuels, avec un décalage vers les grandes capacités, réaliste par rapport à ce qu'on observe actuellement.

Accès aux aéroports

Dans le cadre de nos hypothèses, la questions essentielle est celle de l'accès aux aéroports. Nous ne savons pas où ils se situeront, mais nous allons essayer de dimensionner les accès à un aéroport de 120 millions de passagers par an. Ce dimensionnement est bien sûr grossier, nous travaillons sur des ordres de grandeurs.

Estimation très frustre de la demande

Soit un aéroport de 120 millions par an, une moyenne de 400 000 passagers par jour³⁹, 200 000 en correspondance⁴⁰ soit 100 000 passagers à acheminer par jour et par sens.

Estimation très frustre de l'offre :

Un RER, ou un train suburbain, ont une capacité équivalente à 50 000 personnes par sens et par heure. Pour les trains à grande vitesse (TGV), la capacité est de 1 200 personnes par rame, sachant qu'il y a en moyenne 2 rames par train, 12 trains par heure, ce qui fait un total de 28 800 personnes par heure et par sens.

³⁹ Division par 300 jours pour ne pas intégrer les périodes « d'hypercongestion ».

⁴⁰ le taux de Schipol des années 90

Nous avons tenu compte, peut-être insuffisamment, des problèmes de chargement des bagages, qui diminuent la capacité. Dans tous les cas, si nous supposons qu'un aéroport à fonction « mégapolitaine » est desservi par :

- au moins une ligne de train suburbain de qualité « RER »
- une ligne de train à grande vitesse interurbaine (TGV).

Nous arrivons à une capacité de 78 800 personnes par heure et par sens.

Estimation du trafic aéroportuaire à écouler en heures de pointe :

- Hypothèse 1 : 20 % du trafic journalier : 20 000 passagers
- Hypothèse 2 : 40 % du trafic journalier : 40 000 passagers

Nous retenons cette dernière hypothèse, comme étant le facteur dimensionnant.

A cela il faut ajouter les employés de l'aéroport. Si l'on prend le ratio de l'aéroport Charles de Gaulle CDG, cela correspond à 1 400 salariés par millions de passagers, soit environ 170 000 salariés qu'il faut acheminer pour un aéroport de 120 millions de passagers. Le coefficient en heures de pointe est beaucoup plus faible car les salariés ne travaillent pas tous les jours et que beaucoup ont des horaires décalés. Nous dimensionnons donc le trafic de pointe à 30 %, ce qui est large.

Le trafic total journalier par sens à écouler est donc de

- 40 000 passagers
- 50 000 employés

Traditionnellement, une bonne part des employés se rend à l'aéroport par des modes de transports personnels (lieu d'emplois disséminés dans l'aéroport et lieu de résidence non contraint par l'accessibilité à l'aéroport). Dans ces circonstances quelle part du trafic total journalier ne sera pas acheminée par les transports ferrés ?

En raisonnant à l'envers, puisqu'il y a une capacité de 78 800, on voit qu'on atteint presque la totalité du trafic prévisible.

Nous en tirons la conclusion qu'en prenant en compte les autres modes (voiture personnelle, taxis, cars, ...), il suffirait d'une liaison ferroviaire dédiée de qualité vers la métropole la plus proche de l'aéroport (type RER) et d'une liaison à grande vitesse (de type TGV) à bonne réserve de capacité pour les voyageurs aériens, pour desservir un aéroport de 120 millions de passagers à vocation « mégapolitaine ».

Sans en avoir une idée précise, il semble d'ores et déjà que dans sa configuration actuelle la liaison Maglev (qui dessert l'aéroport de Shanghai) vers Pudong, offre une capacité très notablement insuffisante.

Retenons ce résultat pour la suite : pour desservir un aéroport de 120 millions de passagers, il faut :

- une liaison ferroviaire suburbaine dédiée (RER) ;
- une réserve de capacité d'environ 30 % sur les trains rapides qui irriguent la mégapole.

Nous nous intéressons à présent à la distribution des différents aéroports dans la mégapole du Yangzi.

L'affectation du trafic national aux villes et aux aéroports.

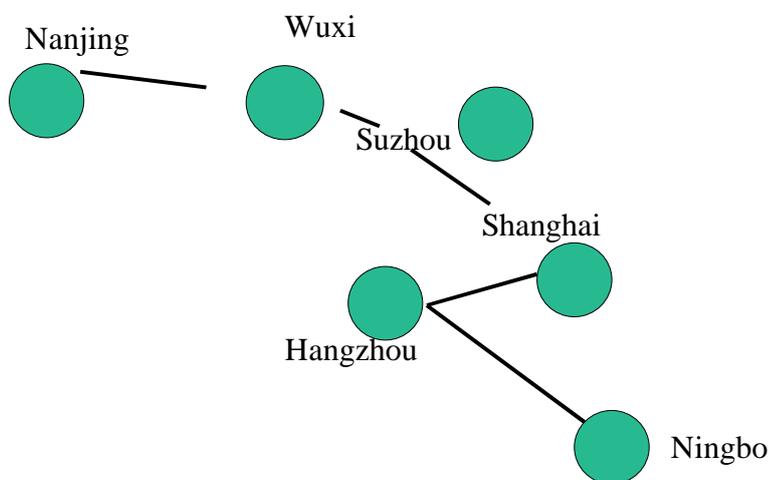
Compte tenu de l'optimum (100 millions) et de la limite (120 millions) de passagers annuels que nous avons fixés, la répartition pourrait être telle que décrite dans le tableau ci-dessous.

Tableau 76 : Possibilités de répartition des trafics au sein de la mégalopole⁴¹.

	Scénario haut	Scénario moyen	Scénario bas
Passagers deux sens, millions par an dans la mégalopole du Yangzi.	570,42	321,49	188,23
Possibilités	6 aéroports à 100 millions	1 aéroport à 120 millions et 4 a 50 millions	1 à 100 millions et 1 à 50 et 2 à 25 millions

Les aéroports pourraient être répartis tels que décrit par les figures suivantes.

Figure 31 : Scénario haut :



⁴¹ Ces calculs reviennent à supposer que les correspondances, telles qu'elles sont saisies par le modèle de référence sont prises en compte par un calcul de moyenne à l'intérieur de la mégalopole.

Figure 32 : Scénario moyen

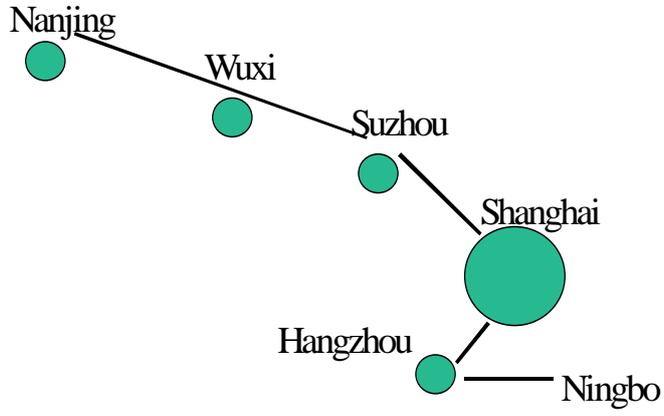
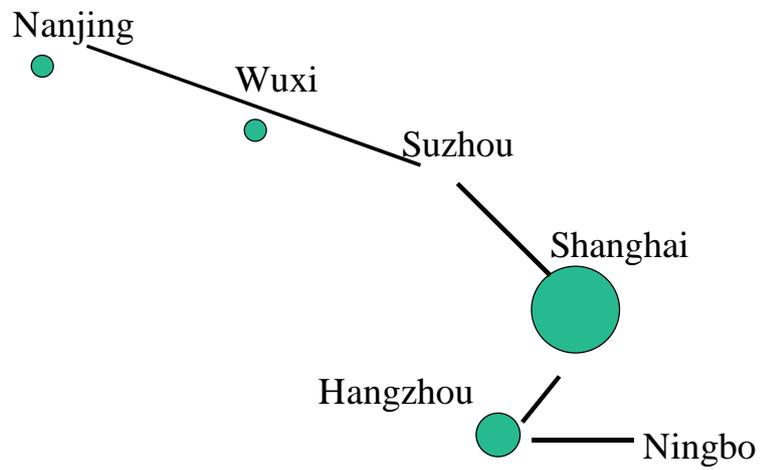


Figure 33 : Scénario bas :



Conclusion sur le domaine aérien

Même dans le scénario haut, la desserte des aéroports ne pose pas de problème, si les conditions suivantes sont respectées :

- desserte par voie ferrée dédiée (type RER) avec la métropole voisine,
- train rapide (type TGV) desservant la mégapole, avec de bonnes capacités pour les voyageurs aériens.

