

ÉVALUATION MULTICRITÈRE D'ENTREPRISES PUBLIQUES DU RAIL

Gérard Colson
et
Mapappa Mbangala (Université de Liège)¹

Résumé. Les performances de dix entreprises publiques africaines du rail sont comparées entre elles au moyen des méthodes multicritères ELECTRE I, PROMETHEE II et JUDGES. Les 25 critères de premier niveau retenus sont regroupés d'abord en 8 familles capturant chacune un objectif de deuxième niveau. L'efficacité du service est mesurée par une fonction d'évaluation technico-économique regroupant les 4 premières familles. Son efficacité est mesurée par une fonction d'évaluation où interviennent les 4 autres familles constituées de ratios financiers classiques susceptibles de capter l'équilibre de gestion et l'origine des ressources financières. Les auteurs effectuent des analyses longitudinales et transversales des données en comparant les résultats obtenus par ELECTRE et PROMETHEE. Le logiciel JUDGES fait apparaître successivement l'arbre des corrélations observées entre les 8 familles de critères, et les distributions de rangs des entreprises selon 8 familles. D'un point de vue méthodologique, ce travail propose une variante d'ELECTRE I et vérifie la pertinence des méthodes multicritères en matière de classement de performance des entreprises publiques.

I. INTRODUCTION

La mesure des performances des entreprises publiques est par nature multicritère du fait de la double mission qui leur est assignée: être efficaces dans leur mission de service public et de développement économique du pays tout en restant

¹ Les auteurs sont rattachés à la FEGSS de l'Université de Liège. Les principaux domaines d'intérêt du professeur Colson sont: l'aide à la décision, la gestion du risque et la logistique. Ses coordonnées: Université de Liège, Département de sciences de gestion, Bâtiment B31, 4000 Liège, Belgique (Tél.: 32 43 66 31 99; fax: 32 43 66 28 21; g.colson@ulg.ac.be). Les auteurs remercient Daniela Modica pour sa précieuse collaboration dans l'élaboration de parties de cet article dont les données et la méthodologie reposent sur la thèse de doctorat de Mbangala (1997). Ils remercient également la direction de Finéco pour son appui.

efficaces dans leur gestion et leur emploi de ressources. Le plus souvent ces deux missions présentent des aspects contradictoires. Le but de ce travail est de faire appel à des méthodes multicritères pour comparer la performance globale d'entreprises publiques de chemins de fer africains.

En Afrique, les entreprises du rail contribuent au développement économique en transportant les marchandises, surtout des matières premières, vers les ports, en plus d'assurer le transport des voyageurs (deux activités traduites par nos deux premières familles de critères). Pour étudier leur performance technique globale, nous avons construit 3 critères synthétiques qui forment une famille, à partir de données non ventilées en trafics marchandise et voyageur. Une dernière famille de critères mesure l'intégration du chemin de fer à l'économie du pays. Quatre familles (Marchandise, Voyageur, Globale et Économie), comprenant 14 critères, vont donc servir à cerner la notion générale d'efficacité des réseaux via une fonction d'évaluation technico-économique. L'autre notion d'efficacité est captée via quatre autres familles de critères, deux pour traduire la productivité et les coûts et deux pour refléter l'équilibre de gestion et l'origine des ressources financières. Regroupant les 11 critères des quatre dernières familles de critères, nous construisons une fonction d'évaluation à base de ratios financiers, ou de substituts selon les besoins.

Notre méthodologie repose donc sur une analyse multicritère hiérarchique à 3 niveaux: 25 critères, 8 familles, 2 fonctions. La section II présente le schéma d'analyse et traite du choix des méthodes, échelles, critères et seuils. Dans la section III, nous comparons 9 chemins de fer, un par pays, à partir de données de la période 1975-1990. Les méthodes multicritères choisies sont ELECTRE I-F² et PROMETHEE II ainsi que JUDGES. Après diverses analyses longitudinales et transversales, nous concluons à la section IV.

II. MÉTHODOLOGIE D'ANALYSE

Le choix des critères, méthodes, échelles et seuils d'analyse est fonction de la problématique et des données. Au départ, nous choisissons de ne pondérer ni les critères ni les familles puisque notre objectif est une analyse comparative et non une prise de décision, où il conviendrait d'obtenir la pondération des décideurs.

La problématique des entreprises publiques nécessite qu'on évalue leurs performances et sur des critères financiers et sur les objectifs de leur mission de service

2 ELECTRE I-F est une nouvelle version d'ELECTRE I qui utilise les fréquences de présence ou non dans les noyaux annuels tirés de l'application des graphes réciproques d'ELECTRE I à chaque année d'observation des ratios, et cela par famille de critères.

public. Ces derniers contredisent souvent les premiers. Par ailleurs, il est impossible de définir l'entreprise de référence optimale dans l'atteinte de tous les objectifs financiers et d'intérêt général en cause. D'où le besoin d'interpréter nos qualifications "Bon" ou "Mauvais" en toute relativité.

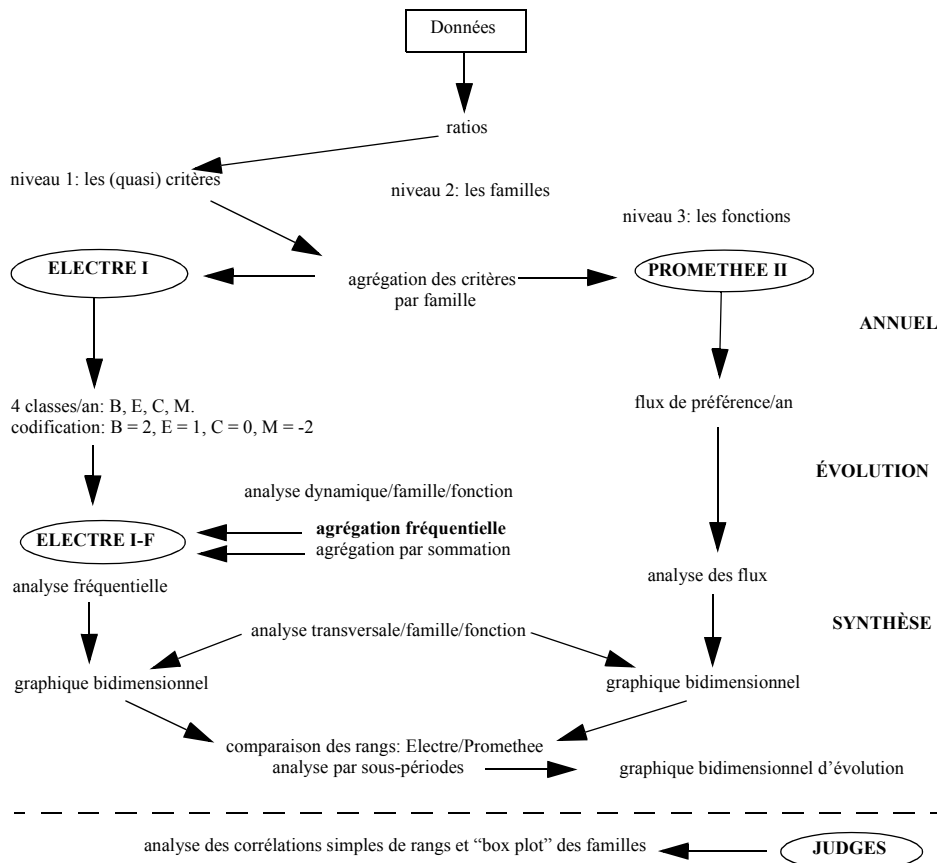
Vu la difficulté de les collecter sur place, les données financières se réduisent à un ensemble tiré des comptes d'exploitation annuels portant sur 11 années: (1980-90) pour 7 chemins de fer, 1 par pays (Congo, Cameroun, Kenya, Mali, Sénégal, Zaïre et Zimbabwe). Nous avons pu aussi réunir de l'information sur les principales caractéristiques physiques des inputs et outputs de transport ferroviaire, assorties de quelques données économiques utiles portant sur une période de 16 ans (1975-90) pour les 9 pays suivants: Bénin, Cameroun, Congo, Kenya, Mali, Mozambique, Sénégal, Zaïre et Zambie.

Une première transformation des données a abouti à un ensemble de ratios, ce qui nous libère de l'effet d'inflation touchant les monnaies locales. Les échelles de mesure initiales sont donc des échelles de ratios. La figure 1 donne une vue synoptique de notre démarche d'analyse.

Partant d'un ensemble de ratios (non fournis dans cet article), nous permettant d'établir les performances selon des critères techniques, économiques et financiers, nous organisons ensuite ces critères en 3 niveaux d'analyse. Le plus désagrégé est constitué de ratios classiques tels que les parts de trafic, les densités des réseaux, les parcours moyens qui s'expriment en unités techniques, et les productivités en valeurs, les coûts et les ratios financiers en général³. Au 2^e niveau, nous groupons ces ratios dans des familles, ou optiques d'évaluation, à base de 2 à 4 critères. Ces familles sont assimilables à des "juges" qui évaluent les "options", ou "actions" considérées selon une approche multicritère. À ce stade de l'analyse, nous effectuons une agrégation annuelle par famille des critères de base, en utilisant ELECTRE I et PROMETHEE II. L'utilisation des noyaux directs et réciproques d'ELECTRE I nous permettra de classer les entreprises (désignées par le nom de leur pays) en quatre groupes: "les bonnes" (B), "les mauvaises" (M), "les moyennes" (E), et "les incomparables" (C), que nous codifierons en vue d'une agrégation sur la période d'analyse. Les familles elles-mêmes sont regroupées en deux fonctions d'évaluation. La fonction technico-économique répond à l'objectif général d'efficacité de la production alors que l'efficience, au sens de minimisation des coûts, est capturée dans la fonction financière. Cette dernière fonction traduit aussi l'équilibre de gestion et l'origine des ressources financières des entreprises, dont l'État avec ses subventions de service public.

