

Une mesure d'accessibilité  
interurbaine

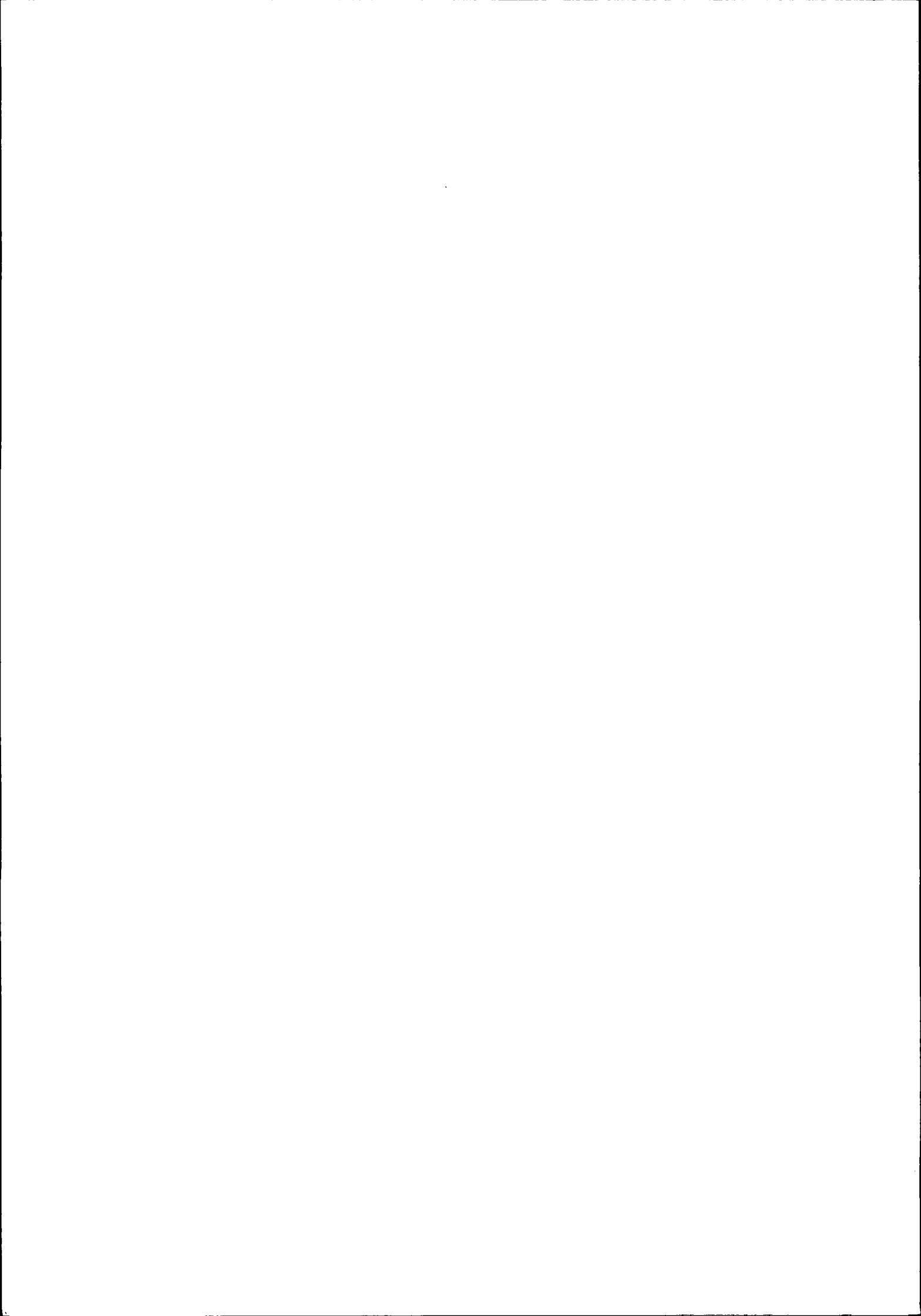
*Gilles DUMARTIN*

*Observatoire Economique et  
Statistique des Transports*

Observatoire Economique  
Statistique des Transports  
DOCUMENTATION  
N° 10

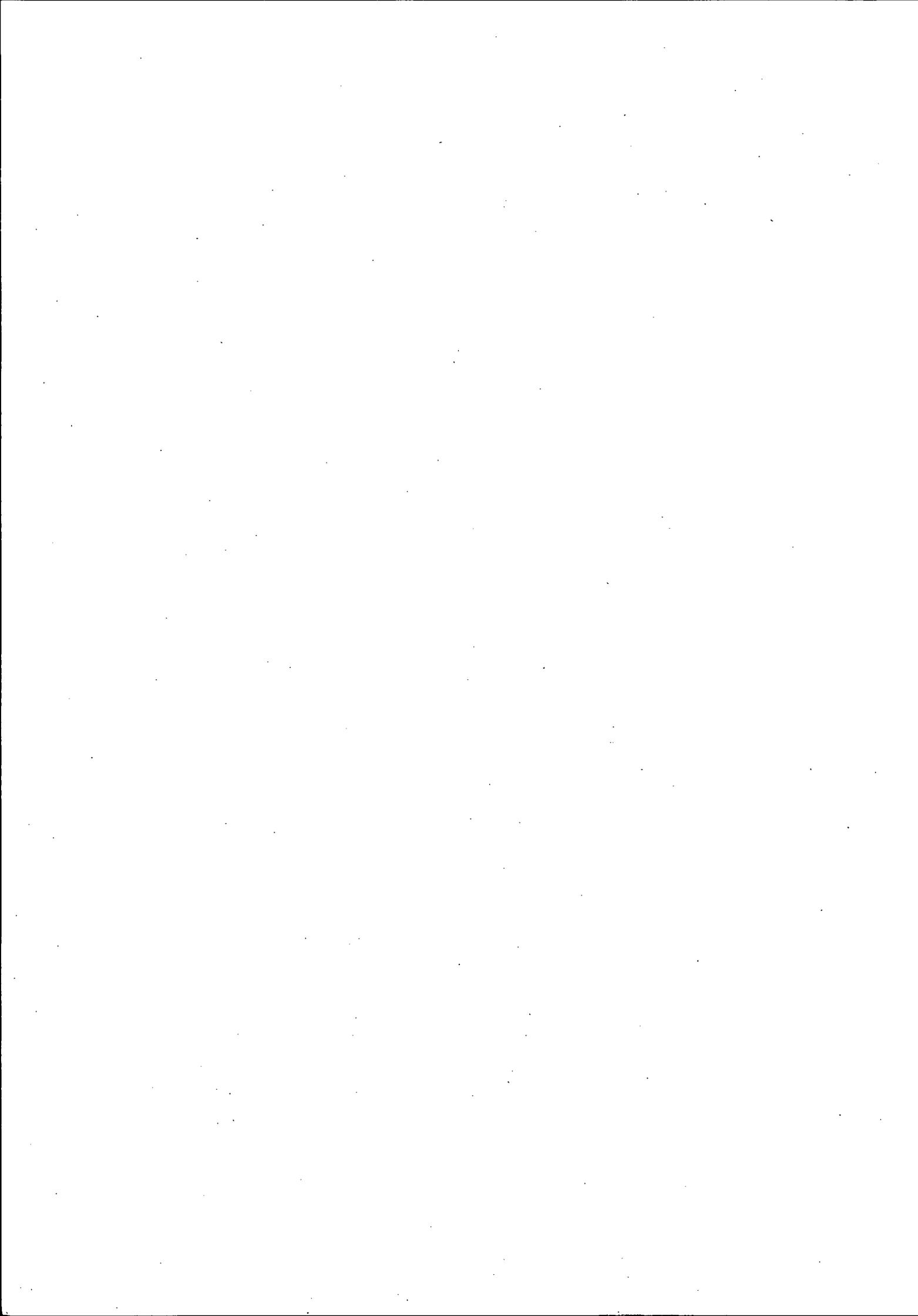
3898

Version du 5 Aout 1994



Sommaire :

0 - Introduction	p 3
I - Méthode de mesure	p 5
II - Indicateur intermodal	p 15
III - L'évaluation routière	p 21
IV - L'évaluation ferroviaire	p 33
V - L'évaluation intermodale	p 40
Annexes	p 45



# Introduction

*Dans tout l'exposé, certains paragraphes figurent en caractères italiques : il s'agit de compléments ou de commentaires sur la méthode dont la lecture n'est pas indispensable à sa compréhension générale.*

La fonction essentielle d'un réseau de transport est de faciliter les échanges entre différents lieux. Une infrastructure de transport particulière doit permettre l'"écoulement" du trafic qui s'y affecte, compte tenu de la structure du réseau auquel elle appartient. Aussi, que ce soit en matière routière ou ferroviaire, l'évaluation d'une (nouvelle) infrastructure consiste notamment :

- à prévoir le trafic qui s'y affecte et à juger sa capacité à écouler ce trafic,
- à en déduire les modifications de niveau (et de fluidité) de trafic induites sur le reste du réseau (ou sur d'autres réseaux).

Au plan économique, on établit un bilan de la variation de la demande, ainsi que du gain de temps (ou de coût généralisé) induit pour les flux préexistants au projet évalué. Ce bilan sert de base à l'évaluation de la rentabilité financière et socio-économique du projet.

Mais ce type d'évaluation ne met pas en lumière les effets spatiaux d'un projet car il occulte sa fonction de "vecteur d'accessibilité". Même pour des infrastructures existantes, cette fonction est d'ailleurs généralement mal connue. Il n'en demeure pas moins indispensable d'essayer d'appréhender l'intérêt d'un projet (en tant qu'élément constitutif d'un réseau) pour les usagers dans sa fonction première d'amélioration de l'accessibilité territoriale.

L'étude "Corridor nord" (1) a servi de cadre à l'élaboration et à la mise en pratique d'une méthode d'évaluation de l'accessibilité interurbaine. La mesure est effectuée au moyen d'indicateurs relatifs à des villes et appliqués dans différents scénarios de réseaux.

Elle s'appuie sur l'évaluation de coûts de transport pour l'utilisateur, en se référant, chaque fois que cela est possible, aux méthodes utilisées par les opérateurs, routiers et ferroviaires. L'accessibilité n'est pas traduite en terme d'intérêt économique. La notion même d'accessibilité n'est d'ailleurs pas définie de manière univoque et est mesurée selon deux types de critères.

---

(1) Cette étude associe à la fois des Directions du Ministère de l'Équipement, des opérateurs de transport... Il s'agit d'une analyse prospective de la demande et de l'offre de transport dans une zone où l'une et l'autre sont appelées à connaître d'importantes évolutions : le "Corridor Nord" englobe les régions situées au nord d'un arc Rouen-Paris-Reims et concerne notamment l'axe Lille-Paris.

Le premier critère veut mesurer l'accessibilité intrinsèque des villes dans le corridor. Leur localisation géographique dans la zone détermine alors en bonne part leur niveau d'accessibilité.

Le second critère s'attache à faire apparaître la qualité relative de desserte offerte aux villes par les réseaux considérés. Il suppose que soit défini un niveau de desserte de référence de ces villes à partir duquel sera jugée la qualité de desserte existante. Ici, le principe ayant servi à définir le niveau de référence est celui de l'adéquation entre offre et demande; Nul doute que la méthode utilisée soient sujette à discussion...

Plus généralement, d'autres aspects de la mesure laissent une part certaine à l'arbitraire. Faute d'une réelle rigueur scientifique, on a cherché à faire preuve de bon sens...

Il convient de préciser que certaines fonctions des réseaux interurbains ne sont pas prises en compte, telles :

- le transport de marchandises
- la desserte capillaire des territoires traversés,
- la traversée de bout en bout de ces territoires (fonction de transit),

(Seules l'accessibilité de certains lieux, en l'occurrence des villes préalablement retenues dans la zone étudiée, sont mesurées.)

Des critères révélateurs de l'accessibilité offert par les services de transport ont par ailleurs occultés :

- la qualité des interconnexions entre modes,
- le temps disponible à destination relativement à la durée de déplacement...

Malgré ces aspects arbitraires et partiels de l'évaluation, la méthode présente néanmoins l'avantage de bénéficier d'un champ d'application assez large. L'évaluation présentée ici concerne la partie du nord de la France. D'autres applications peuvent être menées à différentes échelles géographiques (niveau régional, national...à condition, bien sûr, de disposer des données nécessaires à la modélisation).

Enfin, moyennant une adaptation des variables prises en compte dans l'indicateur, on peut aussi mesurer l'accessibilité dans une optique plus précise que celle, très générale, retenue ici : accessibilité à divers types de services aux particuliers (santé, enseignement, tourisme...) dont on connaît la distribution spatiale, voire accessibilité pour le transport de fret.

# I - La méthode de mesure

Ebauche d'une définition de l'accessibilité : facilité pour se rendre depuis une ville donnée vers un ensemble de pôles (villes) que l'on considère comme représentatifs des destinations attractives au départ de cette ville.

-> **Objectif de l'étude** : Evaluation de l'accessibilité de villes de la zone d'étude - le "Corridor nord" - offerte par différents schémas de réseaux (actuels et projetés).

- Accessibilité générale du point de vue des voyageurs,

- Accessibilité de villes à villes seulement : on ne traite pas de l'accessibilité diffuse ou urbaine (notamment de l'accessibilité aux réseaux).

- Evaluation intermodale : réseaux routiers et ferroviaires (on ne considère pas dans l'application présentée le mode aérien).

L'accessibilité est jugée au moyen d'indicateurs numériques appliqués aux principales villes du corridor et exprimant une moyenne de coûts généralisés de différentes relations au départ de ces villes (1). Il serait donc plus approprié de parler d'indicateur de "coût" que d'indicateur d'accessibilité dans la mesure où à une amélioration de l'accessibilité d'un lieu correspond une diminution de son indicateur.

La méthode permet en premier lieu de comparer les variations de l'accessibilité de villes suivant différents scénarios d'offre de transport. Les indicateurs permettent aussi de comparer la situation des différentes villes de l'aire d'étude entre elles pour un schéma d'offre donné.

Dans l'application, on applique successivement la méthode aux réseaux actuels, puis aux scénarios futurs envisagés (routier et ferroviaire). Dans le cadre de l'étude Corridor Nord, on a retenu l'horizon 2010 pour la route et 2000 pour le fer (+ variante "2003"). Cette différence de dates rend la comparaison intermodale moins pertinente mais correspond aux états les mieux définis en terme d'offre et de demande.

Dans un premier temps, on calcule les indicateurs pour chaque mode de transport. On propose ensuite une méthode de calcul d'un indicateur intermodal.

---

(1) L'évaluation a aussi été menée en terme de temps de parcours. Globalement les résultats de la mesure sont similaires, que l'on ait raisonné en terme de temps ou de coûts généralisés de parcours.

Sur le principe, l'utilisation du critère de coût généralisé paraît plus pertinente dans le cas, fréquent, où des arbitrages prix/temps doivent être envisagés. C'est le cas en routier pour des itinéraires alternatifs, routier d'une part, autoroutier d'autre part. C'est le cas aussi pour des choix entre modes de transport. Malgré les incertitudes relatives aux coûts monétaires de transport et à la valorisation du temps, c'est donc ce critère de coût généralisé qui a été finalement retenu ici.

## -> L'indicateur d'accessibilité

La méthode générale est la suivante (cf aussi schéma explicatif p 13)

Deux types de villes (pôles) sont retenus :

- les villes dont on évalue l'accessibilité (les "A<sub>i</sub>"),
- les villes dites de "destination" (les "B<sub>i</sub>").

(Le choix des villes est explicité dans l'encadré ci-après - cf cartes en annexe)

L'indicateur d'accessibilité d'une ville A révèle le "coût moyen d'accès" depuis celle-ci aux villes de destination B<sub>i</sub> en regard du schéma d'offre considéré. Il est conçu comme la somme des "coûts" des relations A -> B<sub>i</sub> pondérés par les "intérêts relatifs" d'accéder aux différentes villes B<sub>i</sub> depuis A.

Le calcul de l'indicateur procède de deux étapes, la première explicitant la notion d'"intérêt relatif" d'accéder à une ville, la seconde celle de "coût" des relations :

1<sup>ère</sup> étape - Les villes B<sub>i</sub> (cf encadré ci-après) sont considérées comme étant représentatives des destinations attractives à partir de chacune des villes A "évaluées". On appelle **attractivité** de B<sub>i</sub> pour A l'intérêt pour un individu de A d'accéder à B<sub>i</sub>. Par hypothèse, elle dépend de deux facteurs :

- l'importance intrinsèque de B<sub>i</sub>, représentée par sa population (le choix de ce critère se justifiant par l'objet très général de l'évaluation),
- de la situation relative de B<sub>i</sub> par rapport à A (distance AB<sub>i</sub> à vol d'oiseau). Il s'agit là d'une fonction de résistance "naturelle" à l'éloignement, analogue à la fonction de résistance au coût utilisée dans les modèles gravitaires.

On peut donc proposer la formulation suivante :

$$\text{Attractivité de } B_i \text{ pour } A : \text{Pop } (B_i)^\alpha / (AB_i)^\beta$$

Dans la suite de l'exposé, on fixera :  $\alpha = 1$  et  $\beta = 2$  par analogie aux valeurs les plus souvent retenues dans les modèles gravitaires, et en l'absence de données de calibrage du modèle.

Quelques ajustements aux règles de calcul de l'attractivité sont décrits dans l'encadré ci-après.

Considérant que le besoin d'un résidant de A de se rendre dans l'une quelconque des villes de destination est une constante, indépendante de A, l'attractivité d'une ville B<sub>i</sub> est rapportée à l'ensemble des attractivités des autres villes. Elle représente alors la probabilité qu'un individu émis de A effectue la relation A -> B<sub>i</sub>.

En définitive :

$$\text{Attractivité de B pour A} = \frac{\text{pop(B)} \times (1/AB)^2}{\sum_i [\text{pop}(B_i) \times (1/AB_i)^2]}$$

(où les  $B_i$  sont les villes de destination.)

-> **Choix des pôles** : (cf schémas p 19 et 20)

Villes ( $A_i$ ) dont on mesure l'accessibilité :

Le choix des villes  $A_i$  dont on cherche à mesurer l'accessibilité répond ici à un critère démographique simple : il s'agit des unités urbaines (notion INSEE) de la zone d'étude dont la population est supérieure à 50 000 habitants (cf carte en annexe).

Deux catégories d'unités urbaines ont en outre été distinguées; celles dépassant 150 000 habitants (villes de 1<sup>er</sup> niveau) et celles comprenant entre 50 000 et 150 000 habitants (villes de 2<sup>ème</sup> niveau). La mesure de l'accessibilité diffère légèrement pour ces deux catégories en ce sens qu'elle n'est pas effectuée à partir des mêmes ensembles de pôles  $B_i$ .

Villes de destination ( $B_i$ ) :

C'est avec ces villes que l'on va étudier les relations depuis celles dont on mesure l'accessibilité. Leur critère de choix (à savoir : "leur caractère représentatif des destinations attractives pour les villes étudiées") reste pour le moins subjectif...

L'accessibilité des villes de 1<sup>er</sup> niveau est mesurée par rapport aux liaisons avec les autres villes de 1<sup>er</sup> niveau ainsi que par rapport aux villes suivantes : Londres, Bruxelles, Lyon, Marseille, Nantes, Bordeaux. Le choix de ces dernières villes répond au souci de prendre en compte la faculté des réseaux à assurer la desserte vers des territoires extérieurs à la zone d'étude.

Pour les villes de 2<sup>ème</sup> niveau, le panel des villes de destination est plus restreint : Il est constitué des seules villes de 1<sup>er</sup> niveau du corridor.

*A ces villes de destination, on ajoute la préfecture de département de la ville considérée, si cette préfecture n'est pas elle-même une ville 1er niveau. Ainsi l'accès à Beauvais entre-t-il en compte dans l'évaluation de l'accessibilité de Compiègne. Il en est de même de l'accès à Laon pour les accessibilités de St Quentin et de Soissons.*

## -> précisions relatives aux coefficients d'attractivité

Quelques considérations nous ont incités à introduire des ajustements à la méthode de calcul systématique des coefficients d'attractivité :

1 - Pour éviter un trop fort déséquilibre de la distribution spatiale des flux, on a fait l'hypothèse qu'un individu d'une ville A ne peut trouver plus d'intérêt à se rendre en un pôle B donné que dans l'ensemble des autres villes de destination. Aussi, si, pour cette ville A, l'attractivité de B s'avère supérieure à la somme des attractivités des autres villes de destination, alors on réduit son attractivité à la somme des attractivités des autres villes de destination (soit 0,5).

2 - Pour les villes de destination extérieures au corridor (Londres, Bruxelles, Lyon, Marseille, Nantes, Bordeaux), on a choisi de moduler le critère de population urbaine par deux autres notions :

- Puisque ces pôles représentent en fait des zones géographiques dépassant largement leur seule unité urbaine, on a retenu les populations régionales pour en représenter le poids intrinsèque dans la formation de l'attractivité.

- Pour les deux villes étrangères (Londres et Bruxelles), on a essayé de prendre en compte un effet frontière. Celui-ci traduit le fait que ces pôles n'offrent pas aux villes du corridor des services équivalents à des villes identiques qui seraient situées sur le territoire national. Donc, l'intérêt de pouvoir y accéder s'en trouve réduit. Pour Londres (et l'Angleterre), il s'ajoute à cet effet frontière un obstacle linguistique.

Au vu des rares données dont nous disposons en matière de quantification de l'effet frontière, nous fixons à 2 le coefficient réducteur de l'attractivité pour Bruxelles et à 4 ce même coefficient pour Londres.

En pratique, cela revient dans le calcul des attractivités à diviser les populations de Bruxelles par 2 et celle de Londres par 4.

3 - Dans le cas de Londres, il nous a paru indispensable de prendre en compte l'obstacle naturel que représente la Manche. En effet, la baisse d'attractivité entre deux villes fonction de leur éloignement est un facteur physique indépendant de la nature des réseaux mais suppose cependant que le territoire est isotrope, c'est à dire que des liaisons peuvent théoriquement être réalisées avec la même facilité dans toutes les directions. Or, si le relief du corridor offre cette caractéristique (absence d'accident de relief), l'obstacle de la Manche rend plus difficile l'accessibilité naturelle à Londres. La difficulté d'accès à Londres n'est pas due ici à une carence des réseaux mais à un obstacle naturel qui équivaut à éloigner Londres des villes du corridor.

En estimant très globalement à une heure et demi, le temps nécessaire à effacer cet obstacle, on a choisi d'éloigner Londres de 130 km au nord-ouest de sa position réelle. Son attractivité pour les villes du corridor s'en trouve donc réduite.

2<sup>ème</sup> étape - Ensuite, on détermine le coût généralisé de chacune des relations A -> B<sub>i</sub> : coût monétaire pour l'utilisateur auquel on ajoute le temps de parcours traduit en terme monétaire par le biais d'une valeur du temps.

Coût généralisé de parcours d'une relation A -> B<sub>i</sub> : C (AB<sub>i</sub>)

Pour une ville origine A, on détermine le coût de sa liaison avec chacun des pôles B<sub>i</sub> de destination (pour les modes routier et ferrovaire), suivant les modalités décrites en annexe. Ensuite, on obtient l'indicateur de A par sommation de ces coûts, pondérés par l'attractivité relative des B<sub>i</sub>. L'indicateur d'accessibilité de A s'exprime donc :

$$\text{Accessibilité (A)} = \frac{\sum_i [\text{pop}(B_i) \times (1/AB_i)^2 \times C(AB_i)]}{\sum_i [\text{pop}(B_i) \times (1/AB_i)^2]} \quad (1)$$

L'indicateur a une dimension de coût. L'accessibilité de A est d'autant meilleure que son indicateur prend une valeur faible.

*Le choix des pôles de destination a bien sûr été fait en fonction des villes et des réseaux à évaluer. Ce choix revêt, on l'a vu, une bonne part d'arbitraire. Deux précisions doivent être apportées sur la signification de l'indicateur :*

*- Dans l'application présentée, il ne s'agit pas réellement d'évaluer l'accessibilité globale des villes retenues, mais leur accessibilité en regard d'un faisceau de relations intéressant essentiellement le corridor nord. Ainsi, pour une ville comme Rouen située en périphérie sud de la zone, l'accessibilité aux territoires du sud a été très peu prise en compte.*

*- En l'état, la valeur de l'indicateur d'une ville du corridor dépend largement de sa position relative par rapport aux villes de destination : une ville située au centre de la zone ayant un coût d'accès moyen aux villes de destination naturellement plus faible que celles situées en périphérie, son indicateur sera jugé "meilleur" car plus faible. Cette valeur ne révèle donc que très imparfaitement la qualité intrinsèque de desserte offerte par les réseaux.*

*Pour tenter d'évaluer un niveau de desserte d'une ville, abstraction faite de sa situation géographique dans la région étudiée, on bâtit un indicateur pondéré d'accessibilité, dont on explicite le calcul ci-dessous. Synthétiquement, il s'agit de comparer l'indicateur tel qu'il vient d'être calculé à l'indicateur de la même ville mais établi dans une situation d'offre dite de référence.*

## -> Les coûts généralisés de parcours :

On s'est attaché à évaluer des coûts généralisés révélateurs de la réalité de la qualité de l'offre : ainsi intègre-t-on l'effet de la charge des réseaux routiers sur les coûts des liaisons routières. De même on a cherché à prendre en compte, dans l'évaluation des coûts des relations ferroviaires, la fréquence de desserte et les temps d'accès et d'attente aux gares, ainsi que les temps de correspondance.

Mais, de par le manque ou le caractère agrégé des données disponibles, la qualité de l'offre ne peut cependant qu'être partiellement décrite : ainsi les données de trafics routiers exprimées en moyenne journalière annuelle ne font pas explicitement apparaître les pointes de trafic journalières ou saisonnières. Pour le transport ferroviaire, la contrainte de capacité n'est pas prise en considération : le service est supposé pouvoir satisfaire quantitativement la demande.

La méthode de calcul des coûts de parcours figure en annexe.

## -> L'indicateur pondéré

L'utilisation du critère de coût généralisé dans le calcul des indicateurs permet de révéler l'évolution de l'accessibilité d'une ville selon différents scénarios. Par contre, la comparaison de l'accessibilité des différentes villes pour un même scénario d'offre s'avère hasardeuse; Il apparaît que la situation géographique des villes dans la zone d'étude détermine davantage les écarts entre leurs indicateurs que d'éventuelles disparités de l'offre.