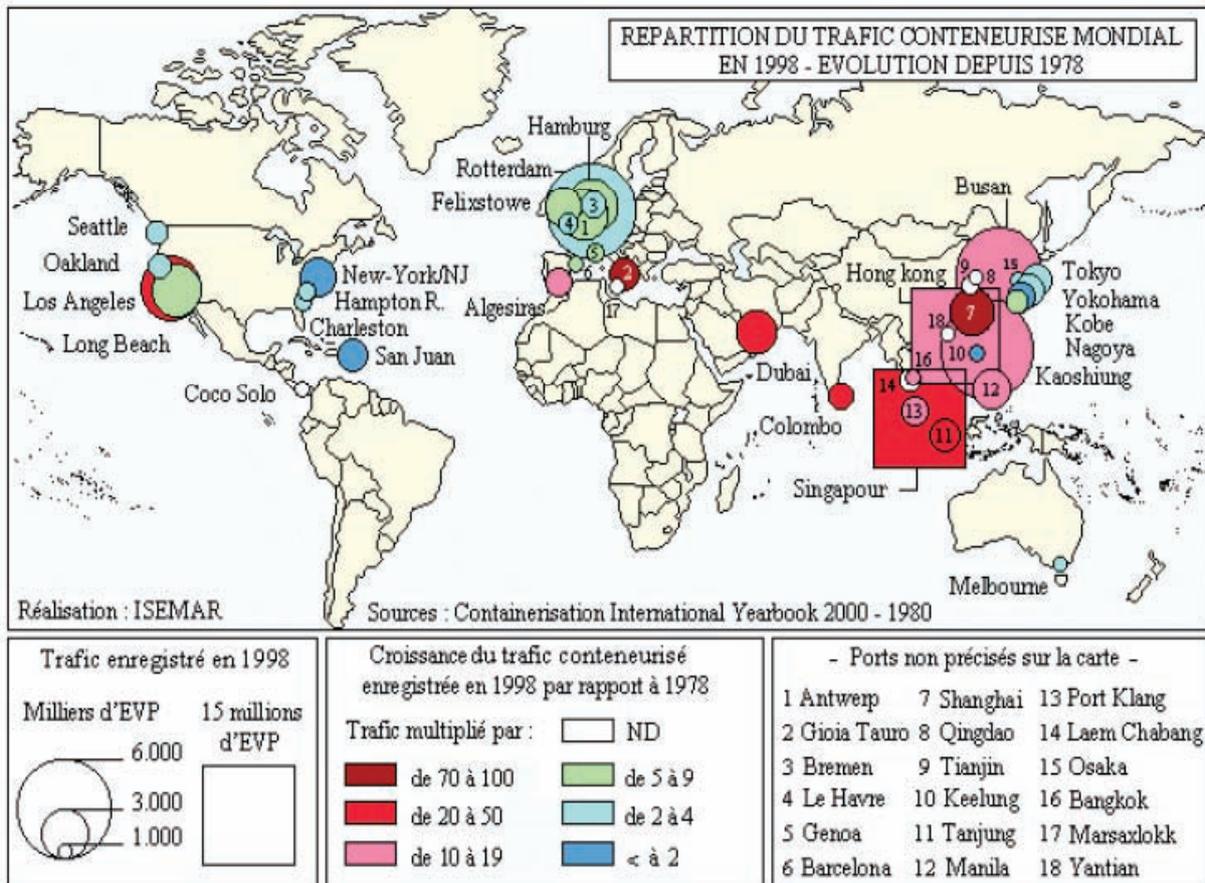
Nous n'avons pas tenu compte de la congestion aérienne proprement dite. Cela peut imposer des avions significativement plus grands que ceux en circulation à l'heure actuelle.

Notons enfin, que le scénario moyen n'est pas sans rappeler la situation de la mégapole Boston - Washington. Les aéroports sont cependant sensiblement plus importants.

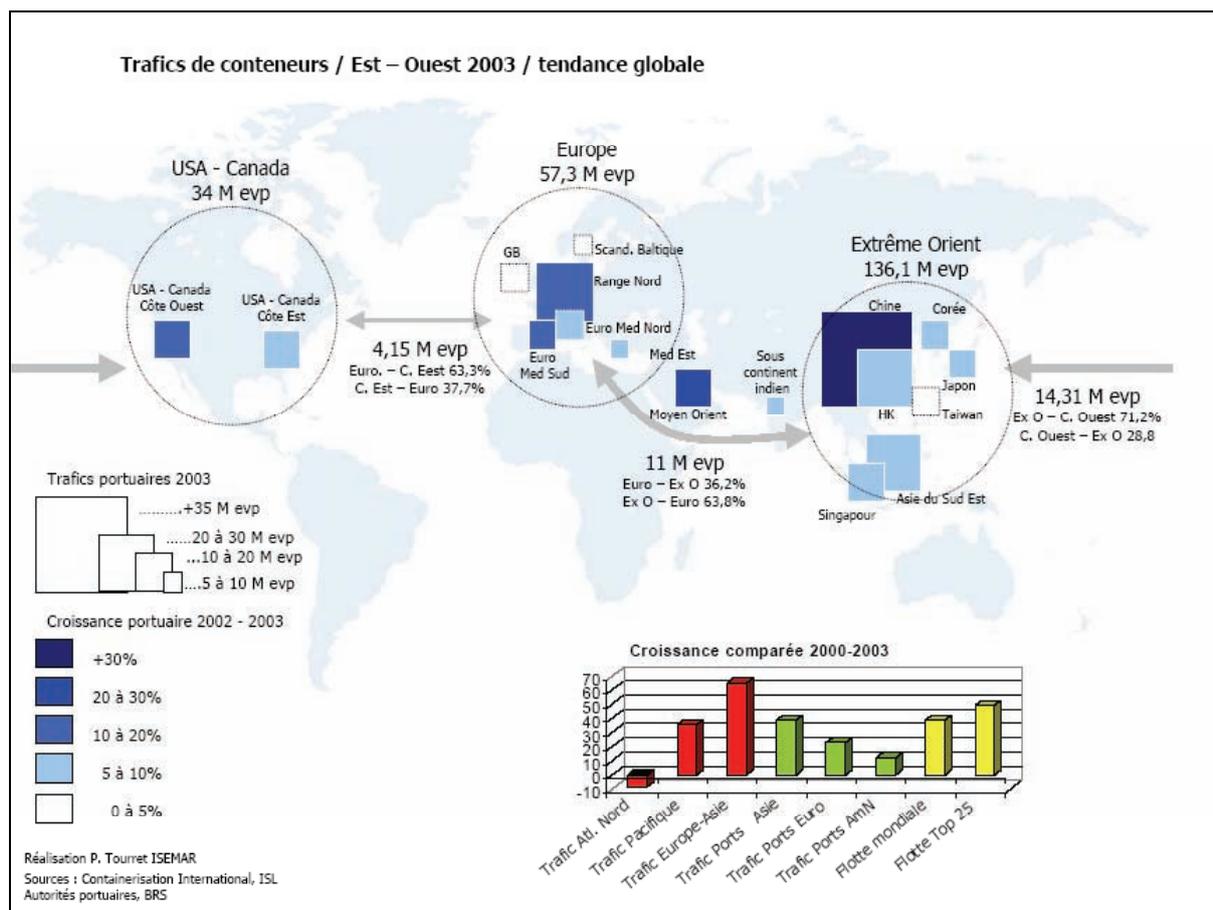
Tout ce qui a été avancé dans ce chapitre suppose qu'il n'y ait pas de problème de carburant pour les avions en termes de volumes disponibles et de prix. Les perspectives du « peak oil » (Cf. les éléments énergétiques) renforcent la nécessité de très gros porteurs avec une consommation réduite par passagers transportés.