3 Une analyse fine de ce 3^e niveau a été effectuée dans la thèse de Mbangala, 1997.

FIGURE 1
Schéma d'analyse des données



Le tableau 1 synthétise les critères, les familles et les fonctions. Une colonne centrale indique les sens de préférence (max ou min) et la colonne de droite, les seuils "q", marquant la limite entre l'indifférence et la préférence. Nous avons en effet partout utilisé des quasi-critères, les seuils étant choisis de telle façon que des performances jugées sensiblement peu différentes sur un critère laissent ex aequo deux entreprises dans leur rangement selon ce critère⁴. La prise en compte de pseudo-critères ne se justifie pas ici du fait des échelles de ratios choisies. Les tableaux 2 et 3 permettront une analyse dynamique de l'évolution des familles et des fonctions sur la base de la codification des 4 classes issues des analyses annuelles

4 Les nombreux tableaux de données et de ratios et le détail des seuils et des échelles de mesure choisies sont repris dans la thèse de Mbangala (1997).

ELECTRE I. Au bas de ces mêmes tableaux, nous avons procédé à un simple comptage des fréquences d'appartenance des différents pays à chacune de ces classes. Ainsi obtenons-nous une synthèse des fréquences donnant la position relative des performances des entreprises publiques étudiées.

TABLEAU 1
Ensemble des critères hiérarchisés en 3 niveaux

	Seuil q =	Sens de préférence
1. Fonction d'évaluation technico-économique:		
1.1 trafic MARCHANDISE		
1.1.1 Part du trafic marchandise dans le trafic général (tkm/Unité de trafic)	3	max
1.1.2 Utilisation des wagons (tkm/nombres de wagons)	10	max
1.1.3 Parcours moyen marchandise (tkm/tonnage)	50	max
1.1.4 Densité du trafic marchandise (tkm/longueur des lignes en km)	50	max
1.2 trafic VOYAGEUR		
1.2.1 Part du trafic voyageur dans le trafic général (vkm/Unité de trafic)	3	max
1.2.2 Utilisation des voitures (vkm/nombres de voitures)	200	max
1.2.3 Parcours moyen voyageur (vkm/nombre de voyageurs)	20	min
1.2.4 Densité du trafic voyageur (vkm/longueur des lignes en km)	5	max
1.3 performances du point de vue de l'ÉCONOMIE		
1.3.1 Intensité économique ferroviaire (Unité de trafic/PIB en S constants)	20	max
1.3.2 Service du rail à la population (vkm/population)	1	max
1.3.3 Densité géographique du réseau (km de lignes/superficie)	0,2	max
1.4 performance GLOBALE de l'entreprise		
1.4.1 Utilisation des locomotives (Unités de trafic/nombre de locomotives)	500	max
1.4.2 Rendement personnel (Unités de trafic/effectif)	15	max
1.4.3 Capacité économique des réseaux (Unités de trafic/nombre de lignes)	15	max
2. Fonction d'évaluation basée sur les ratios financiers:		
2.1 PRODUCTIVITÉS en valeur		
2.1.1 Productivité du travail (Valeur ajoutée (VA)/Coût salarial)	0,1	max
2.1.2 Productivité du capital (VA/Charges carburants et pièces de rechange)	15	max
2.1.3 Productivité apparente globale (VA/Charges d'exploitation)	6	max
2.2 Performance des COÛTS		
2.2.1 Part de la main-d'oeuvre dans VA (Charges salariales/VA)	1	min
2.2.2 Coefficient d'exploitation (Charges d'exploitation/Total produits)	2	min
2.3 ÉQUILIBRE de gestion		
2.3.1 Taux de valeur ajoutée (VA/Production)	1	max
2.3.2 Rémunération du capital (Excédent brut d'exploitation (EBE)/VA)	2	max
2.3.3 Petit équilibre (Recettes d'activités/Charges d'exploitation)	3	max
2.4 ORIGINE des ressources financières		
2.4.1 Ratio du Cash Flow par les ventes (Cash Flow/Ventes)	1	max
2.4.2 Importance relative des frais financiers (FF/EBE)	2	min
2.4.3 Intervention de l'État pour services rendus (Contribution de l'État/Ventes)	2	max

L'utilisation peu orthodoxe d'ELECTRE I sous sa nouvelle forme, ELECTRE I-F, qui aboutit à une visualisation du positionnement et du classement des performances, appelle naturellement un contrôle de ce classement par une méthode vouée au classement multicritère. C'est pourquoi, nous avons suivi une démarche parallèle en utilisant PROMETHEE II, dans une agrégation annuelle des

TABEAU 2
Analyse dynamique technico-économique par ELECTRE I (codification et fréquences)

	CONGO	MOZAMBIQUE	KENYA	BENIN	MALI	CAMEROUN	SENEGAL	ZAIRE	ZAMBIE
	TOTAL Global Économie Voyageur Marchandise	TOTAL Global Économie Voyageur Marchandise	TOTAL Global Économie Voyageur Marchandise	TOTAL Global Économie Voyageur Marchandise	TOTAL Global Économie Voyageur Marchandise	TOTAL Global Économie Voyageur Marchandise	TOTAL Global Économie Voyageur Marchandise	TOTAL Global Économie Voyageur Marchandise	TOTAL Global Économie Voyageur Marchandise
1975	2 2 1 3	-2 2 2 -2 0	2 -2 2 1 3	-2 2 0 -2 -2	-2 1 -2 1 -2	-2 2 -2 1 -1	-2 2 0 1 1	1 -2 -2 1 -2	2 0 2 2 6
1976	-2 2 2 1 3	-2 2 2 -2 0	2 -2 2 1 3	-2 2 2 -2 0	-2 2 2 -2 -4	-2 2 -2 1 -2	-2 1 0 -2 -3	-2 -2 -2 1 -5	2 0 2 2 6
1977	0 2 2 1 3	-2 0 2 -2 -2	2 -2 2 1 3	0 2 2 1 5	0 2 2 -2 -2	0 1 -2 1 0	0 1 2 -2 -1	0 -2 -2 1 -3	0 2 2 2 6
1978	0 2 2 1 5	-2 0 2 -2 -2	2 -2 2 1 3	-2 2 2 -2 0	0 2 2 -2 -2	2 1 -2 1 2	0 -2 0 -2 -4	0 -2 -2 -2 -6	0 2 2 2 6
1979	0 2 2 2 6	-2 2 2 -2 0	2 -2 2 1 3	0 2 2 1 3	-2 2 -2 -4	2 1 -2 1 2	0 -2 0 -2 -4	0 -2 -2 -2 -6	2 2 2 2 8
1980	0 2 2 2 6	-2 2 2 -2 0	2 -2 2 1 3	0 2 2 1 5	-2 2 -2 -4	2 1 -2 1 2	-2 1 0 -2 -3	0 -2 -2 -2 -6	2 2 2 2 6
1981	0 2 2 2 6	-2 2 2 -2 0	2 -2 2 1 3	0 2 2 1 3	0 1 -2 -2 -3	2 1 -2 1 2	-2 2 0 -2 -3	2 -2 -2 -2 -4	2 1 2 2 7
1982	0 2 2 2 6	-2 2 2 -2 0	2 -2 2 1 3	-2 2 0 -2 -2	0 1 -2 -2 -3	2 1 -2 1 2	-2 2 0 -2 -6	2 -2 -2 -2 -4	0 2 2 2 6
1983	0 2 2 2 6	-2 2 2 -2 0	2 -2 2 1 3	-2 2 0 -2 -2	0 1 -2 -2 -3	2 1 -2 1 2	-2 2 0 -2 -6	2 -2 -2 -2 -4	0 2 2 2 6
1984	0 2 2 2 6	-2 2 2 -2 0	2 -2 2 1 3	-2 2 0 -2 -2	0 1 -2 -2 -3	2 1 -2 1 2	-2 2 0 -2 -6	2 -2 -2 -2 -4	0 2 2 2 6
1985	0 2 2 2 6	-2 2 2 -2 0	2 -2 2 1 3	-2 2 0 -2 -2	0 1 -2 -2 -3	2 1 -2 1 2	-2 2 0 -2 -6	2 -2 -2 -2 -4	0 2 2 2 6
1986	0 2 2 2 6	-2 2 2 -2 0	2 -2 2 1 3	-2 2 0 -2 -2	0 1 -2 -2 -3	2 1 -2 1 2	-2 2 0 -2 -6	2 -2 -2 -2 -4	0 2 2 2 6
1987	0 2 2 2 6	-2 2 2 -2 0	2 -2 2 1 3	-2 2 0 -2 -2	0 1 -2 -2 -3	2 1 -2 1 2	-2 2 0 -2 -6	2 -2 -2 -2 -4	0 2 2 2 6
1988	0 2 2 2 6	-2 2 2 -2 0	2 -2 2 1 3	-2 2 0 -2 -2	0 1 -2 -2 -3	2 1 -2 1 2	-2 2 0 -2 -6	2 -2 -2 -2 -4	0 2 2 2 6
1989	0 2 2 2 6	-2 2 2 -2 0	2 -2 2 1 3	-2 2 0 -2 -2	0 1 -2 -2 -3	2 1 -2 1 2	-2 2 0 -2 -6	2 -2 -2 -2 -4	0 2 2 2 6
1990	0 2 2 2 6	-2 2 2 -2 0	2 -2 2 1 3	-2 2 0 -2 -2	0 1 -2 -2 -3	2 1 -2 1 2	-2 2 0 -2 -6	2 -2 -2 -2 -4	0 2 2 2 6
Somme	-10 32 30 21 73	-32 28 32 -32 -4	27 -23 32 -2 34	-24 32 24 1 33	1 22 -29 -8 -14	8 20 -20 16 24	-12 -4 0 -12 -28	11 -32 -29 -14 -64	18 21 30 32 101
fréq. B	0 16 15 5 36	0 14 16 0 30	13 0 16 0 29	0 16 12 0 28	4 6 0 0 10	7 4 0 0 11	0 4 1 3 8	7 0 0 0 7	9 10 15 16 50
fréq. E	0 0 0 11 11	0 0 0 0 0	1 3 0 10 14	0 0 0 11 11	1 10 1 8 20	0 12 0 16 28	0 4 0 2 6	1 0 1 6 8	0 1 0 0 1
fréq. C	11 0 1 0 12	0 2 0 0 2	2 0 0 0 2	4 0 4 0 8	7 0 0 0 7	6 0 6 0 12	10 0 14 1 25	6 0 0 0 6	7 5 1 0 13
fréq. M	5 0 0 0 5	16 0 0 16 32	0 13 0 6 19	12 0 0 5 17	4 0 15 8 27	3 0 10 0 13	6 8 1 10 25	2 16 15 10 43	0 0 0 0 0
Som. fréq.	16 16 16 16 64	16 16 16 16 64	16 16 16 16 64	16 16 16 16 64	16 16 16 16 64	16 16 16 16 64	16 16 16 16 64	16 16 16 16 64	16 16 16 16 64