Pour pouvoir réellement comparer les accessibilités des villes en terme de qualité de desserte par les réseaux (et abstraction faite de leur localisation), on propose de comparer le niveau d'accessibilité de chaque ville (tel qu'il vient d'être évalué) à ce qu'il serait dans une situation d'offre de référence.

Il s'agit dans un premier temps de bâtir cet état de référence de l'offre (un par mode) et d'obtenir des coûts généralisés de référence de chaque relation. A partir de ceux-ci, on calcule la valeur de référence de l'indicateur d'accessibilité de chaque ville :

$$N_{\text{réf}} \text{ accessibilité (A)} = \frac{\sum_i [\text{pop}(B_i) \times (1/AB_i)^2 \times C_{\text{réf}}(AB_i)]}{\sum_i [\text{pop}(B_i) \times (1/AB_i)^2]}$$

Le rapport de la valeur de l'indicateur tel qu'il a été déterminé précédemment par sa valeur de référence constitue l'indicateur pondéré d'une ville :

$$\text{Access. pondérée (A)} = \frac{\text{Accessibilité (A)}}{N_{\text{réf}} \text{ accessibilité (A)}} \quad (2)$$

Cet indicateur est sans dimension, de valeur moyenne (théorique) unitaire. Il doit permettre une meilleure comparaison de l'accessibilité des villes les unes par rapport aux

autres, dans la situation d'offre réelle considérée.

Il reste à expliciter la notion d'offre de référence.

### -> L'offre de référence

Le niveau d'offre de référence est défini par des coûts généralisés de référence. Par hypothèse, cette offre doit obéir aux deux principes suivants :

- Sur une liaison déterminée, le coût généralisé de référence ne dépend pas du coût généralisé, mais uniquement du niveau de la "demande potentielle".

Or par hypothèse, et par analogie aux modèles gravitaires, le niveau de la demande potentielle de chaque mode n'est fonction que des caractéristiques de la relation (par définition, sa longueur  $d(AB)$  et les populations des villes A et B). Ce doit donc être aussi le cas pour le coût de référence de chacune des liaisons.

(En particulier, le niveau de l'offre de référence d'une liaison ne dépend pas de la géographie des réseaux considérés.)

- Globalement, c'est-à-dire en moyenne sur l'ensemble des relations considérées, le niveau d'offre de référence équivaut à celui de l'offre réelle du scénario de référence (à savoir l'offre 1992 pour la route et 1993 pour le fer).

Du premier principe, on déduit que l'offre de référence obéit à un critère de répartition systématique sur le territoire.

Le second principe a pour fonction de "calibrer" le niveau d'offre de référence, pour rendre comparables offre effective et offre de référence.

Il reste à vérifier expérimentalement que ces deux principes sont compatibles : cela soutend qu'il existe effectivement un lien direct entre coûts généralisés et variables de demande. La recherche d'une formalisation mathématique d'un tel lien, validée au plan statistique, permet de vérifier cette hypothèse (cf encadré ci-après).

### -> Calcul de l'offre de référence :

Un calcul de régression (suivant la méthode des moindres carrés ordinaires), effectué sur la variable coût généralisé (variable d'offre, expliquée) et les variables de demande (explicatives de la distribution des coûts généralisés) à partir de l'ensemble des relations prises en compte dans la situation d'offre de 1992, a permis d'obtenir les équations suivantes :

$$C \text{ réf route } (AB) = 6,5 + 1,26 \times (\text{dist } AB)$$

$$C \text{ réf rail } (AB) = 30 \times (\text{dist}AB)^{0,67} \times (\text{pop } A \times \text{pop } B)^{-0,084}$$

La variable population est explicative de la structure des coûts ferroviaires mais pas dans de celle des coûts routiers. L'hypothèse d'une corrélation entre la variable d'offre et les variables de demande est validée expérimentalement par la valeur des tests statistiques.

*L'existence de telles relations pourrait être étudiée sur un échantillon plus large de liaisons.*

Les lois d'obtention des coûts de référence permettent de définir le niveau d'offre de référence sur chaque relation.

*Qu'une corrélation offre <-> demande existe, que sa formalisation mathématique permette de déterminer une loi de coûts de référence, ne confère pas pour autant à l'offre de référence un caractère de juste répartition. En effet, la loi de coûts ne fait que reproduire, en la "lissant", la répartition de l'offre telle qu'elle existe réellement. L'intérêt qu'elle présente est d'être constituée selon un critère systématique (et crédible), à savoir les caractéristiques de demande des relations.*

Comme indiqué précédemment, c'est ensuite par application des coûts généralisés de référence à (1) que l'on obtient le niveau de référence de l'indicateur de chaque ville, puis grâce à (2), l'indicateur pondéré d'accessibilité.

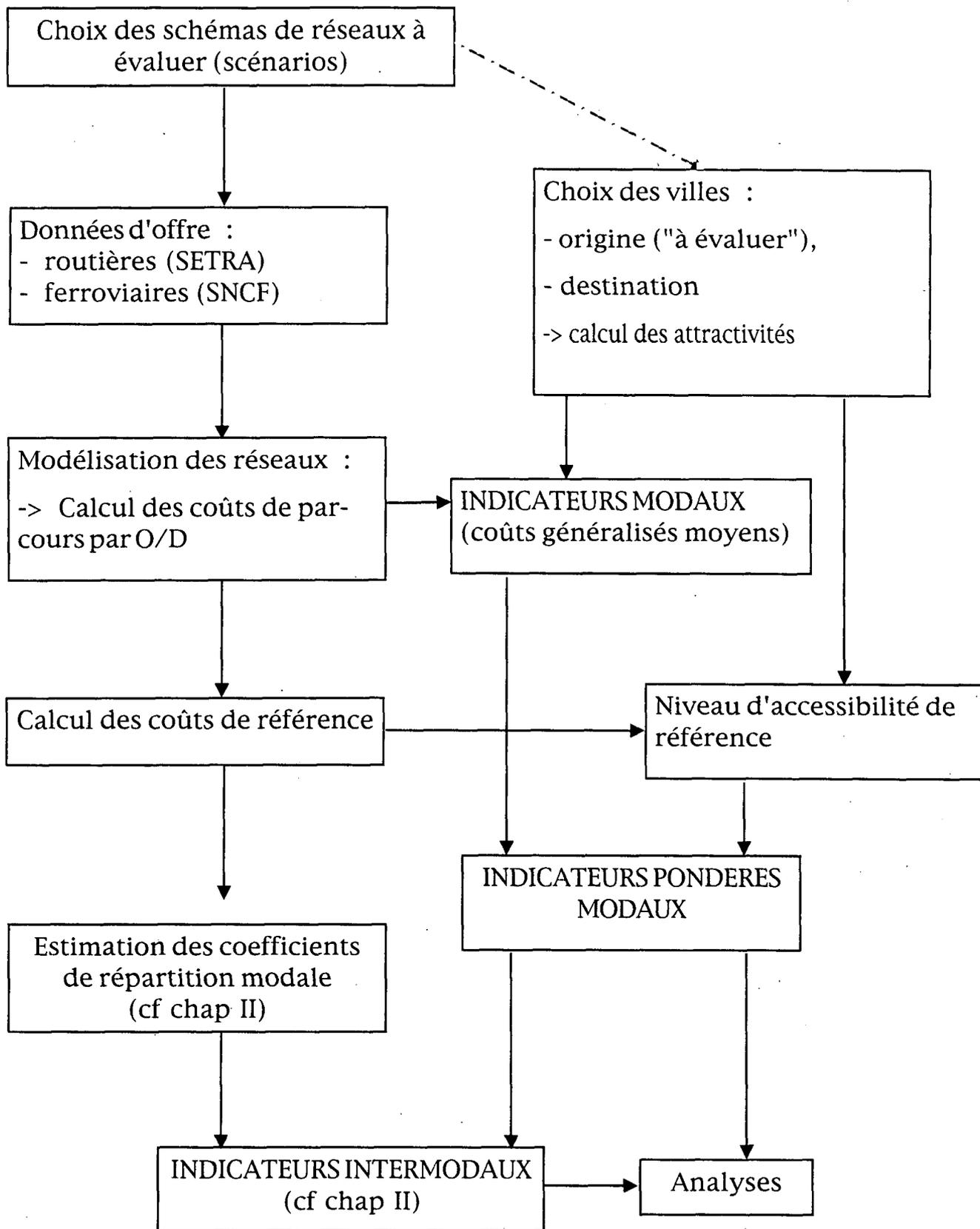
Remarque : Par la suite, sur chacune des relations, la comparaison du coût généralisé et du coût généralisé de référence constitue indirectement un indicateur de la qualité intrinsèque de la desserte : plus le rapport coût généralisé réel / coût généralisé de référence est faible (relativement à 1), meilleure est jugée l'offre. Il est cependant indispensable de garder à l'esprit que cet indicateur tient compte des caractéristiques de la relation.

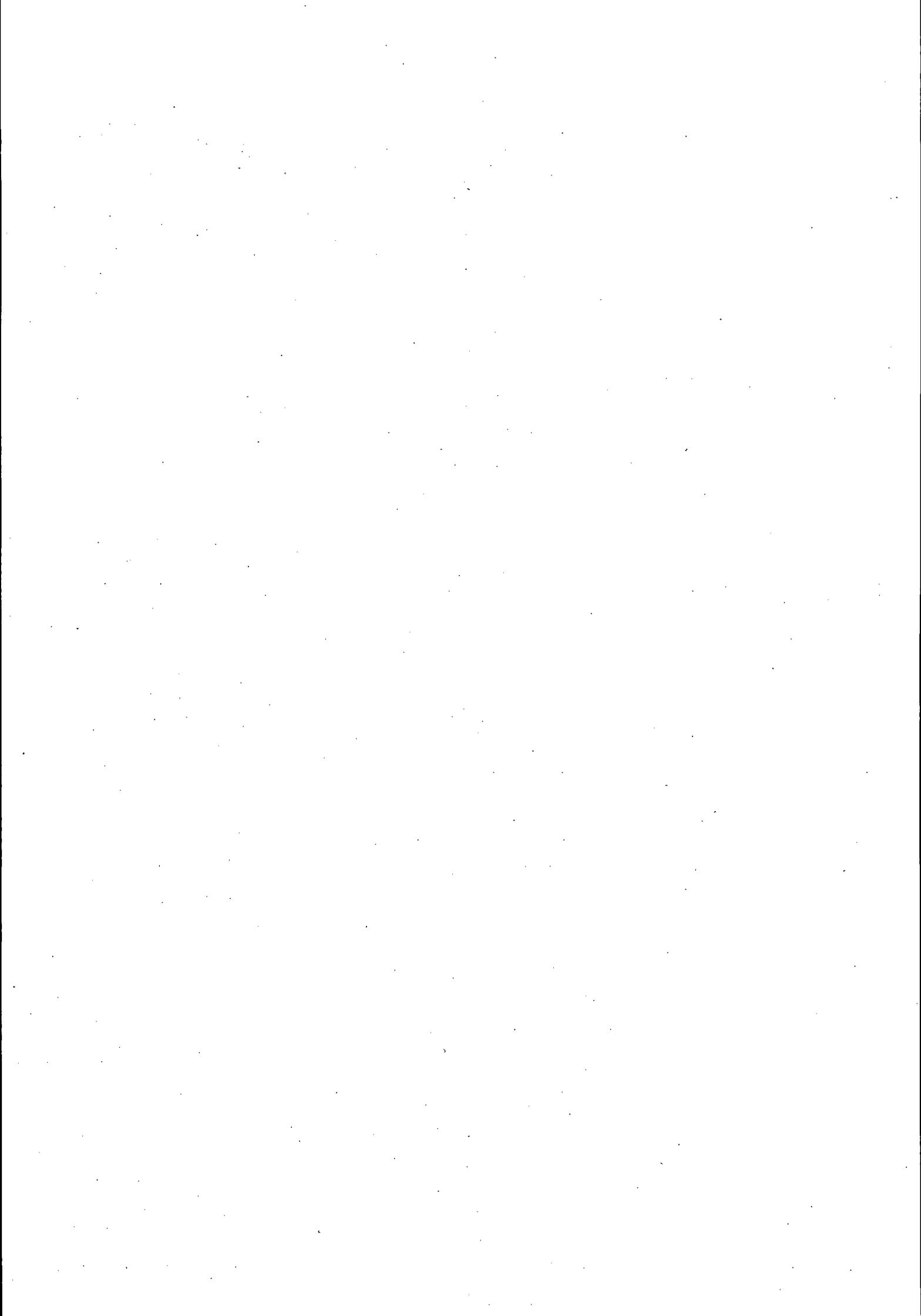
La comparaison directe entre coût généralisé et coût généralisé de référence d'une même relation n'apparaît pas dans la formulation de l'indicateur pondéré d'accessibilité (cf (2)), ni en terme de rapport, ni en terme de différence. Mais ils y figurent tous deux de manière similaire, l'un au numérateur, l'autre au dénominateur. Aussi, les comparaisons explicites entre coûts généralisés et coûts généralisés de référence des relations rentrant dans le calcul de l'indicateur pondéré d'une ville permettent en définitive d'en expliquer la valeur.

Aussi, on a fait figurer en annexe ces coûts comparés, permettant de juger du "niveau de qualité de desserte" estimé par cette méthode sur les diverses relations.

**Le lecteur pourra à ce stade de l'exposé lire les chapitres relatifs aux évaluations modales.**

-> Schéma de principe de la méthode





## II - Accessibilité intermodale

### -> Introduction

Il s'agit dans ce chapitre de concevoir et de calculer un indicateur d'accessibilité intermodal qui rende compte simultanément du niveau des offres routière et ferroviaire.

*Une méthode simple pourrait consister à comparer pour chaque ville ses indicateurs routier et ferroviaire :*

*- En considérant qu'il y a parfaite substitution possible entre les deux offres de transport, on pourrait choisir de retenir le plus grand des deux indicateurs.*

*L'accessibilité d'une ville est ici évaluée par le seul mode par lequel, globalement, il est le mieux desservi.*

*- A l'inverse, en considérant que les modes routier et ferroviaire ne sont pas en situation de concurrence et répondent sur chaque relation à des demandes d'"égale importance", on pourrait déterminer un indicateur intermodal comme étant la somme des deux indicateurs modaux. Les offres routières et ferroviaires sont ici envisagées de manière indépendante.*

*Mais la réalité est plus complexe. Il existe bien sûr une concurrence entre offres routière et ferroviaire mais cette concurrence n'est pas systématique. Suivant la catégorie d'usagers ou le type de déplacement, les conditions de choix modal sont différentes.*

*Certains usagers sont captifs d'un mode (par exemple captifs du train parce que ne possédant pas d'automobile). D'autres ne sont pas en situation réelle de choix modal parce que soumis à des contraintes particulières (par exemple contrainte horaire...).*

*Au niveau des comportements individuels, les déterminants du choix modal sont nombreux et seul un modèle de demande désagrégé pourrait viser à les prendre en compte. La connaissance de la demande étant ici très imparfaite, elle est considérée globalement.*

### -> Calcul de l'indicateur intermodal

Pour chaque ville, l'indicateur intermodal sera obtenu par combinaison linéaire des indicateurs pondérés routiers et ferroviaires.

1 - On détermine dans un premier temps les "parts théoriques" respectives des modes sur chaque relation. Leur calcul s'appuie sur les deux hypothèses suivantes :

i - Sur chaque relation, la répartition modale du trafic ( $\Leftrightarrow$  demande "satisfaite") est fonction des coûts des deux modes de transport :

$$\text{Part de la route (AB)} = f [ C_{\text{route}}(\text{AB}), C_{\text{fer}}(\text{AB}) ] = \lambda_{\text{AB}} \quad (3)$$

et part du fer (AB) =  $1 - \lambda_{\text{AB}}$

Classiquement cette répartition est obtenue à partir d'une loi de type Logit.

ii - Globalement, c'est-à-dire sur l'ensemble des relations qui constituent le réseau, on a vu précédemment qu'il existait une adéquation entre l'offre et la demande. Par l'obtention d'une loi liant le coût des relations aux variables de demande potentielle, on a bâti un niveau d'offre de référence pour chacun des modes, calibré sur le niveau d'offre réel, et rigoureusement réparti sur le territoire.

-> De ceci on déduit que, pour une relation déterminée, l'application à l'équation (3) des coûts de référence de chacun des deux modes permet de déterminer ce que serait le partage modal sur la relation dans la situation d'offre de référence. Cette répartition modale "théorique" résulte donc de la comparaison des efficacités moyennes des deux modes sur la relation considérée.

En pratique, cette répartition a été calculée de manière systématique par utilisation d'une loi Logit dont la formulation est arbitraire : (Un calibrage plus rigoureux aurait nécessité une connaissance des répartitions modales réelles sur différents types de relations.)

1

$$\text{Part de la route (AB)} = \frac{1}{1 + \exp \left\{ 4 \times \left[ \frac{C_{\text{route}}(\text{AB}) - C_{\text{fer}}(\text{AB})}{C_{\text{route}}(\text{AB}) + C_{\text{fer}}(\text{AB})} \right] \right\}}$$

2 - Ensuite on détermine la répartition modale théorique moyenne au départ d'une ville "origine" A :  $\lambda_A$  pour la route et  $(1 - \lambda_A)$  pour le fer. La part d'un mode au départ de A est obtenue par combinaison linéaire des parts sur chaque relation  $A \leftrightarrow B_i$  avec pour coefficients les attractivités relatives des villes destination  $B_i$  pour A :

$$\lambda_A = \sum_i (\text{attractivité } B_i \rightarrow A) \times \lambda_{AB_i} \text{ pour la route}$$

$$\text{et } 1 - \lambda_A = \sum_i (\text{attractivité } B_i \rightarrow A) \times (1 - \lambda_{AB_i}) \text{ pour le fer}$$

En définitive :

$$\text{Access intermodale(A)} = \lambda_A \times \text{Access pond. route(A)} + (1 - \lambda_A) \times \text{Access pond. fer(A)}$$

Remarque : Lors de l'analyse, et bien que cette notion n'apparait pas explicitement dans la formulation de l'indicateur intermodal, il est fait état de la qualité intermodale de desserte sur une relation . Elle est jugée au moyen de la valeur de l'expression :

$$\lambda_{\text{AB}} \times [C_{\text{route}}(\text{AB})/C_{\text{route réf}}(\text{AB})] + (1 - \lambda_{\text{AB}}) \times [C_{\text{fer}}(\text{AB})/C_{\text{fer réf}}(\text{AB})]$$

Il s'agit de la "somme" des rapports des coûts réels par les coûts de référence des deux modes sur la relation AB, somme pondérée par la part théorique de chacun des deux modes. Plus elle est petite relativement à un et meilleure est jugée la qualité de la relation AB.

### i - Pourquoi utiliser les coûts de référence dans le calcul des parts modales?

Il semble en effet que l'on aurait pu simplifier le raisonnement en accordant à chaque mode dans le calcul du coût intermodal d'une relation un poids équivalent à la proportion estimée du trafic qu'il assure. Cette proportion est directement calculée à partir de la prise en compte des coûts généralisés réels modaux de la relation.

Ce choix dispense d'utiliser les coûts de référence. Il nous paraît erroné dans la mesure où on accorderait d'autant plus d'importance à un mode sur une relation que son différentiel de niveau d'offre avec celui du mode concurrent sur cette relation est élevé.

Un exemple simple permet d'illustrer l'erreur ainsi commise. Soit une ville A ne bénéficiant pas de service ferroviaire mais d'une desserte routière de bonne qualité. La part modale du fer étant nulle sur chaque relation  $A \leftrightarrow B_i$ , seul le niveau d'offre routier entre en compte dans le calcul du coût intermodal de cette relation.

$$\text{On a : } \text{Access}_{\text{intermodal}}(A) = \text{Access}_{\text{route}}(A)$$

Dans une situation ultérieure, l'offre routière restant inchangée, une offre ferroviaire de médiocre qualité (et donc ne captant qu'une faible part du trafic réel car  $C_{\text{route}} AB_i < C_{\text{fer}} AB_i$ ) est mise en service sur chaque relation  $A \leftrightarrow B_i$ . On conçoit que cette desserte accroît l'accessibilité intermodale de A, puisqu'elle permet par exemple à des personnes qui n'en avaient jusque là pas la possibilité d'effectuer les relations  $A \leftrightarrow B_i$ .

La proportion du trafic réalisée au départ de A par le fer devient alors  $\epsilon$ , inférieur à 0,5. Celle de la route est  $(1-\epsilon)$ . L'accessibilité intermodale de A s'exprime alors :

$$\text{Access}_{\text{intermodal}}(A) = (1-\epsilon) \times \text{Access}_{\text{route}}(A) + \epsilon \times \text{Access}_{\text{fer}}(A)$$

L'indicateur intermodal de A est supérieur dans le deuxième cas de figure que dans le premier, ce qui est contradictoire avec une amélioration manifeste de l'offre dont bénéficie A. L'indicateur d'accessibilité intermodale n'est donc pas pertinent.

### ii - Pourquoi calculer l'accessibilité intermodale à partir des indicateurs pondérés ?

La méthode de calcul de l'indicateur intermodal par combinaison linéaire des indicateurs modaux nécessite que ceux-ci soient directement confrontables.

Or, les différences dans les évaluations des coûts généralisés réels entre ces deux modes rendent en pratique la comparaison des indicateurs de coûts moyens peu pertinente. Essayons d'en donner une illustration dans un cas concret : la comparaison des évaluations de Paris et d'une ville moins importante.

Supposons que l'on calcule l'indicateur intermodal comme expliqué plus haut (c'est-à-dire par combinaison linéaire des indicateurs modaux) au moyen des indicateurs de coûts moyens réels de chacun des deux modes. Par un classique effet de structure, l'indicateur intermodal de Paris va se trouver artificiellement surestimé par rapport à ce-

lui d'une autre ville par le double fait que :

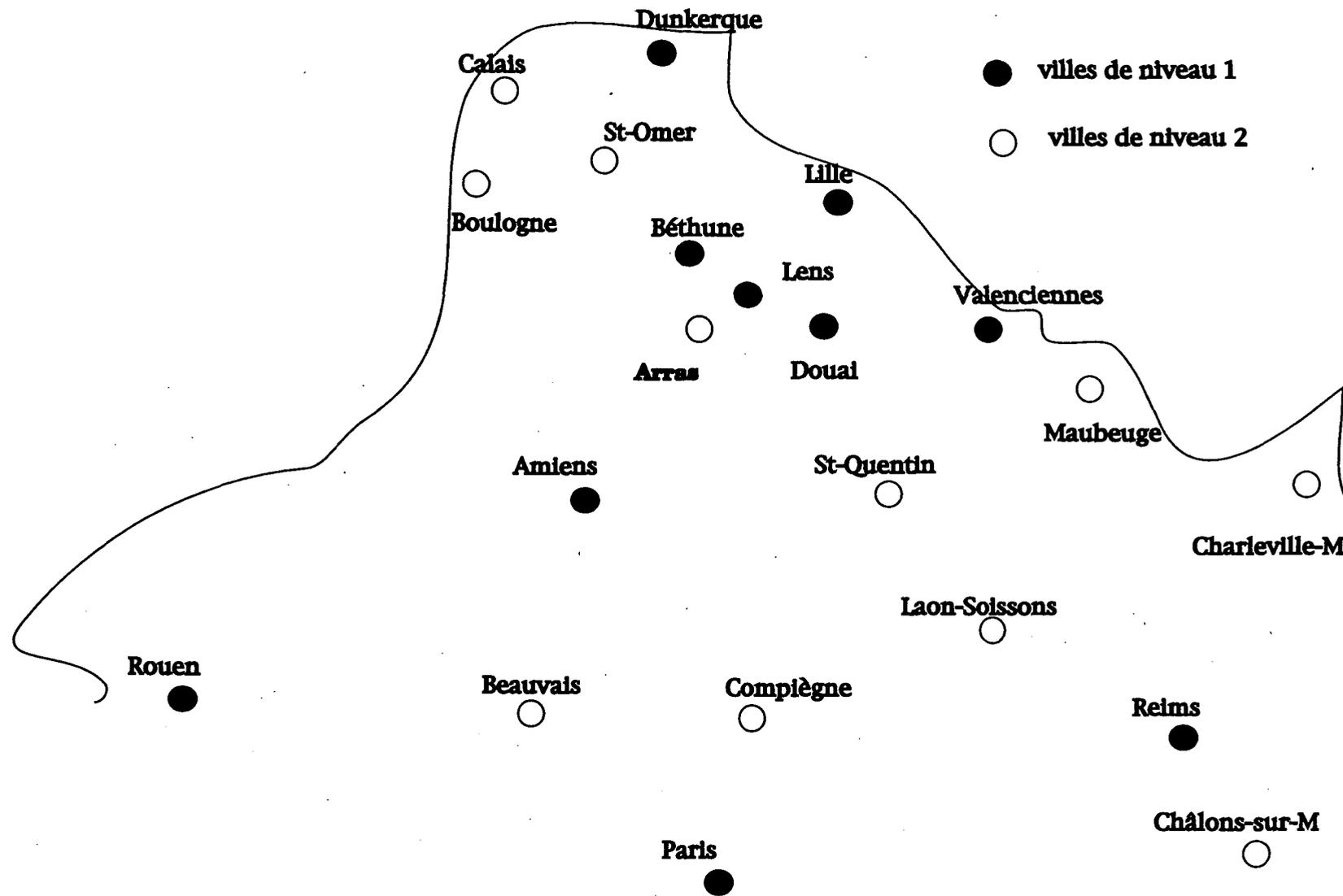
- Pour les relations au départ de Paris, on accorde une part au transport ferroviaire importante relativement à ce qu'elle est pour les relations au départ d'une ville moins peuplée.

- Il n'en demeure pas moins que le coût généralisé réel d'une relation est presque toujours inférieur par la route que par le train (même pour les relations au départ de Paris).