Le transport maritime

La Chine enregistre également dans ce domaine du maritime des croissances vertigineuses en termes de trafics en particuliers sous la forme de conteneurs. A l'échelle internationale les deux tiers du transport des produits manufacturés sont réalisés sous forme de conteneurs. Le trafic a été multiplié sur l'Asie entre 1978 et 1998 par près de 80 sur ce mode de transport, il ne l'a été que de 5 dans les pays européens. Les choix de stratégies extraverties retenus au cours de ces années par les nouveaux pays industrialisés (les « 4 dragons », « les bébés tigres », puis par la Chine, plus récemment, ne sont pas étrangers à ces évolutions.



Sur la période plus récente (2000-2003), les trafics de conteneurs entre l'Asie et l'Europe se sont accrus de plus de 70%.



Cette croissance des trafics nécessite une croissance simultanée des capacités portuaires. Les grands ports pour le trafic de conteneurs se trouvent dans en Asie orientale avec les ports de Hong-Kong, de Shanghai, de Singapour, de Busan (Corée du Sud) et de Kaoshiung (Taiwan), au Nord de l'Europe (Rotterdam, Anvers, Hambourg) et en Amérique du Nord (Los Angeles). Plusieurs des ports asiatiques ont franchi le seuil des 10 millions EVP de capacités, Hong-Kong et Singapour sont mêmes à plus de 17 millions EVP. Les ports chinois entre 2002 et 2003 ont enregistré les croissances les plus importantes de la région asiatique avec un taux de variation de 35% contre « seulement » 15% pour les ports de Malaisie (2eme position en termes de croissance) et de 8% pour le port de Singapour.

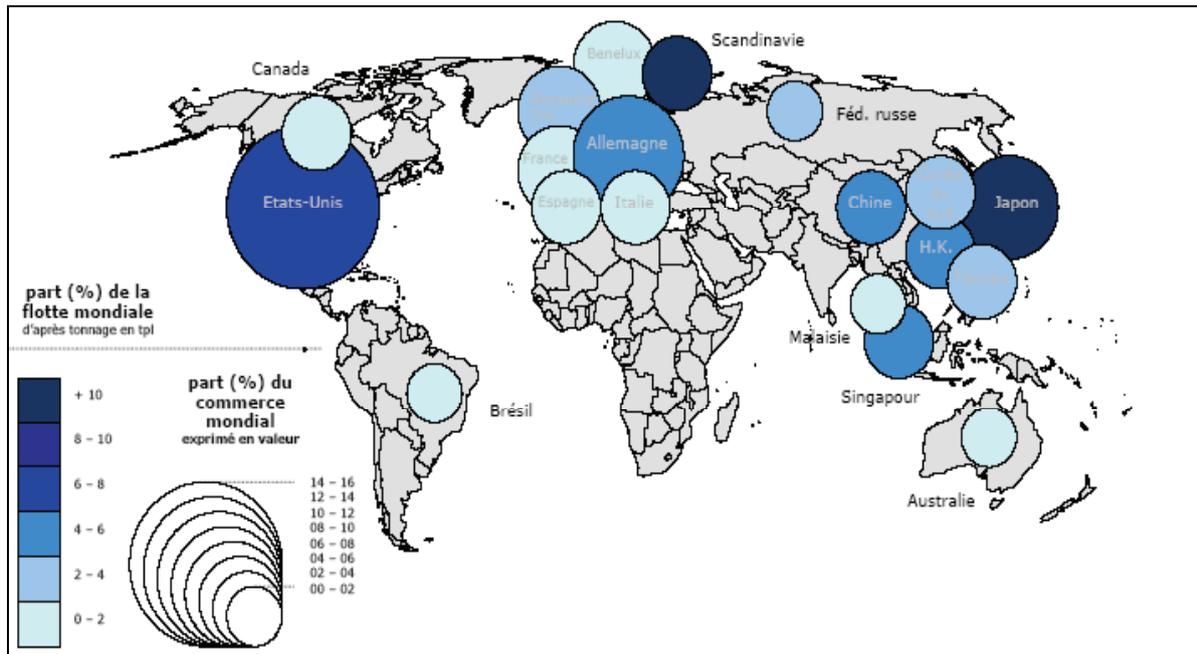
Pour l'ensemble des trafics et non plus seulement les conteneurs, les ports asiatiques et chinois en particulier ont acquis une dimension de ports mondiaux traitant plus de 100 millions de tonnes de marchandises par an : Singapour 347 millions de tonnes, Shanghai 316 millions de tonnes, Hong-Kong 207 millions de tonnes, Kaohsiung 138 millions de tonnes, Busan 161 millions de tonnes, Nagoya 168 millions de tonnes.

Ces ports disposent de vastes hinterlands qui dépassent dans bien des cas les frontières de pays dans lesquels ils sont situés. En outre certains opèrent comme véritables hubs à l'image des grands aéroports.

Cette croissance des trafics s'est accompagnée également une croissance de la flotte mondiale en particulier des portes conteneurs. Les grands groupes d'armateurs ont fait le choix d'investir dans des navires susceptibles de transporter jusqu'à 14 000 conteneurs EVP. Ce gigantisme des navires assure des économies d'échelle substantielles mais se heurte à des temps d'immobilisation relativement longs pour les opérations de chargement et de déchargement. Il semble d'ailleurs qu'en l'état actuel des techniques portuaires on ait atteint un équilibre entre ces deux variables avec une taille de navires.

La corrélation entre la part dans le commerce mondial et la part de la flotte mondiale n'est pas totale. Ainsi les Etats-Unis assurent entre 14 et 16% du commerce mondial mais ne disposent que de 6 à 8%

de la flotte mondiale. Dans le cas de la Chine, cette proportion est inversée. Le pays assure entre 2 et 4% du commerce mondial et compte près de 6% de la flotte mondiale.

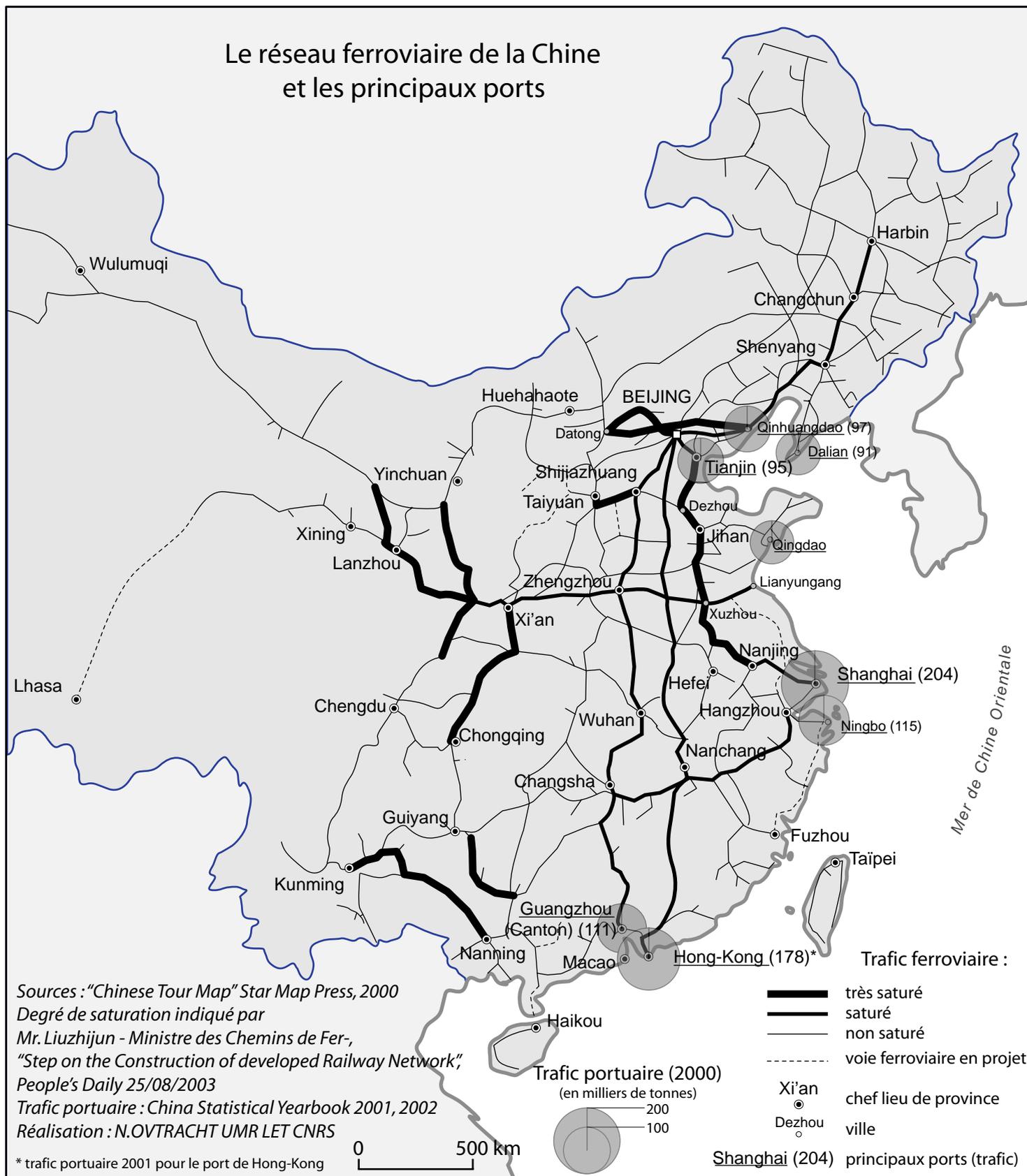


source : CNUCED, 2003, Review of maritime transport.