2 = "Bon" = B; 1 = "Moyen" = E; 0 = "Incomparable" = C; -2 = "Mauvais" = M; fréq. B est la fréquence (le nombre) de bons dans la colonne correspondante; idem pour fréq. E, C, M.

TABEAU 3
Analyse dynamique des ratios financiers par ELECTRE 1 (codification et fréquences)

	CONGO	KENYA	MALI	CAMEROUN	SÉNÉGAL	ZAÏRE	ZIMBABWE
	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL
	Finance	Finance	Finance	Finance	Finance	Finance	Finance
	Équilibre	Équilibre	Équilibre	Équilibre	Équilibre	Équilibre	Équilibre
	Coût	Coût	Coût	Coût	Coût	Coût	Coût
	Productivité	Productivité	Productivité	Productivité	Productivité	Productivité	Productivité
1980	2 1 2 1 6	1 1 1 4	2 2 1 6	2 2 2 8	2 1 2 3	2 1 2 2	2 2 2 2
1981	2 1 2 2 7	1 1 1 1	2 2 2 2	2 2 2 2	2 1 0 2	1 1 2 2	1 1 2 2
1982	2 2 2 2 8	1 1 2 2	2 2 2 2	1 1 2 2	1 2 2 1	2 2 2 2	2 2 2 2
1983	2 2 2 2 8	1 1 1 2	2 2 2 2	1 1 1 4	2 1 0 2	1 1 2 2	2 2 2 2
1984	2 2 2 2 8	1 1 1 2	2 2 2 2	1 1 1 1	2 2 0 2	1 1 2 2	2 2 2 2
1985	2 2 2 2 8	1 1 1 1	1 2 1 2	1 1 1 5	1 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2
1986	2 1 2 2 8	1 1 2 2	2 2 2 2	1 1 2 1	1 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2
1987	2 2 2 2 8	1 1 1 2	2 2 2 2	2 2 2 2	1 1 2 1	2 2 2 2	2 2 2 2
1988	2 2 2 2 8	1 1 1 1	2 2 2 2	2 2 2 2	2 1 2 1	0 2 2 2	2 2 2 2
1989	2 1 2 1 6	2 2 2 1	2 2 2 2	2 2 2 1	1 1 2 1	2 2 2 2	2 2 2 2
1990	1 1 1 2 5	2 2 2 1	1 1 2 2	2 2 2 2	1 1 1 2	2 2 2 1	2 2 2 0
Sommes	21 13 21 15 70	14 6 7 4 23	20 17 8 -11 34	17 16 20 12 65	16 2 -2 -6 10	-1 -1 -8 2 -8	-19 -19 -14 15 -37
freq. B	10 5 10 7 32	3 1 3 0 7	9 9 4 2 24	6 5 9 4 24	5 0 2 1 8	2 3 2 3 10	0 0 0 8 8
freq. E	1 5 1 3 10	8 8 5 6 27	2 1 4 1 8	5 6 2 6 19	6 8 2 4 20	3 3 2 4 12	1 1 0 1 3
freq. C	0 0 0 0 0	0 0 1 0 1	0 0 1 0 1	0 0 0 0 0	0 0 3 0 3	2 0 0 0 2	0 0 4 1 5
freq. M	0 1 0 1 2	0 2 2 5 9	0 1 2 8 11	0 0 0 1 1	0 3 4 6 13	4 5 7 4 20	10 10 7 1 28
Som. freq.	11 11 11 11 44	11 11 11 11 44	11 11 11 11 44	11 11 11 11 44	11 11 11 11 44	11 11 11 11 44	11 11 11 11 44

2 = "Bon" = B; 1 = "Moyen" = E; 0 = "Incomparable" = C; -2 = "Mauvais" = M; fréq. B est la fréquence (le nombre) de bons dans la colonne correspondante; idem pour fréq. E, C, M.

critères par famille qui produit des flux de préférence annuels, une analyse dynamique des flux par famille et par fonction, une sommation de ces flux pour aboutir également à l'analyse de synthèse et au graphique bidimensionnel. La comparaison des résultats des deux méthodes fait apparaître des classements très proches, les quelques différences pouvant s'expliquer par la différence de nature des calculs effectués: dans ELECTRE I-F, nous procédons à un classement en groupes et à une analyse des fréquences, combinant ainsi une approche qualitative et une approche "fréquentielle", tandis que PROMETHEE II travaille sur un graphe valué pour élaborer des flux qui seront interprétés puis sommés. Chacune des deux démarches d'analyse apporte son propre éclairage tout en préservant une cohérence d'ensemble.

Pour terminer, nous complétons les analyses de ce schéma par une étude des corrélations entre les familles de critères retenus et réalisons une image des distributions de rangs des entreprises, en utilisant la méthode JUDGES.

III. APPLICATION DES MÉTHODES ELECTRE, PROMETHEE ET JUDGES

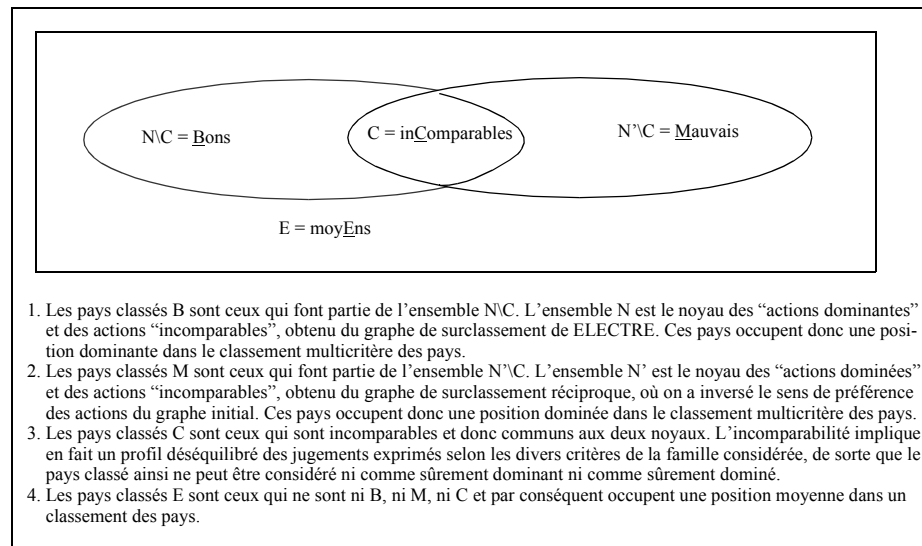
ELECTRE I

Analyse dynamique des performances des entreprises

Les tableaux 2 et 3 présentent l'évolution des classements par famille de critères des 9 pays repris dans l'analyse technico-économique et des sept pays de l'analyse des ratios financiers. Pour aboutir à ces résultats, la méthode ELECTRE I est appliquée de la façon suivante: dans chaque famille et pour chaque année, on compare deux à deux les pays confrontés en utilisant d'abord un seuil de concordance de 0,75. Nous n'employons pas de seuil de discordance car dans l'optique de notre analyse, il n'y a pas de raison d'exclure un surclassement sur la base d'une mauvaise performance sur un critère et, en outre, l'introduction d'un test de non-discordance fausserait la comparaison de validation avec PROMETHEE II qui n'en possède pas.

Le diagramme de Venn de la figure 2 montre la procédure de classement en quatre groupes de pays effectué annuellement par famille grâce à ELECTRE I:

FIGURE 2
Quatre classes “d’actions” selon ELECTRE I



Afin de simplifier le langage, nous considérons comme ayant une bonne performance de famille, plus brièvement comme “bons”, les pays⁵ qui sont classés dans B et nous leur attribuons une cote égale à 2. De même, nous considérons comme “mauvais” les pays classés dans M et leur attribuons la cote -2. La cote 1 est attribuée aux pays classés E, car ils ont nécessairement une performance multicritère intermédiaire entre les “bons” et les “mauvais”, tandis qu’une cote neutre de 0 est réservée aux “incomparables”.

