

**CONFIGURATION STRUCTURELLE DES  
MARCHÉS LOCAUX ET EFFICIENCE TECHNIQUE  
DES RÉSEAUX DE CHEMINS DE FER :  
APPLICATION A UN PANEL AFRICAÏN ET ASIATIQUE**

**Lucile HOFMAN\***

*Résumé* - Les chemins de fer des pays en développement sont souvent qualifiés de "non performants". Le critère retenu ici pour mesurer cette non performance est l'inefficacité technique. Plusieurs raisons peuvent ensuite être avancées à l'inefficacité relative constatée. Celles qui nous intéressent s'apparentent à la configuration des marchés dans lesquels les réseaux fonctionnent. La méthode utilisée pour estimer l'(in)efficacité et mettre en évidence les effets de la configuration des marchés sur celle-ci est la frontière stochastique de Battese et Coelli (1993, 1995). Douze réseaux de chemins de fer (8 africains et 4 asiatiques) suivis sur une période globale de 19 années (1974-1992) sont considérés. La densité de population et la densité kilométrique des lignes sont introduites comme facteurs explicatifs de l'inefficacité technique. Ceux-ci tentent d'appréhender l'effet de la configuration structurelle des marchés locaux.

*Mots-clés* - EFFICIENCE TECHNIQUE, CHEMINS DE FER, CONFIGURATION STRUCTURELLE DES MARCHÉS, DÉTERMINANTS D'INEFFICIENCE, FRONTIÈRE STOCHASTIQUE.

*Classification du JEL* : C23, D29, L92, O12, O57.

Je tiens à remercier Mohammed E. Chaffai, Benoît Dervaux, Hubert Jayet, Jean-Yves Lesueur, Sergio Perelman, Alain Pentel, Patrick Plane, Benoît Simon et Nicolas Vanecloo pour les remarques qu'ils ont formulées sur des versions antérieures de cet article. Je remercie également le référent anonyme de la revue pour ses précieux commentaires. Leur responsabilité n'est cependant en rien impliquée quant au résultat final.

\* Université d'Auvergne, CERDI, UMR CNRS 6587, 65 boulevard François Mitterrand, 63000 Clermont-Ferrand et Université des Sciences et Technologies de Lille, MEDEE, 59655 Villeneuve d'Ascq Cedex.

*"Quand une voie ferrée demanderait pour joindre la Côte au point de jonction des grandes routes du centre une dépense d'un million par kilomètre, elle vaudrait que l'on fit ce sacrifice."*

*(de Brazza)*

## 1. INTRODUCTION

De nombreuses études, notamment celles réalisées par les institutions internationales, soulignent le rôle essentiel des infrastructures<sup>1</sup> et de la qualité des services pour la croissance économique, la réduction de la pauvreté et la protection de l'environnement. Par exemple, le Rapport sur le Développement dans le Monde de la Banque Mondiale (1994) montre leur nécessité dans le développement économique et social des pays et la responsabilité des États dans la fourniture de services de qualité.

Dans ce cadre, les réseaux<sup>2</sup> de chemins de fer apparaissent comme une infrastructure indispensable. En effet, dans les économies en développement, de nombreux facteurs géographiques et économiques favorisent leur utilisation [l'absence d'une concurrence réelle des lignes aériennes intérieures, l'existence de routes souvent peu praticables (inondation...)]. De plus, l'existence de ces réseaux entraîne une amélioration sensible de la qualité de la vie notamment par l'électrification, par l'installation de bornes d'eau potable le long des voies ou encore de dispensaires.

Cependant, les réseaux sont le plus souvent qualifiés de "non performants". Un critère fréquemment utilisé pour mesurer cette non performance, en particulier dans le cadre des politiques de restructuration ou de privatisation, est celui de non-rentabilité. Nous pensons que ce critère ne traduit pas bien le comportement de l'entreprise. En effet, il se fait plus particulièrement le reflet des distorsions de prix et de quantité rencontrées sur les marchés et traduit ainsi une réalité plus macro-économique. Aussi, la notion que nous retiendrons ici s'exprime en termes productifs. Parmi les différentes notions d'inefficience productive distinguées dans la littérature économique actuelle, celle qui nous intéresse plus particulièrement est *l'inefficience technique*.

<sup>1</sup> Les infrastructures peuvent être définies comme l'ensemble des équipements collectifs durables aménageant le territoire : routes, ports, voies ferrées, gares, aéroports, canaux, ponts... Il s'agit ainsi des supports aux activités de services publics (électricité, télécommunications, eau courante, assainissement, enlèvement et évacuation des déchets solides, et gaz) et de transports. Par extension, leur sens économique englobe souvent les activités mêmes. Ainsi, infrastructure est devenu un terme générique recouvrant des activités qui disposent de caractéristiques techniques (comme les économies d'échelle) et de caractéristiques économiques (comme les effets de retombées des usagers sur les non-usagers) communes.

<sup>2</sup> A l'instar de la note précédente, le terme réseau –terme technique qualifiant un certain type d'infrastructures (ensemble de voies de communications, de conducteurs électriques...)– englobe maintenant l'activité effectuée à l'aide de ces infrastructures spécifiques, le service rendu. Dans cet article, c'est au niveau des services offerts que l'on se situe.

Plusieurs études ont été réalisées sur l'efficacité technique des chemins de fer des pays industrialisés (notamment Gathon et Perelman, 1989 et 1992 ; Deprins et Simar, 1989 ; Gathon et Pestieau, 1992 et 1995 ; Coelli et Perelman, 1996). En revanche, peu ont été réalisées sur les réseaux ferroviaires des Pays En Développement (PED) car l'application des méthodes d'estimation fait face à deux barrières principales : la disponibilité des données et la fiabilité de celles-ci lorsqu'elles existent. Cependant, la recherche d'une mesure de l'efficacité technique semble opportune pour les entreprises ferroviaires de ces pays car elle a des implications de politique économique. Par exemple, une critique fondamentale formulée à l'encontre de ces firmes est le gaspillage des ressources qu'elles entraînent. Il est alors utile de savoir de combien on peut espérer augmenter l'output par un accroissement de l'efficacité sans absorber plus de ressources. La mesure brute de l'inefficacité technique doit alors être affinée. La recherche des causes de celle-ci constitue, à notre sens, un raffinement.

Deux types de causes peuvent être avancées : les caractéristiques intrinsèques à l'activité des firmes (expériences managériales, caractéristiques de propriété..., voir Battese et Coelli, 1995, par exemple) et les variables exogènes, c'est-à-dire que la firme ne contrôle pas directement (facteurs géographiques, la demande..., voir notamment Pitt et Lee, 1981 ; Gathon et Pestieau, 1995). Ces dernières peuvent expliquer, en partie, le faible résultat d'une unité de production et ainsi influencer les décisions de politique économique. Dans ce cadre, la nature spatiale encore restreinte de l'activité ferroviaire peut conduire à considérer que des caractéristiques de marché ont un effet sur l'efficacité d'un réseau donné. En particulier, l'interrogation peut porter sur l'effet de la configuration structurelle du marché local (offre et demande). Cette dernière donne-t-elle un avantage ou un désavantage à certains réseaux en termes d'efficacité technique ? La prise en compte de celle-ci permet-elle d'expliquer en partie l'inefficacité technique relative de certains réseaux ?

C'est à ces questions principales que cet article tente de répondre. La deuxième section fournit une présentation méthodologique du modèle de Battese et Coelli (1993 et 1995) utilisé dans les estimations. La troisième section propose un exposé de l'hypothèse de configuration structurelle des marchés. Puis, une mesure de l'efficacité technique relative de 12 réseaux ferroviaires africains et asiatiques<sup>3</sup> est réalisée et confrontée à l'hypothèse précédente au cours de la quatrième section. Enfin, la cinquième section rappelle les principaux résultats de l'étude appliquée et suggère des voies de recherche complémentaires.

<sup>3</sup> L'absence de concurrence interne à chaque pays de plusieurs chemins de fer facilite la comparaison internationale des réseaux.

## 2. EFFICIENCE TECHNIQUE : DÉFINITION ET MÉTHODES D'ESTIMATION

### 2.1. Définition de l'efficacité technique

De manière générique, l'efficacité se définit par la comparaison entre les *valeurs observées et les valeurs optimales* de grandeurs caractéristiques de l'activité d'une firme. Différents critères d'efficacité peuvent découler de cette définition générale. Lovell (1993) distingue, par exemple, l'efficacité technique de l'efficacité économique. Cette dernière prend en considération un optimum en termes du "but comportemental de l'unité de production" (Lovell, 1993, p. 4). Elle est alors mesurée en comparant les grandeurs observées et optimales du coût, du profit, du revenu. L'efficacité technique est, quant à elle, définie en termes de technologie de production.

La mesure de l'efficacité technique d'une activité de production est réalisée en comparant le niveau d'output que pourrait atteindre l'unité productive compte tenu des quantités de facteurs utilisées, à celui qu'elle obtient réellement. L'écart obtenu est ainsi représentatif du degré d'(in)efficacité de la firme. Selon les hypothèses retenues quant au processus de production, plusieurs mesures de l'efficacité technique peuvent être dégagées. Ainsi, par exemple, l'efficacité technique pure est distinguée de l'efficacité d'échelle selon l'hypothèse réalisée sur la nature des rendements à l'échelle. Dans ce qui suit, une technologie de production à rendements à l'échelle variables est supposée, aussi une efficacité technique pure sera mesurée<sup>4</sup>. La mesure obtenue est ainsi "épurée" de l'effet de la variabilité des rendements à l'échelle<sup>5</sup>.