Les ports ont du s'adapter à cette évolution des modes de transports avec le développement des ports en eaux profondes, des capacités de chargement et de déchargement de tels navires, de stockage et de livraison et de distribution. Ces dimensions de performance portuaires en termes de coûts et de temps d'immobilisation de navires, et plus largement d'approvisionnement ou de collecte des zones situées dans l'hinterland des ports seront encore plus déterminantes à l'avenir dans les compétitions que se livrent les grands ports mondiaux et asiatiques en particulier. Certains joueront le rôle de hubs principaux, traitant des volumes très importants de marchandises, avec des navires hors catégorie, d'autres ports seront des « feeders » locaux.

Carte 17 : Principaux ports de Chine en 2002

Le réseau ferroviaire de la Chine et les principaux ports



CINQUIEME PARTIE :

DES SCENARIOS GLOBAUX CONTRASTES

Quelques précautions méthodologiques pour aborder les scénarios

Nous terminons notre travail par l'élaboration de scénarios globaux « cohérents ». L'objectif est de présenter des futurs possibles pour la Chine en 2050. L'intérêt de cette démarche finale est tout à la fois d'éclairer la stratégie d'investissement, de comprendre l'impact global des transports sur l'évolution de la société chinoise mais aussi de pouvoir apprécier si un scénario n'est pas désirable et de proposer éventuellement les approches utiles pour s'en prémunir.

Ces scénarios globaux s'appuieront sur les principaux résultats des scénarios qui auront été construits mais apporteront également une valeur ajoutée en permettant :

- de faire le lien entre les différents scénarios (ils permettront d'identifier que telle variable active dans le scénario démographique, comme par exemple le taux de population urbaine, influencera le scénario urbain à travers par exemple les déplacements des personnes en urbain)
- d'extraire les principaux résultats des différents scénarios, en éliminant par exemple les situations impossibles : par exemple nous avons exclu du champ des possibles qu'une ville chinoise atteigne en 2050, 627 places de stationnement pour 1 000 comme c'est aujourd'hui le cas à Los Angeles.

Cette dernière étape intègre également les commentaires des experts sur nos scénarios.

Compte tenu du fait que les transports sont notre sujet de préoccupation, nous avons fait le choix de retenir la dimension transport comme variable qui donne leur couleur à nos scénarios. Le scénario noir a cette couleur parce que la variable clé est celle de la congestion dans les transports. Nos scénarios globaux sont par ailleurs unimodaux (une seule dimension transport comme variable d'entrée : la congestion dans le scénario noir pour rester sur le même exemple).

Enfin, soulignons que l'ensemble des scénarios développés dans ce rapport repose sur une croissance vigoureuse de l'économie chinoise, au moins pendant les premières décennies. Cette hypothèse peut néanmoins être remise en cause par l'insuffisance des infrastructures de transport.

Le scénario noir : vers une congestion généralisée

Les hypothèses

Plusieurs hypothèses sont formulées sur les déterminants du système de transport.

La population se situe à un niveau de 1,7 milliards d'individus en 2050 correspondant à un taux de fécondité élevé.

En termes macro-économiques, la Chine a un PIB/habitant en PPA en 2050 de près de 45 000 \$ correspondant au niveau de richesse actuelle des Etats-Unis ou du Luxembourg.

En urbain, ce chiffre signifie que les villes chinoises ressembleraient en 2050 aux villes japonaises aujourd'hui (Tokyo : 45 000 \$US).

La consommation énergétique est en hausse même si l'efficacité énergétique est accrue. Le pétrole reste une source d'énergie importante, sa part dans la demande d'énergie peut même continuer de s'accroître. Il en est de même du charbon qui reste la première source d'énergie.

Compte tenu de cette variable, et sur la base des estimations entre taux d'urbanisation et PIB.hab et surface, nous obtenons un taux d'urbanisation de 80%.

Les villes sont « faibles ». La densité urbaine serait certes élevée mais pas explosive. Elle correspondrait donc plutôt au maintien de la densité actuelle de Shanghai autour des 200 hab/ha.

Les zones rurales des côtes sont denses et deviennent d'immenses périphéries, où l'usage du véhicule particulier est le moyen particulier de transport.

Il existerait peu de contraintes sur l'usage de la voiture (coûts non prohibitifs, places de stationnement disponibles, niveaux de péage non prohibitifs). Dans cette situation, le nombre de places de stationnement n'atteint certes pas celui de New York (627 places pour 1 000 emplois) mais se rapproche de celui de Paris avec 141 places pour 1 000 emplois. Les dépenses d'investissements pour les transports collectifs sont faibles (de l'ordre de 0,11% du PIB comme à Los Angeles) puisqu'on recherche plutôt à favoriser la voiture.

Le transport aérien se développe, notamment en lien avec la hausse du PIB.

Hypothèses	Résultats des modèles
Population	
Fécondité élevée	1,7 milliard d'habitants
Macro économie	
Croissance économique	6,1%
PIB/habitant	44 820
Taux d'équipement des ménages en VP	700 véhicules pour 1000 hab pour 16 000km/an
Elasticité passagers.km /PIB habitant	1
Elasticité T.KM/PIB habitant	0,75

Résultats

Transports interurbains

Compte tenu de ce niveau de richesse, le taux de motorisation des ménages se situe aux environs de 700 véhicules pour 1 000 habitants. Le parc estimé se situe à 1,2 milliards de véhicules. Cela suppose qu'aucune mesure restrictive n'ait été prise concernant l'acquisition de l'automobile et/ou de son usage.

En retenant une élasticité des passagers kilomètres au PIB/habitant de 1 et compte tenu de la valeur du PIB/habitant retenu dans ce scénario les flux de personnes se situeraient à 18 481 milliards de voyageurs.kilomètres.

Une élasticité des tonnes.kilomètres au PIB/habitant de 0,75 les tonnages transportés en 2050 se situeraient à 33 681 milliards de tonnes.kilomètres.

Le réseau ferré est saturé, notamment par le transport du charbon qui est l'énergie la plus utilisée, même si l'efficacité énergétique s'est accrue.

La congestion existe également sur le réseau routier en interurbain.

Transports urbains

Le PIB urbain est élevé et il existe peu de contraintes sur l'utilisation de la voiture en urbain. (par exemple les places de parking sont disponibles). En 2050, avec un PIB urbain de 45 000\$ (Tokyo aujourd'hui) et une densité urbaine de 200 hab/ha (Shanghai aujourd'hui), la mobilité des villes chinoises oscillerait entre 2,5 et 3 déplacements par jour et *per capita*. Ce chiffre est néanmoins sous évalué à cause des problèmes de comptabilisation de la marche à pied et des deux roues dans la base de données utilisée. Le partage modal serait au profit de la voiture et au détriment des transports collectifs urbains. En 2050, la part des transports collectifs dans une ville chinoise se situerait autour des 20% si

on fait l'hypothèse que cette ville atteignait la densité urbaine de Shanghai aujourd'hui (200 hab/ha), le prix des carburant de New York (15 pour 10-4% *per capita* PIB/km) et le nombre de places de stationnement de Paris (141 places pour 1 000 emplois). Pour éviter la suspicion d'avoir retenu un prix du carburant beaucoup trop bas, nous allons le compléter par les résultats du scénario qui intègre le pourcentage de PIB dépensé en investissement en transport collectifs et les prix du carburant. Or même en prenant un scénario qui retient un prix des carburants très élevé (66 pour 10-4% *per capita* PIB/km), la part des transports collectifs ne dépasse pas les 20%.