Une première constatation concerne l’insensibilité des résultats des deux tableaux aux variations du seuil de concordance. Nous avons en effet vérifié cette insensibilité en variant ce seuil par pas de 0,1 entre 0 et 1 sans constater le moindre déclassement des pays. Ceci indique que nos résultats sont très robustes et que les entreprises examinées sont très différenciées les unes par rapport aux autres.

5 En désignant plus brièvement les entreprises par le nom de leur pays, notre intention est de rendre plus sévère et plus parlante la dénomination assez longue de ces entreprises publiques, ces pays ne pouvant être jugés sur la base d’une seule de leur entreprise. Que le lecteur conserve cette remarque à l’esprit.

Cette quantification des classes B, E, C, M nous permet de prolonger ELECTRE I, dont la vocation première est de sélectionner les actions, par une analyse des fréquences qui permettra de ranger les entreprises examinées. Ce rangement est effectué en considérant les résultats longitudinalement, c'est-à-dire dans le temps, et transversalement, c'est-à-dire en synthèse sur l'ensemble des périodes d'analyse des données. À cette fin, nous effectuons cinq types de sommes ou comptage par période, par famille et par pays, des scores individuels annuels. Cette procédure est le coeur de notre version ELECTRE I-F.

1. Une somme générale ("somme") des scores d'une colonne sert d'indicateur synthétique de performance multicritère de l'entreprise considérée par rapport aux autres entreprises sur la période considérée et la famille envisagée.
2. "fréq. B", le nombre de "2" dans la colonne, est l'indicateur synthétique de classement de l'entreprise parmi les "bonnes". Un score élevé signifie probablement une bonne performance sur une grande partie de la période et pour la famille envisagée.
3. "fréq. E", le nombre de "1" dans la colonne, est un indicateur de performance moyenne.
4. "fréq. C", le nombre de "0" dans la colonne, indiquera l'existence de "profils déséquilibrés" au sein de la famille de critères considérés.
5. Une fréquence élevée de "-2" dans une colonne ("fréq. M") est le signe d'une mauvaise performance de famille pour l'entreprise considérée.

En outre, pour chaque pays, l'addition horizontale des scores annuels des familles, ou des fréquences (dans le bas du tableau) permet une évaluation de la performance du pays selon la fonction considérée. À titre d'exemple, la lecture de la ligne des sommes montre que le "Congo" présente un score technico-économique global de 73, résultante d'une mauvaise performance (-10) sur la famille Marchandise, plus que compensée par sa bonne performance sur les 3 autres familles (32, 31, 21). L'analyse des fréquences révèle que la présence de 11 qualifications "mauvais" sur la période 1975-1990 explique le mauvais score du pays pour la famille Marchandise, tandis que la présence quasi-constante de "2" dans les colonnes Voyageur et Économie indique la bonne tenue de l'entreprise congolaise durant cette période et pour ces deux familles.

Interprétation des classements des entreprises selon ELECTRE I-F

Les tableaux 4 et 5 présentent deux types de classements des entreprises. Le premier classement, en italique, est basé sur l'indicateur compensatoire qu'est la somme des scores annuels au cours de la période. Le rangement qui apparaît reflète la compensation entre bons scores (+2 et +1) et les mauvais scores (-2) au cours de la période.

TABLEAU 4
Analyse dynamique technico-économique et classement par
ELECTRE I-F

Classement des entreprises publiques de chemins de fer selon ELECTRE I-F			
1. Classements selon les quatre familles de la fonction d'évaluation technico-économique			
1.1 Marchandise			
Somme	Classement	Classement proposé	Commentaires
27 18 11 8 1	Kenya Zambie Zaïre Cameroun Mali	Kenya Zambie Zaïre Cameroun Mali	Bon Bons ou incomparables Avec deux fois "incomparables" en 1982 et 1988 de Mauvais en début à Bon en milieu de période Mieux après 1985, assez proche du Cameroun
-10 -12 -24 -32	Congo Sénégal Bénin Mozambique	Congo Sénégal Bénin Mozambique	De mauvais à incomparable Mauvais ou incomparable Mauvais partout Profils semblables
1.2 Voyageur			
Somme	Classement	Classement proposé	Commentaires
32 28 22 21 20	Congo, Bénin Mozambique Mali Zambie Cameroun	Congo, Bénin Mozambique Zambie Mali Cameroun	Bons partout Bon Bon Moyens Sauf incomparable en 1978-79 Vers la fin, surtout à partir de 1987 Bon puis Moyen à partir de 1984 Surtout Moyen, Bon en 75-76, 84-85
-4 -23 -32	Sénégal Kenya Zaïre	Sénégal Kenya Zaïre	Mauvais Moyen puis Mauvais (80 à 87), Bon (88 à 90) À peu près partout Partout
1.3 Économie			
Somme	Classement	Classement proposé	Commentaires
32 30 24 0	Kenya, Mozam Congo, Zamb Bénin Sénégal	Kenya, Mozam Congo, Zamb Bénin Sénégal	Bons Bon partout incomparable Sauf quatre fois "incomparable" Profil déséquilibré au sein de la famille
-20 -29	Cameroun Mali, Zaïre	Cameroun Mali, Zaïre	Plutôt Mauvais Mauvais quasi-partout
1.4 Performance globale de l'entreprise			
Somme	Classement	Classement proposé	Commentaires
32 21 16 1	Zambie Congo Cameroun Bénin	Zambie Congo Cameroun Bénin	Bon partout Moyens Plutôt Mauvais Moyen à Bon Moyen partout Mauvais puis Moyen
-2 -8 -12 -14 -32	Kenya Mali Sénégal Zaïre Mozambique	Kenya Sénégal Mali Zaïre Mozambique	Plutôt Mauvais Mauvais Mauvais partout Moyen puis Mauvais Mauvais, s'améliore à partir de 1988 Mauvais puis Moyen à partir de 1984 Moyen, Mauvais de 79 à 83 et 85 à 90

TABLEAU 4 (Suite)

2. Classements selon l'agrégation technico-économique des 4 familles de critères Agrégation			
Somme	Classement	Classement proposé	Commentaires
101 73 34 33 24	Zambie Congo Kenya Bénin Cameroun	Zambie Congo Kenya Bénin Cameroun	Bon pour 3 familles sur 4 Bon en Voyageur et Économie Bon en Marchandise et Économie Bon en Voyageur et Économie Moyen en Voyageur et performance Globale
-4 -14 -28 -64	Mozambique Mali Sénégal Zaïre	Mozambique Mali Sénégal Zaïre	Mauvais en Marchandise et performance Globale Bon en Économie et Voyageur Mauvais en Économie Mauvais, puis Bon en Voyageur et performance Globale (88-90) Mauvais en Voyageur et Économie Plutôt Bon en Marchandise

Le classement proposé dans la troisième colonne de ces tableaux est cependant plus fin, quoique rarement différent du premier. Ce classement résulte d'une comparaison qualitative des fréquences respectives de la qualification "B", "E" et "M" essentiellement, sachant que "fréq. C" sert davantage à localiser les profils intra-familiaux déséquilibrés.

On peut d'abord observer une séparation possible en deux groupes: les pays dominants les autres par un score positif de la somme de périodes et les pays dominés avec un score négatif. Au sein de ces deux groupes, on peut distinguer des sous-groupes "bons", "moyens", "mauvais" avec des nuances telles que bon partout ou bon à moyen, etc. La colonne commentaires signale les événements saillants de la période. Par exemple:

1. Selon le point de vue technico-économique et pour la période d'analyse 1975-1990, le groupe de pays: Zambie, Congo, Kenya, Bénin, domine clairement le groupe Sénégal, Zaïre. Parmi les trois pays restants, Mozambique a le profil familial le plus déséquilibré au point qu'une analyse ELECTRE I appliquée aux familles le classerait dans les "incomparables". Le Cameroun et le Mali présentent des profils assez dissemblables, le premier étant plutôt moyen et le second présentant une certaine instabilité temporelle. La Zambie, qui vient en tête, ne l'est cependant pas uniformément pour les 4 familles: si, selon les familles "Économie" et "performance globale de l'entreprise" elle est uniformément bonne au cours de la période, elle présente des périodes d'incomparabilité sur les deux autres familles; il en est ainsi de 76 à 77 et de 83 à 86 respectivement pour les deux familles "Voyageur" et "Marchandise". Le Zaïre, situé par contre en queue de peloton, est "mauvais" en "Voyageur" et "Économie" mais est "bon" en "Marchandise" de 81 à 87 et sa performance globale est le plus souvent mauvaise. Ces deux exemples illustrent combien une analyse multicritère permet de nuancer des jugements qui seraient trop brutaux en synthèse.