### 2.2. La méthode d'estimation

Depuis les travaux originaux de Koopmans (1951), Debreu (1957) et Farrell (1957) sur la notion de frontière de production, plusieurs méthodes d'estimation de

<sup>4</sup> Pour plus de détail sur les différentes mesures de l'efficacité, voir notamment Fried, Lovell et Schmidt, 1993 ; Fare, Grosskopf et Lovell, 1994 ; Fare et Grosskopf, 1994.

<sup>5</sup> D'autres distinctions peuvent être précisées, notamment entre la mesure de Koopmans et celle de Debreu-Farrell. Selon Koopmans (1951, p. 60), "un producteur est techniquement efficace si une augmentation dans n'importe quel output nécessite une baisse d'au moins un autre output ou une augmentation dans au moins un input, et si une diminution de n'importe quel input réclame une hausse dans au moins un autre input ou une réduction dans au moins un output. Ainsi, un producteur techniquement inefficace pourrait produire les mêmes outputs avec moins d'au moins un input ou pourrait utiliser les mêmes inputs pour produire plus d'au moins un output". Debreu (1951) et Farrell (1957) introduisent une mesure de l'efficacité technique. Leur mesure est définie comme : un moins la réduction équi-proportionnée maximum de tous les inputs qui permet le maintien de la production d'outputs donnés. Un score unitaire indique l'efficacité technique car aucune réduction équi-proportionnée des inputs n'est possible, et un score inférieur à un indique l'existence d'inefficacité technique. Ces deux définitions ne se correspondent pas exactement. En effet, celles-ci diffèrent en ce qu'elles renvoient à des ensembles de référence différents : le *sous-ensemble efficace* ou l'*isoquant*.

l'efficacité technique des firmes ont été développées dans la littérature<sup>6</sup>. Ainsi, Aigner, Lovell et Schmidt (1977) (ALS) et Meeusen et van der Broeck (1977) ont introduit une méthode d'estimation par le maximum de vraisemblance. Leur frontière est "stochastique" ou à "erreur composée" c'est-à-dire qu'elle conduit à l'estimation directe d'une inefficacité technique relative<sup>7</sup> par la décomposition du terme d'erreur en deux composants indépendants. Cette méthode est dite paramétrique par opposition aux méthodes non paramétriques. Ces dernières ne seront pas abordées ici<sup>8</sup>. Elle est également opposée aux méthodes déterministes qui supposent la frontière de production parfaitement connue, l'aléa étant alors seul représentatif de l'inefficacité<sup>9</sup>.

Depuis ces travaux fondateurs, différents raffinements ont été apportés aux méthodes par les recherches appliquées. L'un d'eux est la recherche des déterminants de l'inefficacité mesurée à l'aide des frontières paramétriques stochastiques. Dans ce cadre, Kumbhakar, Ghosh et McGuckin (1991), Reifschneider et Stevenson (1991), Huang et Liu (1994) et Battese et Coelli (1993, 1995) ont récemment proposé des méthodes incluant les causes de l'inefficacité dans l'estimation de la frontière stochastique.

La formulation retenue, dans ce qui suit, est celle de Battese et Coelli (1993 et 1995). Celle-ci généralise la méthode de Aigner, Lovell et Schmidt (1977) (ALS), et Meeusen et van der Broeck (1977). D'une part, elle appréhende une mesure de l'efficacité variable dans le temps (Battese et Coelli, 1991) et d'autre part, elle suppose que le terme aléatoire d'inefficacité est une fonction de variables explicatives. Ainsi, cette approche, plus large, permet de révéler des informations sur le comportement des firmes, impossibles à détecter avec d'autres analyses notamment transversales, et sur les causes de l'inefficacité. Elle permet, en outre, de retrouver, selon les restrictions formulées, diverses approches exploitées dans la littérature.

D'une manière générale, le modèle peut-être formulé de la manière suivante :

$$(1) \quad Y_{it} = x_{it}b + v_{it} - u_{it}$$

et

$$(2) \quad u_{it} = z_{it}\delta + W_{it}$$

<sup>6</sup> Des revues de cette littérature ont été réalisées, par exemple, par Forsund, Lovell et Schmidt, 1980 ; Bauer, 1990 ; Battese, 1992 ; Greene, 1993.

<sup>7</sup> La méthode ne permet pas l'estimation d'un niveau absolu d'efficacité.

<sup>8</sup> Le lecteur intéressé se reportera utilement aux articles de Seiford et Thrall (1990), Ali et Seiford (1993), Seiford (1996) qui fournissent une bibliographie très complète de ces méthodologies. La différence essentielle entre les deux méthodes est l'imposition ou non d'une forme fonctionnelle au processus de production.

<sup>9</sup> Les méthodes non-paramétriques sont, pour le moment, essentiellement déterministes. Des travaux actuels portent ainsi sur la recherche de méthodes non paramétriques stochastiques. Voir à ce sujet Lovell (1993).

avec  $t = 1, \dots, T$  et  $i = 1, \dots, N$  où :

$Y_{it}$  est la production (ou le logarithme de la production) de la  $i$ -ème firme à la  $t$ -ème période,

$x_{it}$  est le vecteur d'inputs (transformés ou non) de la  $i$ -ème firme à la  $t$ -ème période,

$\beta$  est le vecteur des coefficients,

$u_{it}$  est le terme aléatoire associé à l'inefficience technique, supposé être indépendamment distribué.  $u_{it}$  suit une loi normale tronquée (en zéro) de moyenne,  $z_{it}\delta$  et de variance,  $\sigma_u^2$ ,

$v_{it}$  est le terme aléatoire de distribution  $N(0, \sigma_v^2)$ ,

$z_{it}$  est le vecteur de variables explicatives de l'inefficience technique des firmes dans le temps,

$\delta$  est un vecteur de coefficients,

$W_i$  est un terme aléatoire de distribution normale tronquée  $N(0, \sigma_w^2)$ , tel que le point de troncature soit  $-z_{it}\delta$  c'est-à-dire que  $W_i \geq -z_{it}\delta$ .

L'estimation simultanée des équations (1) et (2) est réalisée par la méthode du maximum de vraisemblance. L'avantage est ici d'estimer une frontière des points d'observation plutôt qu'une fonction moyenne, comme elle aurait été permise par la méthode des moindres carrés ordinaires, par exemple<sup>10</sup>. La fonction de vraisemblance est caractérisée par l'introduction des paramètres de variance suivants (Battese et Corra, 1977) :

$$\sigma_s^2 = \sigma_v^2 + \sigma_u^2$$

$$\gamma = \sigma_u^2 / (\sigma_v^2 + \sigma_u^2)$$

L'efficience technique des firmes dans le temps est définie par l'équation (3) :

$$(3) \quad TE_{it} = \exp(-u_{it}) = \exp(-z_{it}\delta - W_i)$$

### 3. L'HYPOTHÈSE DE CONFIGURATION STRUCTURELLE DES MARCHÉS LOCAUX

L'idée, développée schématiquement ici, est celle selon laquelle la configuration du marché dans lequel un réseau de chemins de fer fonctionne peut

<sup>10</sup> En effet, pendant longtemps, les fonctions de production ont été estimées par des méthodologies de tendances centrales. Ainsi, depuis Cobb et Douglas (1928), les moindres carrés ont été communément utilisés dans les analyses appliquées. Il en résulte des fonctions estimées qui passent à travers les points d'observation. Dans leur article, Aigner, Lovell et Schmidt (1977, p. 21) notent à ce propos : "La définition théorique d'une fonction de production, exprimant le montant maximum d'output que l'on peut obtenir à partir d'un ensemble d'inputs donné avec une technologie fixée a été acceptée depuis plusieurs décades. Et depuis presque aussi longtemps, les économètres ont estimé des fonctions de production moyenne".

influencer son efficacité technique. Plus précisément, l'hypothèse posée est que les réseaux sont techniquement plus efficaces lorsqu'il y a une bonne adéquation entre l'offre et la demande qui s'imposent à la firme. Cette hypothèse est à revisiter à la lumière de ce que l'on appellera abusivement la *configuration structurelle des marchés locaux*<sup>11</sup>.

Cette dernière est définie comme les *offres et demandes* qui peuvent se rencontrer sur le marché du réseau et est représentée ici par la densité de population et la densité kilométrique des lignes. En effet, un réseau de chemins de fer a pour production essentielle le transport de biens ou de personnes d'un point à un autre. On peut alors supposer que la densité de population constitue une *demande structurelle* en ce qu'elle fournit une mesure des besoins à couvrir sur un territoire donné<sup>12</sup>. De la même manière, la densité des lignes sur ce même territoire peut permettre d'appréhender une *offre structurelle* en ce qu'elle représente la possibilité technique maximale du réseau. Ces deux variables sont supposées exogènes c'est-à-dire hors du contrôle de la firme. Aussi, la configuration des marchés s'impose aux réseaux.

Deux hypothèses, a priori liées, sont posées :

- 1) les réseaux œuvrant sur des lignes denses sont les plus efficaces à demande donnée ;
- 2) plus la population du pays est dense plus il y a d'échanges de courte et moyenne distance. Ainsi, on suppose que les réseaux travaillant dans des zones plus densément peuplées sont également plus efficaces à offre donnée.