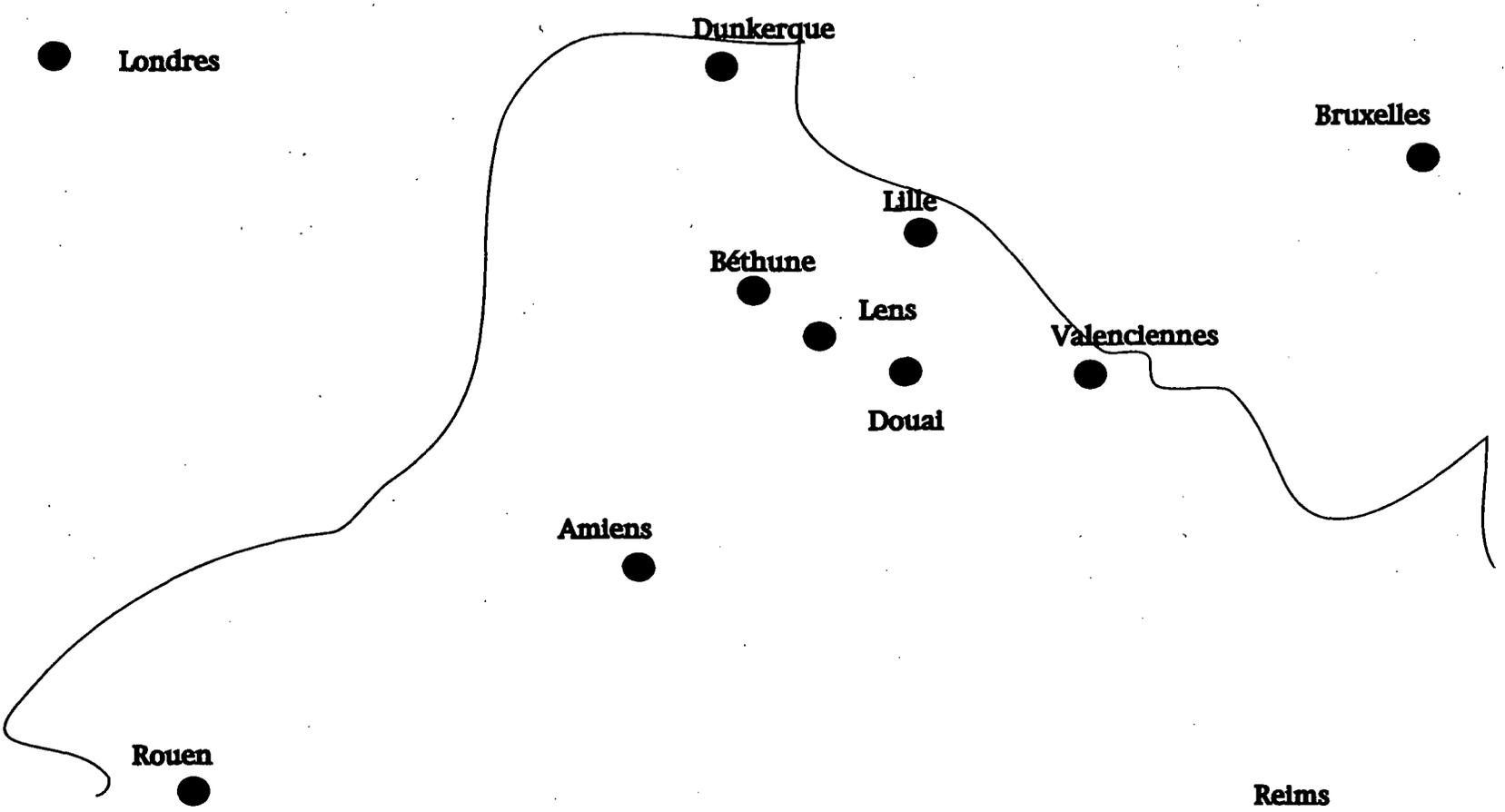
Bien qu'assurant une "bonne" desserte de Paris (ce qui justifie qu'on le prenne largement en compte pour l'évaluation intermodale de cette ville), le système ferroviaire contribue donc ici à augmenter l'indicateur intermodal de Paris de par le "poids" qu'il lui est accordé.

La supériorité quasi-systématique des coûts ferroviaires sur les coûts routiers peut refléter la réalité de l'offre (on l'espère...), mais aussi provenir en partie des différences existantes dans les méthodes d'évaluation des coûts de chaque mode. En tout état de cause, le calcul d'un indicateur intermodal par combinaison linéaire d'indicateurs modaux non pondérés comporte un biais.

L'utilisation des indicateurs modaux pondérés par le niveau d'accessibilité de référence pour calculer l'indicateur intermodal permet d'éviter ce biais.



Villes dont on mesure l'accessibilité



**Londres**

**Dunkerque**

**Bruxelles**

**Lille**

**Béthune**

**Lens**

**Valenciennes**

**Douai**

**Amiens**

**Rouen**

**Reims**

**Paris**

**Nantes - Bordeaux**

**Lyon - Marseille**

**Villes de destination**

### III - L'accessibilité routière - résultats

Les graphiques ci-après présentent l'indicateur pour chaque ville, classées par ordre décroissant d'accessibilité pour la situation 1992, puis pour les différents scénarios envisagés (scénario actuel, scénario 2010 de référence, avec A1 bis, avec RN 2 aménagée sur tout son tracé, avec hypothèse de forte ou de faible croissance de trafic).

Les villes de 1<sup>er</sup> et de 2<sup>ème</sup> niveau sont classées séparément, les pôles de référence utilisés n'étant pas les mêmes dans les deux cas (cf chapitre I).

L'évaluation de l'accessibilité est menée en terme de coût généralisé moyen de parcours, d'abord sans puis avec pondération par le niveau de référence de l'indicateur.

Le choix de l'un ou l'autre des indicateurs modifie le classement des villes. Par contre, les évolutions de l'indicateur d'une même ville d'un scénario à l'autre sont similaires.

#### -> La situation actuelle

##### - Le coût généralisé moyen de parcours comme critère d'évaluation

Il existe un lien direct entre la valeur de l'indicateur des villes (exprimé en terme de coût généralisé moyen de parcours) et leur position géographique : celles occupant une position centrale dans la zone d'étude sont les mieux classées (Lens, Béthune, Douai, Lille, Arras).

Parmi les grandes villes, Paris occupe la dernière place, malgré sa position centrale dans le réseau routier. Cela tient à son éloignement relatif aux autres villes de référence, ainsi qu'à la congestion régnant à son approche. L'excentrement géographique contribue aussi aux mauvaises positions de Boulogne et de Charleville-Mézières.

##### - L'accessibilité comparée au niveau de référence

Lorsqu'on utilise l'indicateur pondéré par le niveau de référence, le classement se trouve notablement modifié : Valenciennes et Reims sont les grandes villes bénéficiant de la meilleure accessibilité, car connectées à des autoroutes reliant directement à la fois le bassin du Nord et Paris (A23 et A2 pour Valenciennes, A16 et A4 pour Reims).

Le rang de Lille reste honorable, la ville étant à la croisée d'un nœud autoroutier (mais la diminution des vitesses de parcours à l'approche de l'agglomération lilloise nuit à son accessibilité). La situation est mauvaise pour Béthune qui connaît des difficultés d'accès aux villes voisines et notamment à Lille (par la N41).

Les relations de courte distance prennent une forte importance dans l'évaluation de l'accessibilité des villes situées dans le bassin du nord. Ces relations sont supposées s'effectuer sur le réseau tel qu'il a été modélisé, c'est à dire à la quasi-exclusion des routes départementales, ce qui, entre des villes proches et exerçant une forte attraction mutuelle n'est pas évident.

A cette dernière exception près, la situation des grandes villes du corridor en matière de qualité de desserte routière apparaît assez homogène dans l'état actuel.

Parmi les villes moyennes, les mieux classées, outre Maubeuge, sont celles situées entre les deux grands bassins de population (nord et parisien) et bien reliées à eux dans l'état actuel du trafic : Laon, Beauvais, Soissons, St-Quentin, Compiègne.

Celles du nord de la zone d'étude (Calais mais surtout Boulogne et St-Omer) souffrent d'une assez mauvaise connection au réseau notamment autoroutier.

#### -> La situation 2010 dans le scénario dit "de référence" ( sans A1bis)

La saturation croissante de l'A1 à l'horizon 2010 fait sentir ses effets sur l'accessibilité des villes du nord de la France, quelle que soit l'hypothèse de croissance de trafic retenue :

	Hyp. basse	Hyp. haute
Lille, Lens, Douai, Arras	+ 13 % à + 10 %	+ 20 % à + 16 %
Béthune	+ 4 %	+ 12 %
Dunkerque, Rouen	+ 2 %	

Variation de l'indicateur entre 1992 et 2010  
scénario de référence  
selon hyp. de croissance du trafic

La situation de St-Omer se dégrade légèrement dans l'hypothèse d'une forte croissance de trafic (+ 2 %).

Par contre, la plupart des autres villes qui ne sont pas situées dans le corridor proprement dit bénéficient des améliorations de l'offre : A 16 pour Boulogne, Calais, aménagement de la RN 2 pour Soissons et Maubeuge (ainsi que de la RN 49), A 24 pour Charleville-Mézières.

En terme de coût généralisé, Amiens et Beauvais ne semblent tirer que peu de bénéfice de la réalisation de l'A16, l'intérêt des gains de temps induits étant réduits par le surcoût du péage. (L'évaluation en terme de temps de parcours fait évidemment apparaître un effet plus grand de l'A16 pour ces deux villes.)

*Remarque : Plus généralement, la mise en service d'une route à 2x2 voies hors péage (par exemple une RN aménagée) se traduit dans l'évaluation par une économie de coût*

généralisé pour les usagers plus forte que celle procurée par une autoroute à péage. Aussi l'effet sur les indicateurs d'accessibilité est plus fort dans le premier cas que dans le second. Mais l'aménagement d'une RN à 2x2 voies ne nuit-il pas à sa capacité de desserte locale ? A contrario, une autoroute n'améliore-telle pas la desserte locale en délestant la RN non aménagée qu'elle vient "doubler" de son trafic de longue distance ? Ces effets potentiels ne sont pas pris en compte dans cette étude.

Les villes suivantes sont celles dont l'accessibilité se trouve le plus améliorée :

	Hyp. basse	Hyp. haute
Charleville, Maubeuge	- 9 %	
Laon, Soissons, Boulogne	- 6 %	
Calais	- 2 %	

Variation de l'indicateur entre 1992 et 2010  
scénario de référence  
selon hypothèse de croissance du trafic

L'amélioration est particulièrement notable pour les villes situées à l'est de la zone. Elle est indépendante de l'hypothèse de croissance retenue, signe que les axes qui les desservent ne souffrent pas de congestion.

Les indicateurs d'accessibilité de Paris, Reims, St-Quentin, Châlons Compiègne varient peu (ou pas du tout) à l'horizon 2010.

Globalement, les problèmes de congestion sur l'A 1 ont un effet fort sur l'accessibilité des villes qu'elle dessert, tandis que les villes qui en sont plus distantes bénéficient pour la plupart des aménagements nouveaux.

L'évolution est donc particulièrement défavorable au bassin de population du Nord.

#### -> La situation 2010 avec l'A1 bis

La réalisation de l'A1 bis permet de remédier à la détérioration de l'accessibilité des villes du nord de la France. Les évolutions ci-dessous sont à rapprocher de celles figurant sur le tableau précédent :

	Hyp. basse	Hyp. haute
Lille, Lens	0 %	
Béthune	- 7 %	
Douai, Arras	+ 6 % à + 10 %	
Beauvais, Amiens, Dunkerque	- 4 % à - 2 %	

Variation de l'indicateur entre 1992 et 2010  
scénario avec A1 bis  
selon hypothèse de croissance du trafic

Lille, Lens et Béthune bénéficient de l'"effet A1 bis". Il est beaucoup moins marqué pour Douai et Arras qui sont relativement mal raccordées, dans l'hypothèse de réseau retenue, à l'A1 bis.

Amiens, Beauvais et dans une moindre mesure Dunkerque voient aussi leur accessibilité améliorée par l'A1 bis.

Pour les autres villes, l'effet de l'A1 bis est négligeable.

#### -> La situation 2010 sans l'A1 bis mais avec RN2 totalement aménagée

Un scénario alternatif consiste à aménager la RN 2 à 2x2 voies sur toute sa longueur (et notamment entre Laon et Maubeuge), et à ne pas construire l'A1 bis. Malgré les reports de trafics de l'A1 sur la RN 2 qui en découlent, l'effet en terme d'accessibilité pour les villes du bassin du nord est faible. Ainsi, à l'horizon 2010, les indicateurs de Lille, Lens et Arras croissent de 18 % ou 10 % selon l'hypothèse de croissance de trafic (contre + 20 % ou + 12 % dans le scénario de référence).

L'aménagement complet de la RN 2 n'améliore pas non plus l'accessibilité des autres villes du bassin du nord. Les effets de l'aménagement complet de la RN2 ne se font sentir que sur l'accessibilité de Maubeuge (-13 % contre - 9 % dans le scénario de référence), Laon et Soissons. Cette méthode ne fait donc pas apparaître l'intérêt de la RN2 en tant qu'alternative à la construction de l'A1bis.

#### -> Les résultats de la modélisation du réseau

##### 1 - Les coûts généralisés réels des sections

Ceux-ci figurent en annexe. On ne présente ici que les variations de coûts des sections déterminantes quant à celles des indicateurs d'accessibilité.

Dans la situation de 1992, les arcs du réseau les plus "coûteux" sont :

- ceux au départ de Paris (du fait qu'il intègrent des coûts de parcours urbains),
- les accès à Lille par le sud : A1 ( n° des nœuds : 1-29) et N41 (1-28) avec des coûts kilométriques de 1,8 et 2,6 F/km.

Les moins coûteux correspondent aux chaussées à 2x2 voies sans péage.

Dans le scénario de référence à l'horizon 2010 (1), ce sont les axes précédemment chargés du bassin du Nord qui voient leur coût fortement croître :

*(1) : en l'absence de précision contraire, les valeurs correspondent à l'hypothèse de forte croissance de circulation)*

- + 114 % pour l'A1 au sud de Lille (1-29),
- + 40 % sur la N41 (au sud de Lille en direction de Béthune) et entre Arras et Lens.

Les coûts généralisés de parcours entre Lille d'une part et Béthune, Lens ou Paris d'autre part croissent dans ce scénario de respectivement 37 %, 70 % et 17 % (respectivement de 10 %, 43 % et 10 % dans l'hypothèse de faible croissance des trafics).

L'évolution des conditions de circulation dans l'agglomération parisienne n'ayant pas

été prise en compte, le coût des sections d'accès à Paris varient peu.

Les sections bénéficiant dans le même temps d'aménagement à 2x2 voies sans péage connaissent une baisse de leur coût généralisé de parcours d'environ 20 % : Beauvais-Reims (N31), Rouen-Abbeville (A28), Reims-Charleville-Mézières(A24), Paris-Laon (RN2), Boulogne-Dunkerque A16), Boulogne-A26 par A261, Valenciennes-Maubeuge (RN 49)

Pour les nouvelles autoroutes à péage (A16 entre Paris et Boulogne, A29) le gain est beaucoup plus faible.

La réalisation de l'A1 bis permet de limiter la croissance de coût de parcours de l'A1 au sud de Lille et d'offrir une alternative à l'utilisation des RN 41 et RN 47 pour les villes du nord : les coûts des relations entre Lille d'une part et, d'autre part Béthune, Lens et Paris s'en trouvent fortement diminués : - 27 %, - 2 %, + 7 % par rapport à 1992.

#### -> La comparaison à l'état de référence

On rappelle que les coûts de référence des différentes liaisons entre villes ont permis d'évaluer un niveau de référence des indicateurs (servant de comparaison à la valeur des indicateurs calculés dans les différents scénarios considérés).

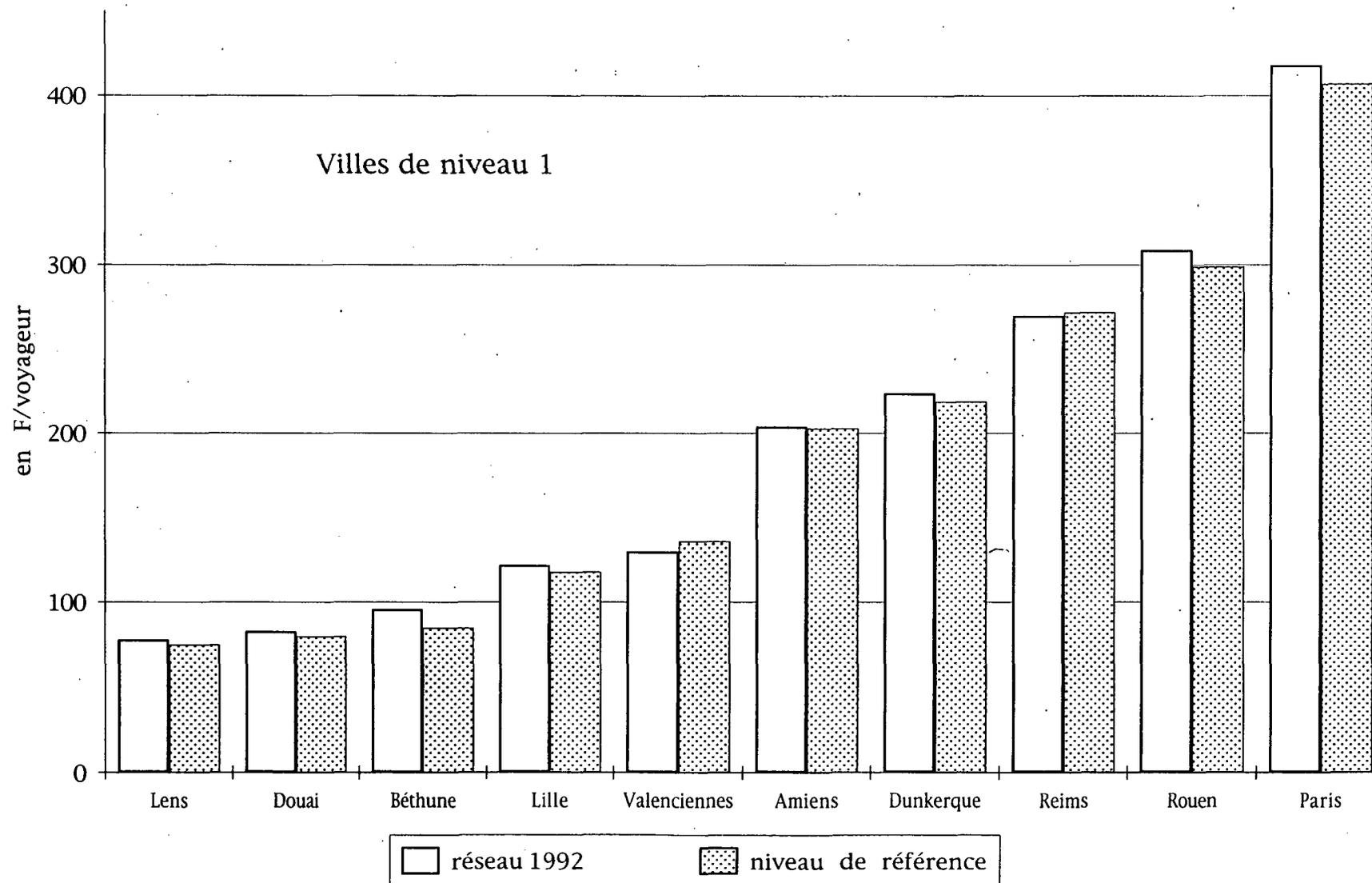
La loi d'obtention des coût de référence (cf chapitre I) a été calculé à partir de l'ensemble des 317 relations dont on a évalué le coût. Dans la situation de 1992, le coût généralisé réel d'une relation s'écarte en moyenne de 6 % du coût de référence de cette même relation, ce qui est faible (cf table et représentation graphique en annexe). Cet écart est un indicateur de la qualité de la relation : le coût réel d'une relation est d'autant inférieur à son coût de référence que la desserte est de bonne qualité. (La comparaison de ces coûts figure en annexe.)

Pour certaines relations, cet écart relatif peut être important. Le coût généralisé réel de la relation Béthune <-> Lille est supérieur de 56 % à son coût de référence. Il faut y voir là la mauvaise qualité de desserte par la RN 41 fortement saturée.

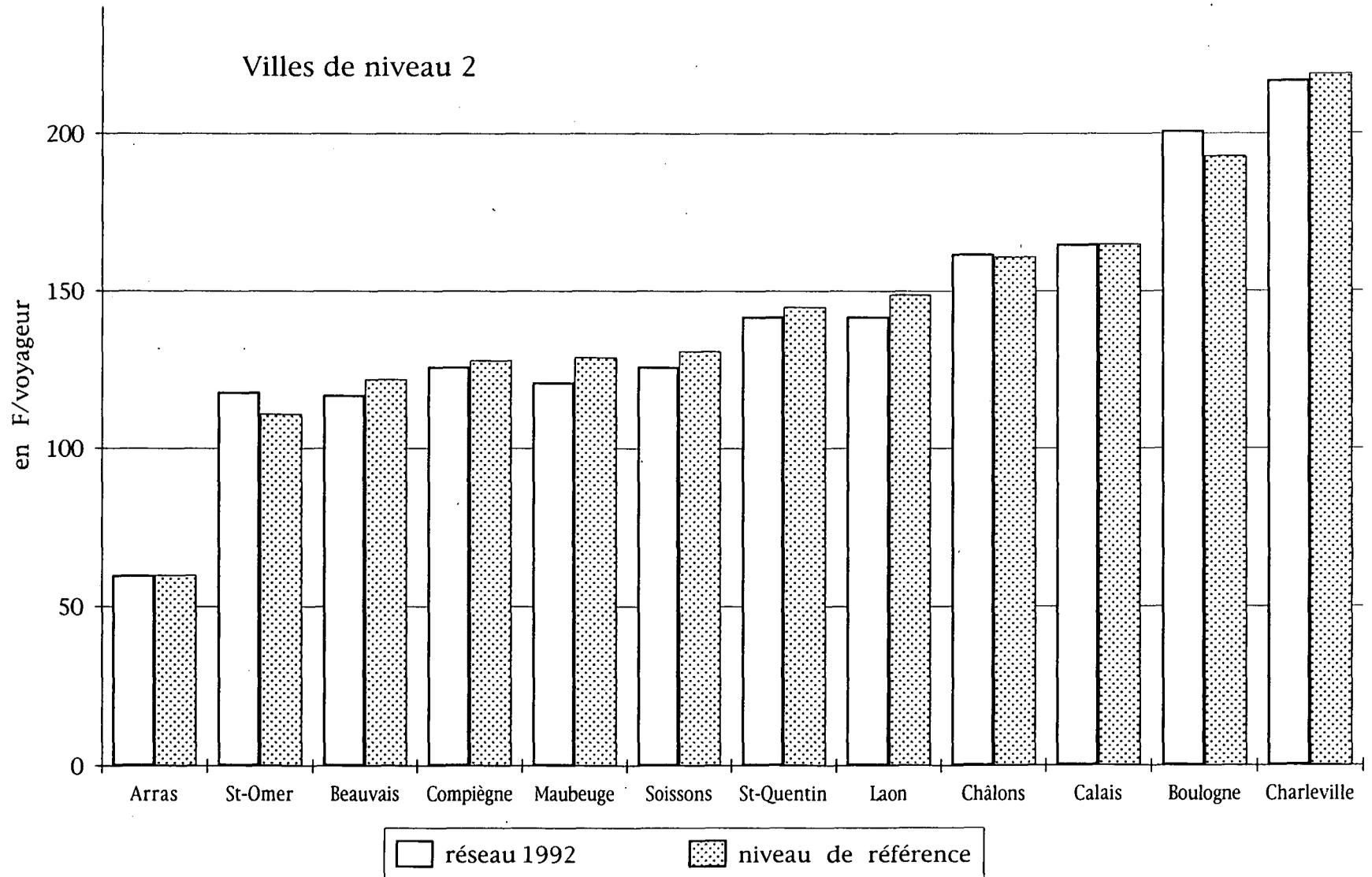
Pour d'autres relations l'important écart existant entre coût réels et coûts de référence (jusqu'à 35 % pour Béthune <-> Dunkerque) peut provenir d'un maillage du réseau modélisé trop grossier : les axes secondaires qui sont susceptibles d'"optimiser" le coût de certaines liaisons (notamment de courte distance) n'ont pas été pris en compte. La fonction de desserte interurbaine du réseau départemental est ainsi quasiment occultée. Le coût de certaines relations de courte distance peut s'en trouver surestimé.

Enfin le coût généralisé réel de certaines liaisons dans la situation de 1992 est assez nettement inférieur au coût de référence ( de l'ordre de - 20 % sur Arras <-> Douai, St-Quentin <-> Laon, Châlons <-> Reims, Valenciennes <-> Lille...) : cela tient à la qualité de la desserte routière entre ces villes.