TABLEAU 5
Analyse dynamique des ratios financiers et classement par ELECTRE I-F

Classement des entreprises publiques de chemins de fer selon ELECTRE I-F				
1. Classements selon les quatre familles de la fonction d'évaluation basée sur les ratios financiers				
1.1 Productivité				
Somme	Classement	Classement proposé		Commentaires
21 20 17 16 14	Congo Mali Cameroun Sénégal Kenya	Congo Mali Cameroun Sénégal Kenya	Bons partout Bons à moyens Moyen	Sauf en 1990 Sauf en 1985 et en 1990 De 82 à 86, période moyen, sinon bon Fluctue entre bon et moyen S'améliore à partir de 1988
-1 -19	Zaïre Zimbabwe	Zaïre Zimbabwe	Légèrement mauvais Vraiment mauvais	Fluctue entre moyen, inComparable et mauvais Mauvais partout (constant)
1.2 Coûts				
Somme	Classement	Classement proposé		Commentaires
17 16 13 6 2	Mali Cameroun Congo Kenya Sénégal	Mali Cameroun Congo Kenya Sénégal	Bon Bons à moyens Moyens	Sauf en 85 où il est mauvais Moyen de 82 à 86, sinon bon Bon de 82 à 85, sinon moyen Surtout en fin de période (pour les deux)
-1 -19	Zaïre Zimbabwe	Zaïre Zimbabwe	Légèrement mauvais Mauvais partout	Contrasté, fluctuant
1.3 Équilibre				
Somme	Classement	Classement proposés		Commentaires
21 20 8 7	Congo Cameroun Mali Kenya	Congo Cameroun Mali Kenya	Bons partout Moyens, contrastés	Sauf en 1990 Sauf en 1983-84 S'améliorent en fin de période (89, 90)
-2 -8 -14	Sénégal Zaïre Zimbabwe	Sénégal Zaïre Zimbabwe	Moyen à mauvais Mauvais fluctuant Mauvais	Mauvais surtout de 85 à 88, puis moyen
1.4 Origine des flux financiers				
Somme	Classement	Classement proposés		Commentaires
15 12 2	Congo, Zimba Cameroun Zaïre	Zimb. Congo Cameroun Zaïre	Bons Moyen à bon Moyen, contrasté	Devient mauvais à partir de 1988
-4 -6 -11	Kenya Sénégal Mali	Kenya Sénégal Mali	Moyens à mauvais Vraiment mauvais	À partir de 82

TABLEAU 5 (Suite)

2. Classements selon l'agrégation financière des 4 familles de critères Agrégation				
Somme	Classement	Classement proposé		Commentaires
70	Congo	Congo	Vraiment bon	Sauf en 1988 sur deux familles
65	Cameroun	Cameroun	Bon à moyen	Sur toutes les familles
34	Mali	Mali	Bon	Sauf en finance (mauvais)
24	Kenya	Kenya	Moyen	Mauvais sur trois familles
10	Sénégal	Sénégal	Moyen à mauvais	Mais s'améliore à partir de 1988
-8	Zaïre	Zaïre	Plutôt mauvais	Mais contrasté, mauvais en 81, 82 et 88, 89
-37	Zimbabwe	Zimbabwe	Mauvais	Sauf en "origine des flux financiers"

2. Selon le point de vue des ratios financiers et pour la période d'analyse 1980-1990, le groupe de pays Congo, Cameroun, Mali domine clairement le groupe des deux pays Zaïre et Zimbabwe, tandis que le Mali, le Kenya et le Sénégal forment un groupe "plutôt moyen". L'entreprise du Congo est vraiment bonne partout et sur toutes les familles "financières" hormis en 1988, année exceptionnelle. Cette entreprise est donc fort bien gérée dans la décennie 80. L'entreprise du Zimbabwe présente par contre de mauvais ratios financiers sauf en ce qui concerne "l'origine des ressources financières". L'explication réside dans l'apport considérable d'argent qu'elle obtient de l'État du Zimbabwe, sans doute pour soutenir cette entreprise fort sollicitée sur le plan du service public, ce qui détériore ses ratios.

Classement des entreprises selon les deux fonctions d'évaluation d'ELECTRE I-F

Les puristes d'ELECTRE I vont être surpris que nous continuons à utiliser les scores obtenus avec cette méthode pour aboutir à un classement des pays selon deux axes coordonnés. Comme notre variante de comptabilisation des fréquences de scores individuels annuels s'est révélée très instructive et plus transparente qu'ELECTRE II, nous avons persévéré dans cette voie pour obtenir une vue d'ensemble bidimensionnelle des pays analysés.

Deux difficultés nous attendaient. D'abord les périodes d'analyse sont inégales pour les deux thèmes technico-économique et financier, ensuite la liste des pays différerait également: seuls six pays sont communs aux deux analyses. Ces six derniers pays présentent donc des scores sur les deux axes tandis que le Zimbabwe est situé sur le seul axe financier et la Zambie, le Bénin et le Mozambique sont positionnés sur le seul axe technico-économique. Les 16 années de l'analyse technico-économique, comparées aux 11 années de l'analyse financière impliquent une dispersion plus grande des pays selon l'axe des abscisses que selon l'axe des

ordonnées. Il a fallu garder à l'esprit cet effet d'échelle de mesure lors de notre interprétation.

Afin de faciliter une lecture synthétique de l'analyse multicritère transversale, nous avons effectué une représentation graphique⁶ de la position de chacune des entreprises dans le plan. Nous avons associé à chaque pays son rangement par rapport aux autres tant sur le niveau agrégé qu'au sein de chaque famille de critères. À titre d'exemple, le Congo a pris la 2^e position selon l'agrégation technico-économique et la 1^o position selon l'axe financier, ce qu'on a traduit par le vecteur (2,1); il a respectivement pris la 1^{ère}, 3^e, 1^{ère}, 2^e position pour les familles financières: "Productivité, Coût, Équilibre, Origine des flux"; il a pris respectivement la 5^e, 1^{ère}, 1^{ère}, 2^e position pour les familles technico-économiques: "Marchandise, Voyageur, Économie et Globale" de sorte que les vecteurs (1, 3, 1, 2) et (5, 1, 1, 2) lui ont été associés. Les rangs maxima possibles sont 9 pour le premier axe et 7 pour le second⁷.

Des signes positifs ou négatifs des scores ont permis de classer les entreprises en "dominantes" ou en "dominées": un positionnement d'une entreprise dans le second quadrant signifie un score négatif en "technico-économique" et un score positif en "finance", de sorte que cette entreprise est en moyenne dominée sur le premier axe et dominante sur le second.

Ce type de représentation est riche en enseignements. À titre d'exemple, nous avons observé que:

1. Le groupe Congo, Cameroun, Kenya, situé dans le premier quadrant, est dominant sur les deux axes et il s'oppose à l'entreprise Zaïroise qui est dominée sur ces deux axes, mais surtout selon l'axe technico-économique. Le Mali et le Sénégal, dans le deuxième quadrant, sont dominées en technico-économique mais restent dominantes en finance, le Sénégal ne l'étant que légèrement. Lorsque l'on a considéré un seul axe à la fois, en intégrant dès lors les pays cotés sur un seul axe, la Zambie était largement en tête d'un point de vue technico-économique et le Zimbabwe largement en queue sur l'axe financier.
2. L'entreprise du Congo surclasse largement les autres entreprises, à l'exception de la Zambie qui a une position de leader technico-économique. En termes

6 Faute d'espace cette représentation graphique n'est pas présentée ici. G. Colson enverra sur demande les 3 graphiques de cette section et de la section suivante.

7 Rappelons que 9 entreprises sont cotées sur le premier axe et 7 sur le second.

d'efficacité multicritère et multijuge, le Congo et la Zambie sont les deux seuls pays certainement efficaces.

3. Au sein de chaque fonction d'évaluation, nous avons cerné les "pays efficaces"⁸, c'est-à-dire non dominés sur au moins une des familles de critères. Le Congo, le Cameroun, le Mali et le Zimbabwe sont efficaces en termes financiers, le Congo à cause de son rang 1 sur les familles "productivité et équilibre", le Mali pour la seule famille "coût" et le Zimbabwe dans "l'origine des ressources". En termes technico-économiques, la Zambie est efficace à cause de la performance globale, le Congo à cause de "voyageur et économie", le Kenya à cause de "marchandise" et le Mozambique à cause "d'économie". Le Cameroun est l'exemple typique du brillant second non efficace, au moins en termes financiers. Le Sénégal et le Zaïre sont également inefficaces. Le Bénin n'ayant pas de cotes financières ne peut être déclaré globalement efficace ou inefficace, mais il est inefficace sur le premier axe.

PROMETHEE II

Nous utilisons ici une méthodologie semblable à celle de la section précédente pour construire les analyses transversale et longitudinale (dynamique) des flux de préférence établis par la méthode PROMETHEE II. Dans chaque famille et pour chaque année, on compare donc deux à deux les pays en élaborant les flux nets de préférence de PROMETHEE II. Rappelons que l'apport essentiel de cette méthode par rapport aux méthodes ELECTRE I et II est d'utiliser un graphe de préférence valué, ce qui aboutit à une évaluation plus "graduée" des actions. Les tableaux 6 et 7 correspondent aux tableaux 2 et 3 de l'analyse d'ELECTRE, sauf que les résultats sont des flux nets de préférence et présentent donc un caractère plus nuancé que notre codification appliquée aux résultats des ELECTRE I annuels.

Les sommes respectives au bas des colonnes des familles nous permettent, comme dans ELECTRE, une analyse transversale de synthèse, tandis que l'étude des flux annuels autorise une analyse dynamique correspondante à celle d'ELECTRE I. Vu la grande convergence de résultats des deux analyses dynamiques par ELECTRE et PROMETHEE, nous nous contentons d'interpréter, en parallèle avec ceux d'ELECTRE I-F, quelques résultats des analyses transversales.