Le tableau n° 1 et la figure n° 1 présentent un classement des douze pays de l'échantillon<sup>13</sup> en fonction des deux hypothèses posées. Deux critères sont retenus pour chaque densité, forte et faible, en référence à la position du pays par rapport à la moyenne de la série pour l'année 1992. Par exemple, les pays à forte densité kilométrique sont ceux dont la valeur de cette variable est supérieure à la moyenne<sup>14</sup>. Quatre groupes distincts de pays sont ainsi repérés. Ils combinent les deux types de densité selon qu'elles sont, respectivement, fortes ou faibles.

Compte tenu des hypothèses formulées ci-dessus, on suppose que les pays du groupe I et IV sont les pays pour lesquels il existe une bonne adéquation de l'offre et de la demande. Les réseaux de chemins de fer sont alors supposés disposer d'un avantage relatif en termes d'efficacité technique. De plus, les réseaux du cadran I sont ceux pour lesquels les niveaux d'efficacité devraient apparaître comme étant les plus élevés de l'échantillon car, en combinant des densités de

<sup>11</sup> On pourrait également parler de *dimension potentielle* de l'offre et de la demande.

<sup>12</sup> Tous les individus sont potentiellement demandeurs de transport ferroviaire pour eux-mêmes ou pour des marchandises.

<sup>13</sup> Celui-ci est présenté à la section suivante.

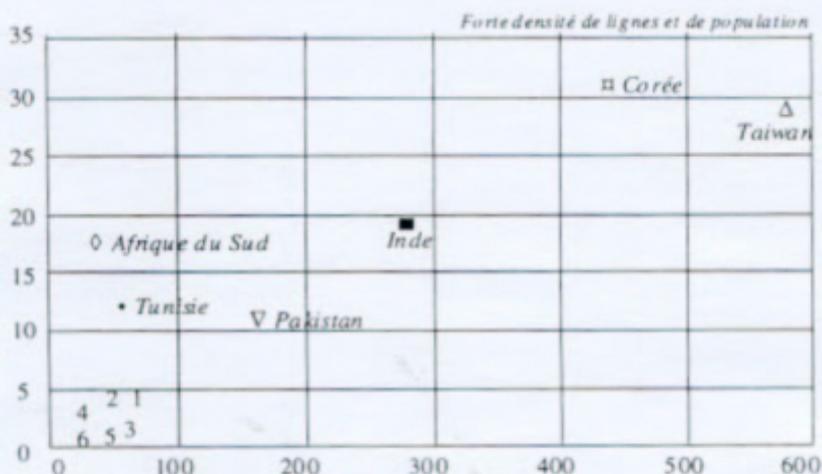
<sup>14</sup> Ce classement n'est que peu modifié si on se réfère à la médiane.

population et de lignes importantes, ils fonctionnent dans des environnements propices à l'échange. Les réseaux des pays des groupes II et III devraient être relativement désavantagés car ils connaissent une mauvaise adéquation de l'offre et de la demande selon les hypothèses posées.

**Tableau n° 1 : Classement des pays en fonction de la configuration des marchés locaux**

Densité kilométrique	Densité de population	
	Forte	Faible
Forte	<i>I</i> <i>Taiwan,</i> <i>Corée,</i> <i>Inde</i>	<i>II</i> <i>Tunisie,</i> <i>Afrique du Sud</i>
Faible	<i>III</i> <i>Pakistan</i>	<i>IV</i> <i>Maroc, Sénégal,</i> <i>Cameroun,</i> <i>Madagascar,</i> <i>Algérie, Congo</i>

**Figure n° 1 : Pays de l'échantillon selon les densités de population et kilométrique**



*Faible densité de lignes et de population :*

1- Maroc, 2- Sénégal, 3- Cameroun, 4- Madagascar, 5- Algérie, 6- Congo

Dans ce qui suit, une frontière de production estimée permet de mesurer l'efficacité technique relative des réseaux. Le classement obtenu à l'aide de celle-ci peut ainsi être confronté à la typologie que propose le tableau n° 1. La deuxième partie de l'estimation permet d'appréhender l'impact des variables de densité sur l'(in)efficacité.

#### 4. LA CONFIGURATION DES MARCHÉS COMME FACTEUR EXPLICATIF DE L'INEFFICIENCE TECHNIQUE

##### 4.1. L'échantillon

Un panel non cylindré de 12 réseaux de chemins de fer est utilisé. Trois sous-régions le constituent : 8 réseaux africains décomposés en deux groupes : Afrique Noire (Afrique du Sud, Cameroun, Congo, Madagascar, Sénégal) et Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie) et 4 réseaux asiatiques (Corée, Inde, Pakistan, Taiwan). Compte tenu de la disponibilité des données, ceux-ci sont suivis, au mieux, sur la période 1974-1992. Les données émanent des annuaires annuels de la Statistique Internationale des Chemins de fer de l'UIC (Union Internationale des Chemins de fer)<sup>15</sup> et des Rapports d'activité annuels des firmes.

Tous les pays retenus peuvent être considérés en développement sur la période en dépit de la présence de deux des quatre Dragons du sud-est asiatique<sup>16</sup>. Suivant la classification de la Banque Mondiale, sur les 12 pays de l'échantillon, 3 (Madagascar, Inde, Pakistan) sont classés dans la tranche des économies à faible revenu, 6 (Sénégal, Cameroun, Congo, Maroc, Tunisie, Algérie) dans les économies à revenu intermédiaire-tranche inférieure, 3 (Afrique du Sud, Corée, Taiwan) dans les économies à revenu intermédiaire-tranche supérieure<sup>17</sup>.

Le tableau n° 2 fournit les valeurs moyennes des variables utilisées, par la suite, dans l'estimation de la frontière de production pour chaque réseau : le tonnage kilométrique brut remorqué corrigé par les parts respectives des trafics voyageurs et marchandises dans le chiffre d'affaires ( $Q$ ), le matériel de traction

<sup>15</sup> Les données sont collectées annuellement auprès de chaque réseau membre.

<sup>16</sup> Malgré la croissance rapide de leurs revenus par tête, ils sont encore compris dans le groupe des pays en développement comme le confirme le classement de la Banque Mondiale, bien que certains de ceux-ci puissent être plus justement dits "en voie de réussite" comme le souligne J. Baneth (1994).

<sup>17</sup> Pour classer et regrouper approximativement les économies selon leur stade de développement économique, la Banque Mondiale utilise comme critère principal le PNB par habitant. Dans le Rapport sur le Développement dans le Monde de 1994, les groupes de revenu par habitant étaient les suivants : 42 économies à faible revenu (revenu par habitant égal ou inférieur à 675 dollars en 1992) ; 46 économies à revenu intermédiaire -tranche inférieure- et 21 économies à revenu intermédiaire -tranche supérieure- (revenu par habitant compris entre 676 et 8 355 dollars en 1992) ; 23 économies à revenu élevé (revenu par habitant égal ou supérieur à 8 356 dollars en 1992). Taiwan n'apparaît pas dans cette classification mais avec un PNB par habitant de 7 761 \$ en 1990, ce pays peut être classé dans la tranche des économies à revenu intermédiaire -tranche supérieure. Les données relatives au revenu par habitant concernant ce pays proviennent du Statistical Yearbook of the Republic of China (1991). Leur classement selon les critères de la Banque Mondiale est de notre responsabilité.

(*mr*), les wagons voyageurs (*wv*), les wagons marchandises (*wm*), le personnel total employé par le réseau (*pr*); ainsi que le nombre d'employés par unité de capital. Ces variables montrent la diversité de l'échantillon quant aux tailles des firmes allant de la petite unité malgache employant 4268 personnes à l'industrie indienne de quelques 1 563 421 salariés. Eu égard aux quantités de matériel et de travail utilisées, plusieurs combinaisons productives coexistent dans l'échantillon. Ainsi, l'Afrique du Sud affiche-t-elle 219 594 employés et 182 755 véhicules (tous types confondus) soit encore 1,20 employés par unité de capital roulant, Madagascar culmine dans la région Afrique Noire avec ce même ratio égal à 3,98. Les pays du Maghreb manifestent des rapports relativement modestes (1,15 ; 1,55 ; 1,23). La région Asie est, quant à elle, dominée par le Pakistan avec 3,38 employés par véhicule tandis que la Corée n'utilise que 1,93 personnes par véhicules. Aussi, de ce point de vue, l'échantillon semble-t-il fortement hétérogène. Cependant eu égard aux technologies de production, l'hypothèse d'une homogénéité par groupe de pays est posée. En effet, deux sous régions sont retenues : l'Afrique (Afrique Noire, Maghreb) et l'Asie. Cette spécificité structurelle est, en partie, prise en compte par l'introduction dans la régression d'un progrès technique autonome différencié par groupe de pays africain et asiatique.

Tableau n° 2 : Valeurs moyennes de l'output et des inputs de production

Réseaux	Output* (en milliers de tonnes-kilomètres)	Matériel de traction	Wagons Voyageurs	Wagons Marchandises	Personnel	Employés par unité de capital**
ATC (Congo)	913 988	52	86	1 618	4 620	2,63
RCFS (Sénégal)	524 734	41	101	927	3 261	3,05
RNCFC (Cameroun)	1 108 964	82	101	1 750	5 681	2,94
RNCFM (Madagascar)	7 824 582	47	78	946	4 268	3,98
SAR (Afrique du Sud)	145 518 093	5 880	9 687	167 188	219 594	1,20
ONCFM (Maroc)	5 713 064	222	413	9 469	11 670	1,15
SNCFT (Tunisie)	2 173 691	177	250	5 554	9 258	1,55
SNTF (Algérie)	4 273 285	271	523	11 882	15 569	1,23
IR (Inde)	272 568 269	11 046	29 991	485 189	1 563 421	2,97
KNR (Corée)	19 834 613	896	2 553	16 087	37 646	1,93
PR (Pakistan)	16 623 454	927	2 817	35 837	133 943	3,38
TRA (Taiwan)	8 109 961	461	1 415	6 927	22 004	2,50

\* Tonnage kilométrique brut remorqué corrigé par les parts respectives des trafics voyageurs et marchandises dans le chiffre d'affaires.