## Indicateur d'accessibilité routière

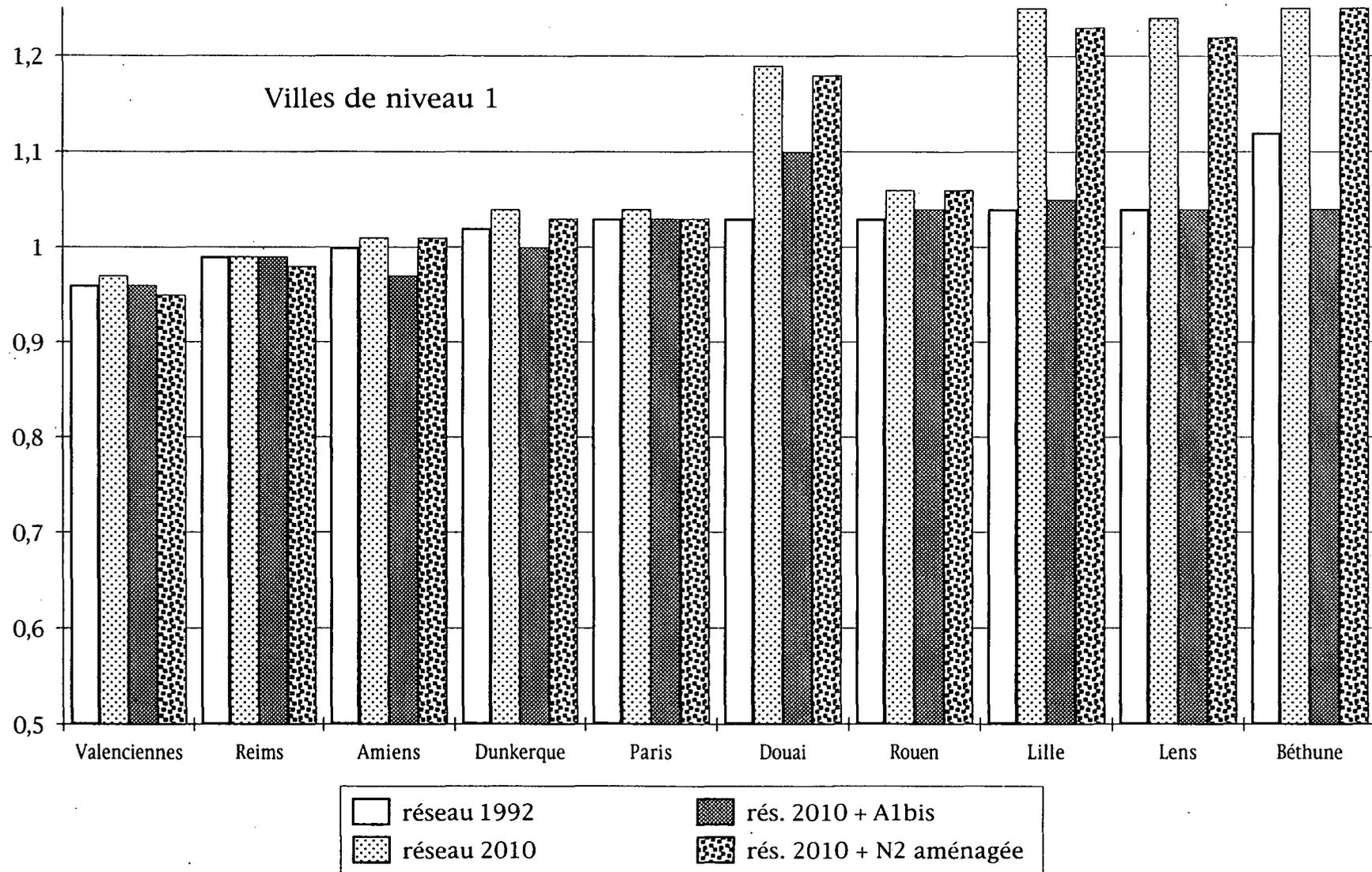


# Indicateur d'accessibilité routière



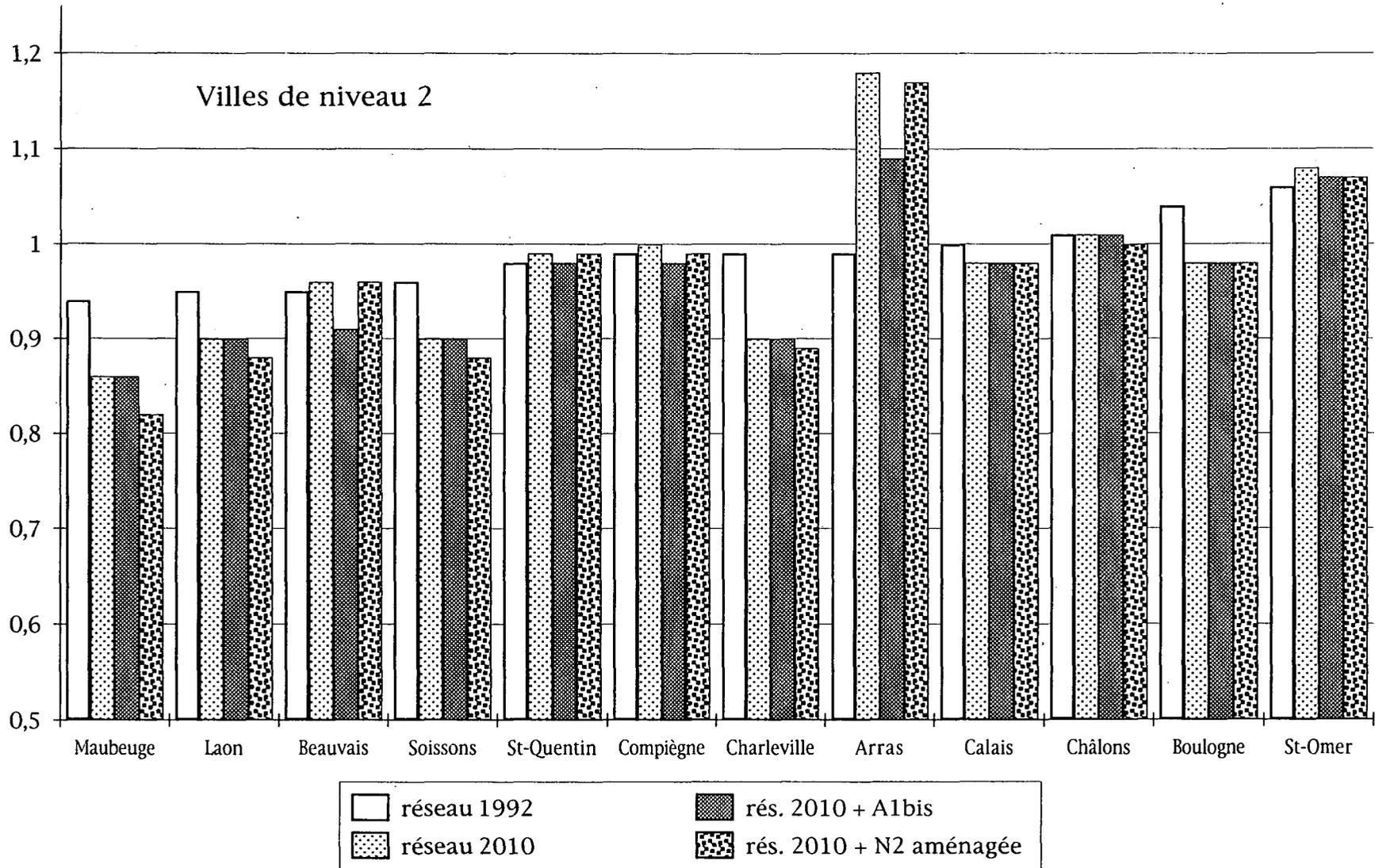
Indicateur pondéré d'accessibilité routière  
hypothèse haute de croissance de trafic

O.E.S.T. - Accessibilité



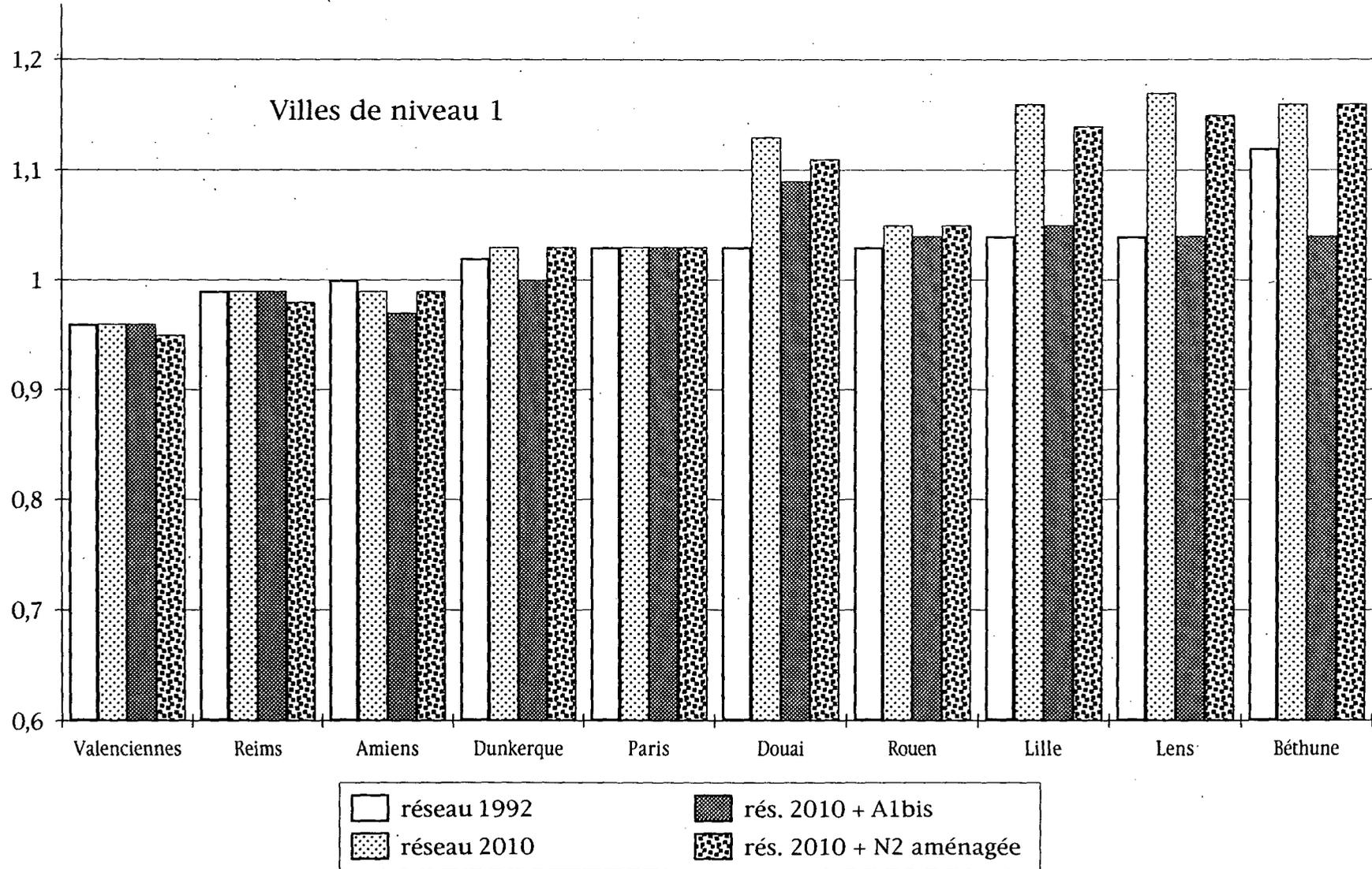
**Indicateur pondéré d'accessibilité routière**  
hypothèse haute de croissance de trafic

O.E.S.T. - Accessibilité



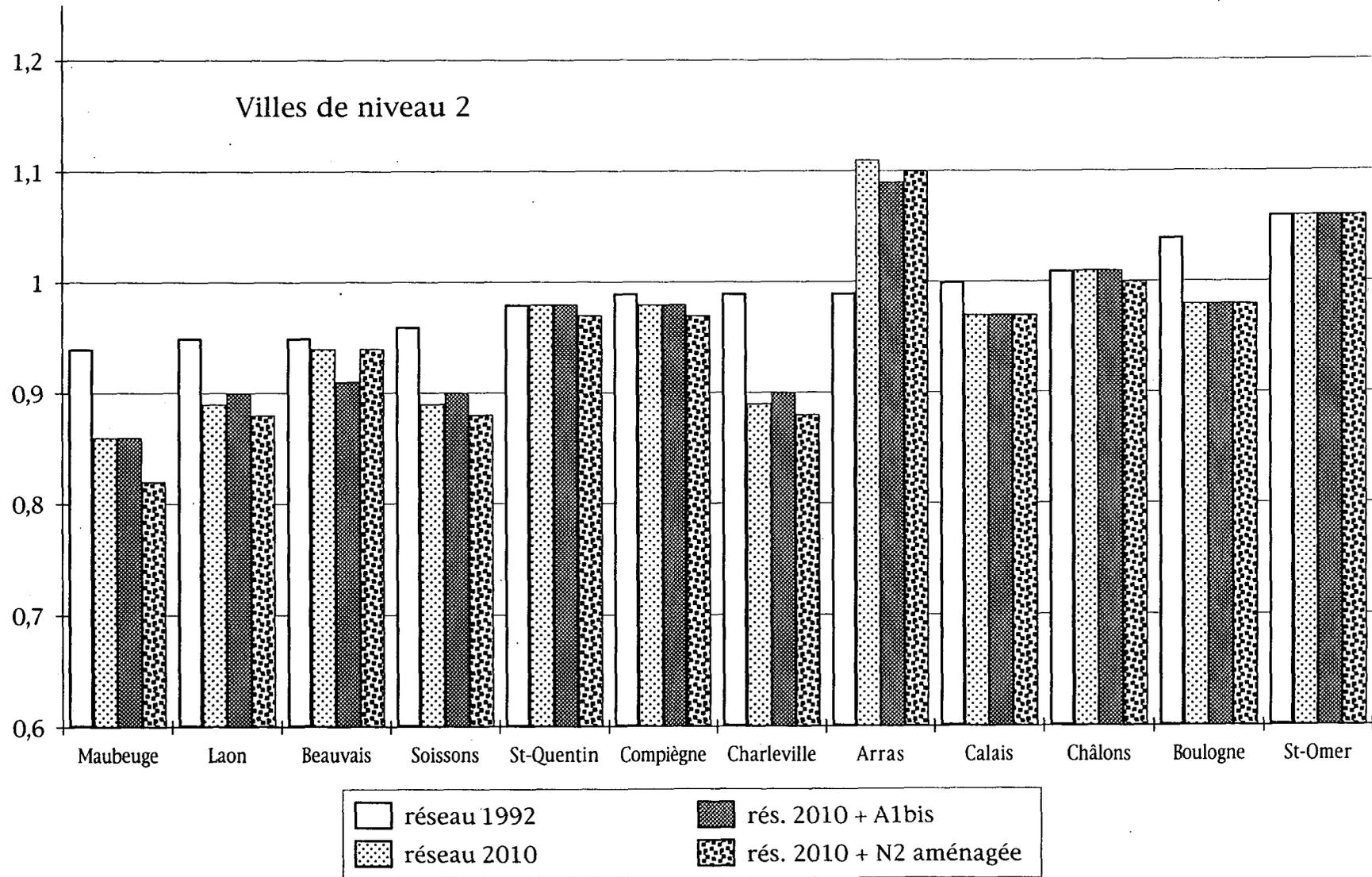
Indicateur pondéré d'accessibilité routière  
hypothèse basse de croissance de trafic

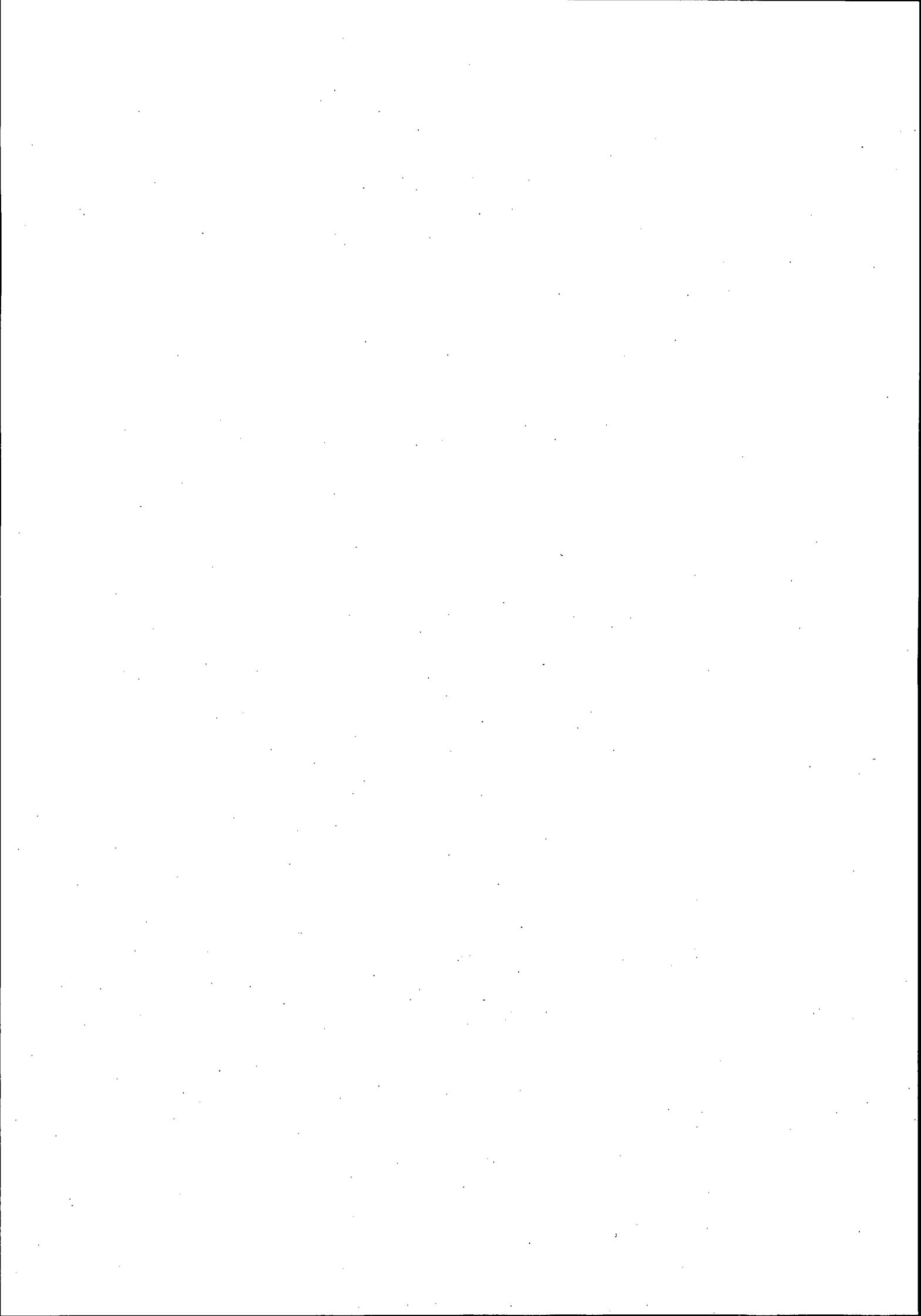
O.E.S.T. - Accessibilité



**Indicateur pondéré d'accessibilité routière**  
hypothèse basse de croissance de trafic

O.E.S.T. - Accessibilité





## IV - L'accessibilité ferroviaire - résultats

*Tout au long de l'analyse, on fait référence à la qualité des diverses relations ferroviaires considérées telle qu'elle est définie en fin du chapitre I (c'est-à-dire par comparaison du coût généralisé et du coût de référence d'une même relation). La pertinence de ce critère en matière d'offre ferroviaire est discutée dans l'encadré ci-après.*

### -> La situation 1993

(Les résultats graphiques sont présentés ci-après)

Comme pour la route, les villes les mieux classées en terme de coût moyen d'accès aux villes de référence sont celles situées au centre de la zone d'étude (Arras, Lens, Douai, Béthune, Lille). Les villes plus excentrées (Paris, Rouen, Reims, Boulogne, Charleville-Mézières...) présentent logiquement une plus mauvaise accessibilité selon ce critère.

Mais, si l'on raisonne en terme d'indicateur pondéré d'accessibilité, la situation se trouve changée : Amiens bénéficie de la meilleure accessibilité ferroviaire dans la zone d'étude, du fait notamment de la qualité attribuée à ses relations avec Paris et Lille. Sui-vent ensuite Dunkerque, Douai, Paris et Lille.

Lens, Valenciennes et Reims sont les plus mal classées. La qualité des relations ferroviaires au départ de Valenciennes, si elle est jugée bonne avec les villes voisines du Nord, est médiocre avec Paris et Bruxelles. Reims, correctement reliée avec Paris, l'est très mal avec les villes du Nord de la France (et assez mal avec Lyon et Marseille...).

Les liaisons ferroviaires entre les villes moyennes et Paris sont jugées de bonne qualité. C'est notamment le cas de Arras, par ailleurs "bien reliées" aux autres villes du Nord. Soissons et surtout Beauvais ont de très mauvaises liaisons ferroviaires avec le nord de la France (d'où la valeur médiocre de leur indicateur).

### -> Evolution des indicateurs entre 1993 et 2000

D'un scénario à l'autre, les variations de l'indicateur vont toujours dans le sens d'une amélioration de l'accessibilité (diminution des indicateurs). Cela tient aux gains de performances du réseau mais aussi en partie au fait que la modélisation n'intègre pas de notion de saturation de l'offre ferroviaire (comme elle le fait pour la route...). En d'autres termes, il est implicitement fait l'hypothèse que tout usager peut prendre le train de son choix !

Seul un faible nombre de relations sont supposées affectées par une modification de l'offre (essentiellement des relations de longue distance). Aussi, entre 1993 et 2000, les indicateurs n'évoluent pas pour les villes de 2<sup>ème</sup> niveau (du fait du nombre limité de villes de destination retenues pour leur évaluation). Seule parmi celles-ci, Calais voit ses conditions de desserte varier : remplacement total du service classique par une desserte ferroviaire avec Paris. Mais le surcoût induit annule le gain de temps réalisé.

Les villes dont l'accessibilité s'améliore le plus sont celles qui sont situées au pourtour de la zone.

Plus fortes variations de l'indicateur entre 1993 et 2000 :

Paris	- 8 %
Reims, Valenciennes, Lille, Dunkerque, Rouen	-7 % à - 6 %
Amiens, Douai, Béthune, Lens	- 4 %

La moindre variation de l'indicateur ferroviaire des villes du bassin du Nord (Lens, Douai, Béthune) tient en bonne part à l'absence d'évolution des conditions de desserte sur les relations représentant une forte attractivité pour chacune de ces villes.

### -> Le TGV Picardie

L'incidence du TGV Picardie ne se fait sentir que sur trois relations : Paris-Londres (- 16 minutes), Paris-Amiens (- 8 minutes) et Amiens-Londres (- 40 minutes).

Aussi, seuls les indicateurs de Paris (- 9 % par rapport à la situation de 1993), Rouen (- 8 %) et surtout d'Amiens (- 8 %) connaissent une variation.

### -> Coûts généralisés et coûts généralisés de référence

Sur l'ensemble des relations considérées (dont on a calculé le coût généralisé de parcours ferroviaire), l'écart moyen entre le coût généralisé et le coût généralisé de référence est de 14 %. (cf table des coûts en annexe). Il est donc plus important que pour la route (6 %).

La plus grande dispersion de la variable de coût tient à l'hétérogénéité de l'offre ferroviaire et des paramètres servant à la décrire. Cette variable de coût inclut à la fois :

- des prix (tarifs intégrant des rabais),
- des temps de parcours, de correspondance et de trajets terminaux,
- ainsi que des temps traduisant l'intervalle moyen entre deux trains d'une même relation,

Ces temps sont traduits en terme de coût par le biais d'une valeur du temps (52F/heure).

Suivant les relations, la part de ces composantes dans le coût généralisé varie de manière importante :

Sur la relation Lille <-> Paris, le prix est élevé : 0,86 F par km à vol d'oiseau. Il représente à lui seul 60 % du coût généralisé. La valeur du temps retenue dans l'évaluation

du coût généralisé étant relativement faible (celle de la 2ème classe SNCF), la valorisation de la grande vitesse et de la fréquence élevée sur cette relation l'est aussi.

Sur la relation Amiens <-> Paris (desserte classique), la fréquence reste élevée, mais le prix moyen est beaucoup plus bas (0,47 F par km à vol d'oiseau). D'où un coût généralisé qui l'est aussi.

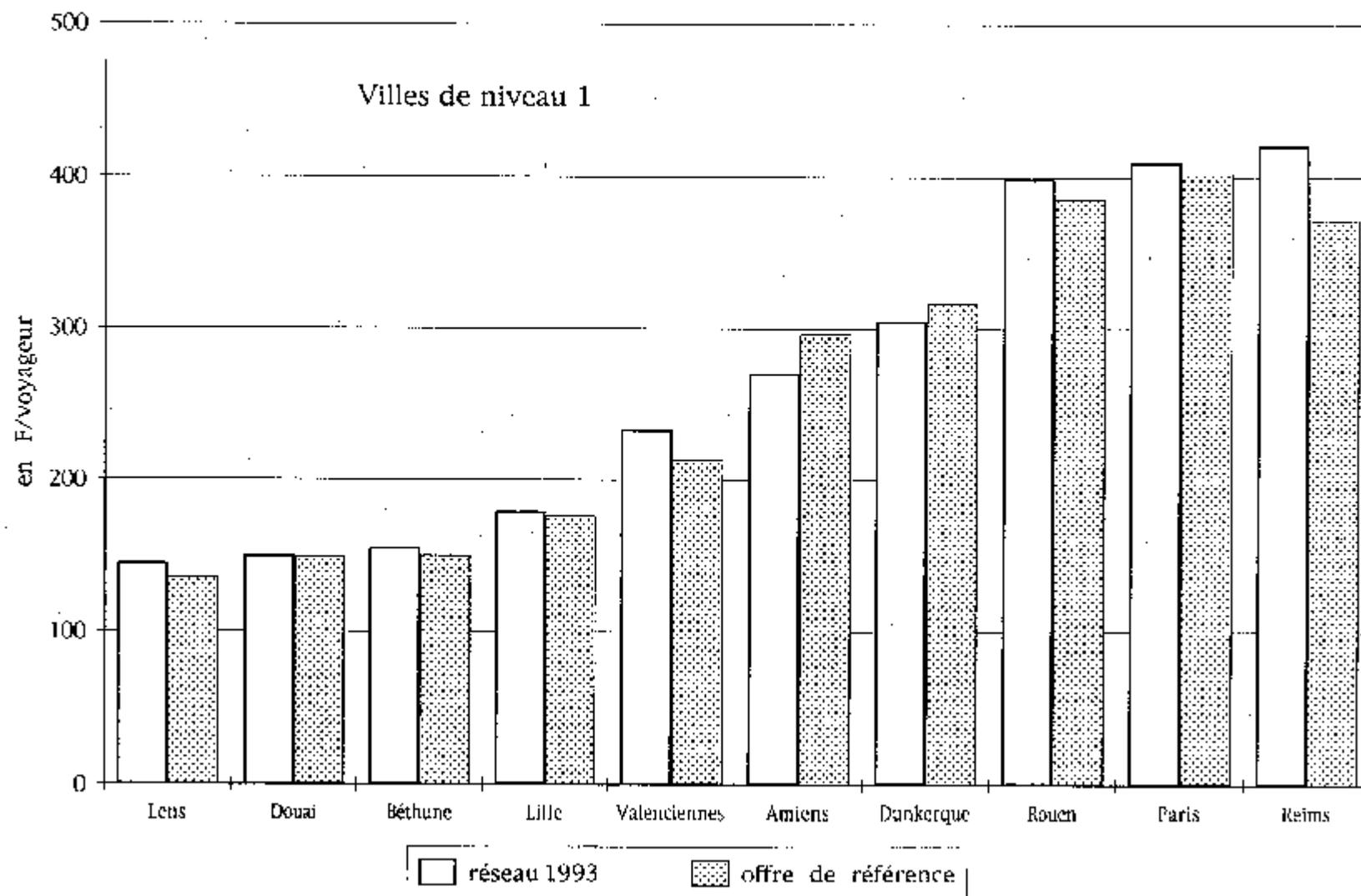
La mise en service d'une desserte à grande vitesse entre Paris et Calais entre 1993 et 2000 ne se traduit pas par un gain de coût généralisé. Le gain de temps est largement compensé par le surcoût de prix. On en conclut que les paramètres utilisés dans le calcul des coûts ne semblent pas favoriser les liaisons à grande vitesse : la comparaison des coûts réels et des coûts de référence amène souvent à considérer celles-ci de piètre qualité (ex : Paris-Lille), relativement à des dessertes classiques, de moindre prix.