Analyse transversale des résultats technico-économiques

Comparaison des rangs obtenus avec PROMETHEE et avec ELECTRE:

8 Le terme "efficace" est entendu au sens qui lui est donné dans la littérature multicritère.

TABEAU 6
Analyse dynamique technico-économique par PROMETHEE II (flux de préférences)

	CONGO	MOZAMBIQUE	KENYA	BENIN	MALI	CAMEROUN	SENEGAL	ZAIRE	ZAMBIE
	TOTAL Globale Économie Voyageur Marchandise	TOTAL Globale Économie Voyageur Marchandise	TOTAL Globale Économie Voyageur Marchandise	TOTAL Globale Économie Voyageur Marchandise	TOTAL Globale Économie Voyageur Marchandise	TOTAL Globale Économie Voyageur Marchandise	TOTAL Globale Économie Voyageur Marchandise	TOTAL Globale Économie Voyageur Marchandise	TOTAL Globale Économie Voyageur Marchandise
1975	2 3 6	-1 5 -3 -1	7 4 3 6 12	4 3 -1 -7 -9	-2 0 -4 -6 -12	-3 4 4 -2 -5	-2 1 0 0 -1	4 -7 -4 0 -7	5 0 2 8 15
1976	-1 4 2 4 9	-2 -2 3 -3 -3	7 5 1 3 6	-5 4 2 -5 4	-2 2 -5 -3 -8	-1 2 -2 -1 -2	-3 0 0 -1 -4	0 -6 -3 -1 -10	7 0 2 6 15
1977	1 5 2 4 12	-3 -3 2 -5 -9	4 5 1 0 0	-4 4 2 -3 1	-1 2 -5 -2 -6	-1 1 -2 1 0	-3 0 -1 -2 -6	2 -7 -3 -1 -9	8 0 2 6 16
1978	0 5 2 3 10	-3 -1 3 -4 -5	4 5 2 1 -1	-2 5 2 1 4	-0 3 -5 -2 -4	2 0 -2 3 3	-1 -1 -1 -1 -2	2 -6 -3 -1 -8	-1 2 2 2 6 9
1979	0 5 2 4 11	-4 2 3 -4 -5	4 5 2 0 1	-3 5 2 2 2	-2 2 -4 -3 -7	3 -2 -2 2 1	-2 -2 -1 -2 -7	1 -6 -3 -2 -10	0 2 2 2 6 10
1980	0 5 2 4 10	-4 3 3 -4 -2	4 4 2 0 1	-3 5 2 0 4	-2 2 -4 -3 -7	2 -1 -2 2 1	-1 -3 -1 -3 -8	3 -7 -3 -3 -10	1 3 2 2 6 12
1981	0 5 1 2 7	-3 1 2 4 4	4 4 3 -1 0	0 5 2 1 8	-1 1 -4 -1 -5	3 1 -2 2 4	-3 -2 -2 -3 -11	3 -6 -2 -3 -8	1 2 2 6 11
1982	-1 5 1 2 7	-4 1 2 4 5	3 3 2 -1 1	-2 5 2 1 6	-2 1 -4 -1 -5	4 3 -1 3 9	-1 -5 -2 -3 -11	4 -7 -2 -2 -7	0 2 2 6 10
1983	-1 6 2 2 9	-5 1 3 -5 -6	3 3 2 -1 1	-3 4 1 0 2	0 1 -4 2 -1	4 4 -1 3 10	0 -5 -2 -2 -9	3 -7 -3 -3 -10	0 1 2 6 9
1984	-1 6 2 2 9	-4 1 3 -4 -4	2 4 1 -3 -4	-2 4 1 0 3	0 1 -4 2 -1	3 4 -1 3 10	-1 -5 -2 -2 -9	3 -6 -3 -4 -10	0 0 2 5 7
1985	0 6 2 3 11	-4 1 3 -4 -4	3 3 1 -3 -2	-2 4 1 1 4	-2 2 -4 3 -1	1 2 -1 1 3	1 -6 -1 -2 -8	2 -6 -3 -4 -11	0 1 2 5 8
1986	-2 6 2 2 8	-3 1 3 -4 -3	3 3 2 -2 0	-1 2 0 -1 0	-2 2 -4 3 -1	2 2 -1 2 5	1 -5 -1 -1 -6	2 -7 -3 -5 -13	0 1 2 6 9
1987	-1 5 2 3 9	-4 0 3 -5 -6	3 3 1 -2 -1	-1 3 2 1 5	0 0 -1 1 0	1 3 -2 1 3	0 -2 -2 0 -4	2 -8 -3 -5 -14	0 1 2 6 9
1988	-2 6 2 2 8	-4 0 3 -5 -6	3 3 1 -1 -1	-2 4 2 1 5	2 -1 -4 2 -1	1 3 -2 2 4	0 -2 -1 0 -3	2 -8 -3 -5 -14	0 1 2 6 9
1989	-2 6 3 1 8	-4 0 3 -7 -8	3 4 2 0 1	-2 4 3 2 7	2 0 -6 2 -2	0 2 -2 1 1	1 -1 -1 1 0	2 -8 -4 -7 -17	0 1 1 7 9
1990	-2 6 3 1 8	-4 0 3 -7 -8	3 4 2 0 1	-2 4 3 2 7	2 0 -6 2 -2	0 2 -2 1 1	1 -1 -1 1 0	2 -8 -4 -7 -17	0 1 1 7 9
sommes	-14 80 31 44 147	-53 4 44 -60 -65	56 -63 24 -9 9	-41 62 25 -12 36	-10 17 -65 -10 -70	19 29 -27 22 46	-17 -40 -14 -22 -101	38 -107 -44 -44 -168	21 19 28 95 167

Les nombres de ce tableau sont arrondis à l'entier, ce qui explique les différences entre les totaux horizontaux et verticaux.

TABEAU 7
Analyse dynamique des ratios financiers par PROMETHEE II (flux de préférences)

	CONGO	KENYA	MALI	CAMEROUN	SENEGAL	ZAIRE	ZIMBABWE
1980	TOTAL Finance Équilibre Coût Productivité	TOTAL Finance Équilibre Coût Productivité	TOTAL Finance Équilibre Coût Productivité	TOTAL Finance Équilibre Coût Productivité	TOTAL Finance Équilibre Coût Productivité	TOTAL Finance Équilibre Coût Productivité	TOTAL Finance Équilibre Coût Productivité
1981	3,3 1,7 4,3 2,3 11,7	-1,3 -1,0 -0,3 -4,0 -6,7	1,3 3,0 0,7 1,3 6,3	3,7 3,3 3,0 5,0 15,0	2,0 -1,3 -0,3 -5,0 -4,7	-3,7 -1,7 -1,7 1,7 -5,3	-5,3 -4,0 -5,7 -1,3 -16,3
1982	4,3 2,3 5,0 3,0 14,7	-0,7 -1,0 0,7 -3,3 -4,3	1,3 2,7 -0,3 2,3 6,0	3,0 3,0 2,0 3,7 11,7	0,7 -1,7 -2,0 -4,0 -7,0	-6,0 -4,0 -3,3 -4,7 -18,0	-2,7 -1,3 -2,0 3,0 -3,0
1983	5,3 3,3 3,7 3,7 16,0	-2,0 -2,0 -2,0 -4,0 -10,0	1,0 2,7 0,3 -0,3 3,7	2,3 2,0 3,3 -1,3 6,3	2,0 -2,0 -2,3 -1,7 -4,0	-3,3 -2,0 -2,7 0,7 -7,3	-5,3 -2,0 -0,3 3,0 -4,7
1984	4,7 3,3 5,3 5,0 18,3	1,7 1,3 1,3 -0,7 3,7	1,7 3,3 2,0 1,0 8,0	0,7 -0,7 0,7 -1,3 -0,7	1,0 -1,7 -1,3 -4,0 -6,0	-3,7 -3,0 -3,3 -3,0 -13,0	-6,0 -2,7 -4,7 3,0 -10,3
1985	4,7 3,3 4,7 5,0 17,7	1,3 2,0 2,3 2,3 8,0	0,0 2,0 -1,0 -4,0 -3,0	1,0 -0,7 1,7 -3,3 -1,3	1,3 -3,3 -2,0 -4,3 -8,3	-2,7 0,0 -1,0 2,3 -1,3	-5,7 -3,3 -4,7 2,0 -11,7
1986	5,7 3,7 4,0 4,3 17,7	-0,3 -0,7 -0,3 -1,7 -3,0	-1,0 -1,3 -3,0 -5,3 -10,7	2,3 0,7 4,7 -0,7 7,0	-1,3 -2,7 -2,7 -1,7 -8,3	0,3 3,0 2,7 1,0 7,0	-5,7 -2,7 -5,3 4,0 -9,7
1987	4,7 2,7 2,3 0,7 10,3	-2,3 -2,7 -1,0 -5,3 -11,3	4,7 4,0 1,3 5,0 15,0	0,7 -1,3 2,3 -2,3 -0,7	-0,7 -0,3 -3,0 -2,0 -6,0	-1,7 0,0 -1,7 -0,7 -4,0	-5,3 -2,3 -0,3 4,7 -3,3
1988	3,0 1,7 3,7 2,3 10,7	-1,0 -1,0 0,0 -1,0 -3,0	-0,3 0,3 -1,3 -5,3 -6,7	3,3 1,7 2,0 2,7 9,7	-0,3 -0,3 2,0 1,3 2,7	0,7 1,7 -0,3 2,0 4,0	-5,3 -4,0 -6,0 -2,0 -17,3
1989	1,0 -1,7 0,3 -1,3 -1,7	1,3 1,7 0,3 -1,3 2,0	1,3 4,0 1,7 -1,7 5,3	2,7 0,0 1,0 1,3 5,0	0,7 -1,0 -1,7 1,3 -0,7	-1,7 -1,3 -3,0 -4,0 -10,0	-5,3 -1,7 1,3 5,7 0,0
1990	2,3 -0,7 0,7 -0,3 2,0	1,7 1,3 1,7 -2,0 2,7	3,3 3,7 2,0 -2,7 6,3	3,7 1,0 1,3 2,7 8,7	-1,0 0,0 -1,3 1,0 -1,3	-4,7 -3,3 -4,7 -4,3 -17,0	-5,3 -2,0 0,3 5,7 -1,3
1990	-0,7 -2,7 -1,0 1,0 -3,3	2,7 2,7 3,0 0,3 8,7	-1,0 2,0 2,0 -0,7 2,3	3,3 1,0 3,7 2,3 10,3	-1,3 -0,3 -0,3 2,3 0,3	3,0 1,3 -1,3 -3,3 -0,3	-6,0 -4,0 -6,0 -2,0 -18,0
sommes	38 17 33 26 114	1 0,7 5,7 -2,1 -1,3	12 26 4,3 -10 33	27 10 26 8,7 71	3 -15 -15 -17 -43	-23 -9,3 -20 -12 -65	-58 -30 -33 26 -96

Les nombres sont arrondis à la première décimale; les sommes sont arrondies à l'entier lorsqu'elles sont grandes.