\*\* Seul le capital de fonctionnement a été pris en compte dans ce calcul.

Source : Statistique Internationale des Chemins de fer (1974-1992), UIC, Paris ; Rapports d'activités des firmes.

Plusieurs précisions concernant les inputs<sup>18</sup> et l'output doivent être apportées maintenant.

Le personnel ne comprend que les employés, dont l'activité est uniquement

<sup>18</sup> Aucun capital fixe n'est présenté ici car, en s'intéressant aux services offerts, on mesure une efficacité technique "de fonctionnement" soumise, par la suite, à des effets structurels. Tous les inputs sont des unités moyennes annuelles.

ferroviaire. Ils sont liés au réseau par un contrat de travail et rémunérés directement par celui-ci. Quatre catégories professionnelles sont sommées pour construire la variable : les services de l'administration générale, les services "Mouvement et Trafic" correspondant à l'exploitation essentiellement commerciale, les services "Matériel et Traction" correspondant aux ateliers d'entretien du matériel roulant et cheminots, les services "Installations Fixes" correspondant à l'entretien des voies et bâtiments, gardiennage de passage à niveau.

Le matériel de traction, les wagons voyageurs et marchandises comprennent tout le matériel exploité par le réseau y compris celui en réparation dans les ateliers. Cette intégration du matériel en réparation permet de rendre compte de l'importance de la disponibilité des machines pour le bon fonctionnement des réseaux. Ainsi, par exemple, 90 % des locomotives indiennes sont disponibles à tout moment du fait d'un bon entretien. Ceci devrait impliquer, *a priori*, une efficacité technique plus élevée.

La production principale d'un réseau de chemins de fer recouvre deux types distincts de marché : le transport de voyageurs et le transport de marchandises. Du fait d'unités de mesure différentes, respectivement voyageurs-kilomètres et tonnes-kilomètres, ces deux types d'activité sont généralement mesurés séparément. De plus, des critères qualitatifs peuvent également conduire à une différenciation entre les deux types de production (la satisfaction différente du consommateur en terme de sécurité, d'espace, de rapidité...). Ainsi, la construction d'un output global semble complexe mais nécessaire car l'absence de données détaillées relatives à la répartition des inputs entre les deux types de trafic ne permet pas des estimations distinctes. Aussi, afin de mesurer une efficacité technique globale, ces deux activités sont prises en compte à l'aide d'un critère unique. Malgré l'imperfection de mesure qui lui est inhérente, le tonnage kilométrique brut remorqué est considéré, ici, comme une bonne approximation de l'output de l'exploitation ferroviaire<sup>19</sup>. Pour un train, ce dernier est obtenu en multipliant le tonnage brut remorqué de celui-ci par le nombre de kilomètres parcourus, compte tenu, le cas échéant, des modifications de sa composition en cours de route.

Une correction est cependant apportée afin d'appréhender les différences de productivité des facteurs dans la prestation des deux types de trafics en terme de chiffre d'affaires. Aussi, l'output considéré est-il défini par :

$$(4) \quad Q = \alpha TV + (1 - \alpha) TM$$

où  $TV$  est le tonnage kilométrique brut remorqué du trafic voyageurs,  
 $TM$  est celui du trafic marchandises,  
 $\alpha$  et  $(1 - \alpha)$  sont les parts relatives moyennes des recettes passagers et fret

<sup>19</sup> D'autres mesures de l'output sont utilisées dans la littérature comme le nombre de kilomètres parcourus (Deprins et Simar, 1989), le nombre d'unités de transport-kilomètre (Hofman, 1997).

dans le chiffre d'affaires<sup>20</sup>. Celles-ci sont présentées dans le tableau n° 3.

**Tableau n° 3 : Part relative moyenne de chaque trafic dans le chiffre d'affaires (en %)**

Réseaux <sup>1</sup>	Part dans le chiffre d'affaires	
	Trafic voyageurs	Trafic marchandises
ATC-CFCO (Congo)	19,84	80,16
RCFS (Sénégal)	19,84	80,16
RNCFC (Cameroun)	16,53	83,47
RNCFM (Madagascar)	24,79	75,21
SAR (Afrique du Sud)	15,85	84,15
ONCFM (Maroc)	18,82	81,18
SNCFT (Tunisie)	26,07	73,93
SNTF (Algérie)	32,60	67,40
IR (Inde)	33,75	66,25
KNR (Corée)	61,13	38,87
PR (Pakistan)	38,55	61,45
TRA (Taiwan)	76,74	23,26

<sup>1</sup> Les sigles des réseaux sont ceux qui avaient cours au début de la période, certains ont été modifiés depuis. Ainsi, la RCFS est maintenant dénommé la SNCS ; et SAR est maintenant SPOORNET.

Source : Statistique Internationale des Chemins de fer (1974-1992), UIC, Paris. Rapports d'activités des firmes.

**Tableau n° 4 : Valeur des facteurs exogènes en 1992**

Pays	Rang*	Longueur des lignes (en kms, en 1992)	Population (en millions, mi-1992)	Superficie (en milliers de km <sup>2</sup> )
Madagascar	13	897	12,4	587
Inde	18	62 458	883,6	3 288
Pakistan	26	8 775**	119,3	796
Sénégal	48	906	7,8	197
Cameroun	49	1 006	12,2	475
Congo	56	706	2,4	342
Maroc	57	1 907	26,2	447
Tunisie	72	1 964	8,4	164
Algérie	74	4 290	26,3	2 382
Afrique du Sud	89	21 365	39,8	1 221
Corée	106	3 092	43,7	99
Taiwan	n.c	1 062**	20,45***	36

\* Il s'agit du numéro de rang des pays dans le classement général de la Banque Mondiale en fonction du revenu par tête.

\*\* En 1990.

\*\*\* En 1991.

Sources : Rapport sur le développement dans le Monde 1994 et 1992, Banque Mondiale ; Statistical yearbook of the Republic of China 1991.

<sup>20</sup> On remarquera que seuls les réseaux de Taiwan et de la Corée disposent d'une part des recettes voyageurs plus importante que la part marchandises. Cette particularité justifie, à notre sens, leur position dans le classement précédent et dans l'analyse qui va suivre en ce qu'elle traduit tout à fait la perte de vitesse du transport de fret par fer due à une concurrence accrue de la route dans ces économies, les plus avancées de l'échantillon.

Le tableau n° 4 présente, quant à lui, les valeurs (en 1992) des variables exogènes à l'efficacité technique, en l'occurrence, les variables représentant la configuration des marchés dans lesquels les réseaux de chemins de fer fonctionnent<sup>21</sup>. Leur exogénéité réside en ce qu'elles sont supposées indépendantes des décisions de l'entreprise y compris la longueur des lignes. En effet, cette dernière relève généralement d'une décision de politique traduisant, en partie, la contrainte de service public attachée à l'activité<sup>22</sup>.

#### 4.2. La fonction de production estimée

Les méthodes d'estimation paramétriques imposent une technologie de production pour l'ensemble des réseaux de l'échantillon. Pour mesurer l'efficacité des réseaux de chemins de fer, les fonctions de Cobb-Douglas et les fonctions Translog sont les plus couramment utilisées dans la littérature. On notera cependant que l'hypothèse d'une élasticité de substitution entre les facteurs de production unitaire –sous-jacente à ces choix– peut se révéler être restrictive. En effet, on peut penser que le secteur ferroviaire (comme la plupart des secteurs à capital fixe important) fonctionne plus spécifiquement à l'aide de facteurs complémentaires. Cependant, deux arguments ici nous ont conduit à estimer une fonction de Cobb-Douglas : la fonction estimée est une fonction d'exploitation ne comportant que du capital variable ; une part du progrès technique incorporé devrait se traduire par une substitution du capital au travail (par exemple, l'installation de lignes électrifiées permet de diminuer le besoin de main d'œuvre dans les locomotives).

Ainsi, une fonction de Cobb-Douglas, par employé, prise sous une forme log-linéaire forme la frontière stochastique de production estimée :

$$(5) \ln q_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln(mt_{it}) + \beta_2 \ln(wv_{it}) + \beta_3 \ln(wm_{it}) + (\beta_4 - 1) \ln(pt_{it}) + \beta_5(Taf_{it}) + \beta_6(Tas_{it}) + \varepsilon_{it}$$

avec  $\varepsilon_{it} = v_{it} - u_{it}$

$q$  : l'output, le tonnage kilométrique brut remorqué par employé ( $Q/pt$ ),

$mt$  : le matériel de traction

$wv$  : les wagons voyageurs

$wm$  : les wagons marchandises

$pt$  : le personnel

$Taf$  et  $Tas$  deux trend différenciés par groupe de pays respectivement africains et asiatiques appréhendant un progrès technique neutre au sens de Hicks.

et

<sup>21</sup> Dans ce tableau, les pays sont classés en fonction du niveau de PNB/tête. Ainsi, Madagascar est le pays le plus pauvre.