*Il ne faut pas y voir une raison de remise en cause du concept ou de la méthode de calcul des coûts de référence. Si l'on considère qu'il existe une sous-estimation manifeste de la qualité de desserte offerte par la grande vitesse, c'est au niveau de la valorisation des gains de temps induits qu'il s'agit de la corriger.*

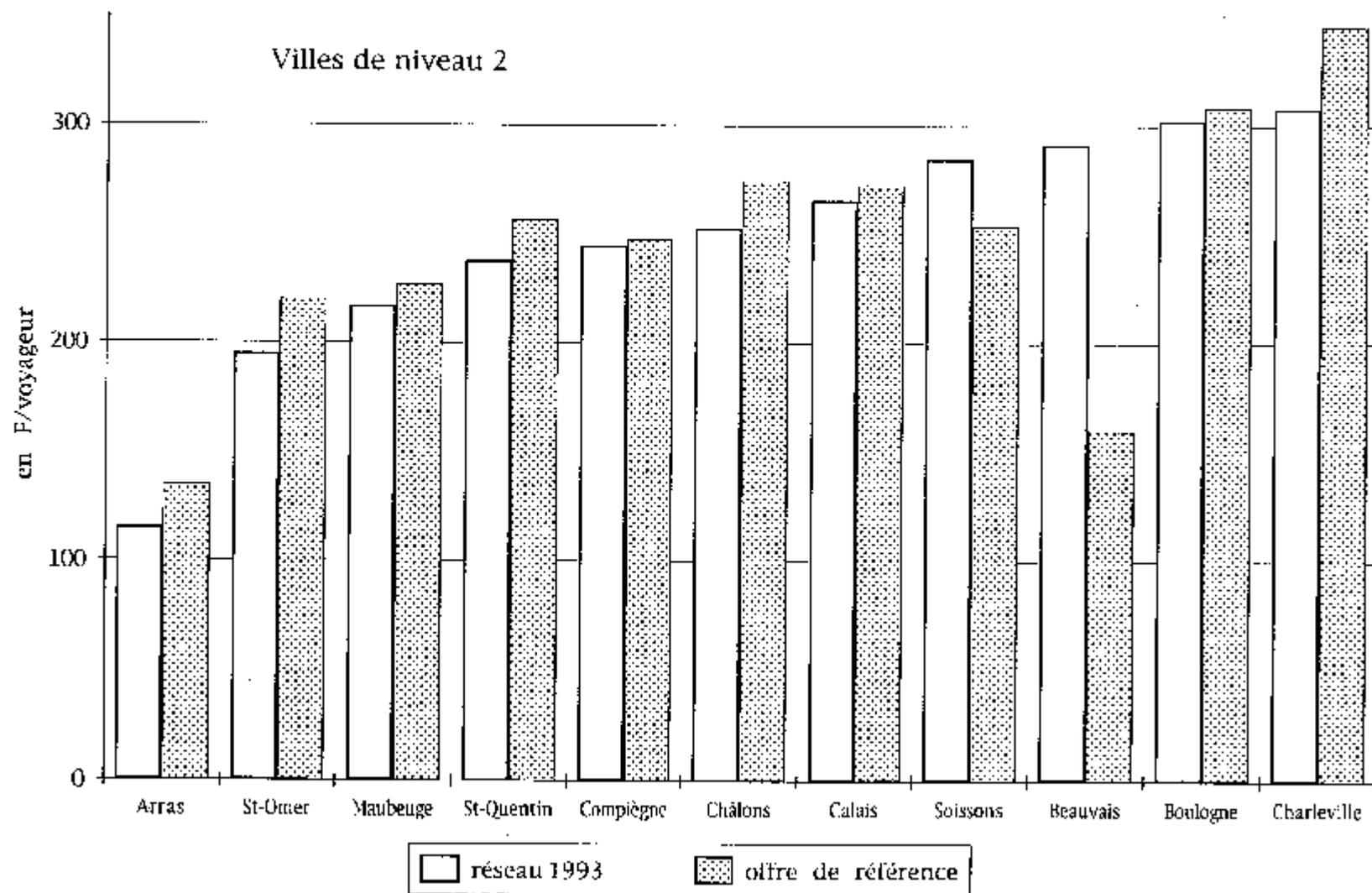
Les correspondances dans une relation représentent généralement un surcoût en terme de temps (de parcours et/ou d'attente) mais aussi de prix par kilomètre à vol d'oiseau (par allongement du parcours effectif). Ceci explique la qualité jugée mauvaise de relations entre des villes comme Rouen ou Reims d'une part et les villes nord d'autre part du fait de correspondances par Paris.

Sur des relations de courte distance, le "poids" des divers temps d'attente (valorisés) intervient fortement et, en définitive le prix ne constitue plus qu'une faible part du coût généralisé (de l'ordre de 15 %). Du fait de la prise en compte des parcours terminaux le coût généralisé de ces relations est relativement incompressible.

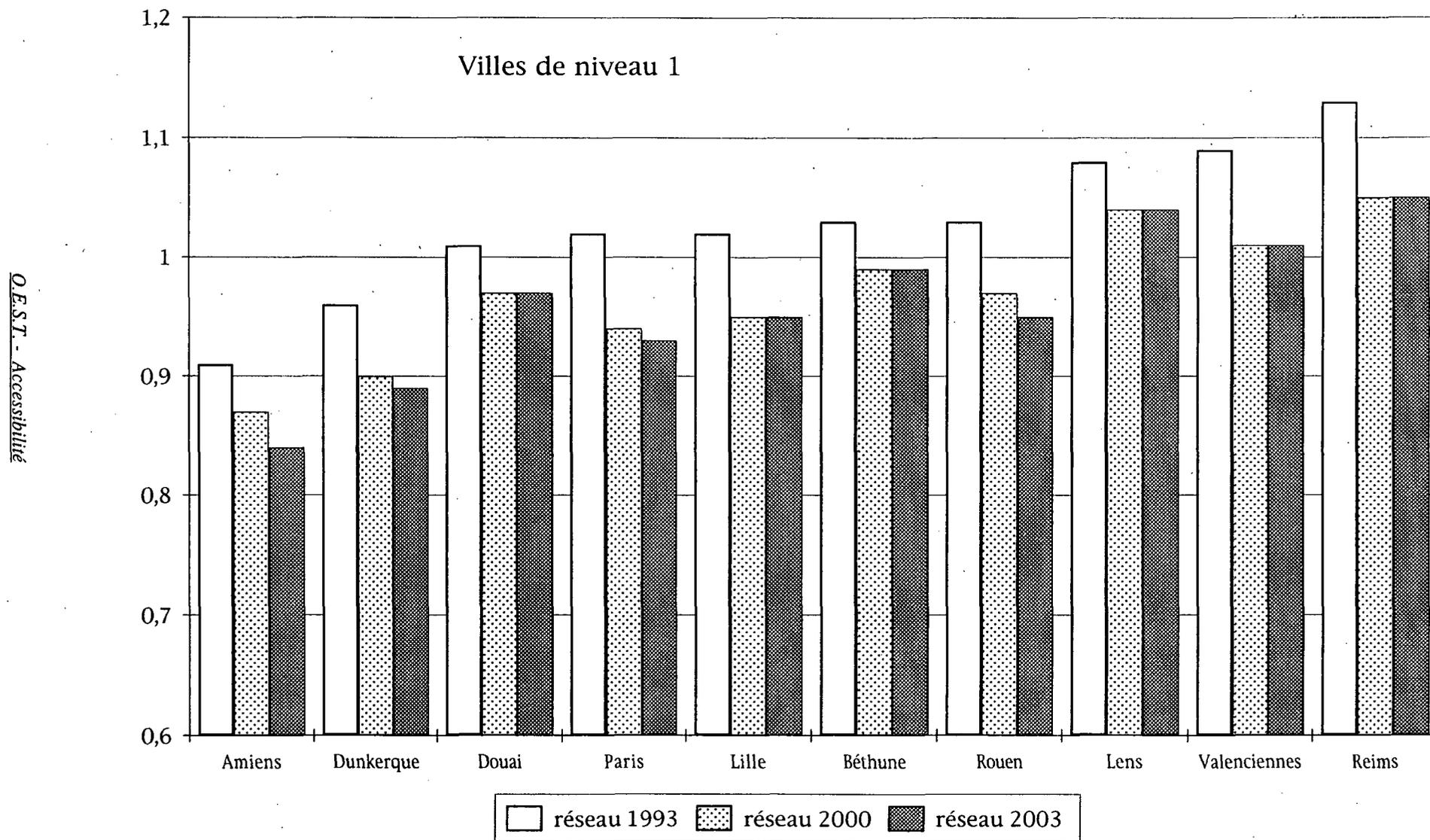
## Indicateur d'accessibilité ferroviaire



## Indicateur d'accessibilité ferroviaire

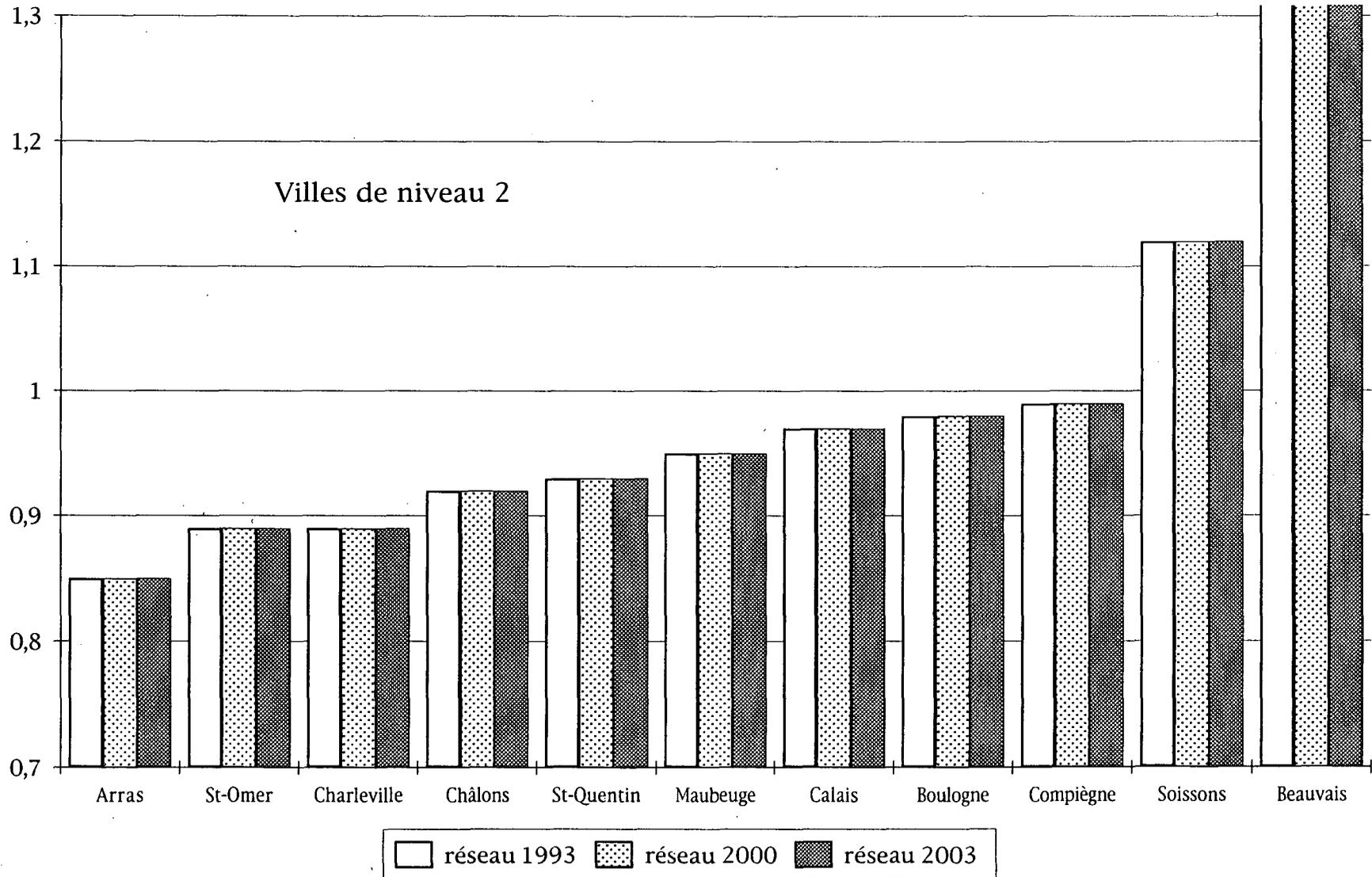


## Indicateur pondéré d'accessibilité ferroviaire



# Indicateur pondéré d'accessibilité ferroviaire

O.E.S.T. - Accessibilité



## V - L'évaluation intermodale

Trois situations d'offre ont été successivement étudiées :

- Offre routière de 1992 et offre ferroviaire de 1993,
- Réseau routier de référence "2010" (hypothèse haute de croissance de trafic) et réseau ferroviaire "2000",
- Réseau routier "2010" avec Albis (hypothèse haute de croissance de trafic) et réseau ferroviaire "2003".

*L'évaluation pâtit des différences des horizons entre scénarios routiers et ferroviaires ainsi que de différences dans la méthode de calcul des coûts.*

### -> La situation actuelle

Parmi les villes de niveau 1, c'est Amiens qui apparaît être, et de loin, la ville la plus accessible au sein du corridor, devant Valenciennes, Dunkerque et Paris (1). Lens et Béthunaise voient attribuer les plus mauvaises notations.

- Amiens doit son bon classement à la qualité générale de ses relations avec les villes de destination (à l'exception de Dunkerque) et en particulier avec Paris (tant routière que ferroviaire).

- Valenciennes bénéficie de liaisons de qualité avec Lille et Dunkerque (et moyennes avec les autres villes du bassin du nord). Ses liaisons avec Bruxelles et Paris sont bonnes par la route mais médiocres par le train.

- Dunkerque est bien reliée avec Lille et Bruxelles, et moyennement avec Paris.

- Paris pâtit de relations assez mauvaises avec Bruxelles et Marseille. (Cependant, la situation de Paris se serait sûrement trouvée nettement améliorée si on avait pris en compte le transport aérien dans l'évaluation.)

- L'évaluation des quatre grandes villes du bassin du nord accorde une part importante à leurs liaisons mutuelles. Or certaines de ces liaisons sont jugées de mauvaise qualité ce qui explique le niveau très moyen de leur indicateur. Lille bénéficie d'un bon accès à Valenciennes (et correct à Paris).

Parmi les villes de second niveau, Maubeuge apparaît la plus accessible. Suivent ensuite Charleville-Mézières, St-Quentin et Arras. Boulogne, St-Omer et Beauvais semblent souffrir de médiocres conditions d'accessibilité.

- Maubeuge est bien relié à Lille et assez bien à Paris

---

(1) Il convient de rappeler que la mesure est menée en regard de relations intéressant le corridor, l'objet étant d'évaluer les réseaux de cette zone. L'indicateur ne révèle donc pas l'accessibilité "totale" des villes étudiées.

- Charleville est bien reliée à Reims et aux villes du bassin du Nord.
- St-Quentin bénéficie de bonnes liaisons vers Reims, Amiens et Paris (mais moins bonnes avec les villes du nord).
- Malgré une desserte routière satisfaisante, Beauvais apparaît mal classée car elle pâtit de la mauvaise qualité de ses relations ferroviaires vers les villes autres que Paris.
- A l'inverse, Arras doit notamment son assez bonne position à la qualité de sa desserte ferroviaire.

#### -> La situation 2010 sans A1bis et TGV Picardie

Dans la situation d'offre de référence et comme on pouvait s'y attendre, les situations de Lille, Arras, Lens, Douai et Béthune se détériorent nettement.

Parmi les villes de niveau 1, l'accessibilité de Paris et Reims s'améliore. Maubeuge, Charleville-Mézières, Soissons, Calais, Boulogne connaissent une évolution favorable. Les indicateurs intermodaux des autres villes (St-Quentin, Compiègne, Beauvais et St-Omer) restent stables.

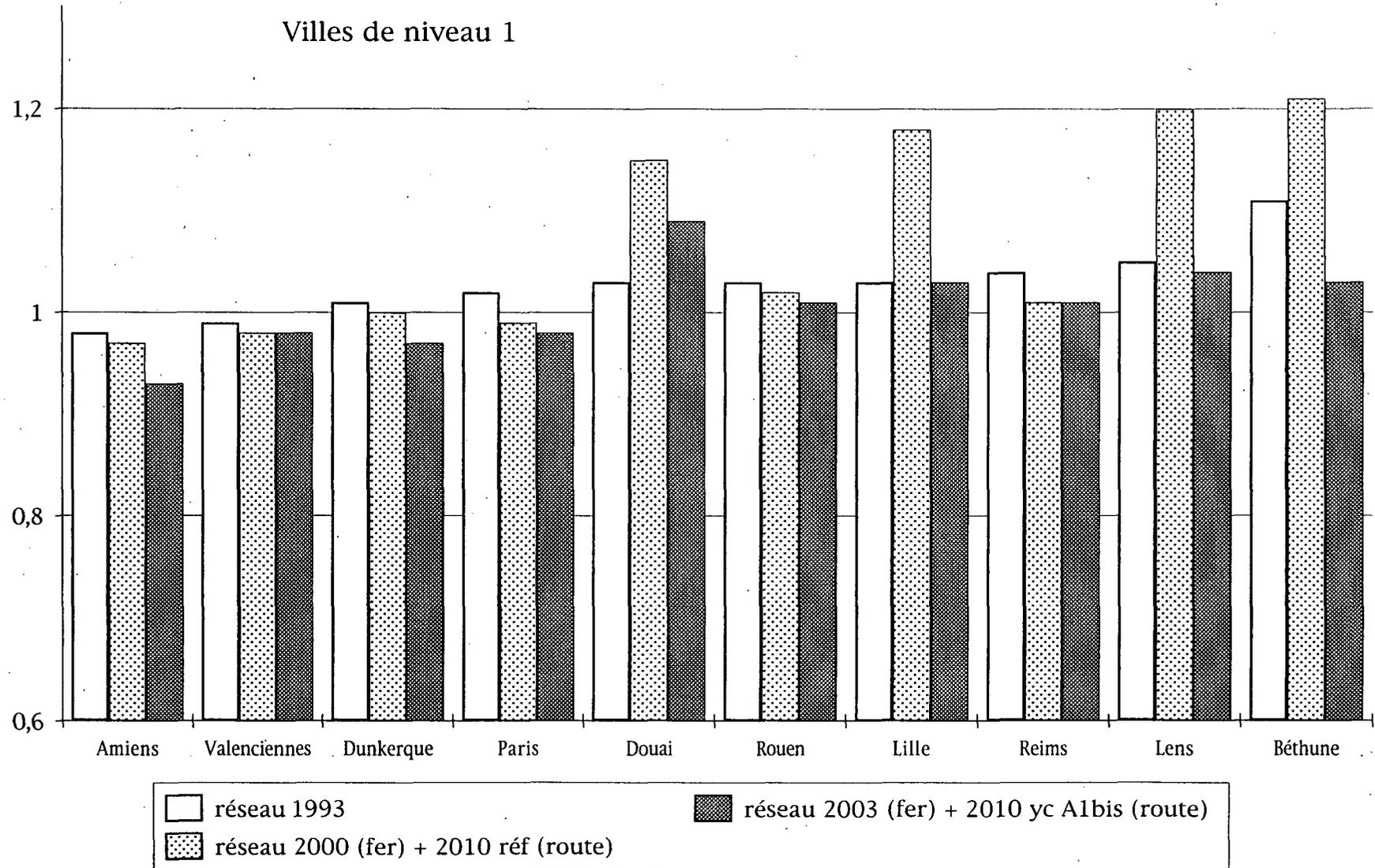
#### -> La situation 2010 avec A1bis et TGV Picardie

La nette amélioration des situations de Lille, Lens, Béthune (ainsi que de Amiens) par rapport au scénario précédent tient pour l'essentiel à la réalisation de l'A1bis. L'amélioration est beaucoup moins nette pour Douai et Arras qui sont assez éloignées du tracé considéré de l'A1bis.

Les situations de Dunkerque et de Beauvais se trouvent aussi améliorées par rapport au scénario précédent.