1. Au total, c'est-à-dire en termes technico-économiques agrégés, le classement est identique avec les deux méthodes, à l'exception du déclassement du Cameroun par ELECTRE qui le place en 5^e rang alors que PROMETHEE le place au 3^e rang avant le Bénin et le Kenya.
2. À l'intérieur de la fonction d'évaluation agrégée, les classements de PROMETHEE et d'ELECTRE sont très proches, le déclassement maximum constaté est de deux rangs pour une famille.
3. En termes d'efficacité technico-économique, les résultats sont identiques avec les deux méthodes, à la nuance près que le Congo n'est plus efficace que par la seule famille "Voyageur", devenant second au lieu de 1^{er} en Économie. Les quatre pays efficaces sont donc bien la Zambie, le Congo, le Kenya et le Mozambique.

Analyse transversale des résultats financiers

De même, la comparaison des rangs fournis par les deux méthodes pour l'analyse financière montre que:

1. Au total, c'est-à-dire en termes financiers agrégés, le classement est identique avec les deux méthodes.
2. À l'intérieur de la fonction d'évaluation agrégée, les classements de PROMETHEE et d'ELECTRE sont très proches, le déclassement maximum constaté est de trois rangs sur une famille pour le Mali.
3. En termes d'efficacité financière, les résultats sont identiques avec les deux méthodes, à la nuance près que, selon PROMETHEE, le Congo est efficace sur 3 familles au lieu de 2, seulement au niveau du "Coût" où il occupe maintenant le 2^e rang au lieu du 3^e avec ELECTRE. On peut donc dire que la position du Congo s'améliore davantage selon PROMETHEE. Les trois pays efficaces sont encore le Congo, le Mali et le Mozambique.

Analyse transversale des résultats sur l'ensemble des familles de critères

Une partie des conclusions a déjà été présentée. Remarquons cependant que le Kenya et le Sénégal descendent en dessous de la cote zéro d'un point de vue financier selon PROMETHEE. On a aussi observé que le Congo et le Mozambique sont efficaces pour toutes les familles de critères.

Nous avons aussi effectué une analyse dynamique des positions relatives des entreprises selon les deux fonctions, sur la base des flux agrégés de PROMETHEE II.

Analyse dynamique des positions relatives des entreprises selon les deux fonctions

À partir d'une agrégation par sous-période des résultats annuels de la méthode PROMETHEE, nous avons représenté les positions des 6 pays qui ont des résultats sur les deux axes et distingué trois sous-périodes d'analyse des flux nets pour ces six pays.

Il faut noter que les comparaisons ont été faites respectivement pour les 7 pays cotés en "Finance" et pour les 9 pays cotés en "Technico-économique"⁹. Les sous-périodes considérées 1980-1983, 1984-1987, 1988-1990 ne recouvrent donc pas la sous-période 1975-1979, qui a cependant été reprise implicitement sur l'axe technico-économique, puisqu'en finance il n'y a que 11 années d'observations.

Cette représentation nous a permis de tirer les enseignements suivants:

Les Chemins de Fer Congo-Océan (CONGO):

Cette entreprise garde une position de leader de 1975 à 1987, mais sa situation financière se dégrade au fil du temps et fortement en 88-90. Sa position technique et économique s'améliore en 80-83 pour se dégrader ensuite légèrement. Sa faiblesse en finance en 88-90 (flux = -4) est la seule cause d'une absence de domination continue sur toutes les autres entreprises et plus spécialement sur celle du Cameroun, également très bien positionnée.

La Régie Nationale du Chemin de Fer Camerounais (CAMEROUN):

Cette entreprise, également efficace comme celle du Congo, est plus stable financièrement que cette dernière. Elle effectue un parcours en boucle: sa situation technico-économique s'améliore en 84-87 aux dépens de sa situation financière, puis la situation sur les deux axes rejoint en 88-90 à peu près celle de 80-83, ce qui suppose une dégradation technico-économique en 88-90 et un rétablissement financier par rapport à 84-87.

Kenyan Railways (KENYA):

Sur toute la période 80-90, la position financière s'améliore, et plus fortement en fin de période (88-90). Sa situation technico-économique, assez bonne en 75-79, se détériore sensiblement en 84-87, puis s'améliore un peu en 88-90.

9 Nous avons ajouté les flux annuels des tableaux 6 et 7 pour faire cette représentation, mais en les pondérant par une fraction qui tient compte du nombre d'années de chaque sous-période ou période analysée.

La Régie du Chemin de Fer Malien (MALI):

L'entreprise s'est améliorée constamment sur le plan technico-économique depuis 1975 jusqu'en 1990, mais en particulier sur la période 84-87, ce qui semble se faire dans cette sous-période aux dépens de sa situation financière qui s'y dégrade, pour heureusement se redresser en 88-90.

La Société Nationale du Chemin de Fer Sénégalais (SÉNÉGAL):

La situation technico-économique se détériore fortement en 80-83 pour s'améliorer sensiblement en fin de période (88 à 90), de même qu'elle ne sort de sa mauvaise position financière qu'en fin de période (88-90).

La Société Nationale du Chemin de Fer Zaïrois (ZAÏRE):

Du point de vue financier, l'entreprise, partant en position de queue, y revient en fin de période après une amélioration temporaire en 84-87, qui la conduit en 3^e position après celles du Congo et du Cameroun. Sur l'axe technico-économique, la situation, déjà mauvaise en 1975-1979, se détériore de plus en plus, spécialement en fin de période (88-90).

JUDGES

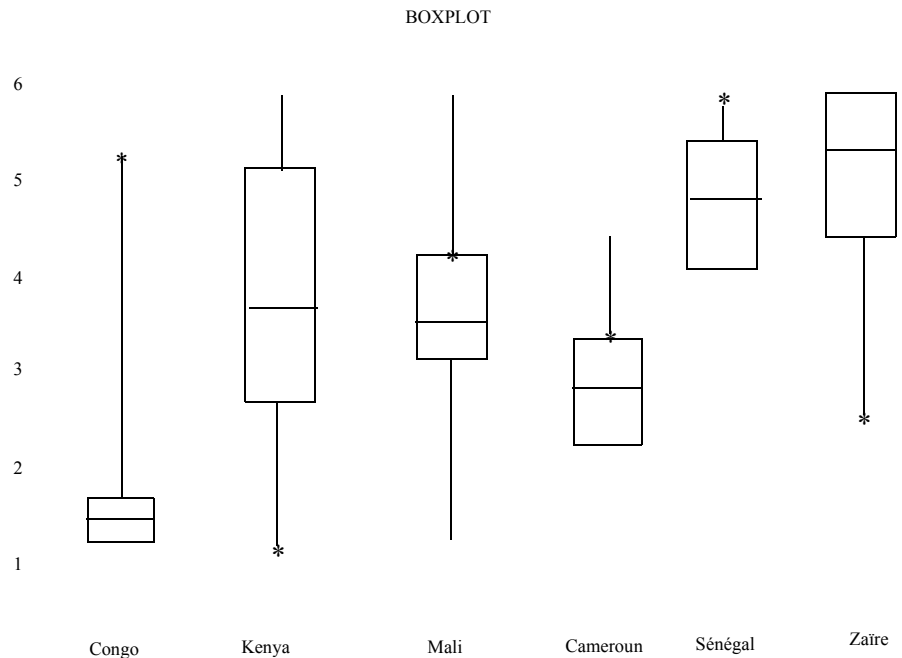
À travers l'exploitation partielle de ce logiciel, limitée à l'analyse de ses deux premiers *visuel*, à savoir l'arbre des corrélations des juges et le "box-plot" des six entreprises positionnées sur les deux axes, nous avons vérifié la plus ou moins grande dispersion des jugements exprimés par les 8 familles des critères (les 8 juges), rassemblant ainsi en synthèse les deux fonctions technico-économique et financière et toutes les années d'observation.

Interprétation du graphique JUDGES

Dans le premier *visuel* (Figure 3), on présente l'arbre des corrélations de rangs entre les 8 familles ou juges des six entreprises, obtenu à partir d'un groupement hiérarchique des corrélations (*single linkage hierarchical clustering*). On observe d'abord une corrélation parfaite positive entre les familles "Voyageur" et "Productivité en valeur" d'une part, et entre Performance "Globale" et le petit "Équilibre" d'autre part. Ces deux paires de familles sont d'ailleurs liées entre elles par une corrélation minimum positive importante de 0,73. Ce groupe de quatre familles est en corrélation minimum positive de 0,47 avec les deux familles "Coût" et "Origine financière des ressources", qui sont elles-mêmes corrélées entre elles par un coefficient de 0,47. L'ensemble de ces six familles sont donc plus ou moins en accord entre elles. Par contre, les familles "Marchandise" et "Économie" ont tendance à produire des classements très différents de ceux fournis par les autres

des pays via les médianes fournirait: Congo 1^{er}, Cameroun 2^e, Kenya et Mali ex-aequo, Sénégal 5^e et Zaïre 6^e. Si on compare les entreprises du Mali et du Kenya, celle du Mali devrait être mieux placée du fait qu'elle provoque un meilleur accord des juges sur sa position, ce qu'on observe par la plus petite taille de sa boîte¹⁰.