Le réseau routier urbain est ainsi saturé par l'usage intensif de la voiture par les passagers mais également par les marchandises.

L'approvisionnement urbain semble pour longtemps encore soumis à un mode routier quasi-hégémonique. Cela ne pourra qu'entraîner une forte congestion de la voirie, à laquelle participera l'approvisionnement urbain et qui pourra représenter un frein à la dynamique économique et commerciale des espaces urbains.

Le développement de la voiture particulière engendrera le développement de zones commerciales périphériques fortement génératrices de déplacements motorisés pour achat (congestion et consommation d'énergie).

L'augmentation du niveau de vie entraînera la disparition du transport de proximité par tricycle. On verra soit se développer soit des tricycles motorisés dans les zones trop denses pour accueillir des camions, soit des camionnettes ou des camions pour les zones moyennement denses. On se rapprochera donc de la situation française, voire japonaise actuelle, avec une augmentation, là encore de la consommation d'énergie fossile et de la congestion.

La logistique commandée par l'aval (la demande croissant fortement avec le PIB) voit la multiplication des flux (juste à temps et flux tendus), le plus souvent réalisés avec des véhicules thermiques.

L'augmentation de la consommation voit la multiplication des flux de déchets, de retours et de (reverse logistique).

La congestion urbaine et interurbaine sur la route comme sur le fer, associée à une faible part modale des transports collectifs, conduisent les aéroports à souffrir d'importants problèmes d'accès. Ces difficultés d'accès sont encore plus prégnantes pour les populations qui vivent en périphérie des grandes villes. Par ailleurs, seuls 6 grands aéroports concentrent l'essentiel du trafic.

Le scénario vert : vers un modèle asiatique ?

Les hypothèses

La population se situe à un niveau de 1,1 milliard d'individus en 2050 correspondant à un taux de fécondité faible.

En termes macro-économiques, la Chine a un PIB/habitant en PPA en 2050 qui se situe entre 20 000 et 25 000 \$ correspondant au niveau de richesse actuelle de l'Allemagne ou de la France.

En urbain, ce chiffre signifie que les villes chinoises ressembleraient en 2050 à Hong Kong aujourd'hui (25 000 \$US).

La consommation énergétique a fait l'objet de politiques volontaristes. La part du pétrole dans la demande d'énergie est en forte baisse (16%) dans un contexte de réduction de la demande totale d'énergie. La part du charbon se réduit et il représente moins de la moitié de la demande d'énergie.

Le réseau routier de référence est en forte hausse : doublement du réseau routier. Il n'y a pas de congestion que ce soit sur le réseau routier ou sur le réseau ferroviaire.

La densité urbaine serait explosive. Les principales villes chinoises auraient en 2050 la densité que connaît actuellement Hong Kong (320 hab/ha).

Les contraintes sur l'usage de la voiture sont fortes. Il existerait peu de places de stationnement disponibles (comme c'est actuellement le cas à Tokyo : 40 places pour 1 000 emplois), le coût d'usage de la voiture est prohibitif (220 pour 10-4% *per capita* PIB/déplacement comme à Hong Kong aujourd'hui) et les dépenses d'investissement pour les transports collectifs sont élevées comme les 0,44% du PIB comme à Hong Kong aujourd'hui (nous ne retiendrons toutefois pas ici le cas extrême de Londres).

Les capacités aéroportuaires sont suffisantes.

Hypothèses	Résultats des modèles
Population	
Fécondité élevée	1,1 milliard d'habitants
Macro économie	
Croissance économique	Entre 4,2 et 4,6%
PIB/habitant	Entre 21 631 et 26 780
Taux d'équipement des ménages en VP	400 véhicules pour 1000 hab
Elasticité passagers.km /PIB habitant	0,75
Elasticité T.KM/PIB habitant	0,5

Les résultats

Transports interurbains

Le réseau ferroviaire est capable de transporter le charbon, demandé en moins grande quantité et que l'important réseau routier peut également permettre de transporter.

En retenant une élasticité des passagers kilomètres au PIB/habitant de 0,75 et compte tenu de la valeur du PIB/habitant retenu dans ce scénario les flux de personnes se situeraient à 5 395 milliards de voyageurs.kilomètres.

Une élasticité des tonnes.kilomètres au PIB/habitant de 0,5 les tonnages transportés en 2050 se situeraient à 11 613 milliards de tonnes.kilomètres.

Transports urbains

En 2050, avec un PIB urbain de 25 000\$ et un coût d'usage des déplacements élevés (220), la mobilité des villes chinoises ne se situerait qu'aux environs de 2 déplacements par jour et *per capita*. Une nouvelle fois sous réserve des limites sur l'évaluation de la marche et des deux roues dans la base de données. Même s'ils ne sont toujours pas majoritaires, les transports collectifs pourraient dépasser les 30% de part modale. Par exemple si en 2050 Shanghai connaissait la densité urbaine de Hong Kong aujourd'hui (320 hab/ha), le prix élevé des carburants de Hong Kong (66) et peu d'emplacements de stationnement comme à Tokyo aujourd'hui (40) alors la part modale des transports collectifs serait de 33%.

Pour les marchandises, le développement de petits véhicules à traction électrique et de tricycles à assistance électrique pourrait absorber les mutations liées à l'augmentation de la consommation et de la demande de transport correspondante.

Les villes restent denses et multi fonctionnelles : l'habitat ne se développe pas trop loin des zones d'activité et de commerce.

Il n'existe pas de congestion pour accéder aux aéroports. La desserte par voie ferrée dédiée (type RER) ou par train rapide (type TGV) offre une capacité d'accueil suffisante. Le trafic aérien se par ailleurs répartit sur plusieurs aéroports.

BIBLIOGRAPHIE

Bibliographie

- Abadie, G., 2003, Le péage urbain de Londres, Notes de Synthèse du SES, 6p. Arnott, R., de Palma, A., Lindsey, R., 1990, Departure time and route choice for the morning commute, *Transportation Research Part B : Methodological*, Vol 24B, N°3, pp.209-228.
- Aveline, N., 2003, *Le ville et le rail au Japon*, CNRS Editions, 238p., juin.
- Batiste, C., *Economie d'agglomération et localisation des activités en Chine*, Thèse de doctorat, Université d'Auvergne.
- Bonnafeous et al., 2003, *Une analyse de la base UITP sur les systèmes de transports urbains de 100 villes du monde*, Commissariat Général du Plan CGP, 189p.
- Bouf et al., 2005, *Chine en 2050*, Rapport intermédiaire 2, Laboratoire d'Economie des Transports et JFD Conseils, 113p, mai.
- Bouf et al., 2004, *China en 2050*, Rapport intermédiaire n°1, Laboratoire d'Economie des Transports et JFD Conseils, 113p, dec.
- CEMT, 2002, *Les péages sur les infrastructures routières interurbaines*, Table ronde, n°118, OCDE, 173p.
- CEMT, 2003, *La réforme des taxes et des redevances dans les transports*, 50 ans de la CEMT, OCDE, 216p.
- Dupuit, J., 1849, De l'influence des péages sur l'utilité des voies de communication, *Annales des Ponts et Chaussées*, n°207, p.170-248.
- European Commission, 2005, *Revenue (Revenue Use from Transport Pricing)*, Deliverable 3 Case studies specification, DGREN, 196, march.
- Fouquin et al., 1991
- Kain, J.F., Fauth, G.R., 1977, The effects of urban structure on automobile ownership and journey to work mode choices, *Transportation Research Record*, 658, 9-15.
- Goldman, and Sachs, 2003 *Global Economic Paper No : 99*, 24p. (auteurs : D. Wilson et R. Purushothaman).
- Hanshin Expressway Public Corporation, 2005, http://www.hepc.go.jp/english/pdf/HEPC_TCS.pdf, 12p.
- Hau, T., 1990, Electronic road pricing : developments in hong Long 1983-1989, vol 24, n)2, pp.203-214.
- I.U.P.T. database (Millenium Cities Database for Sustainable Transport).
- Joly I., Masson S., Petiot R., 2004, *The main determinants of demand for public transport: an international econometric comparative analysis*, European Transport Conference, 4-6 october, Strasbourg, 25p.
- Knight, F., 1924, Some fallacies in the interpretation of social cost, *Quarterly Journal of Economics*, vol 38, pp.582-606.
- Larivière, J.P., Marchand, 1999, *Géographie de la Chine*, Paris : Armand Colin.
- Lave, C., 1994, The demand curve under road pricing and the problem of political feasibility : author's reply, *Transportation Research*, 28 (A), pp.83 - 91.