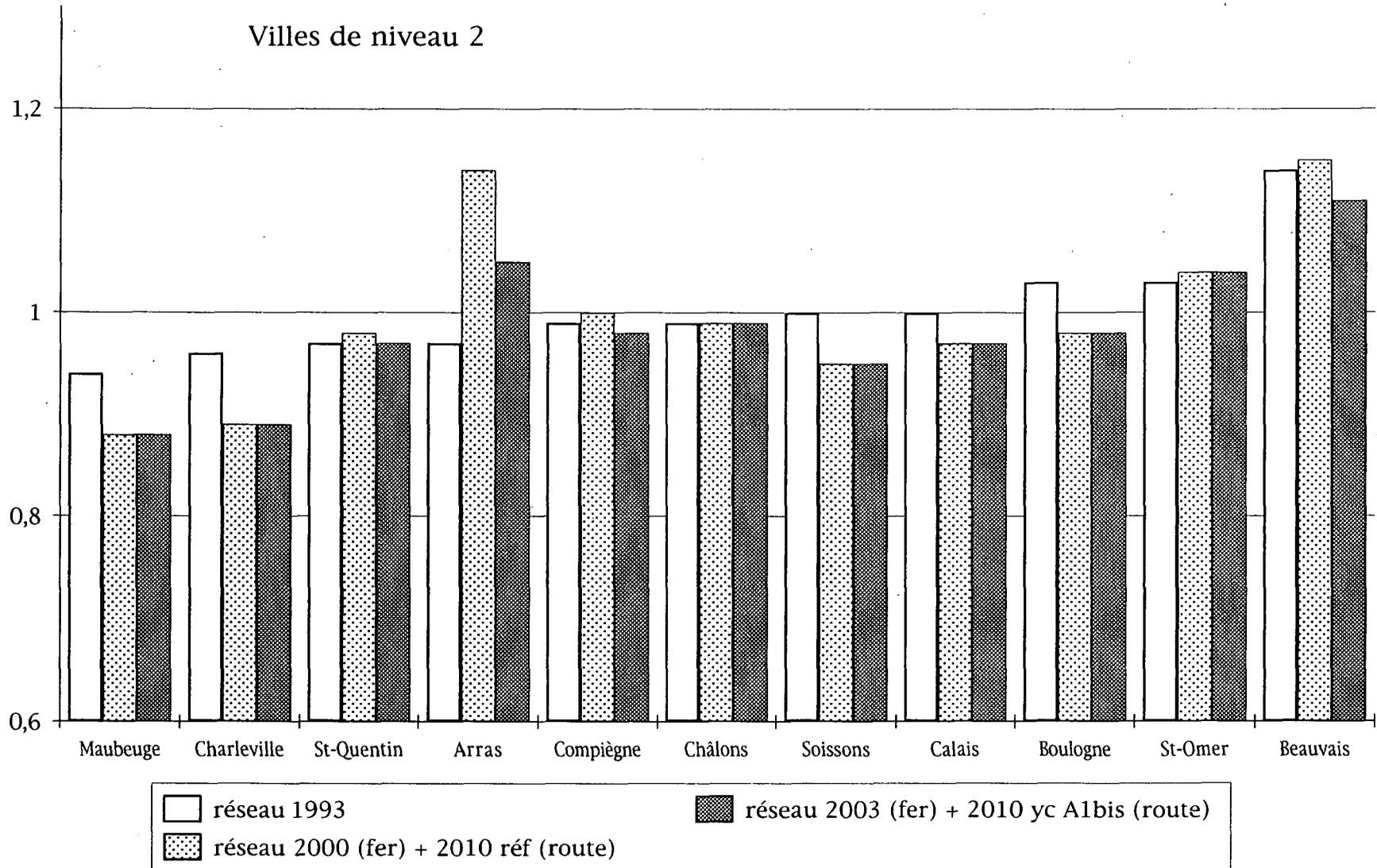
## Indicateur intermodal - coût relatif

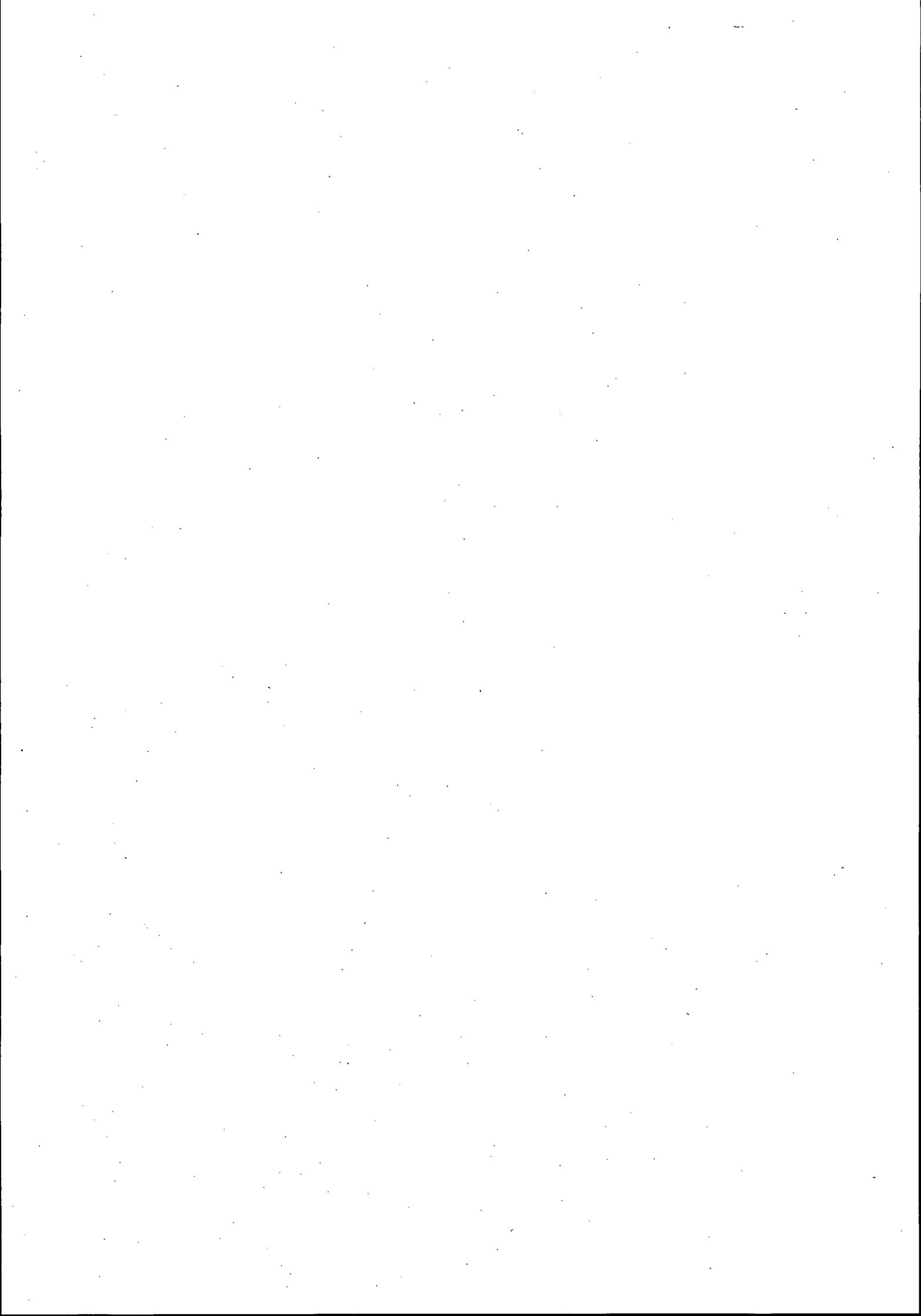
O.E.S.T. - Accessibilité



# Indicateur intermodal

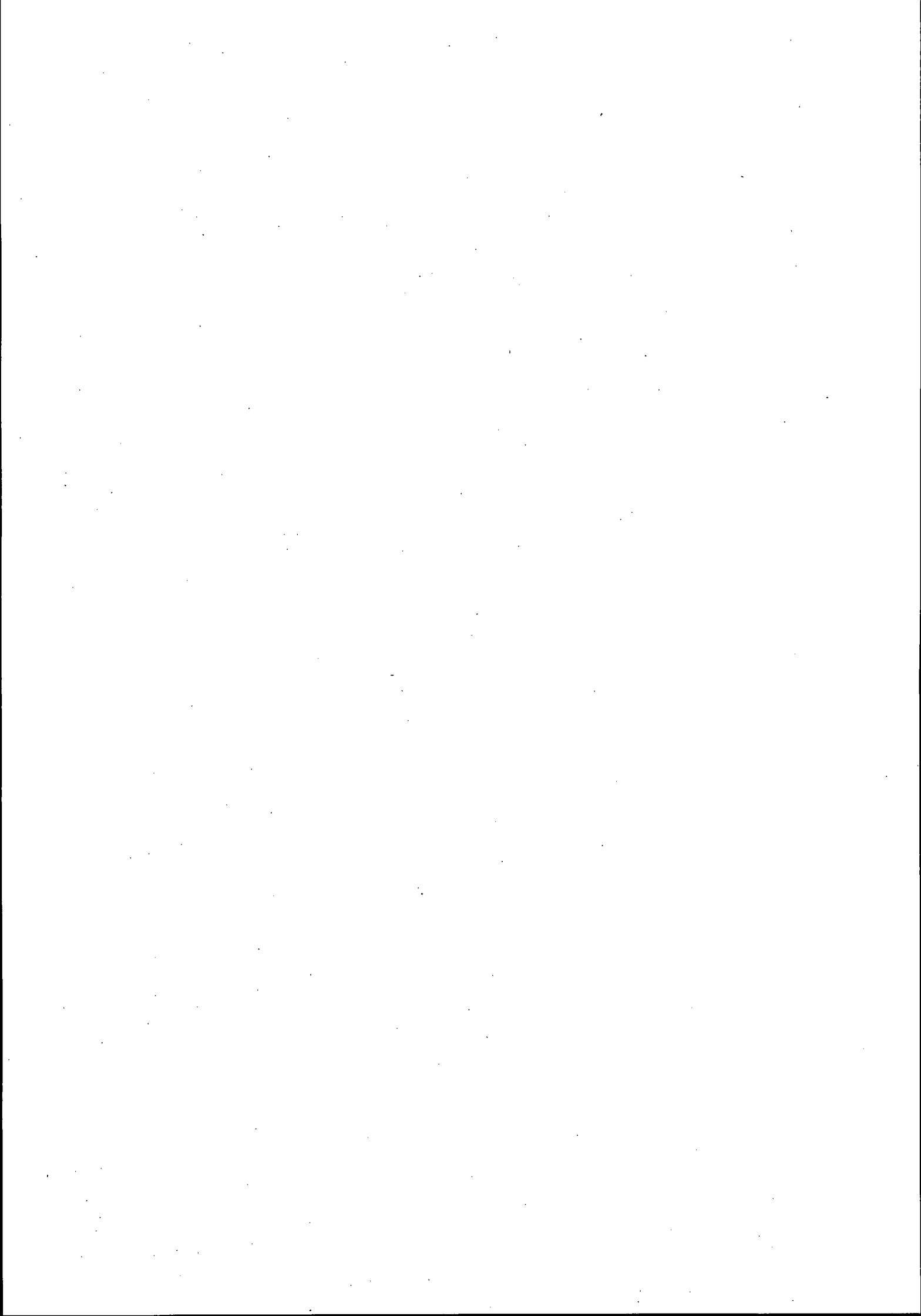
O.E.S.T. - Accessibilité





# Annexes

- Matrice des coefficients d'attractivité
- La modélisation des réseaux
- Schéma et coûts routiers
- Coûts 1992 et coûts de référence : tables et graphiques
- Matrice des parts modales théoriques





## Annexe 3 - La modélisation des réseaux

### -> Le réseau routier

On détaille ici la méthode de calcul des coûts généralisés de parcours routiers de ville à ville.

#### - Choix des réseaux et coût des arcs

Le schéma des réseaux routiers modélisés figure ci-après. Il correspond aux grandes liaisons entre villes de la zone d'étude, leurs caractéristiques dépendant du scénario considéré. Les grands contournements de Paris à l'ouest d'une part (RN 154 et RN 12), et à l'est d'autre part (RN 330 et RN 36) n'ont pas été pris en compte.

Les villes retenues sont des nœuds du réseau.

#### - Calcul des coûts de parcours pour la route

Les coûts généralisés sont d'abord calculés pour chacun des arcs. Pour cela, on utilise les données du SETRA. Les arcs sont divisés en sections dont on connaît :

- Les caractéristiques de chaussée (longueur, nombre de voies...),
- Le niveau de trafic, exprimé en moyenne journalière annuelle et le pourcentage de poids lourds.

Les relations entre débit et coût de circulation sont celles utilisées dans le modèle Ariane. Ces coûts (exprimés en F 1985) intègrent les coûts de circulation proprement dits (hors péage), ainsi que les coûts liés à la valorisation des temps de parcours.

Les coûts kilométriques sont constituées de trois composantes : une proportionnelle au temps de parcours, une ne dépendant que de la nature de la chaussée, une fixe par rapport à l'ensemble des paramètres.

Prenons l'exemple simple d'un parcours effectué sur autoroute, en régime fluide, c'est-à-dire à une vitesse moyenne de 110 km/h pour les automobiles. (Les valeurs des paramètres sont ici exprimées en francs de 1991.)

- La valeur du temps par véhicule est de 60 F,
- Le coût d'usure du véhicule de 0,32 F/km,
- Le prix du péage est de 0,31 F/km,
- Le coût du carburant est de  $y \text{ l}/100 \text{ km} \times 5,6 \text{ F/l} = 48 \text{ F}/100 \text{ km}$  (par exemple).

Le coût kilométrique est donc de :  $(60 / 110) + 0,32 + 0,31 + 0,48 = 1,66 \text{ F/km}$  (1991).

Le même parcours effectué sur une chaussée à 2 x 2 voies sans péage aurait un coût kilométrique de :  $(60 / 110) + 0,32 + 0,48 = 1,35 \text{ F/km}$  (1991).

Pour le réseau actuel, on utilise les données de comptage (recensement de circulation 1991). Pour prendre en compte la mise en service en 1992 de l'intégralité de l'autoroute A26, on a estimé à 2000 véh/jour par rapport à 1991 le report de l'A1 à l'A26 au sud de leur intersection. (Le niveau de trafic sur l'A26 restant faible, il n'a pas d'incidence sur la vitesse d'écoulement du flux.)

Pour les réseaux 2010, on utilise en priorité les données de trafic SETRA issues du rapport "corridor nord". A défaut, on recourt aux données SETRA prévision 2010. Pour de rares tronçons, on a estimé arbitrairement la croissance du trafic à l'horizon 2010.

Certaines parties du réseau n'ont pas ou n'ont pu être modélisées de la manière présentée plus haut :

Ainsi, pour les arcs desservant les villes de référence extérieures à la zone d'étude proprement dite (Bruxelles, Londres, Lyon, Marseille, Nantes, Bordeaux), on a utilisé les temps de parcours issus de la base de données Michelin que l'on a traduits forfaitairement en terme de coûts généralisés. Ceux-ci restent par hypothèse inchangés à l'horizon 2010. Bien que ne reflétant pas la réalité de la situation 2010, ce choix a l'avantage d'isoler les seules variations d'accessibilité induites par les modifications des réseaux de la zone d'étude.

Les temps de relation avec Londres ont quand même été réduits du fait de la mise en service du tunnel sous la Manche.

#### - Accès et traversée de Paris

Pour les relations dont l'origine ou la destination est Paris, on a comptabilisé les temps d'accès entre le centre de Paris et la limite de l'agglomération parisienne, issus de la base Michelin (auquel on a ajouté un temps forfaitaire). On a estimé des coûts généralisés de parcours à partir des vitesses de circulation obtenues. Au-delà (sections interurbaines), la méthode décrite plus haut a été utilisée de manière classique.

Pour les relations nécessitant un contournement de Paris :

- entre les villes situées immédiatement au nord de Paris (Beauvais, Compiègne, Soissons) et les villes du sud, on a retenu un contournement par l'est de Paris empruntant l'A86. Sur cet axe, la vitesse a été fixée forfaitairement à 60 km/h (+ temps Michelin pour les sections extérieures au corridor).

- entre ces villes du sud et Rouen, le contournement se fait par le sud en empruntant le périphérique parisien (temps Michelin + vitesse forfaitaire de 30 km/h sur le périphérique).

Les coûts correspondants à ces différentes vitesses ont été estimés. Là encore, on ne préjuge pas de variations des temps et coûts d'accès et de contournement à l'horizon 2010.

Les coûts des arcs obtenus figurent dans les tableaux ci-après.

### - Calcul des coûts de parcours des relations

A l'issue de ce travail, on a déterminé le coût de chacune des relations nécessaires au calcul des indicateurs (relations entre villes évaluées et villes de destination) par une recherche automatique des chemins de moindre coût. On fait donc l'hypothèse que la répartition des flux correspond à un choix optimal des usagers du point de vue du coût généralisé de parcours.

Ensuite, on a pris en compte des temps de repos, fonction des temps de trajet de ville à ville (ceux-ci ayant été déterminés parallèlement aux coûts généralisés) selon la formule suivante :

$$\text{Tps de trajet} + \text{repos} = (\text{Tps de trajet} \times 1,08)^{1,06}$$

Elle nous paraît donner des temps de pause réalistes relativement aux temps de parcours :

Tps de trajet	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	10 h
Tps de repos	5 min	16 min	29 min	43 min	58 min	2 h 27
Total	1 h 5	2 h 16	3 h 29	4 h 43	5 h 58	12 h 27

### **Temps de pause en fonction des temps de trajet**

Enfin, des temps de parcours terminaux en agglomération ont été déterminés de manière forfaitaire : ces temps ont été estimés en fonction de la population des agglomérations concernées. Ils varient entre 6 et 14 minutes (Le cas de Paris est traité à part puisqu'on y a déjà comptabilisé des temps de parcours urbain).

La méthode ne prend pas en compte d'évolution des conditions de desserte urbaine.

Les temps de repos et des trajets terminaux ont ensuite été monétarisés en utilisant la même valeur du temps par véhicule (50 F de 1985) et ajoutés aux coûts de parcours proprement dits.

Pour obtenir le coût généralisé par voyageur, on a divisé la valeur obtenue par le taux d'occupation moyen des véhicules usuellement retenu de 1,8.

### -> **Le réseau ferroviaire**

Les indicateurs ferroviaires sont bâtis de manière similaire aux indicateurs routiers. Seule change la méthode pour déterminer les temps et coûts des relations entre villes.

### - Les différents scénarios

Trois états successifs de l'offre ont été considérés :

- la situation actuelle (y compris le TGV nord) dite 1993,
- la situation prévue en l'an 2000, incluant les différents tronçons prévus au schéma directeur TGV (dont le TGV Méditerranée et hormis le TGV picard), les intercon-

nexions entre TGV nord et sud-est d'une part, nord et atlantique d'autre part. Faute d'information, il n'a pu être intégré de modification de l'offre sur les autres lignes entre ces deux dates.

- On a ensuite simulé l'offre du TGV Picardie et de desserte à grande vitesse de Londres.

#### - Le calcul des temps et des coûts

Pour chaque relation entre villes de la zone et villes de référence, la durée du trajet et la fréquence de desserte nous ont été fournies par un programme de la SNCF.

Certaines relations sont directes, d'autres nécessitent une ou plusieurs correspondances. Le logiciel utilisé permet d'appréhender ces différents cas de figures. Pour une même origine-destination, le logiciel propose parfois deux itinéraires différents (par exemple, liaison directe ou correspondance par Paris), avec bien sûr des conditions de durée de trajet, de fréquence et de prix différentes. Dans ce cas, les deux itinéraires étant réalistes, on a reconstitué les conditions de desserte suivantes :

\* fréquence égale à la somme des fréquences des itinéraires,

\* durée de trajet et prix égaux à la moyenne des durées et des prix de chaque itinéraire, pondérés par les fréquences respectives de ces itinéraires.

Pour chaque relation, on a transformé la fréquence de desserte en temps de la manière suivante : on a ajouté un temps équivalent à un tiers de l'intervalle moyen entre deux dessertes. La fréquence moyenne est calculée en divisant la période diurne (16 heures) par le nombre de dessertes sur la relation. L'espérance mathématique voudrait que l'on considère une durée d'attente égale au demi intervalle entre deux trains, mais la connaissance des horaires par les usagers légitime de réduire ce temps.

Par ailleurs, et pour ne pas trop pénaliser des relations à faible fréquence, si le tiers d'intervalle moyen entre deux trains est supérieur à 1 heure (soit pour une fréquence inférieure ou égale à 5), on a simplement considéré un temps additionnel de 1 heure. Là aussi, on escompte un emploi du temps des usagers adapté aux horaires proposés.

- Prise en compte des trajets terminaux, des temps d'attente.

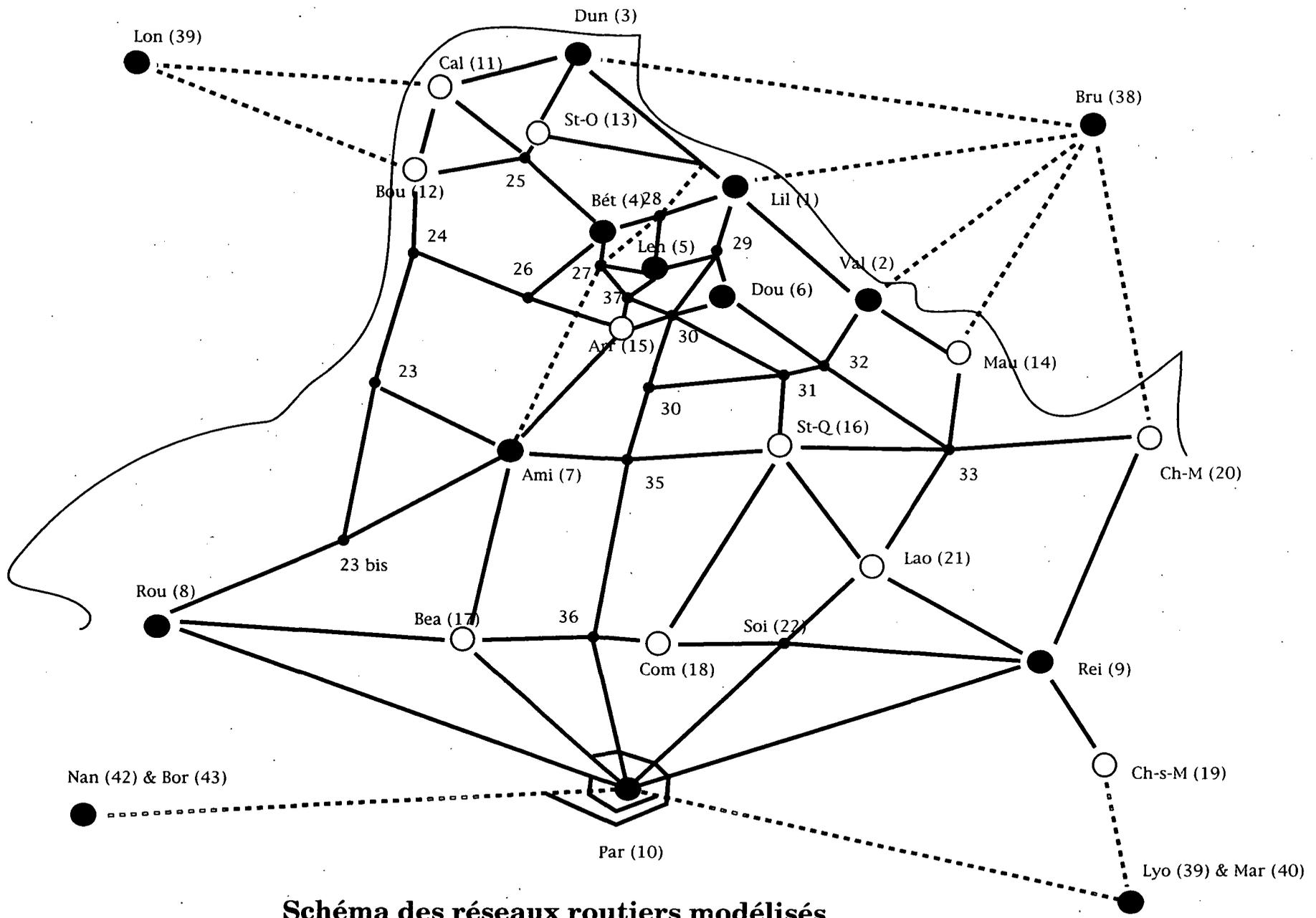
On a utilisé un temps forfaitaire (fourni par la SNCF) de 45, 55 ou 65 minutes suivant l'importance des villes considérées, pour les accès aux deux gares origine et destination de la relation. Il a été ajouté au temps de trajet.

- Valorisation du temps total (valeur retenue de 52 F/heure, soit celle de la 2ème classe SNCF)

- Estimation du prix moyen de chaque relation, par application d'un coefficient de réduction tarifaire au tarif en vigueur (coefficient variable estimé suivant le type de relation).

-> Estimation du coût généralisé de chaque relation

Toutes les évaluations n'ont pu être menées de manière satisfaisante, souvent par défaut de données. Ainsi pour l'évaluation ferroviaire, on n'a disposé que de peu de données prévisionnelles (en matière d'offre, mais surtout de prix).



**Schéma des réseaux routiers modélisés**

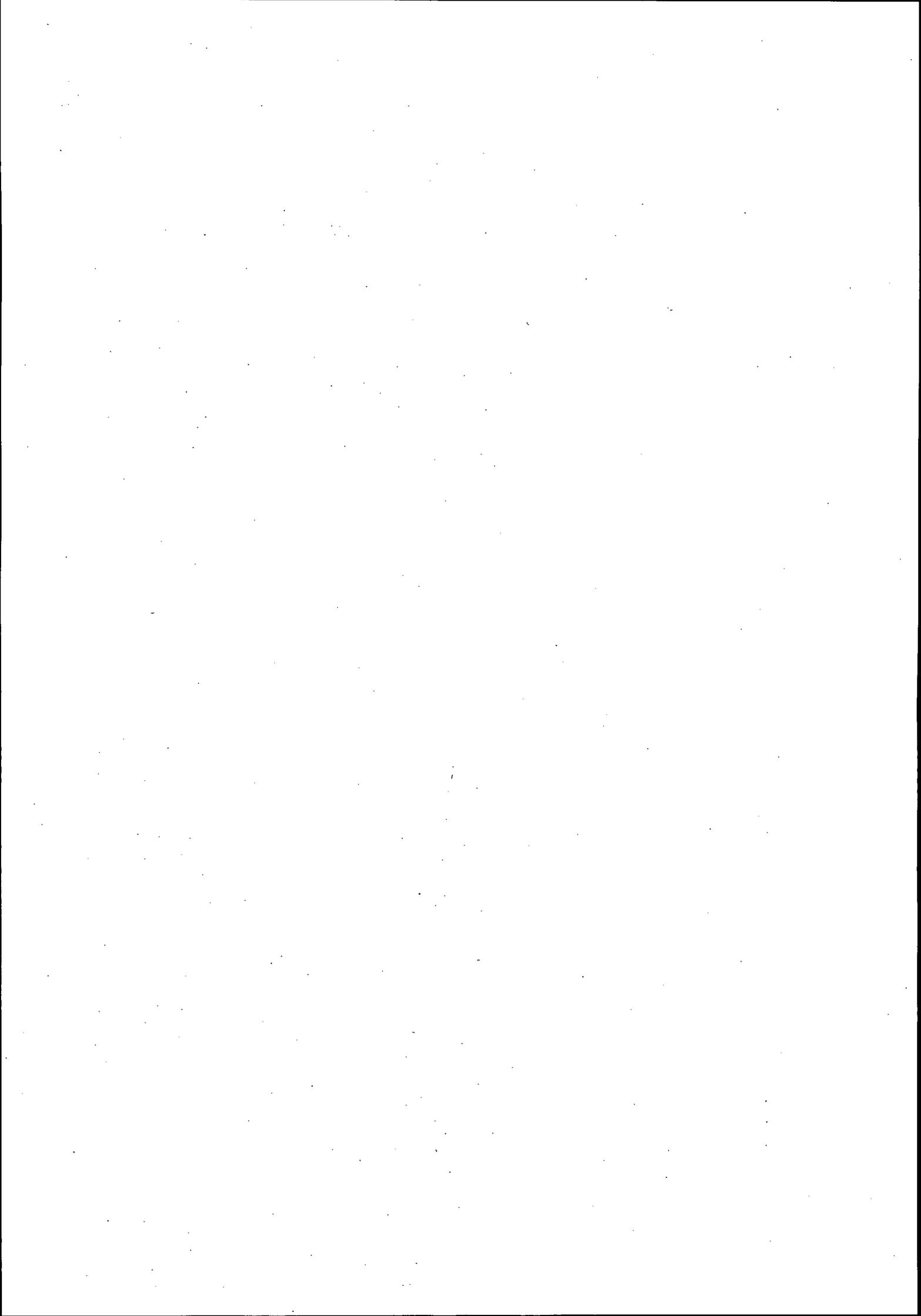
Noeuds de l'arc			Réseau 1992			Réseau de référence 2010		
			Sections	Longueur (km)	Coût de l'arc	Sections nouvelles ou aménagées	Coût de l'arc hyp. haute de trafic	Coût de l'arc hyp. basse de trafic
10 - 36	Paris	Bif N31	A1	73	129		139	134
36 - 35	Bif N31	Bif N29	A1	55	82		84	83
34 - 30	Bif A2	bif A26	A1	33	49		48	48
30 - 29	bif A26	bif A21	A1	15	19		20	19
29 - 1	bif A21	Lille	A1	26	42		89	71
34 - 31	bif A1	bif A26	A2	36	53		53	
31 - 32	bif A26	bif N43	A2	6	9		9	
32 - 2	bif N43	Valenciennes	A2	29	39		39	
3 - 1	Dunkerque	Lille (bif A1)	A25	83	104		107	
1 - 2	Lille (bif A1)	Valenciennes	A23	45	54		56	
27 - 5	bif A26	Lens	A21	12	14		15	
5 - 29	Lens	bif A1	A21	9	11		11	
29 - 6	bif A1	Douai	A21	12	17		17	
11 - 25	Calais	bif N42	A26	36	53		53	
25 - 4	bif N42	Béthune	A26	43	63		63	
4 - 27	Béthune	bif A21	A26	12	18		18	
27 - 37	bif A21	bif N17	A26	12	18		18	
37 - 30	bif N17	bif A1	A26	9	13		13	
30 - 31	bif A1	bif A2	A26	28	41		41	
31 - 16	bif A2	St-Quentin	A26	43	63		63	
16 - 21	St-Quentin	Laon	A26	36	53		53	
21 - 9	Laon	Reims	A26	50	73		74	
10 - 9	Paris	Reims	A4	141	233		236	
8 - 10	Rouen	Paris	A13	139	215		247	
8 - 23bis	Rouen	bif N29	N28	45	62	A28	55	
23bis - 23	bif N29	Abbeville	N28	50	73	A28	59	
10 - 17	Paris	Beauvais	N1	74	127	A16	125	
17 - 7	Beauvais	Amiens	N1	60	90	A16	88	
7 - 23	Amiens	Abbeville	N1	47	71	A16	69	
23 - 24	Abbeville	bif N39	N1	44	66	A16	64	
24 - 12	bif N39	Boulogne	N1	43	65	A16	63	

Les coûts des arcs desservant les villes extérieures au corridor ne figurent pas ici.