<sup>22</sup> Même dans le cas où le réseau est géré par une entreprise privée (contrat de concession, d'affermage...), la construction des voies ferrées reste, le plus souvent, à la charge du gouvernement.

$$(6) \quad u_{it} = \delta_0 + \delta_{1j}(DPop_{jit}) + \delta_{2j}(DKm_{jit}) + W_{it}$$

où  $j = I, \dots, IV$  indique le numéro du cadran auquel appartient le groupe de pays dans le tableau n° 1 ;

$i = 1, \dots, 12$  indique le réseau de chemin de fer ;

$t = 1, \dots, 19$  indique l'année.

avec  $DPop$  la densité de population ;

$Dkm$  la densité du réseau de voies ferrées.

L'estimation est réalisée par la méthode du maximum de vraisemblance<sup>23</sup>.

### 4.3. Estimation de la frontière et mesure de l'efficacité technique

Les résultats de l'estimation simultanée de (5) et (6) sont présentés dans le tableau n° 5.

Les coefficients de la frontière de production sont en majorité significatifs au seuil de 1 % et 5 %. L'introduction d'une hypothèse de progrès technique autonome différencié par groupe de pays africains et asiatiques est justifiée par la significativité des coefficients des variables  $Taf$  et  $Tas$ . De plus, ceux-ci sont respectivement estimés à 1,3 % et 3 %.

Les signes sont ceux attendus excepté celui de l'emploi total. Cette élasticité négative semble traduire la critique, formulée (par exemple, dans le Rapport sur le Développement dans le Monde de 1994<sup>24</sup>) à l'encontre des chemins de fer dans les pays en développement, d'un personnel pléthorique<sup>25</sup>. Compte tenu des effectifs déjà employés, toute augmentation du nombre de salariés entraîne une diminution plus que proportionnelle de l'output par employé. Il semble alors qu'une hypothèse dite de faible disposition (ou de congestion) du facteur travail soit mise en évidence. Ce problème de congestion a été encore pour l'instant largement ignoré dans les analyses de l'efficacité<sup>26</sup>, l'hypothèse la plus couramment utilisée étant celle de libre disposition des facteurs. Cependant, Färe et Svensson (1980), p. 1745, soulignent que des "exemples de technologies de production montrant une congestion sont fréquemment rencontrés dans l'agriculture, les transports et l'ingénierie". Ce point mérite d'être explicité.

<sup>23</sup> Le logiciel utilisé est celui de Tim Coelli : Frontier Version 4.1.

<sup>24</sup> "Les erreurs d'affectation de main-d'œuvre représentent une autre source d'inefficience. Les sureffectifs ne sont que trop communs dans un grand nombre de secteurs, en particulier les chemins de fer, alors que d'autres, comme l'entretien des routes, se prêtent à une plus grande utilisation de méthodes qui sont fortes consommatrices de main-d'œuvre" (RDM, 1994, p. 5).

<sup>25</sup> Ceci semble se vérifier en Afrique et en Asie. En effet, la ventilation du personnel par groupe de pays africains et asiatiques ne modifie pas ce résultat. Des signes négatifs sont ainsi obtenus pour les deux variables de personnel.

<sup>26</sup> Dervaux, Kerstens et Vanden Eeckaut (1997) ont récemment proposé une méthode d'évaluation de la congestion dans les transports à l'aide d'une frontière déterministe non-paramétrique.

Tableau n° 5 : Estimation de la frontière de production (5) et des effets d'inefficience (6)

Régresseurs	Coefficients (Ecart-type)
Constante	8,583 (0,178)
ln(mt) (Matériel de traction)	0,669 (0,045)
ln(wv) (Wagons voyageurs)	0,058 (0,057)
ln(wm) (Wagons marchandises)	0,606 (0,047)
ln(pt) (Personnel)	- 1,241 (0,048)
Taf (Progrès technique autonome africain)	0,013 (0,003)
Tas (Progrès technique autonome Asiatique)	0,030 (0,005)
$\sigma^2_s$	0,088 (0,014)
$\sigma^2_u / \sigma^2_u + \sigma^2_s$	0,841 (0,039)
$\delta_u$	1,124 (0,153)
DpopI (Densité de population. Pays du cadran I)	- 0,059 $\cdot 10^{-4}$ (0,82 $\cdot 10^{-6}$ )
DpopII (Densité de population. Pays du cadran II)	0,036 $\cdot 10^{-1}$ (0,85 $\cdot 10^{-1}$ )
DkmlI (Densité kilom. des lignes. Cadran I)	- 0,170 (0,032)
DkmlII (Densité kilom. des lignes. Cadran II)	- 0,077 (0,019)
DkmlIII (Densité kilom. des lignes. Cadran III)	- 0,463 (0,093)
DkmlIV (Densité kilom. des lignes. Cadran IV)	
Log-likelihood	48,93
Nombre d'observations	183

Variable dépendante :  $\ln q$  (tonnage kilométrique brut remorqué corrigé et par employé).

La littérature actuelle sur l'estimation des frontières de production et de l'efficacité technique (voir notamment Färe, Grosskopf et Lovell, 1994) souligne que deux hypothèses sur les inputs<sup>27</sup> peuvent être avancées quant à leur disposition dans le processus de production.

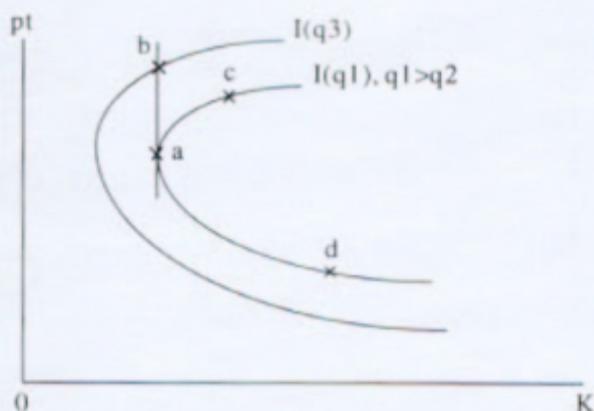
D'une manière générale, la disposition peut être définie comme la capacité à disposer d'un (ou plusieurs) facteur(s) superflu(s) avec ou sans coût d'opportunité. La faible disposition conduit alors à considérer que, à partir d'un certain seuil, l'excès d'un input conduit la productivité marginale de ce dernier à être négative. On se situe alors dans une zone dite "non économique" dans laquelle toute augmentation de l'input, toute chose étant égale par ailleurs, conduit à une diminution de l'output ou à une augmentation de l'autre input à output donné. La libre disposition, généralement supposée dans les modèles, exclut, quant à elle, les cas où un excès d'input est coûteux en termes de l'output (ou de l'autre input). La figure n° 2 illustre ces propos.

Sur cette figure,  $pt$  (le personnel total) est un input faiblement disponible. En effet, partant du point  $a$ , toute augmentation de  $pt$  entraîne soit une diminution de l'output, on passe alors du point  $a$  au point  $b$  ; soit une augmentation de  $K$  (le capital) à niveau d'output donné, il s'agit alors du passage du point  $a$  au point  $c$ . Ainsi, il existe un coût d'opportunité positif à l'augmentation de l'input  $pt$  en termes de l'output ou de l'autre input. Le réseau connaît ainsi une congestion dans l'utilisation d'un input, en l'occurrence ici le travail. La courbe de produit total par rapport à ce facteur décroît. L'isoquant représentatif a alors une pente positive.

<sup>27</sup> Les mêmes hypothèses peuvent être formulées pour les outputs.

Au contraire, partant du point *d*, toute augmentation de *K* peut être réalisée sans coût que ce soit en termes d'output ou de l'autre input. L'input *K* est ainsi librement disponible.

Figure n° 2 : L'hypothèse de faible et libre disposition d'un input



Sous cette hypothèse de faible disposition du facteur travail<sup>28</sup>, le choix d'un modèle stochastique semble satisfaisant. En effet, la variance du terme résiduel concerne l'inefficience technique pour 84 % ( $\gamma = 0,841$ ) et est significative au seuil de 1 %. Ainsi, cette inefficience est en majorité responsable du différentiel entre l'output que l'on pourrait obtenir compte tenu des inputs et celui obtenu. De plus, un test du rapport de vraisemblance valide l'hypothèse selon laquelle  $\epsilon_{it} = v_{it} - u_{it}$ <sup>29</sup>.

L'estimation conduit alors à un classement des réseaux selon leur degré d'efficience technique. La mesure de l'efficience est obtenue comme suit :

$$(7) \quad TE_{it} = \exp(-u_{it})$$

<sup>28</sup> Nous nous sommes assurés de la validité de cette hypothèse par un test fondé sur le principe selon lequel les coefficients des facteurs peuvent être biaisés notamment pour variables pertinentes omises, pour variables non pertinentes ou points aberrants. Ainsi, quelles que soient les modifications apportées à l'estimation (nombre d'observation différent, variables introduites différentes, nombre de pays différents...), le signe négatif perdure.

<sup>29</sup> Celui-ci consiste à tester l'hypothèse nulle ( $\epsilon_{it} = v_{it}$ ) contre ( $\epsilon_{it} = v_{it} - u_{it}$ ). La valeur calculée du ratio de vraisemblance (132,75) suit asymptotiquement une loi de Khi-Deux ayant pour degrés de liberté le nombre de restrictions sous l'hypothèse nulle.