- Levine, R., Renelt, D., 1992, A sensitivity analysis of cross-country growth regressions, *American Economic Review*, 82, 942-963.
- LET, 1996-1999, *Transport de marchandises en ville, Résultats des enquêtes quantitatives réalisées à Bordeaux* (229 p. + annexes méthodologiques et techniques), Marseille (120 p.) et Dijon (120 p.). Rapports pour la DRAST et l'ADEME - PREDIT 2.
- MINEFI-DREE/TRESOR, 2004, *Les transports en Chine*, Fiches de Synthèse, Mission Economique, 6p.
- MINEFI-DREE/TRESOR, 2004, Les transports intelligents au Japon, *Fiche de Synthèse*, Mission Economique, oct, 6p.
- MINEFI-DREE, 2005, *La politique globale des déplacements au Japon*.
- Moriconi-Ebrard, F., 2000, De Babylone à Tokyo, Paris : Ophrys.
- Moriconi-Ebrard, F., 1994, Géopolis. Comparer les villes du monde, Paris : Economica.
- Nakamura, K., 2003, *ETC in Japan. Wide variety of tolling application*, <http://trb.org/Conferences/Road Pricing/Presentations/Nakamura.ppt>
- Norwegian Public Roads Administration, 1999, Trondheim - The high tech scheme.
- Ortuzar, J de D., Willumsen, L.G., 1996, *Modelling transport*, Second edition, Wiley eds.
- Pigou, A.C., 1920, *The Economics of Welfare*, MacMillan, Londres.
- Raux, C., Souche, S., 2001, L'acceptabilité des changements tarifaires dans le secteur des transports : comment concilier efficacité et équité ?, *Revue d'Economie Régionale et Urbaine*, (4), 539-558, déc.
- Raux, C., Souche, S., 2000, L'acceptabilité des changements tarifaires dans le secteur des transports : comment concilier efficacité et équité ?, XXXVI^{ème} Colloque de l'A.S.R.D.L.F., Crans Montana (Suisse), 25p., sept.
- Routhier J.L., Segalou E., Durand S., Alligier L., Toilier F., 2001, Mesurer l'impact du Transport de Marchandises en ville - Le modèle de simulation FRETURB (version 1), LET, DRAST-ADEME Ed., 110 p.
- Richardson, H.W., Bae, C-H.C, 1998, The equity impacts of road congestion pricing. In Button, K.J, Verhoef, E.T., *Road pricing, traffic congestion and the environment*. Edgar Elgar ed, 1998, 316 p.
- Santos, G., 2004, *Road pricing : theory and evidence*, Research in transportation economics, vol 9, University of Cambridge, 308p.
- Segonne, C., 1998, *Comportements de choix d'itinéraires. Le cas des automobilistes marseillais confrontés au péage urbain de financement*, Thèse de Doctorat en Sciences Economiques, LET, Lyon, 250p.
- Small, K.A., Gomez-Ibanez, J.A., 1998, Road pricing for congestion management : the transition from theory to policy. In Button, K.J, Verhoef, E.T., *Road pricing, traffic congestion and the environment*. Edgar Elgar ed, 1998, 316 p.
- Transport For London, 2004, *Congestion charging, Impacts monitoring*, 2nd Annual Report, april, 120p.
- Vickrey, W., 1963, Pricing in urban and suburban transport, *American Economic Reveiw : Papers and Proceedings*, 53 (2), p.452-465, may.

Walters A.A., 1961, « The theory and measurement of private and social cost of highway congestion », *Econometrica*, vol 29, n° 4.

Yamuchi, H., 1998, Toll system and congestion pricing : a case of Japan Highway Public Corporation, *IATSS Research*, vol 22, 1, pp.48-58.

Vivier, J., 2001, *Base de données sur 100 villes du monde pour une mobilité durable*, IUTP, mai

Sources de données statistiques utilisées :

Agence Internationale de l'Energie

Base de données en transports urbains, UITP, 2001.

Centre Français des Constructeurs Automobiles

CIESIN, Center for International Earth Science Information Network, www.ciesin.org
Encyclopédia Wikipedia, <http://fr.wikipedia.org/wiki/Encyclop%C3%A9die>

MINEFI-DREE/TRESOR,

Statistical Yearbook of China 2001, 2003, 2004

Statistical Yearbook of Japan

Statistical Yearbook of Korea

Statistiques des Nations Unies (<http://esa.un.org/unpp/>)

World Bank, 2003, *World Development Indicators 2003 CD Rom*.

Liste des tableaux

Tableau 1 : Evolution des trafics et des réseaux interurbains entre 1978 et 2000.	8
Tableau 2 : Rythme de croissance du réseau ferroviaire 1978-2002	9
Tableau 3 : Résultats des simulations du PIB selon des taux de croissance annuels	17
Tableau 4 : Résultats de l'estimation du taux d'urbanisation en fonction du GDP/hab. en \$ PPA.....	31
Tableau 5 : Résultats de l'estimation du taux d'urbanisation en fonction du GDP/hab. en \$ PPA et de la surface.	31
Tableau 6 : Résultats de l'estimation du taux d'urbanisation en fonction du GDP/hab. en \$ PPA, de la surface et de la population.....	32
Tableau 7 : La Chine au niveau de l'énergie mondiale en 1971, 1990 et en 2000 (% du total mondial)	33
Tableau 8 : Indicateurs énergétiques de la Chine et du monde en 2000 et en variation entre 1990 et 2000	34
Tableau 9 : Hypothèses retenues par l'AIE pour les projections energetiques à l'horizon 2030.	35
Tableau 10 : Demande d'énergie primaire totale en Chine (Millions de tonnes-équivalent pétrole) et taux de croissance projetés (en %).....	35
Tableau 11 : Répartition de la demande d'énergie primaire totale en Chine (% du total en millions de tonnes-équivalent pétrole)	36
Tableau 12 : Ratios consommation énergétique primaire en TEP/hab et TEP/PIB.....	39
Tableau 13 : Projections des consommations énergétiques de la Chine à l'horizon 2050 (en millions de TEP) sur la base de ratio TEP/hab (PERSPECTIVE 1).....	39
Tableau 14 : Projections des consommations énergétiques de la Chine à l'horizon 2050 (en millions de TEP) sur la base de ratio TEP/PIB. (PERSPECTIVE 1).	40
Tableau 15 : Projections de la demande d'énergie primaire pour la Chine en 2050 (en millions de tonnes-équivalent pétrole) et taux de croissance projetés pour cette période (%) (PERSPECTIVE 2)	42
Tableau 16 : Répartition de la demande énergétique (en % du total en millions de tonnes-équivalent pétrole) (PERSPECTIVE 2)).....	43
Tableau 17 : Répartition de la demande énergétique (en % du total en millions de tonnes-équivalent pétrole) (PERSPECTIVE 3).	45
Tableau 18 : Répartition de la demande énergétique (en % du total en millions de tonnes-équivalent pétrole) (PERSPECTIVE 3).	46
Tableau 19 : Taux de motorisation (nombre de véhicules pour 1000 habitants) pour différents pays en 2003.....	47
Tableau 20 : Application des ratios de base à la Chine en 2050 (population 2050 : 1,6 milliard)	48
Tableau 21 : Evaluation du parc de véhicules en Chine en 2050 sur la base de ratios de taux de motorisation observés au niveau d'autres pays.	50
Tableau 22 : Résultats de l'estimation du nombre de véhicules en fonction du PIB/hab. en \$ PPA, de la population, de la surface et de la combinaison surface et PIB/hab.	51
Tableau 23 : Résultats de l'estimation du nombre de véhicules suivant le modèle et selon les hypothèses de population et de PIB/habitant	51
Tableau 24 : Densités de trafics (2000).....	56
Tableau 25 : Ratios du nombre de kilomètres de lignes ferroviaires par million d'habitants en 2002 et 2004 pour différents pays	57