Noeuds de l'arc			Réseau 1992			Réseau de référence 2010		
			Sections	Longueur (km)	Coût de l'arc	Sections nouvelles ou aménagées	Coût de l'arc hyp. haute de trafic	Coût de l'arc hyp. basse de trafic
12 - 11	Boulogne	Calais	N1	33	53	A16	40	39
11 - 3	Calais	Dunkerque	N1	43	64	A16	52	51
12 - 25	Boulogne	bif A26	N42	45	68	A261	53	
25 - 13	bif A26	St-Omer	N42	9	13		14	
2 - 14	Valenciennes	Maubeuge	N49	37	56		44	
6 - 32	Douai	bif A2	N43	26	39	N43 (2x2)	32	
32 - 33	bif A2	bif N2	N43	54	79		81	
33 - 20	bif N2	Charleville-M	N43	68	99		102	
9 - 20	Reims	Charleville-M	N51	83	125	A24	99	
26 - 4	bif N39	Béthune	N41	28	41		42	
4 - 28	Béthune	bif N47	N41	16	25		27	26
28 - 1	bif N47	Lille	N41	25	65		93	67
18 - 22	Compiègne	Soissons	N31	38	57	N31	45	
22 - 9	Soissons	Reims	N31	53	83	N31	63	
10 - 22	Paris	Soissons	N2	100	158	N2	150	148
22 - 21	Soissons	Laon (bif A26)	N2	40	60	N2	47	
21 - 33	Laon	bif N29-N43	N2	49	71	N2	74	73
33 - 14	bif N29-N43	Maubeuge	N2	34	51		51	50
23bis - 7	bif N28	Amiens	N29	67	101	A29	99	98
7 - 35	Amiens	bif A1	N29	40	60	A29	59	58
35 - 16	bif A1	St-Quentin bif A26	N29	32	48	A29	47	
16 - 33	St-Quentin bif A26	bif N43-N29	N29	50	73		73	
18 - 16	bif N31	St-Quentin (bif A26)	N32	66	98		99	
8 - 17	Rouen	Beauvais	N31	80	118		120	
17 - 36	Beauvais	bif A1	N31	48	77	N31	58	57
36 - 18	bif A1	Compiègne	N31	9	15	N31	11	
24 - 26	bif N1	bif N41	N39	45	65		65	
26 - 15	bif N41	Arras	N39	34	51		58	
15 - 30	Arras	bif A1	N50	13	15		16	15
30 - 6	bif A1	Douai	N50	13	15		16	15
15 - 37	Arras	bif A26	N17	7	11		15	14
37 - 5	bif A26	Lens	N17	13	20		29	26
13 - 3	St-Omer	Dunkerque	D600 + N1	46	64	D600 + A16	55	
13 - 1	St-Omer	Lille	N42 + A25	74	108		111	
6 - 2	Douai	Valenciennes	N45 + A2	36	54	N45 + A2	47	
5 - 28	Lens	bif N41	N47	12	19		19	18
7 - 15	Amiens	Arras	N25	65	98		104	98

Variantes au scénario 2010 : sections dont les coûts de parcours varient

Noeuds de l'arc			Réseau 2010 avec A1bis			Rés. 2010 + RN2 aménagée		
			Sections (dont nouvelles ou aménagées*)	Coût de l'arc hyp. haute de trafic	Coût de l'arc hyp. basse de trafic	Sections (dont nouvelles ou aménagées*)	Coût de l'arc hyp. haute de trafic	Coût de l'arc hyp. basse de trafic
10 - 36	Paris	Bif N31	A1	136	132	A1	136	132
36 - 35	Bif N31	Bif N29	A1	83	82	A1	83	82
34 - 30	Bif A2	bif A26	A1	49				
30 - 29	bif A26	bif A21	A1	19				
29 - 1	bif A21	Lille	A1	74	58	A1	86	68
32 - 2	bif N43	Valenciennes	A2		38	A2		38
4 - 28	Béthune	bif N47	N41	25				
28 - 1	bif N47	Lille	N41	58	51			
21 - 33	Laon	bif N29-N43				N2	58	58
33 - 14	bif N29-N43	Maubeuge				N2 (2x2) *	40	40
13 - 1	St-Omer	Lille	N42 + A25		108			
5 - 28	Lens	bif N41	N47		17			
28 - 27	bif N47-N41	bif A26	A1 bis *	18	18			
27 - 7	Amiens	bif A26 A21	A1 bis *	108	108			
28 - 1	bifA1bis-N41	Lille	A1 bis+A26*	33	33			
28 - 3	bifA1bis-N41	Dunkerque	A1 bis+A26*	112	112			



## Coûts généralisés et lois de coûts de référence.

Les graphiques suivants représentent la distribution des coûts généralisés (routiers puis ferroviaires) dans la situation actuelle et des coûts de référence, obtenus à partir des premiers par un calcul de régression (par les moindres carrés ordinaires).

### Les coûts généralisés routiers

Le premier graphique fait clairement apparaître la corrélation linéaire entre coûts des parcours routiers et distance entre villes. La loi des coûts de référence déduite est une droite. Le second graphique (représentation simultanée des coûts de 1992 et dans le scénario de référence 2010 avec l'hypothèse d'une forte croissance des trafics) fait apparaître que ces coûts ne varient significativement que sur quelques relations.

### Les coûts généralisés ferroviaires

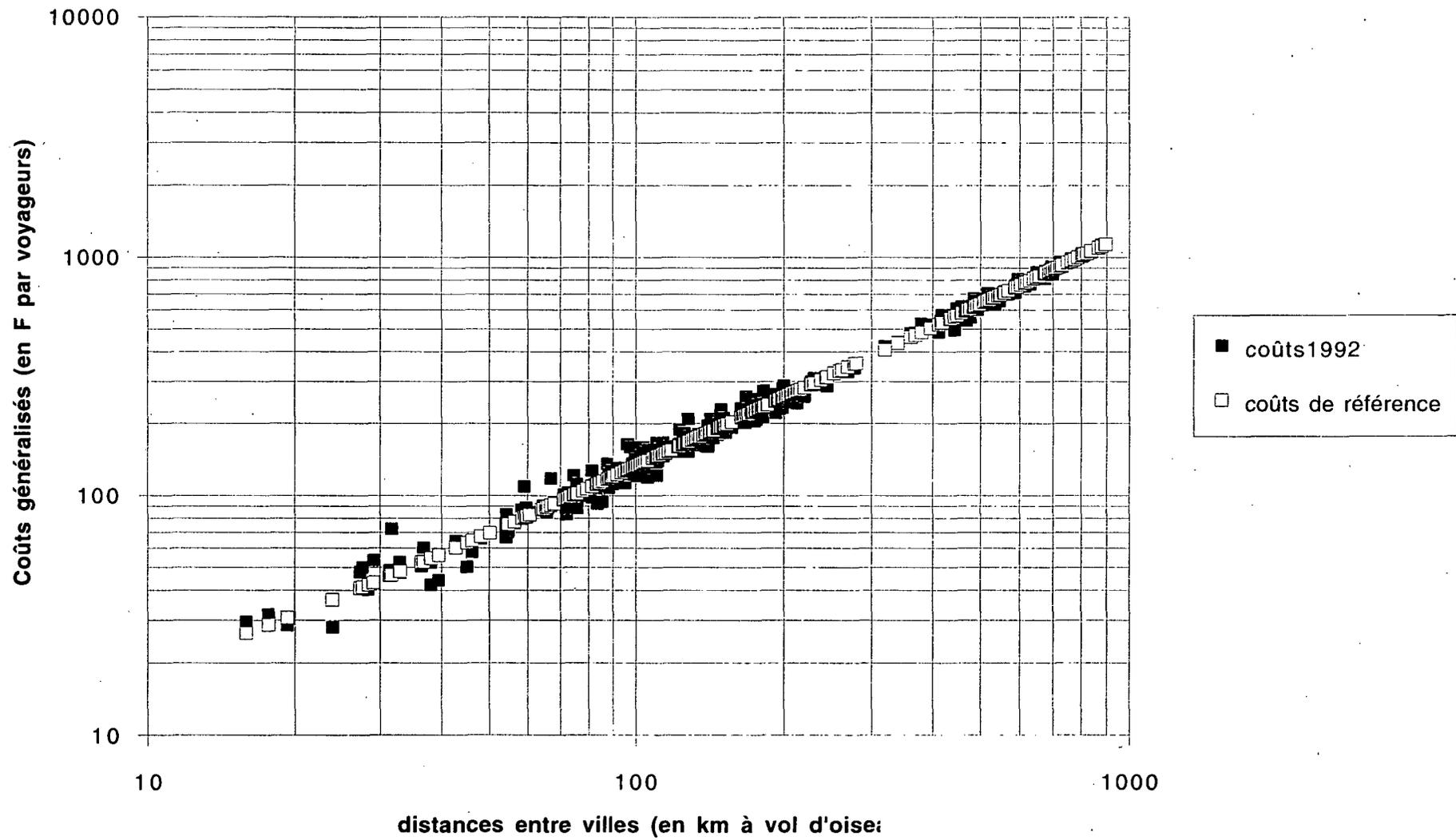
(cf graphique 3) Ceux-ci sont évidemment fortement déterminés par la distance entre villes "extrémités" de la relation, mais une autre variable intervient de manière significative dans la distribution des coûts : c'est le produit des populations de ces villes desservies. Cela explique que la représentation de la loi des coûts de référence fasse apparaître une dispersion de ceux-ci pour une distance donnée des relations.

Pour occulter cette dispersion, on peut représenter la loi des coûts de référence "tronquée" de sa composante "produit des populations" (graphique 4). On obtient alors la représentation de la seule contribution de la distance entre villes à cette loi (de type linéaire). On y ajoute la distribution des coûts réels divisés par le même facteur population.

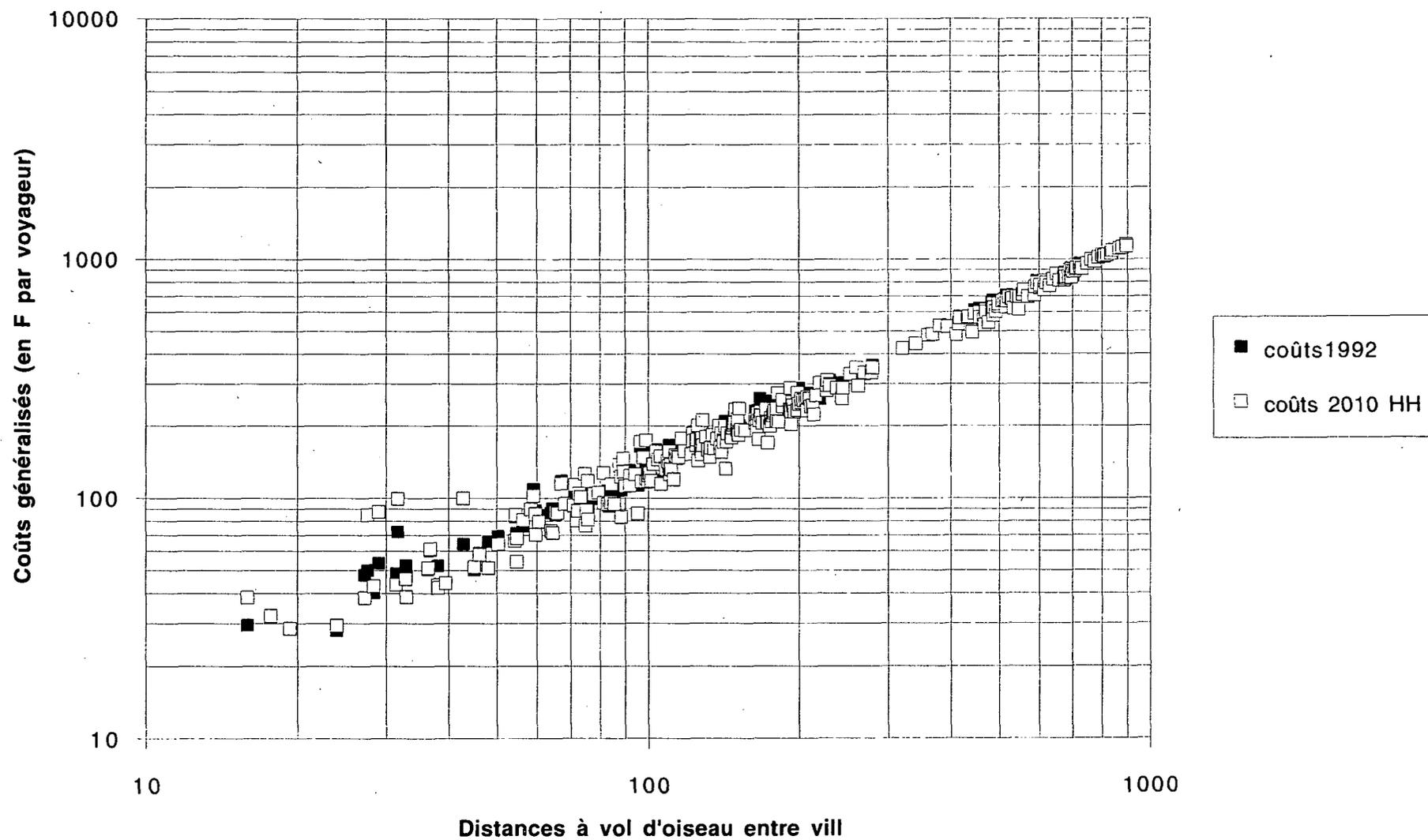
A contrario, le dernier graphique représente la distribution des coûts divisés par la contribution moyenne du facteur distance à ces coûts. La loi des coûts de référence amputée du facteur distance devient alors la droite de régression de la distribution des coûts réels à la variable "produit des populations des villes extrémités". Elle fait apparaître la dégressivité des coûts en fonction de cette variable.

Pour discerner les effets respectifs des variables distance et population, il serait plus judicieux de mener une analyse en composantes principales (ACP), analyse qui n'a pas été faite à ce jour.

Graphique 1 - Relation entre coûts routiers et distances entre villes



Graphique 2 - Comparaison des distributions des coûts en 1992 et en 2010 (Route)



### Coûts et coûts de référence des relations par la route

Relations	distance	coût généralisé	coût de référence	écart
Béthune - Lille	32	72	46	56%
Béthune - Dunkerque	59	109	81	35%
Compiègne - Amiens	67	118	91	30%
St-Omer - Amiens	96	164	128	29%
Amiens - Dunkerque	128	209	168	25%
Douai - Lille	29	53	43	24%
Soissons - Amiens	98	160	130	23%
Arras - Douai	24	28	37	-23%
St-Quentin - Laon	38	42	55	-22%
Châlons - Reims	39	44	56	-21%
Lens - Lille	28	50	41	21%
Lens - Dunkerque	74	121	100	21%
Valenciennes - Lille	45	50	63	-21%
St-Omer - Rouen	168	260	218	20%
St-Omer - Beauvais	149	230	194	18%
Châlons - Laon	85	94	114	-18%
Maubeuge - Laon	83	92	112	-17%
Soissons - Laon	27	48	41	17%
Calais - Amiens	123	189	161	17%
Beauvais - Dunkerque	181	275	235	17%
Dunkerque - Beauvais	181	275	235	17%
Dunkerque - Valenciennes	110	121	146	-17%
Charleville - Laon	81	127	109	17%
Arras - Dunkerque	87	136	117	17%
Douai - Bruxelles	104	159	137	16%
St-Quentin - Reims	84	95	112	-15%
Soissons - Paris	106	119	140	-15%
Soissons - Valenciennes	110	167	145	15%
St-Omer - Béthune	37	60	53	14%
Calais - Beauvais	172	255	223	14%
St-Quentin - Amiens	72	83	97	-14%
Maubeuge - Lille	76	88	102	-13%
Maubeuge - Dunkerque	140	160	183	-13%
Soissons - Lille	142	209	186	13%
Boulogne - Beauvais	149	218	194	12%
Soissons - Lens	125	183	163	12%
Soissons - Nantes	442	496	564	-12%
Rouen - Dunkerque	200	289	258	12%
Arras - Lens	16	30	27	12%
Charleville - Valenciennes	106	156	140	11%
Châlons - Béthune	213	243	275	-11%
Soissons - Douai	113	166	149	11%
Dunkerque - Bruxelles	139	161	182	-11%
St-Omer - Lens	54	83	75	11%
Béthune - Bruxelles	125	183	165	11%
Reims - Laon	46	57	65	-11%
Soissons - Beauvais	95	113	127	-11%
Paris - Douai	192	222	249	-11%

Relations	distance	coût généralisé	coût de référence	écart
Arras - Valenciennes	54	67	75	-11%
Beauvais - Paris	81	98	109	-10%
Paris - Beauvais	81	98	109	-10%
Laon - Reims	46	58	65	-10%
Lens - Béthune	18	32	29	10%
Boulogne - Amiens	105	152	138	10%
Amiens - Laon	101	121	134	-10%
Soissons - Dunkerque	199	282	257	10%
Laon - Amiens	101	121	134	-10%
Calais - Béthune	72	88	98	-10%
Amiens - Béthune	76	111	102	9%
Châlons - Amiens	181	212	234	-9%
Béthune - Laon	128	152	167	-9%
St-Omer - Dunkerque	33	52	48	9%
Laon - Béthune	128	152	167	-9%
Laon - Nantes	467	542	595	-9%
Calais - Laon	198	233	256	-9%
Rouen - Béthune	164	232	213	9%
Compiègne - Reims	88	107	118	-9%
St-Omer - Nantes	486	674	618	9%
Châlons - Lens	196	230	253	-9%
Compiègne - Laon	60	89	82	9%
St-Omer - Lille	58	87	80	9%
Châlons - Douai	180	213	234	-9%
Reims - Béthune	173	206	225	-9%
Paris - Lyon	380	526	485	9%
Calais - Bruxelles	175	208	227	-9%
Calais - Reims	244	288	314	-9%
Calais - Douai	108	131	143	-8%
Boulogne - Lille	102	147	135	8%
Paris - Lille	220	260	283	-8%
Soissons - Lyon	417	576	532	8%
Reims - Nantes	477	557	607	-8%
Charleville - Lyon	447	614	570	8%
Châlons - Paris	151	212	197	8%
St-Quentin - Beauvais	100	142	132	8%
Maubeuge - Beauvais	167	233	216	8%
Châlons - Bordeaux	593	810	754	7%
Soissons - Béthune	140	196	183	7%
Dunkerque - Nantes	516	706	657	7%
Laon - Bruxelles	151	183	197	-7%
Compiègne - Nantes	410	485	523	-7%
Paris - Lens	195	234	252	-7%
Maubeuge - Nantes	534	631	680	-7%
Calais - Lens	90	111	120	-7%
Douai - Lens	19	29	31	-7%
St-Omer - Valenciennes	100	123	133	-7%
Charleville - Lens	152	184	198	-7%

## Coûts et coûts de référence des relations par la route

Relations	distance	coût généralisé	coût de référence	écart
Reims - Amiens	143	174	187	-7%
Calais - Lille	92	130	122	7%
Boulogne - Nantes	457	622	582	7%
Maubeuge - Paris	211	254	272	-7%
Charleville - Beauvais	193	266	249	7%
St-Quentin - Lille	89	127	119	7%
Charleville - Amiens	173	209	224	-7%
Beauvais - Amiens	55	70	75	-7%
Amiens - Beauvais	55	70	75	-7%
Arras - Lille	43	64	60	7%
Beauvais - Valenciennes	147	205	192	6%
Valenciennes - Beauvais	147	205	192	6%
Soissons - Rouen	166	202	216	-6%
Calais - Valenciennes	135	165	177	-6%
Paris - Béthune	204	246	263	-6%
Charleville - Douai	133	163	174	-6%
Charleville - Béthune	169	206	220	-6%
Paris - Laon	133	163	174	-6%
Laon - Beauvais	112	157	148	6%
Charleville - Nantes	546	651	694	-6%
Laon - Paris	133	163	174	-6%
Beauvais - Laon	112	157	148	6%
Paris - Bordeaux	485	654	617	6%
Beauvais - Reims	143	175	186	-6%
Reims - Beauvais	143	175	186	-6%
St-Quentin - Nantes	466	559	594	-6%
Arras - Reims	146	180	191	-6%
Calais - Nantes	488	657	621	6%
Compiègne - Beauvais	55	71	75	-5%
Reims - Lens	156	193	204	-5%
Châlons - Beauvais	173	213	225	-5%
Reims - Valenciennes	128	176	167	5%
Amiens - Douai	78	99	104	-5%
Douai - Laon	97	122	129	-5%
Arras - Laon	100	126	133	-5%
Douai - Dunkerque	89	125	119	5%
Paris - Marseille	649	866	824	5%
Lens - Laon	111	139	146	-5%
Compiègne - Douai	110	138	145	-5%
Rouen - Amiens	100	125	132	-5%
Douai - Valenciennes	31	48	46	5%
Soissons - Bordeaux	586	708	745	-5%
Douai - Bordeaux	674	814	856	-5%
Boulogne - Paris	230	311	296	5%
Valenciennes - Lyon	522	696	664	5%
St-Quentin - Valenciennes	59	85	81	5%
Charleville - Reims	75	96	101	-5%
Laon - Douai	97	122	129	-5%

Relations	distance	coût généralisé	coût de référence	écart
Arras - Paris	179	221	232	-5%
Reims - Douai	141	176	185	-5%
Arras - Béthune	28	40	42	-5%
Laon - Lens	111	139	146	-5%
Châlons - Dunkerque	269	329	346	-5%
Laon - Valenciennes	88	123	117	5%
Calais - Rouen	177	240	229	5%
St-Omer - Douai	73	103	98	5%
St-Quentin - Rouen	165	204	214	-5%
Charleville - Bruxelles	122	153	160	-5%
Paris - Valenciennes	202	249	261	-5%
Amiens - Lens	71	101	96	5%
Lens - Bruxelles	117	160	153	5%
Dunkerque - Lille	65	85	89	-4%
Boulogne - Rouen	147	200	192	4%
Valenciennes - Laon	88	123	117	4%
Paris - Amiens	131	165	172	-4%
Maubeuge - Bordeaux	695	844	882	-4%
St-Quentin - Béthune	90	114	120	-4%
Douai - Nantes	493	601	627	-4%
Arras - Bruxelles	127	174	167	4%
St-Omer - Reims	209	259	270	-4%
Amiens - Lille	99	136	131	4%
Valenciennes - Nantes	515	629	655	-4%
Calais - Dunkerque	38	52	54	-4%
Châlons - Lyon	361	480	461	4%
Paris - Bruxelles	278	342	356	-4%
Beauvais - Rouen	71	92	96	-4%
Rouen - Beauvais	71	92	96	-4%
St-Omer - Bruxelles	148	200	192	4%
Reims - Rouen	214	265	276	-4%
Châlons - Lille	206	256	267	-4%
Lille - Bordeaux	700	853	888	-4%
Charleville - Marseille	725	955	920	4%
Soissons - Marseille	696	917	883	4%
Châlons - Nantes	487	596	620	-4%
St-Quentin - Paris	144	181	188	-4%
Rouen - Lille	193	258	249	4%
St-Omer - Laon	164	205	213	-4%
Compiègne - Bordeaux	569	698	723	-4%
Beauvais - Bruxelles	227	303	292	4%
Douai - Béthune	36	51	52	-4%
Beauvais - Béthune	130	177	171	4%
Béthune - Beauvais	130	177	171	4%
Rouen - Douai	176	220	228	-3%
Laon - Lyon	434	573	554	3%
Valenciennes - Bordeaux	687	842	872	-3%
Reims - Lyon	394	520	503	3%