Le tableau n° 6 fournit les valeurs moyennes obtenues pour chaque réseau sur la période. Le rang de chacun par rapport aux autres est fourni entre parenthèses.

**Tableau n° 6 : Efficience technique moyenne des réseaux de chemin de fer**

Réseaux	Efficience technique moyenne
ATC-CFCO (Congo)	0,8556 (6)
RCFS (Sénégal)	0,9270 (5)
RNCFC (Cameroun)	0,8279 (8)
RNCFM (Madagascar)	0,5658 (12)
SAR (Af. du Sud)	0,9441 (3)
ONCFM (Maroc)	0,9315 (4)
SNCFT (Tunisie)	0,5763 (11)
SNTF (Algérie)	0,5990 (10)
IR (Inde)	0,8421 (7)
KNR (Corée)	0,9547 (2)
PR (Pakistan)	0,7150 (9)
TRA (Taiwan)	0,9690 (1)
Moyenne de l'échantillon	0,8043

Outre ce classement des réseaux entre eux, l'obtention d'une efficience technique année par année permet de réaliser des comparaisons inter-temporelles et ainsi, de dégager un comportement des réseaux dans le temps. Par souci de simplification de la présentation, trois sous-périodes sont considérées : 1974-1980, 1981-1987, 1988-1992. La première correspond à la période de croissance des secteurs publics faisant suite aux indépendances. La seconde permet d'appréhender le début des politiques d'ajustement pour de nombreux pays. Le secteur public, et en son sein les réseaux ferroviaires, est alors soumis aux contrats de plan. La troisième enfin, permet, à notre sens, d'appréhender une modification dans les comportements. En effet, une nouvelle approche de la restructuration se fait jour à travers la mise en place des contrats de concession notamment dans les secteurs d'infrastructures. L'ajustement qui se faisait jusqu'alors à un niveau macroéconomique est désormais transposé à un niveau microéconomique, au sein des entreprises elles-mêmes. La menace crédible de privatisation qui en découle conduit à de fortes résistances sur le terrain. Ces dernières conditionnent les comportements et devraient ainsi conduire à une modifications des résultats obtenus en termes d'efficience des réseaux<sup>30</sup>.

Le tableau n° 7 présente les mesures de l'efficience technique sur ces trois sous-périodes.

<sup>30</sup> Il aurait été intéressant de pouvoir associer à chaque période un changement technologique. Malheureusement, la diffusion des technologies semble très lente dans beaucoup des pays étudiés. Par exemple, les progrès réalisés en terme d'électrification sont peu importants dans de nombreux cas et, lorsqu'ils existent, ceux-ci ne sont pas spécifiques à une sous-période donnée mais ont eu lieu tout au long de la période étudiée de manière assez constante.

Tableau n° 7 : Efficience technique moyenne sur trois sous-périodes

Pays	1974-1980	1981-1987	1988-1992
ATC-CFCO (Congo)	0,8546 (6)	0,8687 (6)	0,8273 (7)
RCFS (Sénégal)	0,9275 (4)	0,9279 (5)	0,9192 (4)
RNCFC (Cameroun)	0,7904 (8)	0,8683 (7)	0,8240 (8)
RNCFM (Madagascar)	0,5400 (11)	0,5201 (12)	0,7067 (11)
SAR (Af. du Sud)	0,9594 (2)	0,9602 (2)	0,8818 (6)
ONCFM (Maroc)	0,9208 (5)	0,9343 (4)	0,9425 (3)
SNCFT (Tunisie)	0,6532 (10)	0,5216 (11)	0,4982 (12)
SNTF (Algérie)	0,4806 (12)	0,6301 (10)	0,7275 (9)
IR (Inde)	0,7965 (7)	0,8334 (8)	0,9181 (5)
KNR (Corée)	0,9537 (3)	0,9491 (3)	0,9733 (1)
PR (Pakistan)	0,7435 (9)	0,6900 (9)	0,7207 (10)
TRA (Taiwan)	0,9694 (1)	0,9708 (1)	0,9591 (2)
Moyenne	0,7991	0,8062	0,8249
Ecart-type	0,1668	0,1701	0,1400

Le classement des réseaux semble relativement peu perturbé entre le début et la fin de la période globale. Néanmoins, une évolution dans les rangs des firmes apparaît plus spécifiquement à la fin de la période. En effet, le coefficient de Spearman<sup>31</sup> (coefficient de corrélation de rang) entre la première sous-période et la dernière est égal à 0,846 mais il apparaît plus faible (0,867) entre les deux dernières périodes qu'entre les deux premières (0,965). De plus, l'efficience technique moyenne globale s'est améliorée dans le temps et des "effets de rattrapage" entre les pays ont eu lieu. En effet, la moyenne de l'échantillon augmente et l'écart-type d'échantillon diminue.

Aussi, on peut penser que ces résultats traduisent, en partie, la remarque énoncée plus haut d'une modification des comportements entre les deux dernières périodes due à un ajustement maintenant plus microéconomique.

#### 4.4. Mesure de l'efficience technique et configuration structurelle des marchés

##### 4.4.1. Comparaison des résultats en termes de rang

Afin de comparer la typologie obtenue à l'aide des hypothèses formulées à la section 3 au classement obtenu à l'aide de l'estimation, on s'intéresse maintenant plus spécifiquement à la dernière période considérée (1988-1992). A la lumière des tableaux n°1 et n° 7, les remarques suivantes peuvent être formulées :

<sup>31</sup> Ce coefficient appréhende le degré de stabilité du classement dans le temps. Il est obtenu par la

$$\text{formule : } r = 1 - 6 \frac{\sum D^2}{n(n^2 - 1)}$$

où n est le nombre d'observations et D, la différence entre les rangs des deux séries statistiques.

1) D'une manière générale, une bonne adéquation de l'offre et de la demande – telle qu'elles ont été définies plus haut – semble effectivement conduire à un avantage relatif en terme d'efficience technique, tandis qu'une mauvaise adéquation conduit à un désavantage relatif. En effet, les pays obtenant les scores d'efficience technique relativement les plus élevés sont des pays des cadrans I et IV du tableau n° 1. Ceux obtenant des scores relativement faibles appartiennent aux cadrans II et III du tableau n° 1.

2) De plus, les réseaux plus denses exploités dans des pays à plus forte densité de population occupent les premiers rangs dans le classement en terme d'efficience. Ainsi, la bonne adéquation de l'offre et de la demande semble conduire à l'avantage précité d'autant plus que l'environnement est propice à l'échange. En effet, les premiers pays en terme d'efficience estimée sont la Corée et Taiwan, deux des trois pays du cadran I du tableau n° 1, l'Inde vient ensuite au cinquième rang.

3) Trois pays semblent ne pas corroborer les hypothèses du tableau n° 1 : le réseau d'Afrique du Sud, tout d'abord, faisant face à une faible densité de population et une forte densité kilométrique, aurait dû apparaître dans les derniers rangs de l'échantillon. Or, il est au sixième rang c'est-à-dire dispose d'un avantage relatif en terme d'efficience technique et d'une mauvaise adéquation de l'offre et de la demande. Les deux autres pays, l'Algérie et Madagascar, relèvent de la situation inverse. En effet, ils disposent d'un désavantage relatif en terme d'efficience (ils apparaissent ainsi au neuvième et onzième rang) mais d'une bonne adéquation de l'offre et de la demande.

Ces remarques montrent que l'idée d'un classement obtenu à l'aide de l'hypothèse de configuration des marchés, telle qu'elle est représentée par la densité de population et la densité de lignes, n'est pas invalidée. Elle reste cependant à confirmer et approfondir notamment à travers une construction des variables d'offres et demandes structurelles plus aptes à rendre compte des effets de répartition inhérents à la nature de l'activité. En effet, les densités ne permettent de rendre compte que d'une répartition moyenne. Or, il semble clair que l'existence de pôles de population plus denses à un effet sur les transports en général et les réseaux ferroviaires en particulier. Par exemple, l'existence de zones désertiques importantes peut conduire à augmenter relativement la densité kilométrique des lignes par rapport à la densité de population sans diminuer forcément l'efficience (c'est, à notre avis, une raison pour laquelle les résultats de l'Afrique du Sud ne correspondent pas à l'hypothèse posée). Un tel effet serait sans nul doute mieux mis en exergue avec des variables plus "spatiales" telles que la part de la population urbaine dans la population totale, la taille des centres urbains principaux... En effet, celles-ci permettraient de rendre compte de l'influence de la spatialité sur l'activité ; la répartition moyenne et, de plus, homogène retenue ici ne permettant finalement de rendre compte que d'un effet de "taille" du marché.

#### 4.4.2. Effets des variables exogènes sur l'(in)efficacité technique

Les hypothèses du tableau n° 1 sont maintenant introduites dans la régression. En effet, c'est à l'effet explicatif des variables représentant la configuration des marchés que nous allons nous intéresser. En d'autres termes, on se pose la question de savoir si une modification de la configuration structurelle du marché modifierait l'efficacité technique d'un réseau donné. Cependant, eu égard à la construction de la variable de demande, la densité de population, une interprétation en termes de changement de la demande structurelle n'aurait que peu de sens. Aussi, nos interprétations sont réalisées à demande donnée. Il s'agit alors de savoir si une variation de la densité kilométrique des lignes (l'offre structurelle), compte tenu de la demande, a un impact sur l'efficacité du réseau.