Tableau 26 : Taux de croissance et nombre de kilomètres de lignes ferroviaires à construire par an pour obtenir les densités de réseau par habitant de quelques pays.....	58
Tableau 27 : Nombre de kilomètres de lignes ferroviaires construites en Chine sur les dernières décennies	58
Tableau 28 : Croissance du réseau ferroviaire au Royaume Uni entre 1821 et 1846.	59
Tableau 29 : Ratios du nombre de kilomètres de lignes ferroviaires par million d’habitants en 2002 et 2004 pour différents pays	60
Tableau 30 : Estimation du modèle relatif aux kilomètres de lignes ferroviaires.....	61
Tableau 31 : Résultats d’estimation de la taille du réseau ferroviaire en Chine en 2050 selon plusieurs hypothèses.....	61
Tableau 32 : Implication en termes de croissance des réseaux ferroviaire simulés par le modèle.....	62
Tableau 33 : Implication en termes de densités de réseau	62
Tableau 34 : Résultats de la Zhejiang Expressway Co, Ltd.....	64
Tableau 35 : Ratio du nombre de kilomètres d’autoroutes par million d’habitants en 2003 ...	66
Tableau 36 : Densité du réseau autoroutier par million d’habitants en 2020 selon différentes hypothèses et une population de 1,4 milliard d’individus.....	67
Tableau 37 : Densité du réseau autoroutier par million d’habitants en 2050 selon différentes hypothèses et une population de 1,4 milliard d’individus.....	70
Tableau 38 : Rythme de construction d’autoroutes pour atteindre le ratio US ou français en fonction de la population Chinoise en 2050.....	70
Tableau 39 : Estimation du modèle relatif aux kilomètres de réseaux routiers	71
Tableau 40 : Résultats d’estimation de la taille du réseau routier en Chine en 2050 selon plusieurs hypothèses.....	72
Tableau 41 : Implication en termes de croissance des différentes tailles du réseau routier en Chine en 2050.....	72
Tableau 42 : Implication en termes de croissance des différentes tailles du réseau autoroutier en Chine en 2050.....	73
Tableau 43 : Différentes hypothèses concernant les élasticités des tonnes.km et des passagers.km au PIB/habitant.	74
Tableau 44 : Résultats en termes de tonnes.km en 2050 (Milliards)	75
Tableau 45 : Résultats en termes de passagers.km en 2050 (Milliards)	75
Tableau 46 Taux de croissance annuel moyen des tonnes.Km (%).....	75
Tableau 47 : Taux de croissance annuel moyen des passagers.km (%).....	75
Tableau 48 : Résultats d’estimation de la taille du réseau routier et ferroviaire en Chine en 2050 selon plusieurs hypothèses	78
Tableau 49 : Rappels sur les données de base.....	83
Tableau 50 : Doublement des réseaux routiers de référence.....	83
Tableau 51 : Les 13 agglomérations chinoises de plus de 2 millions d’habitants en 2000.....	86
Tableau 52 : Deux hypothèses du taux d’urbanisation de la Chine en 2050	88
Tableau 53 : Scénario de répartition régionale de la population en 2050	93
Tableau 54 : Estimation des seuils de population minimum et maximum pour les 4 villes	93
Tableau 55 : Données pour l’année 2000 de référence	95
Tableau 56 : Données pour 2050 en densité constante	95
Tableau 57 : Une densité comparable à Los Angeles aujourd’hui (densités basses).....	96
Tableau 58 : Une densité comparable à Séoul aujourd’hui (densités hautes).....	96
Tableau 59 : Une densité comparable à Paris aujourd’hui (densités hautes).....	97
Tableau 60 : Première hypothèse : Shanghai maintient son poids dans la population urbaine.	98
Tableau 61 : Résultats pour Shanghai 2050 avec différentes hypothèses.....	99

Tableau 62 : Données sur la population de Shanghai en 2050.....	100
Tableau 63 : Taux de croissance pour Shanghai avec une population de 13 millions d'habitants en 2000.	101
Tableau 64 : Taux de croissance observés dans quelques pays	102
Tableau 65 : Les migrations flottantes avec des flux constants	103
Tableau 66 : La population totale des municipalités chinoises (en millions d'habitants).....	104
Tableau 67 : Population de la mégalopole du delta du Yangzi	104
Tableau 68 : L'impact sur la mobilité de quelques expériences de péage urbain dans le monde	121
Tableau 69 Simulation des flux de transport de marchandises en ville à TOKYO (2000)....	126
Tableau 70 Simulation de l'effet de la densité sur les marchandises en ville.....	126
Tableau 71 Répartition théorique des types de véhicules en ville selon Freturb	127
Tableau 72 Répartition théorique des types de véhicules en ville selon l'hypothèse "petits véhicules"	127
Tableau 73 Répartition théorique des types de véhicules en ville selon l'hypothèse "gros véhicules"	127
Tableau 74 : Estimation du modèle relatif au nombre d'embarquement par habitant	134
Tableau 75 : Nombre total de passagers dans la mégalopole.....	135
Tableau 76 :Possibilités de répartition des trafics au sein de la mégalopole.	137

Liste des figures

Figure 1 : Projections du PIB pour différents pays (milliards de US\$ valeur 2003)	16
Figure 2 : Projections des PIB/habitant (US\$ valeur 2003)	17
Figure 3 : Simulations du PIB/habitant selon les scénarios de croissance retenus (base 100 : 2000).....	21
Figure 4 : Niveaux de PIB par habitant en \$ en 2050 pour la Chine suivant les scénarios , la France, l'Allemagne et les USA.....	22
Figure 5 : Populations totales de la Chine d'après deux sources statistiques	23
Figure 6 : Populations urbaine et rurale de la Chine selon les données chinoises et des Nations-Unies.....	25
Figure 7 : Taux de populations urbaine et rurale de la Chine	25
Figure 8 : Taux d'urbanisation et niveau de richesse en PIB/hab. \$PPA (Echantillon de pays dont le PIB/hab. en \$ PPA est compris en 3000 et 5000\$ en 2000 et dont les valeurs du taux d'urbanisation en 2000 sont renseignées)	26
Figure 9 : Projections de population pour la Chine.....	26
Figure 10 : Densités de population en Chine	28
Figure 11 : Projections de population totale pour différents pays (Hypothèse de fécondité moyenne, base 100 en 2 000)	28
Figure 12 : Projections de population totale selon l'hypothèse de fécondité moyenne (Base 100 : année 2000)	29
Figure 13 : Projections de population urbaine en Chine	29
Figure 14 : Projections de population rurale en Chine.....	30
Figure 15 : Taux d'urbanisation et niveau de richesse en 2000	30
Figure 16 : Relation taux d'urbanisation et PIB/habitant \$PPA en 2000 (effectif : 160 pays)	31
Figure 17 : Projections de la demande d'énergie pour la Chine à l'horizon de 2030	36
Figure 18 : Répartition de la demande d'énergie primaire totale en Chine ((% du total en millions de tonnes-équivalent pétrole)	37
Figure 19 : Consommations finales énergétiques par secteur en Chine 2000.....	38
Figure 20 : Consommations finales énergétiques par secteur en Chine 2030.....	38
Figure 21 : Projections des consommations énergétiques de la Chine à l'horizon 2050 (en millions de TEP) sur la base de ratio TEP/hab. (PERSPECTIVE 1).....	40
Figure 22 : Projections des consommations énergétiques de la Chine à l'horizon 2050 (en millions de TEP) sur la base de ratio TEP/PIB. (PERSPECTIVE 1)	41
Figure 23 : Projections de la demande d'énergie pour la Chine à l'horizon de 2050 (PERSPECTIVE 2)	42
Figure 24 : Répartition de la demande d'énergie (en % du total en millions de tonnes- équivalent pétrole) (PERSPECTIVE 2)).....	43
Figure 25 : Le Peak Oil	44
Figure 26 : Répartition de la demande d'énergie (en % du total en millions de tonnes- équivalent pétrole) (PERSPECTIVE 3)	45
Figure 27 : Projections de la demande d'énergie pour la Chine à l'horizon de 2050 (PERSPECTIVE 3)	46
Figure 28 : Rues commerçantes à Shanghai, nov. 2004.....	124
Figure 29 : Les grands aéroports chinois en 2004.....	130
Figure 30 : Evolution du trafic aérien intérieur 1998-2003	132
Figure 31 : Scénario haut :	137
Figure 32 : Scénario moyen	138