### Coûts et coûts de référence des relations par la route

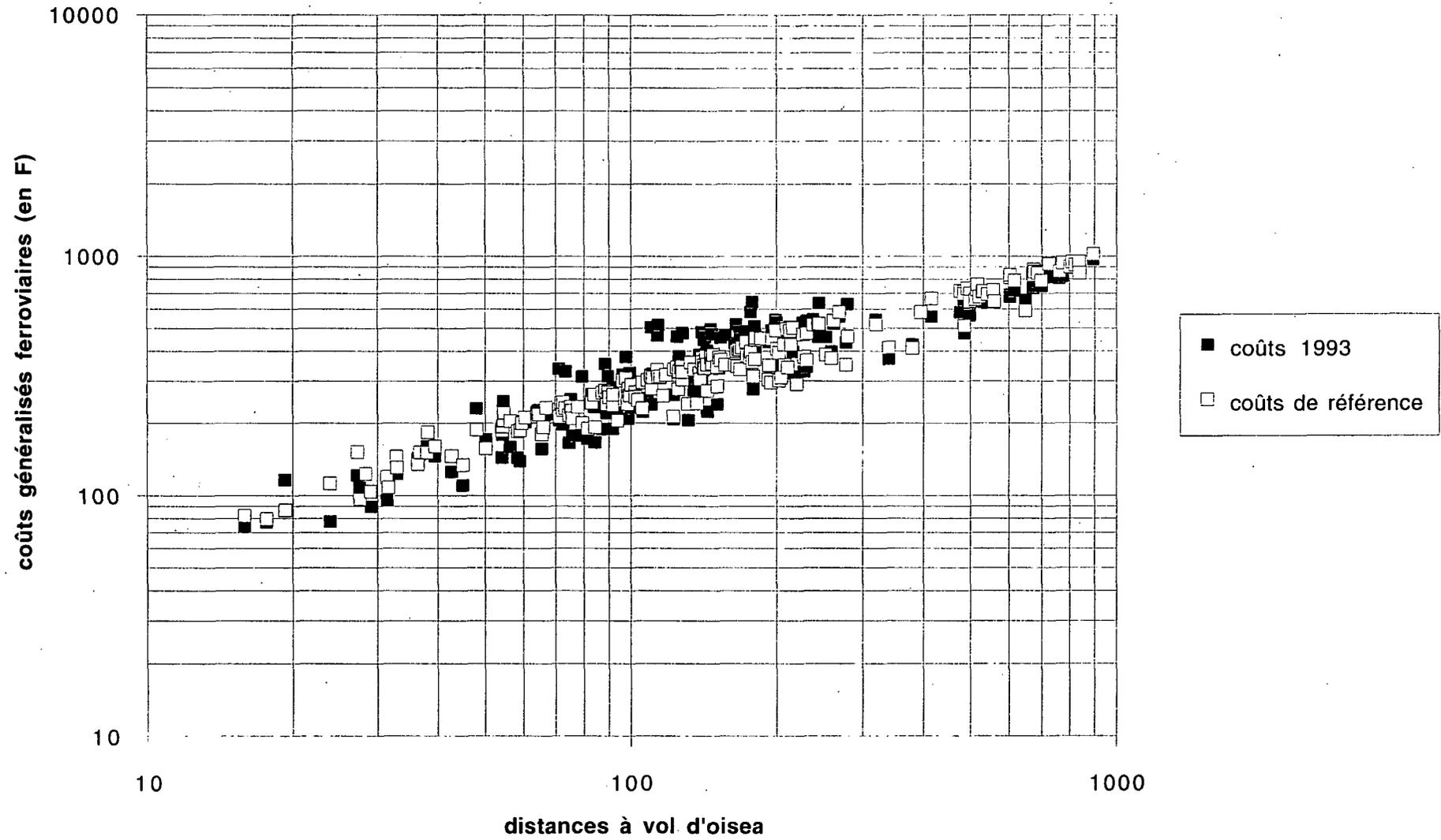
Relations	distance	coût	coût de	écart
	généralisé référence			
St-Quentin - Bruxelles	134	181	175	3%
Compiègne - Dunkerque	185	248	240	3%
St-Quentin - Dunkerque	148	199	193	3%
St-Quentin - Bordeaux	629	772	798	-3%
Lens - Bordeaux	673	826	854	-3%
Amiens - Valenciennes	102	140	135	3%
Maubeuge - Amiens	128	173	167	3%
Compiègne - Lyon	433	570	552	3%
Châlons - Rouen	243	303	313	-3%
Laon - Bordeaux	614	755	780	-3%
Boulogne - Dunkerque	65	91	88	3%
Maubeuge - Lens	83	108	111	-3%
Compiègne - Lille	138	175	181	-3%
Rouen - Lens	166	222	215	3%
Compiègne - Paris	84	109	113	-3%
Rouen - Nantes	320	422	410	3%
Compiègne - Rouen	126	160	165	-3%
St-Quentin - Lens	73	102	99	3%
Maubeuge - Lyon	508	666	646	3%
Paris - Reims	137	174	179	-3%
Maubeuge - Reims	114	146	150	-3%
Beauvais - Nantes	368	483	470	3%
Compiègne - Béthune	127	162	167	-3%
Beauvais - Lyon	458	568	584	-3%
Boulogne - Douai	111	143	146	-3%
Laon - Rouen	182	242	236	3%
Charleville - Dunkerque	216	271	279	-3%
Arras - Bordeaux	657	813	834	-3%
Béthune - Bordeaux	678	839	861	-3%
Boulogne - Bordeaux	676	879	858	3%
Châlons - Bruxelles	208	275	268	2%
Reims - Bruxelles	178	237	231	2%
Rouen - Laon	182	242	236	2%
Beauvais - Douai	128	164	168	-2%
Douai - Beauvais	128	164	168	-2%
St-Quentin - Douai	61	85	83	2%
Amiens - Nantes	415	542	529	2%
Valenciennes - Bruxelles	79	104	106	-2%
St-Omer - Paris	228	300	293	2%
Boulogne - Lyon	603	783	766	2%
St-Quentin - Lyon	470	612	598	2%
Arras - Beauvais	109	141	144	-2%
Valenciennes - Marseille	801	1038	1016	2%
Rouen - Marseille	762	987	966	2%
Calais - Bordeaux	705	913	895	2%
Boulogne - Reims	237	300	306	-2%
St-Omer - Lyon	589	763	748	2%
Beauvais - Lille	152	202	198	2%

Relations	distance	coût	coût de	écart
	généralisé référence			
Lille - Beauvais	152	202	198	2%
Beauvais - Marseille	730	909	926	-2%
Paris - Rouen	122	164	161	2%
Dunkerque - Lyon	615	796	782	2%
Lille - Nantes	512	640	652	-2%
Reims - Dunkerque	230	291	297	-2%
St-Omer - Bordeaux	692	894	878	2%
Paris - Nantes	340	442	435	2%
Rouen - Lyon	498	645	634	2%
Soissons - Reims	48	66	67	-2%
Boulogne - Valenciennes	141	181	184	-2%
Maubeuge - Bruxelles	68	94	92	2%
Maubeuge - Valenciennes	33	47	48	-2%
Béthune - Nantes	484	626	616	2%
Arras - Amiens	56	76	77	-2%
Boulogne - Béthune	75	100	101	-2%
Lille - Lyon	559	721	710	1%
Compiègne - Lens	115	149	151	-1%
Arras - Lyon	528	681	672	1%
Calais - Paris	252	329	324	1%
Maubeuge - Béthune	99	129	131	-1%
Rouen - Bordeaux	529	682	673	1%
Boulogne - Marseille	877	1126	1111	1%
Charleville - Rouen	262	332	337	-1%
Beauvais - Lens	125	166	164	1%
Lens - Beauvais	125	166	164	1%
Dunkerque - Laon	185	237	240	-1%
Amiens - Bruxelles	180	237	234	1%
Béthune - Valenciennes	66	91	90	1%
Soissons - Bruxelles	178	228	230	-1%
Douai - Lyon	530	683	674	1%
Compiègne - Marseille	709	910	900	1%
Arras - Rouen	153	197	199	-1%
Laon - Dunkerque	185	237	240	-1%
Maubeuge - Rouen	227	295	292	1%
Dunkerque - Bordeaux	725	929	920	1%
Boulogne - Laon	192	245	248	-1%
Charleville - Paris	207	265	268	-1%
Maubeuge - Marseille	787	1007	998	1%
Lens - Lyon	542	695	689	1%
Laon - Marseille	714	913	906	1%
Lens - Valenciennes	50	69	70	-1%
Compiègne - Bruxelles	194	253	251	1%
Charleville - Lille	151	198	196	1%
Lille - Bruxelles	94	124	125	-1%
Châlons - Marseille	640	819	812	1%
Valenciennes - Bordeaux	687	842	872	-3%
Reims - Lyon	394	520	503	3%

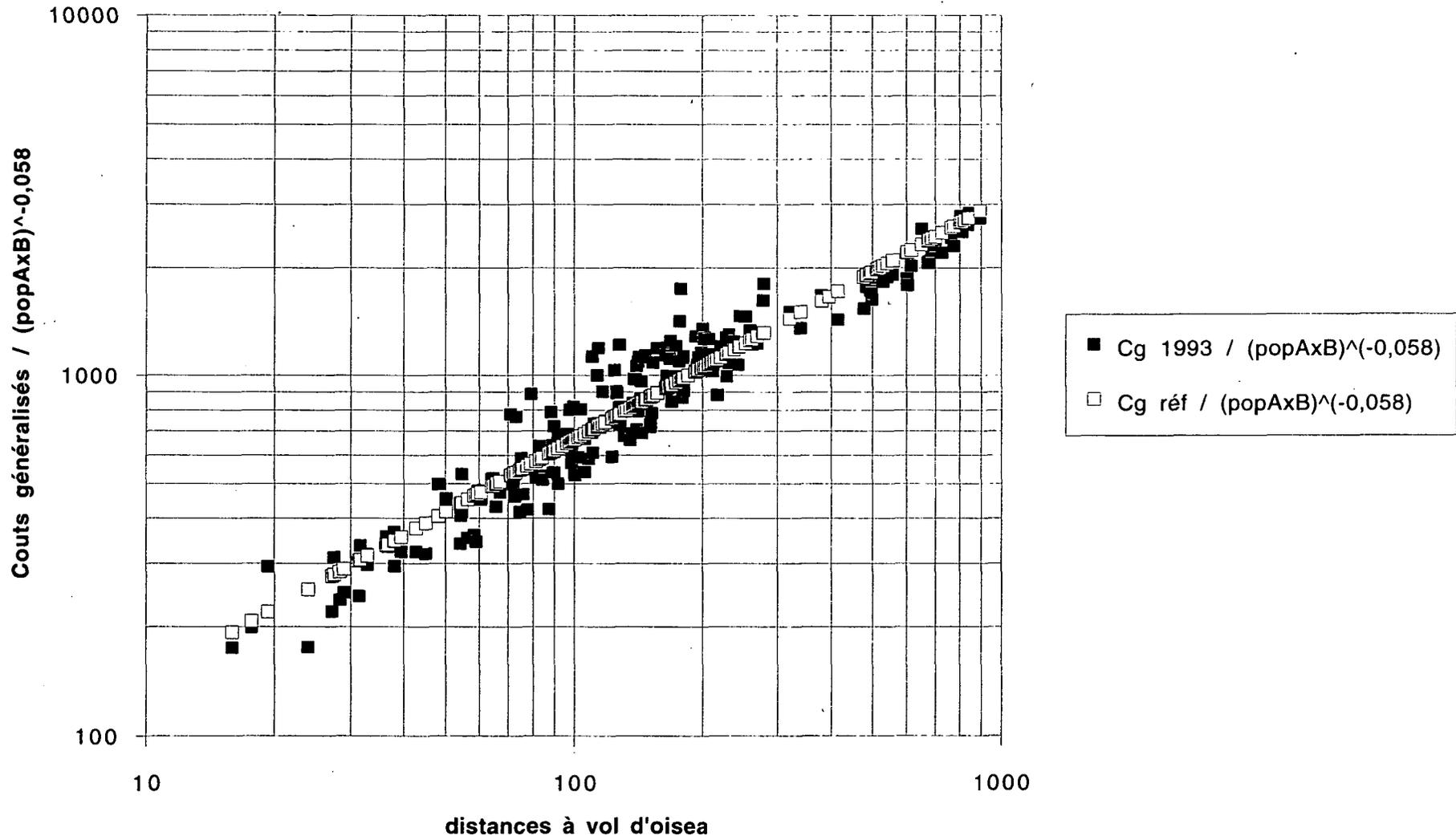
## Coûts et coûts de référence des relations par la route

Relations	distance	coût généralisé	coût de référence	écart
Boulogne - Bruxelles	193	247	249	-1%
Béthune - Marseille	834	1050	1058	-1%
Lens - Nantes	485	613	617	-1%
Reims - Bordeaux	602	771	765	1%
Charleville - Bordeaux	677	865	859	1%
St-Omer - Marseille	866	1105	1097	1%
Boulogne - Lens	92	123	122	1%
Maubeuge - Douai	64	87	87	-1%
Laon - Lille	125	165	164	1%
Dunkerque - Marseille	893	1139	1132	1%
Calais - Lyon	620	792	787	1%
Reims - Marseille	674	860	855	1%
Compiègne - Valenciennes	118	156	155	0%
Amiens - Lyon	498	637	634	0%
Lille - Laon	125	164	164	0%
St-Quentin - Marseille	748	953	949	0%
Rouen - Bruxelles	279	360	358	0%
Lens - Marseille	820	1037	1039	0%
Châlons - Valenciennes	165	214	214	0%
Paris - Dunkerque	259	334	333	0%
Rouen - Valenciennes	202	261	261	0%
Amiens - Marseille	773	979	981	0%
Beauvais - Bordeaux	548	696	697	0%
Douai - Marseille	809	1024	1026	0%
Lille - Marseille	838	1063	1062	0%
Arras - Marseille	806	1023	1022	0%
Arras - Nantes	471	599	600	0%
Calais - Marseille	896	1134	1135	0%
Béthune - Lyon	556	708	708	0%
Amiens - Bordeaux	602	766	766	0%
Reims - Lille	168	218	218	0%
	$\Delta\%$ moy 3 6,12%			

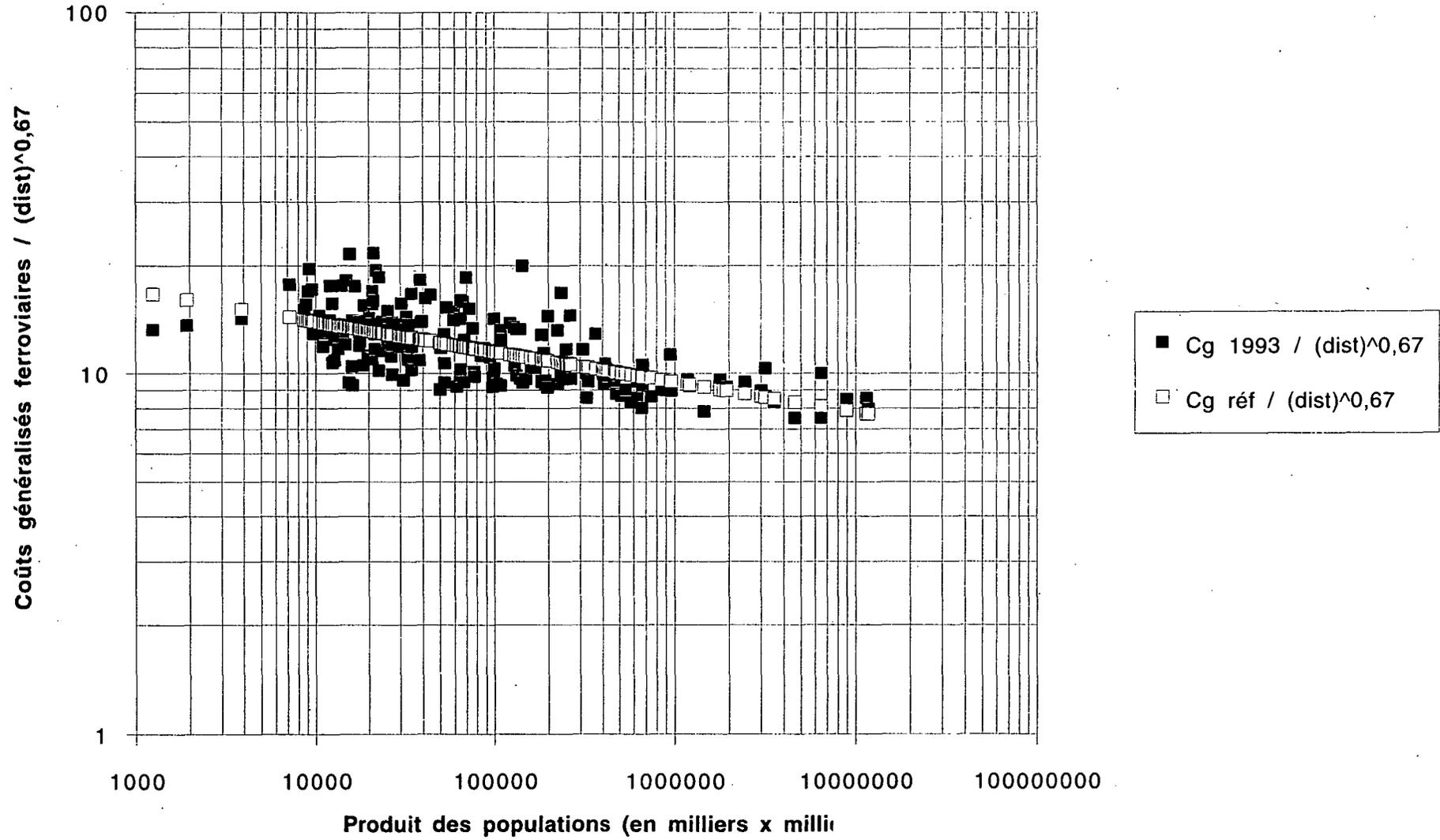
Graphique 3 - Relation entre coûts généralisés ferroviaires et distances entre villes



Graphique 4 - Relation entre coûts ferroviaires et distances



Graphique 5 - Effet de la variable "populations" sur le coût des relations



### Coûts et coûts de référence des relations ferroviaires (1993)

Relations	distance	coût généralisé	coût de référence	écart
Reims - Bruxelles	178	644	360	79%
Maubeuge - Reims	114	517	313	65%
Soissons - Valenciennes	110	503	314	60%
Valenciennes - Bruxelles	79	315	201	57%
Reims - Valenciennes	128	477	306	56%
Beauvais - Rouen	71	337	227	48%
Calais - Rouen	177	584	399	46%
St-Quentin - Lens	73	330	231	43%
Soissons - Douai	113	465	335	39%
Rouen - Bruxelles	279	632	462	37%
Soissons - Lens	125	461	342	35%
Soissons - Lille	142	459	341	34%
Douai - Lens	19	116	87	34%
Reims - Lille	168	449	336	33%
Reims - Lens	156	468	351	33%
Boulogne - Rouen	147	473	356	33%
Boulogne - Amiens	105	207	306	-32%
Arras - Reims	146	496	378	31%
Reims - Douai	141	448	342	31%
Charleville - Reims	75	169	245	-31%
Arras - Douai	24	78	112	-31%
Arras - Dunkerque	87	189	269	-30%
Compiègne - Reims	88	354	273	30%
Châlons - Valenciennes	165	519	401	29%
Rouen - Dunkerque	200	529	411	29%
Soissons - Béthune	140	482	377	28%
Reims - Béthune	173	484	383	26%
Béthune - Dunkerque	59	139	187	-26%
Rouen - Lille	193	438	350	25%
Amiens - Douai	78	178	235	-24%
Rouen - Amiens	100	325	262	24%
Rouen - Béthune	164	434	351	24%
Paris - Bruxelles	278	434	352	24%
Arras - Rouen	153	456	370	23%
Lens - Dunkerque	74	165	215	-23%
Soissons - Amiens	98	381	309	23%
Lens - Bruxelles	117	320	261	23%
Soissons - Reims	48	230	188	23%
Arras - Valenciennes	54	144	186	-23%
Rouen - Lens	166	424	347	22%
St-Omer - Lille	58	144	185	-22%
Calais - Reims	244	636	522	22%
Calais - Amiens	123	263	337	-22%
Arras - Amiens	56	160	204	-22%
Charleville - Valenciennes	106	232	296	-22%
Beauvais - Amiens	55	247	205	20%
Charleville - Dunkerque	216	399	501	-20%
St-Omer - Valenciennes	100	232	290	-20%

Relations	distance	coût généralisé	coût de référence	écart
Soissons - Laon	27	121	152	-20%
Douai - Valenciennes	31	96	120	-20%
Paris - Valenciennes	202	363	302	20%
Calais - Lille	92	190	238	-20%
Rouen - Valenciennes	202	472	395	20%
Compiègne - Lille	138	387	325	19%
St-Omer - Rouen	168	484	406	19%
Amiens - Bordeaux	602	674	833	-19%
Douai - Bruxelles	104	298	251	19%
Calais - Paris	252	460	387	19%
Calais - Valenciennes	135	275	337	-18%
Reims - Nantes	477	583	715	-18%
Dunkerque - Bruxelles	139	362	307	18%
St-Quentin - Paris	144	224	274	-18%
Valenciennes - Lille	45	110	134	-18%
Charleville - Lille	151	283	344	-18%
Châlons - Lille	206	501	427	17%
Béthune - Bruxelles	125	326	279	17%
St-Quentin - Béthune	90	316	270	17%
Amiens - Nantes	415	557	667	-17%
Arras - Béthune	28	103	123	-16%
Châlons - Paris	151	240	286	-16%
Calais - Douai	108	254	303	-16%
Amiens - Lyon	498	586	697	-16%
Compiègne - Rouen	126	382	329	16%
Amiens - Bruxelles	180	429	371	15%
Reims - Bordeaux	602	688	813	-15%
Maubeuge - Lille	76	178	209	-15%
St-Quentin - Laon	38	156	184	-15%
Maubeuge - Dunkerque	140	308	362	-15%
Paris - Amiens	131	206	241	-15%
Châlons - Douai	180	509	445	14%
Reims - Amiens	143	403	353	14%
St-Omer - Douai	73	210	245	-14%
Arras - Lille	43	125	146	-14%
Charleville - Douai	133	310	360	-14%
Dunkerque - Valenciennes	110	240	279	-14%
Douai - Lille	29	90	104	-14%
Rouen - Douai	176	427	376	14%
St-Omer - Paris	228	329	381	-13%
Dunkerque - Lille	65	156	180	-13%
Douai - Bordeaux	674	762	879	-13%
Compiègne - Paris	84	167	192	-13%
Amiens - Lille	99	209	241	-13%
Calais - Lens	90	224	258	-13%
Lens - Bordeaux	673	734	843	-13%
Calais - Béthune	72	197	226	-13%
Béthune - Bordeaux	678	753	863	-13%

### Coûts et coûts de référence des relations ferroviaires (1993)

Relations	distance	coût	coût de	écart
	généralisé référence			
Rouen - Lyon	498	565	647	-13%
Reims - Dunkerque	230	536	476	13%
Douai - Dunkerque	89	221	253	-13%
Amiens - Marseille	773	826	938	-12%
Dunkerque - Bordeaux	725	816	927	-12%
Amiens - Valenciennes	102	238	270	-12%
Maubeuge - Rouen	227	526	471	12%
Lens - Lille	28	108	96	12%
Arras - Paris	179	278	314	-11%
St-Quentin - Reims	84	235	263	-11%
Châlons - Rouen	243	460	516	-11%
Paris - Marseille	649	655	592	11%
Soissons - Dunkerque	199	541	489	11%
Charleville - Lens	152	339	379	-10%
Douai - Nantes	493	657	733	-10%
Charleville - Béthune	169	372	414	-10%
Paris - Nantes	340	373	414	-10%
Béthune - Lille	32	118	108	10%
Beauvais - Paris	81	172	190	-10%
Douai - Lyon	530	644	712	-10%
Dunkerque - Lyon	615	715	790	-9%
Arras - Lens	16	75	82	-9%
Rouen - Bordeaux	529	645	708	-9%
Châlons - Reims	39	146	160	-9%
Lens - Valenciennes	50	171	157	9%
Béthune - Lyon	556	656	719	-9%
Maubeuge - Lens	83	265	244	9%
Châlons - Lens	196	490	452	9%
Lens - Lyon	542	636	694	-8%
Lille - Bruxelles	94	222	206	8%
St-Quentin - Rouen	165	424	393	8%
Valenciennes - Bordeaux	687	785	852	-8%
Boulogne - Lens	92	284	263	8%
Châlons - Amiens	181	421	455	-8%
Paris - Béthune	204	334	310	8%
Paris - Lille	220	315	293	8%
St-Omer - Lens	54	179	193	-7%
Boulogne - Béthune	75	252	235	7%
Paris - Bordeaux	485	475	511	-7%
Paris - Dunkerque	259	399	374	7%
Béthune - Nantes	484	661	708	-7%
Amiens - Dunkerque	128	307	329	-7%
Compiègne - Amiens	67	217	233	-7%
Boulogne - Paris	230	344	368	-6%
Douai - Marseille	809	886	947	-6%
St-Omer - Amiens	96	321	302	6%
Maubeuge - Béthune	99	261	279	-6%
Rouen - Marseille	762	809	862	-6%

Relations	distance	coût	coût de	écart
	généralisé référence			
St-Quentin - Amiens	72	228	243	-6%
Douai - Béthune	36	143	135	6%
Calais - Dunkerque	38	160	151	6%
Compiègne - Beauvais	55	208	221	-6%
Maubeuge - Valenciennes	33	123	131	-6%
Valenciennes - Nantes	515	682	723	-6%
Maubeuge - Paris	211	324	343	-6%
Boulogne - Reims	237	546	517	6%
Lille - Bordeaux	700	747	790	-5%
Lens - Nantes	485	659	697	-5%
Boulogne - Dunkerque	65	228	217	5%
Maubeuge - Amiens	128	362	346	5%
Maubeuge - Douai	64	223	213	5%
Boulogne - Valenciennes	141	334	350	-5%
Soissons - Rouen	166	429	410	5%
St-Quentin - Douai	61	202	212	-5%
Rouen - Nantes	320	543	520	4%
Dunkerque - Marseille	893	971	1016	-4%
St-Quentin - Lille	89	251	241	4%
Châlons - Dunkerque	269	559	585	-4%
Valenciennes - Marseille	801	939	900	4%
Châlons - Béthune	213	507	486	4%
Charleville - Amiens	173	457	439	4%
Béthune - Marseille	834	908	945	-4%
Dunkerque - Nantes	516	731	760	-4%
Lens - Béthune	18	77	80	-4%
Paris - Lens	195	306	295	4%
Charleville - Paris	207	339	352	-4%
Paris - Lyon	380	426	412	3%
Boulogne - Douai	111	322	312	3%
Charleville - Rouen	262	520	538	-3%
Amiens - Lens	71	205	213	-3%
Soissons - Paris	106	224	231	-3%
Lille - Marseille	838	877	850	3%
Compiègne - Béthune	127	332	342	-3%
Lens - Marseille	820	891	918	-3%
Beauvais - Reims	143	392	382	3%
Paris - Rouen	122	209	214	-2%
Paris - Reims	137	248	243	2%
St-Quentin - Valenciennes	59	205	200	2%
Lille - Nantes	512	647	660	-2%
St-Quentin - Dunkerque	148	380	387	-2%
Compiègne - Douai	110	312	318	-2%
Compiègne - Lens	115	309	314	-2%
St-Omer - Béthune	37	149	151	-1%
St-Omer - Dunkerque	33	146	144	1%
Boulogne - Lille	102	261	258	1%
Béthune - Valenciennes	66	190	192	-1%

### Coûts et coûts de référence des relations ferroviaires (1993)

Relations	distance	coût généralis	coût de référence	écart
Lille - Lyon	559	639	646	-1%
Compiègne - Valenciennes	118	322	319	1%
St-Omer - Reims	209	500	496	1%
Reims - Lyon	394	579	582	-1%
Reims - Rouen	214	425	427	-1%
Reims - Marseille	674	838	835	0%
Paris - Douai	192	306	305	0%
Compiègne - Dunkerque	185	451	452	0%
Amiens - Béthune	76	225	225	0%
Valenciennes - Lyon	522	674	674	0%
Ecart moyen :				15%

Relations	distance	coût généralis	coût de référence	écart
-----------	----------	-------------------	----------------------	-------