A cette fin, notre attention se porte maintenant sur la deuxième partie de la régression (tableau n° 5) dans laquelle seules ont été conservées les variables significatives. Les densités de population et kilométrique des lignes sont ainsi différenciées par groupe de pays obtenus à l'aide du tableau n° 1.

L'hypothèse du modèle utilisé (Battese et Coelli, 1995) est que les écarts d'efficacité entre les réseaux sont expliqués en partie par les variables exogènes introduites dans la régression. Ainsi, on peut réécrire les mesures de l'efficacité technique (équation 7) comme suit :

$$(7) \quad TE_{it} = \exp(-u_{it}) = \exp(-\delta_0 - \delta_{1j} Dpop_{jit} - \delta_{2j} Dkm_{jit} - W_{it})$$

Par souci de clarté, les résultats obtenus ainsi que l'hypothèse de configuration des marchés du tableau n° 1 sont reportés au tableau n° 8.

**Tableau n° 8 : Résultats comparés des effets d'inefficacité**

Dkm	Dpop	
	Forte	Faible
Forte	<i>I</i> <i>Taiwan, Corée, Inde</i> Dpop = - 0,059 10 <sup>-4</sup> Dkm = non signif.	<i>O&gt;D</i> <i>II</i> <i>Tunisie, Afrique du Sud</i> Dpop = 0,036 10 <sup>-3</sup> Dkm = - 0,170
Faible	<i>D&gt;O</i> <i>III</i> <i>Pakistan</i> Dpop = non signif. Dkm = - 0,077	<i>IV</i> <i>Maroc, Sénégal, Cameroun</i> <i>Madagascar, Algérie, Congo</i> Dpop = non signif. Dkm = - 0,463

En premier lieu, on remarquera que les coefficients de la variable densité de population sont non significatifs ou très faibles. Ceci confirme, à notre sens, la proposition précédente d'une interprétation à demande donnée.

En second lieu, nos attentes sur l'introduction de la configuration des marchés dans la régression peuvent être présentées comme suit :

- en ce qui concerne les pays ayant une bonne adéquation de l'offre et de la demande, les effets de la densité kilométriques devraient être faibles d'autant plus que l'environnement est propice à l'échange (densités élevées en termes d'offre et de demande) ;

- pour ceux ayant une mauvaise adéquation des offres et demandes, deux cas apparaissent ;

1) si le marché est déséquilibré en termes d'offre (l'offre est moins importante que la demande) alors toute augmentation de celle-ci doit conduire à une amélioration de l'efficacité du réseau car elle permet de répondre de manière plus adéquat à la demande ;

2) si un déséquilibre apparaît en termes de demande (l'offre est structurellement plus importante que la demande) alors toute augmentation de l'offre doit détériorer l'efficacité technique.

Qu'en est-il des résultats obtenus dans la régression ?

- Les résultats obtenus pour les pays du cadran I sont conformes à nos attentes. En effet, la densité kilométrique n'a pas d'impact significatif sur l'inefficacité.

- Les résultats du cadran III sont également conformes à nos attentes. En effet, une augmentation de la densité kilométrique semble permettre une hausse de l'efficacité technique<sup>32</sup> et ainsi de mieux répondre à la demande.

- Le coefficient de la densité kilométrique des réseaux du cadran IV est négatif (une hausse de la densité kilométrique entraîne une amélioration de l'efficacité), important et fortement significatif. Or, il ne devrait pas (ou peu) intervenir.

- Ceux du groupe II sont, quant à eux, à première vue, loin de nos espérances. En effet, le coefficient de la densité kilométrique est négatif et important. Or, en présence d'un suréquipement, ces résultats devraient apparaître à l'inverse.

Au vu de ce qui précède, deux résultats distincts en fonction du niveau de la demande sont finalement mis en exergue :

1) Lorsque la densité de population est importante, selon les critères retenus ici, les résultats de l'impact de la configuration des marchés sur l'efficacité des réseaux sont ceux attendus. Soit l'offre répond à la demande et l'effet de la variable densité des lignes est faible ; soit l'offre ne répond pas à la demande et il faut

<sup>32</sup> Un signe négatif indique une baisse de l'inefficacité.

chercher à lui répondre par une augmentation de la longueur des lignes, l'exploitation d'économies d'échelle existantes. On remarquera aisément que ces dires concernent les pays asiatiques (Cadran I et III).

2) Au contraire, lorsque la population est peu dense (cadran II et IV), les résultats semblent plus incertains. L'environnement peu propice à l'échange créé par la faiblesse de la demande entraîne des difficultés supplémentaires. La dimension spatiale de l'activité prend alors toute son importance et il semble nécessaire de l'introduire. Cependant, une augmentation de la densité kilométrique des lignes permet une amélioration substantielle de l'efficacité technique. En effet, la plupart des pays concernés ont des zones désertiques importantes. Aussi, comme nous l'avons souligné plus haut, il peut être parfois nécessaire d'augmenter la longueur des lignes relativement à la population pour augmenter l'efficacité technique par une meilleure desserte des zones reculées. Rappelons que les chemins de fer ont été le plus souvent construits par les empires coloniaux afin d'évacuer les richesses vers les ports et n'ont été que peu étendus après les indépendances. Il en résulte les tracés actuels des réseaux dans lesquels de nombreuses régions ont été laissées pour compte.

## 5. CONCLUSION

L'objectif du présent article était de mettre en évidence une relation entre, d'une part, la configuration structurelle des marchés locaux (telle qu'elle est représentée par la densité de population et la densité kilométrique des voies ferrées) et, d'autre part, l'(in)efficacité technique des réseaux ferroviaires de douze pays africains et asiatiques. L'estimation économétrique d'une frontière stochastique  $a$ , à cette fin, a été réalisée à l'aide du modèle de Battese et Coelli (1993, 1995) qui permet l'estimation jointe de la frontière et des effets explicatifs de l'inefficacité.

Eu égard à la méthode utilisée, l'hypothèse d'un gain d'efficacité technique lorsqu'il y a une bonne adéquation des offres et demandes structurelles n'a pas été invalidée mais il est apparu nécessaire d'approfondir l'analyse afin de prendre en considération de manière plus spécifique les effets de répartition inhérents à la nature spatiale de l'activité. De la même manière, l'impact d'une modification de la densité kilométrique sur l'efficacité technique, qui a fait apparaître une différence entre réseaux africains et asiatiques, a montré la nécessité de prendre en considération une mesure plus spatiale des marchés locaux d'autant plus que la population est peu dense (essentiellement sur le continent africain).

L'estimation  $a$ , en outre, a permis de mettre en évidence une *congestion de l'emploi*. Cette hypothèse, sous laquelle ont été donnés les résultats en termes d'efficacité, constitue une source interne importante d'inefficacité rencontrée dans les entreprises publiques, en particulier dans les pays en développement. Cependant, elle est le plus souvent difficile à maîtriser. En effet, il est rare de

pouvoir licencier même lors des contrats de concession. Les études devraient alors, peut-être, être réalisées à congestion de l'emploi donnée tel que cela a été réalisé ici.

Enfin, d'autres variables pourraient être introduites dans l'estimation afin de "structuraliser" le marché des chemins de fer dans les estimations. Intuitivement, la comparaison de l'efficacité technique avec le niveau de développement du pays pris en compte par le PNB par habitant montre que l'efficacité technique en Asie est positivement corrélée avec le niveau de développement alors qu'une faible corrélation apparaît pour l'Afrique Noire et le Maghreb.

### RÉFÉRENCES

- Aigner D.J., Lovell C.A.K. and Schmidt P., 1977, "Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models", *Journal of Econometrics*, Vol. 6, n° 1.
- Ali A.I. and Seiford L.M., 1993, "The Mathematical Programming Approach to Efficiency Analysis", in Fried H., Lovell C.A.K. et Schmidt S.S. (eds.), *The Measurement of Productive Efficiency. Techniques and Applications*. Oxford University Press, Oxford.
- Baneth J., 1994, "Questions d'Orient", *Revue d'économie du développement*, n° 4.
- Banque Mondiale, 1992 et 1994, *Rapport sur le développement dans le monde*, Washington DC, The World Bank.
- Battese G.E. and Coelli T.J., 1991, "Frontier Production Functions, Technical Efficiency and Panel Data : With Application to Paddy Farmers in India", *Working Paper in Econometrics and Applied Statistics*, Department of Econometrics, University of New England, Armidale, n° 56.
- Battese G.E. and Coelli T.J., 1993, "A Stochastic Frontier Production Function Incorporating a Model for Technical Inefficiency Effects", *Working Paper in Econometrics and Applied Statistics*, Department of Econometrics, University of New England, Armidale, n° 69.
- Battese G.E. and Coelli T.J., 1995, "A Model for Technical Inefficiency Effects in a Stochastic Frontier Production Function for Panel Data", *Empirical Economics*, 20.
- Battese G.E. and Corra G.S., 1977, "Estimation of a Production Frontier Model : With Application to the Pastoral Zone of Eastern Australia", *Australian Journal of Agricultural Economics*, Vol. 21, n° 3, December.