Figure 33 : Scénario bas : 138

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION.....	8
LES OBJECTIFS DE LA RECHERCHE	8
MÉTHODOLOGIE DE LA RECHERCHE.....	10
DÉMARCHE GÉNÉRALE.....	10
LA MÉTHODE UTILISÉE	10
<i>Une dimension quantitative.....</i>	<i>10</i>
<i>Une dimension qualitative.....</i>	<i>11</i>
<i>Une dimension transversale.....</i>	<i>11</i>
<i>La construction de scénarios globaux.....</i>	<i>12</i>
<i>Une difficulté propre au terrain d'étude chinois.....</i>	<i>12</i>
PRÉSENTATION DE CE RAPPORT ET ÉLÉMENTS DE SYNTHÈSE.....	13
CONTENU DE CE RAPPORT	13
1ERE PARTIE : FACTEURS DETERMINANTS POUR LES TRANSPORTS EN 2050 ...	15
LES FACTEURS MACROÉCONOMIQUES	16
DIFFÉRENTS SCÉNARIOS.....	16
<i>Scénario de base.....</i>	<i>17</i>
<i>Rappel et enseignements sur le Japon et la Corée</i>	<i>17</i>
<i>Scénario de croissance haute : à l'exemple du cas coréen</i>	<i>18</i>
<i>Scénario de croissance modérée, avec crise structurelle « à la japonaise ».....</i>	<i>19</i>
<i>Scénario de croissance japonaise pendant quarante ans et de prolongement durant dix ans de la croissance japonaise des années 90.....</i>	<i>21</i>
SYNOPTIQUE DES SCÉNARIOS	22
LES FACTEURS DÉMOGRAPHIQUES	23
SITUATION ACTUELLE	23
<i>Les différentes sources</i>	<i>23</i>
<i>Population urbaine - population rurale</i>	<i>23</i>
PROJECTIONS	26
<i>Population totale et densités.....</i>	<i>26</i>
<i>Population urbaine et population rurale.....</i>	<i>29</i>
Les projections des Nations-Unies	29
Les déterminants du niveau d'urbanisation	30
LES FACTEURS ÉNERGÉTIQUES.....	33
ELÉMENTS DE CADRAGE ACTUEL	33
LES PROJECTIONS	34
<i>Un horizon temporel de 2030 avec l'Agence Internationale de l'Energie</i>	<i>34</i>
<i>Un horizon temporel de 2050.....</i>	<i>39</i>
Perspective 1	39
Perspective 2	41
Perspective 3	44
LES FACTEURS LIÉS À LA MOTORISATION.....	47
UN MILLIARD DE VOITURES EN CHINE EN 2050 ?	47
ETABLISSEMENT DE SCÉNARIOS SUR LA BASE DE RATIOS ET EN FONCTION DU PIB/HABITANT.....	48
MODÉLISATION DU PARC DE VÉHICULES	50

2EME PARTIE : TRANSPORTS INTERURBAINS ET ESPACE.....	53
L'OFFRE DE TRANSPORT	54
LE DÉVELOPPEMENT DES RÉSEAUX INTERURBAINS	54
<i>Réseau ferré.....</i>	54
Prospective sur la base de ratios	56
Prospective sur la base d'une modélisation	61
<i>Réseau routier</i>	62
Le péage interurbain en Chine	62
Précision de vocabulaire	64
Prospective sur la base de ratios	66
Prospective sur la base d'une modélisation	71
LA DEMANDE DE TRANSPORT	73
ESTIMATIONS DES ÉLASTICITÉS.....	73
<i>Les élasticités passagers/PIB/hab.</i>	73
<i>Les élasticités passagers.km/PIB/hab.</i>	73
<i>Les élasticités tonnes / PIB/hab.</i>	74
<i>Les élasticités tonnes.km/PIB/hab.</i>	74
LES RÉSULTATS EN TERMES DE PASSAGERS ET DE MARCHANDISES POUR LA CHINE EN 2050	74
DÉSÉQUILIBRE OFFRE ET DEMANDE	76
LA MESURE DES DÉSÉQUILIBRES	76
<i>La congestion</i>	76
<i>Les scénarios de référence</i>	78
<i>Le trafic de marchandises.....</i>	79
<i>Scénario américain.....</i>	80
<i>Scénario japonais</i>	80
Simulation avec saturation du chemin de fer	81
Simulation de partages modaux exogènes	81
CONCLUSION : LES CONSÉQUENCES DES DÉSÉQUILIBRES	83
<i>Une diminution de la mobilité VP</i>	83
<i>Une diminution du transport de marchandises.....</i>	83
<i>Une augmentation de l'investissement en voirie</i>	84
3EME PARTIE : LE TRANSPORT EN URBAIN	85
LA POPULATION URBAINE	86
QUELLES AGGLOMÉRATIONS URBAINES ? : LA QUESTION DE LA POPULATION.....	88
LES MÉTHODES DE PROJECTION.....	88
LES VARIANTES DE PROJECTIONS	93
QUELLES FORMES URBAINES ? : LES QUESTIONS DE SUPERFICIE ET DE DENSITÉ	95
DENSITÉ CONSTANTE	95
DENSITÉS COMPARÉES	96
DIFFÉRENTES APPROCHES ALTERNATIVES POUR ESTIMER LA POPULATION MAXIMALES DES VILLES CHINOISES, L'EXEMPLE DE SHANGHAI	98
PREMIERS CADRAGES QUANTITATIFS	98
QUELLE POLARISATION ?	99
TAUX DE CROISSANCE IMPLIQUÉS	100
APPROCHE PAR LES MÉGALOPLES	103
LES SCÉNARIOS URBAINS.....	110
QUELS SCÉNARIOS URBAINS ?	110
<i>Présentation de la méthode</i>	110
Methodologie.....	110
La base de données	111
<i>Résultats et commentaires</i>	112

La mobilité urbaine	112
Identification des variables dépendantes	112
Différents scénarios pour 2050.....	113
Le partage modal	114
Identification des variables dépendantes	114
Différents scénarios pour 2050.....	115
ELÉMENTS DE RÉFLEXION SUR LE PÉAGE URBAIN.....	120
LA QUESTION DES MARCHANDISES.....	122
<i>La situation actuelle</i>	123
Quelle définition du transport de marchandises en ville (TMV)	123
Quels indicateurs ?	123
<i>Comment prendre en compte les marchandises dans le transport urbain en Chine en 2050 ?</i>	124
<i>Quelle quantification ?</i>	125
Quelques scénarios sur Shanghai.....	126
1/ L'effet densité	126
2/ L'effet véhicule.....	127
4EME PARTIE : LA QUESTION AEROPORTUAIRE ET PORTUAIRE.....	129
LE TRANSPORT AÉRIEN	130
L'ÉVOLUTION RÉCENTE DU TRANSPORT AÉRIEN EN CHINE	130
<i>Les aéroports</i>	130
<i>Les lignes intérieures</i>	132
UN MODÈLE SIMPLE DE RÉFÉRENCE	133
HYPOTHÈSES DE TRAVAIL SUR LA PROSPECTIVE AÉRIENNE.....	134
PASSAGERS AÉRIENS PAR HABITANT	135
ACCÈS AUX AÉROPORTS	135
L'AFFECTATION DU TRAFIC NATIONAL AUX VILLES ET AUX AÉROPORTS.....	137
CONCLUSION SUR LE DOMAINE AÉRIEN.....	139
LE TRANSPORT MARITIME	139
5EME PARTIE : DES SCENARIOS GLOBAUX CONTRASTES.....	145
QUELQUES PRÉCAUTIONS MÉTHODOLOGIQUES POUR ABORDER LES SCÉNARIOS	146
LE SCÉNARIO NOIR : VERS UNE CONGESTION GÉNÉRALISÉE	146
LES HYPOTHÈSES	146
RÉSULTATS	147
<i>Transports interurbains</i>	147
<i>Transports urbains</i>	147
LE SCÉNARIO VERT : VERS UN MODÈLE ASIATIQUE ?	148
LES HYPOTHÈSES	148
LES RÉSULTATS.....	149
<i>Transports interurbains</i>	149
<i>Transports urbains</i>	150
BIBLIOGRAPHIE	154
LISTE DES TABLEAUX	157
LISTE DES FIGURES	160