FIGURE 4
Distributions des rangs attribuées par les 8 familles à 6 entreprises publiques



IV. CONCLUSION

L'analyse multicritère des performances des entreprises publiques s'impose par la multiplicité naturelle des objectifs souvent contradictoires poursuivis par ces entreprises qui doivent être efficaces comme toute entreprise, mais aussi servir le public et l'économie des pays qu'elles desservent. Parmi les nombreuses méthodes multicritères existantes, nous avons privilégié trois d'entre elles: ELECTRE I -

¹⁰ Attention: le rangement des 6 pays à partir des 8 familles ne peut évidemment coïncider parfaitement avec d'autres rangements précédents fournis sur 9 ou 7 pays jugés à partir des deux fonctions.

dont nous avons créé une nouvelle version, ELECTRE I-F (F pour “fréquentielle”), PROMETHEE et JUDGES, qui étaient d’ailleurs intégrées dans un même logiciel ARGOS. Or, ce logiciel est organisé pour traiter en deux étapes le problème multicritère et multijuge, sa partie Judges chapeautant les méthodes multicritères par une approche multijuge. Dans la problématique de rangement des chemins de fer africains, une hiérarchisation des critères en familles, puis en deux fonctions d’évaluation a été construite pour mettre en évidence les grands objectifs de ce type de service public, qu’il est illusoire de vouloir “optimiser” au sens classique monocritère du terme. Dans notre étude, les analyses des positions relatives des chemins de fer et de leur évolution se révèlent, à des nuances près, fort concordantes lorsque nous comparons les résultats des méthodes ELECTRE I-F et PROMETHEE II, bien qu’elles s’enrichissent mutuellement. L’approche multijuge consiste à considérer que les familles de critères, résultats de l’agrégation du niveau le plus bas, se positionnent en points de vue privilégiés de l’analyse au point de pouvoir se voir attribuer le nom de juges des performances des entreprises publiques. À cet égard, l’analyse multijuge finale, proposée par “JUDGES”, met bien en évidence les corrélations (les accords et désaccords) entre les juges ou familles de critères. Le diagramme des box-plots synthétise encore mieux les opinions convergentes ou divergentes de ces juges ou familles de critères. Une telle analyse de convergence/divergence des points de vue d’analyse peut se révéler utile pour les décideurs publics.

BIBLIOGRAPHIE

- Annuaire des Chemins de Fer Africains (Yearbook of African Railways), 1988, *Africarail*, Christian Scasso, Paris.
- Brans, J.-P., Vincke, Ph. et B. Mareschal, 1986, "How to Select and to Rank Projects: The Promethee Method", *E.J.O.R.* 24, 2, 228-238.
- Colson, G., 2000, "The OR's Prize Winner and the Software ARGOS: How a Multijudge and Multicriteria Ranking GDSS Helps a Jury to Attribute a Scientific Award", *Computers & Operations Research* 27 (7-8), 741-755.
- Colson, G. et C. De Bruyn, 1989, "Editorial on Models and Methods in Multiple Objective Decision Making", Pergamon Press, Oxford, 1989. Reproduit in: *Mathematical and Computer Modelling* 12, 10/11, 1201-1220.
- Colson, G. et B. Mareschal, 1994, "JUDGES: A Descriptive Group Decision Support System for the Ranking of Items", *Decision Support Systems* 12, 391-404.
- Maystre, L.Y., Pictet, J. et J. Simos, 1994, *Méthodes multicritères ELECTRE*, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne.
- Mbangala, M., 1997, "Objectifs multiples et mesures de performance des entreprises publiques dans les pays en développement. Cas des chemins de fer en Afrique subsaharienne", Thèse de doctorat, Université de Liège, Liège.
- Roy, B., 1985, *Méthodologie multicritère d'aide à la décision*, Economica, Paris.
- Schärlig, A., 1996, *Pratique ELECTRE et PROMETHEE*, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne.
- Vincke, Ph., 1989, *L'aide multicritère à la décision*, Éditions Ellipses, Bruxelles.

LONG SUMMARY

Multicriteria Analysis of Public Railways Performances

Gérald Colson
and
Mapappa Mbangala (Université de Liège)

Sections 1 & 2. Assessment of a public utility's performance is naturally multi-criteria due to its dual mission of efficiency and effectiveness as a public service and instrument of economic development, both of them requiring a consistent set of several indicators. Nine railway companies, one per country, are pairwise ranked according to two evaluation functions, using the following multicriteria methods: ELECTRE I-F¹¹, PROMETHEE II and JUDGES. The two evaluation functions of effectiveness and financial ratios - efficiency ratios included - are the top level of a hierarchy of criteria. At the bottom, 25 criteria valued on a ratio scale capture single classical measures of technical effectiveness (freight and passenger traffic market shares, traffic densities, etc.), efficiencies and other financial performances (operating rate, self financing ratios, etc.). At the intermediate level, the criteria are gathered into 8 families, also called "judges", since these families play the role of decision makers in the ranking process. Primary and incomplete data about the companies were collected not without difficulty. Annual data for nine railways over the 1975-1990 period were available for estimating their technico-economical performance (= First axis of evaluation). Seven railways, six of which are common to the first group, provided annual data extending over the 1980-1990 period which were used to evaluate their financial ratios (= Second axis of evaluation). Quasi-criteria were selected, the thresholds of which were computed taking into account the proximity of some evaluations preventing the corresponding railways to be discriminated on the considered criterion (see Table 1 for a list of criteria and their thresholds).

Section 3. The methodology of this study (see Figure 1 for a summary) consists in drawing longitudinal sections and cross summaries through the data to

11 We have used the direct and reciprocal kernels of ELECTRE I to classify, each year, 4 characteristics of the railways, and the frequencies of these characteristics have been used to rank the railways, transforming thereby this selection method into a selection and ranking method. We have avoided the ranking procedure supplied by ELECTRE II, since it was deemed unsuitable for annual qualification purposes. We call our new procedure ELECTRE I-F, F meaning Frequency of belonging or not to the kernels of ELECTRE I.

appraise the dynamics of the companies' relative positions and their average behaviour across the periods.

First ELECTRE I is used to make pairwise comparisons of the national companies for each criterion and year. Then the kernel (N) of "good and incomparable" companies results from the aggregation procedure applied successively to each family, using a concordance threshold of $C = 0.75$. No discordance test is considered useful in our analysis. The reciprocal kernel (N') is obtained, thus providing the set of "bad and incomparable" companies for each family. Combining the kernels, we get four classes of companies: the incomparable (C) are in the kernels' intersection, the "good" (B) are in $N \setminus C$ and the "bad" in $N' \setminus C$ while the "mean" ones (M) are in E (see Figure 2). A novelty in the ELECTRE I methodology is to codify the four qualifications as follows: $M = -2$, $C = 0$, $E = 1$ and $B = 2$, in order to evaluate the frequencies of classes M, C, E, B (see p. 54), and a compensated score for each firm for the whole period (see Tables 2 and 3). Consideration of these yearly qualifications produces the longitudinal analyses presented in Tables 4 and 5, which cope with the dynamics of the companies' classes throughout the periods, along the two axes of evaluation. The synthetic cross analyses provided by the totals given in Tables 2 and 3 provide a bidimensional graph which is the best picture of the relative position of each national company according to the two global evaluation functions. Essentially our measures allow us to qualify our multicriteria rankings for each national company. In the end, by applying common rules of efficiency to the set of national railways on each of four evaluation functions, we conclude that the railways of Congo, Cameroun, Mali and Zimbabwe are financially efficient whilst those of Zambia, Congo, Kenya and Mozambique are technico-economically efficient.

PROMETHEE II: we follow the same methodology as in ELECTRE I. Tables 6 and 7 are equivalent to Tables 2 and 3. They provide the sums of annual net flows of preference per country and per family of criteria. Then, proceeding to a cross analysis of the technico-economical and of the financial ratios flows, we find that the set of efficient countries are the same for ELECTRE and PROMETHEE, while the differences in ranks inside each evaluation function are rare and weak. In fact, small changes are observed. For example, in financial terms, Kenya and Senegal are positioned lower than zero if we use PROMETHEE instead of ELECTRE.

The dynamics of the results supplied by PROMETHEE II are studied using data from the following sub-periods: 1980-83, 1984-87, 1988-90. We observe that the relative financial performance of the Congolese railway falls during the 88-90 period while Kenya's improves.

The JUDGES software is explored partially: only the first two visual aids are used (Figures 3 and 4). Figure 3 shows the single linkage clustering hierarchy providing the tree of rank correlations between the eight families or judges of our analysis. Mainly, we observe a perfect correlation between “Passenger” and “Productivity” and another perfect correlation between “Global performance” and “General financial performance”. The disagreement between the pair of families: “Freight and Economy” and the rest of families of criteria is notable too. The JUDGES’ second visual aid (Figure 4) is the box-plotting of the six common national railways judged by the 8 families. The greater the vertical length of the box, the greater the disagreement between the rankings of the 8 families. For instance, the Kenyan railway causes the biggest disagreement. Among the judges (families), the Congo’s railway encounters the least disagreement.