- Bauer P.W., 1990, "Recent Developments in the Econometric Estimation of Frontiers", *Journal of Econometrics*, 46.
- Blanchet A., 1987, "Le rail en Afrique noire : prochaine mise en service du Transgabonnais", *Afrique Contemporaine*, n° 142, 2<sup>ème</sup> trimestre.
- Budin K., 1994, "Les chemins de fer dans les économies des pays en voie de développement. Le cas de l'Afrique sub-saharienne, du Moyen-Orient et de l'Afrique du Nord, de l'Inde et de la Chine", *Rail International*, Juin-Juillet.
- Cobb S. and Douglas P., 1928, "A Theory of Production", *American Economic Review*, Vol. 18.
- Coelli T.J., 1994, *A Guide to Frontier Version 4.1 : a Computer Program for Stochastic Frontier Production and Cost Function Estimation*, Mimeo, Department of Econometrics, University of New England, Armidale.
- Coelli T.J. and Perelman S., 1996, "Efficiency Measurement, Multiple-Output Technologies and Distance Functions: With Application to European Railways", *Working Papers*, CREPP, Université de Liège, n° 96/05.
- Cornwell C., Schmidt P. and Sickles R.C., 1990, "Production Frontier with Cross-Sectional and Time-Series Variation in Efficiency Levels", *Journal of Econometrics*, Vol. 46, n° 1/2, Oct./Nov.
- Debreu G., 1951, "The Coefficient of Resource Utilization", *Econometrica*, Vol. 19, n° 3, July.
- Deprins D. and Simar L., 1989, "Estimating Technical Inefficiencies with Correction for Environmental Conditions, with an Application to Railway Companies", *Annales d'économie publique, sociale et coopérative*, Vol. 60, n° spécial.
- Dervaux B., Kerstens K. and Vanden Eeckout Ph., 1997, "Radial and Nonradial Static Efficiency Decompositions: a Focus on Congestion Measurement", Document de travail, LABORES (Lille) et CORE (Louvain-la-Neuve).
- Färe R. and Grosskopf S., 1994, *Cost and Revenue Constrained Production*, Springer Verlag, New York.
- Färe R. and Svensson L., 1980, "Congestion of Production Factors", *Econometrica*, Vol. 48, n° 7, November.
- Färe R., Grosskopf S. and Lovell C.A.K., 1994, *Production Frontiers*, Cambridge University Press, Cambridge.

- Farrell M.J., 1957, "The Measurement of Productive Efficiency", *Journal of the Royal Statistical Society, Series A, General*, Vol. 120, Part 3.
- Forsund F.R., Lovell C.A.K. and Schmidt P., 1980, "A Survey of Frontier Production Functions and of their Relationship to Efficiency Measurement", *Journal of Econometrics*, Vol. 13, n° 1, May.
- Fried H., Lovell C.A.K. and Schmidt S.S. (eds.), 1993, *The measurement of productive efficiency. Techniques and applications*, Oxford University Press, Oxford.
- Gathon H.J. et Perelman S., 1989, "Étude comparative des performances des sociétés de chemins de fer", *Annales de l'économie publique sociale et coopérative*, Vol. 60, n° 1.
- Gathon H.J. and Perelman S., 1992, "Measuring Technical Efficiency in European Railways : a Panel Data Approach", *The Journal of Productivity Analysis*, Vol. 3.
- Gathon H.J. et Pestieau P., 1992, "Faut-il encore mesurer la performance des entreprises publiques ?", *Annales de l'économie publique sociale et coopérative*, Vol. 63, n° 4.
- Gathon H.J. and Pestieau P., 1995, "Decomposing Efficiency into its Managerial and its Regulatory Components : the Case of European Railways", *European Journal of Operational Research*, Vol. 80.
- Greene W.H., 1993, "The Econometric Approach to Efficiency Analysis", in Fried H., Lovell C.A.K. and Schmidt S.S. (eds.), *The Measurement of Productive Efficiency. Techniques and Applications*. Oxford University Press, Oxford.
- Hofman L., 1994a, "Expériences africaines de "privatisations" des entreprises de services publics", Rapport, Caisse Française de Développement - CERDI.
- Hofman L., 1994b, "Les chemins de fer en Afrique sub-saharienne : vers une politique de privatisation ?", Communication aux 4<sup>èmes</sup> journées du SESAME, Université Jean Moulin, Lyon 3, 8-9 Septembre.
- Hofman L., 1995, "Efficience technique comparée de réseaux de chemins de fer africains et asiatiques : estimation de frontières stochastiques sur données de panel", Communication aux 12<sup>èmes</sup> journées de Microéconomie Appliquée, CERDI, Université d'Auvergne, Clermont-Ferrand, 1-2 Juin.

- Hofman L., 1997, "Efficience technique et configuration des marchés locaux : comparaison de méthodes déterministe et stochastique appliquées à des réseaux ferroviaires africains et asiatiques", Contribution Associée, Symposium La méthode DEA et l'analyse des performances des entreprises et des organisations, Marseille, 26, 27 et 28 Juin.
- Huang C.J. and Liu J.T., 1994, "Estimation of Non-Neutral Stochastic Frontier Production Function", *The Journal of Productivity Analysis*, Vol. 5, n° 2/3.
- Jondrow J., Knox Lovell C.A., Materov I.S. and Schmidt P., 1982, "On the Estimation of Technical Inefficiency in the Stochastic Frontier Production Function Model", *Journal of Econometrics*, Vol. 19.
- Jones L.P., 1991, "Performance Evaluation for Public Enterprises", *World Bank Discussion Papers*, n° 122.
- Koopmans T.C., 1951, "Analysis of Production as an Efficient Combination of Activities", in Koopmans T.C. (ed.), *Activity Analysis of Production and Allocation*, Wiley, New York, Chap. III.
- Kumbhakar S.C., Ghosh S. McGuckin and J.T., 1991, "A Generalized Production Frontier Approach for Estimating Determinants of Inefficiency in US Dairy Farms", *Journal of Business and Economic Statistics*, 9.
- Lesueur J.Y. et Plane P., 1994, *Les services publics africains à l'épreuve de l'assainissement : une évaluation économique et sociale*, Cahiers Bibliothèque du Développement, L'Harmattan, Paris.
- Lesueur J.Y. et Plane P., 1995, "Efficience technique du secteur manufacturier ivoirien : estimation d'une frontière de production stochastique sur données de panel", *Région et Développement*, n° 2.
- Lovell C.A.K., 1993, "Production Frontiers and Productive Efficiency", in Fried H., Lovell C.A.K. and Schmidt S.S. (eds.), *The Measurement of Productive Efficiency. Techniques and Applications*, Oxford University Press, Oxford.
- Meeusen W. and van der Broeck J., 1977, "Efficiency Estimation from Cobb-Douglas Production Functions with Composed Error", *International Economic Review*, Vol. 18, n° 2.
- Pitt M.M. and Lee M.F., 1981, "The Measurement and Sources of Technical Inefficiency in the Indonesian Weaving Industry", *Journal of Development Economics*, Vol. 9.

- Reifschneider D. and Stevenson R., 1991, "Systematic Departures from the Frontier : a Framework for the Analysis of Firm Inefficiency", *International Economic Review*, Vol. 32.
- Seiford L.M., 1996, "Data Envelopment Analysis: the Evolution of the State of the Art (1978-1995)", *The Journal of Productivity Analysis*, Vol.7, n° 2/3, July.
- Seiford L.M. and Thrall R.M., 1990, "Recent Developments in DEA. The Mathematical Programming Approach to Frontier Analysis", *Journal of Econometrics*, Vol. 46.
- Statistical Yearbook of the Republic of China, 1991, Directorate of Budget, Accounting and Statistics, Executive Yuan, Republic of China.
- UIC, 1974 - 1992, *Statistique internationale des chemins de fer*, Paris.

## STRUCTURAL CONFIGURATION OF LOCAL MARKETS AND EFFICIENCY TECHNIQUES OF RAILWAY NETWORKS :

### APPLICATION FOR AN AFRICAN AND ASIAN PANEL

*Abstract* - The railway networks in the developing countries have often been described as being "inefficient". In order to gauge that inefficiency the criteria taken into consideration is the inefficiency technique. Several reasons to that purpose may be put forward in order to denote the relative inefficiency observed. Our interest ponders on the market configuration within which the network operates. The method adopted to evaluate the (in)efficiency and thereby to highlight the effects of the market configuration linked to this inefficiency is the stochastic boundary of Battese and Coelli (1993, 1995). For this purpose twelve railway networks (eight African and four Asian) were observed over a period of 19 years (1974-1992). The population density and the density of the railway lines in kilometers are introduced as explanatory factors in the inefficiency technique, they try to apprehend the effect of the structural configuration on the local markets.

## CONFIGURACION ESTRUCTURAL DE LOS MERCADOS LOCALES Y EFICIENCIA TECNICA DE LAS REDES DE FERROCARRILES :

### APLICACION A UN PANEL AFRICANO Y ASIATICO

*Resumen* - Los ferrocarriles de los países en vía de desarrollo son calificados de "no eficientes". El criterio para medir en este caso esta no eficiencia es la ineficiencia técnica. Luego numerosas razones se pueden añadir a la ineficiencia relativa observada. la que nos interesa se relaciona con la configuración de los mercados en los que la red funciona. El método utilizado para valorar la (in)eficiencia y poner de relieve los efectos de la configuración de los mercados sobre ésta es la frontera estocástica de Battese y Coelli (1993, 1995). Se trata de doce redes de ferrocarriles (8 africanas y 4 asiáticas) estudiadas sobre un período global de 19 años (1974-1992). Se introducen la densidad de población y la densidad kilométrica de las líneas como factores explicativos de la ineficiencia técnica. Éstos intentan comprender el efecto de la configuración estructural de los mercados locales.