UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

UNE APPLICATION DE L'INDICE DE MALMQUIST AUX UNIVERSITÉS QUÉBECOISES

MÉMOIRE

PRÉSENTÉ

PAR

YASSINE CHOUCHANE

EN VUE DE L'OBTENTION D'UNE MAITRISE EN ÉCONOMIQUE

AVRIL 2008

Your file Votre référence
ISBN: 978-0-494-42944-0
Our file Notre référence
ISBN: 978-0-494-42944-0

Remerciements

Je tiens d'abord à remercier de tout mon coeur mon père, ma mère et mes frères qui m'ont encouragé à poursuivre mes études et m'ont toujours soutenu dans les pires moments.

Je voudrais exprimer ma plus profonde reconnaissance à ma directrice de recherche, Valérie Vierstraete, pour son dévouement, ses précieux conseils et surtout pour sa patience qui m'ont aidé à organiser et à éclaircir ce travail.

Je remercie sincèrement mes amis Seifeddine, Nasereddine, Samir et tous les frères des associations AMUS et ACIE qui ont rendu mon séjour au Canada plus agréable.

Table des matières

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des acronymes

DEA : Data envelopement annalysis
ETP : Étudiant à temps plein
CREPUQ : Conférence des recteurs et des principaux des universités du Québec
CCR : Charnes, Cooper et Rhodes
BCC : Banker, Charnes et Cooper
DMU : Decision-Making Units
MELS : Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport
SSCI : Social Sciences Citation Index
ETP : Étudiants en équivalent temps plein
TP : Équivalent temps plein
UQ : l'Université du Québec
OST : l'Observatoire des Sciences et des Technologies
Bishop's : Université Bishop's
Concordia : Université Concordia
E.T.S : École de technologie supérieure
ÉNAP : l'École national d'administration publique
IAF : l'Institut Armand Frappier
INRS : l'Institut national de la recherche scientifique
Laval : Université Laval
McGill : Université McGill
Montréal : Université de Montréal
HEC : École des hautes études commerciales de Montréal
Polytechnique : École Polytechnique de Montréal
Sherbrooke : Université de Sherbrooke
U.Q.A.C : Université du Québec à Chicoutimi
U.Q.O : Université du Québec en Outaouais
U.Q.A.M : Université du Québec à Montréal
U.Q.A.R : Université du Québec à Rimouski
U.Q.A.T : Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue
U.Q.T.R : Université du Québec à Trois-Rivières

Résumé

Notre recherche est une étude évolutive de la performance des universités québécoises entre 1995/96 et 2000/01. A cet effet, nous avons utilisé la méthode du *Data Envelopment Analysis* avec l'indice de Malmquist (1953) pour mesurer la productivité de quatorze universités québécoises.

Pour une meilleure interprétation des résultats, les universités ont été séparées en trois groupes, selon qu'elles possèdent ou non une faculté de médecine et en fonction du nombre total d'étudiants dans ces universités.

Nos résultats nous montrent que ces trois catégories d'universités ont un comportement similaire du point de vue de la sensibilité de la productivité au changement dans la technologie de production, mais qu'elles se comportent différemment selon l'effet des inputs quasi-fixes dans la productivité.

Chapitre I

INTRODUCTION

Notre recherche porte sur la productivité relative des universités au Québec. En effet, l'importance que peut revêtir ce sujet vient du fait qu'il y a plusieurs façons d'allouer les ressources disponibles en vue de produire un bien ou un service et il est toujours important de veiller à ce que l'allocation de ces ressources soit optimale.

Bien que le but premier d'une université soit de fournir à ses étudiants une formation complète et adéquate aux attentes du marché du travail, une demande de réinvestissement de la part des universités peut justifier que le Ministère de l'Éducation du Loisir et du Sport (MELS) leur recommande d'avoir une allocation efficiente de leurs ressources. Ceci peut donc justifier la nécessité de mesurer la performance des universités. Cette mesure peut se faire soit en comparant la performance de chaque université à un niveau prédéfini, soit en faisant une comparaison relativement aux autres universités. C'est de cette dernière dont nous avons procédé dans notre travail.

Ainsi, dans le cadre de ce mémoire, nous allons aborder le problème de la productivité relative des universités québécoises de 1995/96 à 2000/01. Nous utiliserons l'indice développé par Malmquist en 1953, pour évaluer la productivité de ces universités.

En réalité, notre étude ne vise pas à effectuer une analyse complète et détaillée de la situation des universités, mais plutôt à avoir une idée globale de cette dernière. La méthode, peu coûteuse et facile à utiliser, que nous avons choisi pour l'évaluation de la productivité des universités québécoises consiste à déceler celles qui ont une allocation inefficiente de leurs ressources relativement aux autres universités. Une fois, l'inefficience détectée, une étude de cas plus approfondie, pourrait être faite pour identifier les causes de cette inefficience et proposer un plan pour y remédier. Cette étude de cas pourrait être l'objet d'un autre mémoire et nous ne l'aborderons pas ici.

De ce fait, la période allant de 1995/96 à 2000/01 a été choisie, car elle correspond à une période particulière dans l'histoire du financement des universités. Elle correspond à la fin de la période des coupures budgétaires et le début d'une hausse des subventions gouvernementales. En effet, comme pour le reste du système éducatif, les universités québécoises ont été sujettes à une restriction budgétaire entre 1992/93 et 1997/98.

Cependant, inclure dans notre étude toute la période des coupures budgétaires nous a été impossible, à cause d'un manque de données.

1-1) Évolution du revenu des universités

Le revenu des universités est constitué majoritairement par les subventions du gouvernement provincial, comme on peut le voir à la figure (1-1). Cependant, cette part du gouvernement provincial dans les revenus des universités est en baisse continue sur toute la période.

En effet, elle est passée de presque 70 % en 1990/91 à un peu plus de 50 % en 2003/04. D'autre part, les contributions directes du gouvernement fédéral dans les revenus de fonctionnement des universités sont en augmentation; elles sont passées de 9 % en 1990/91 à plus de 13 % en 2003/04.

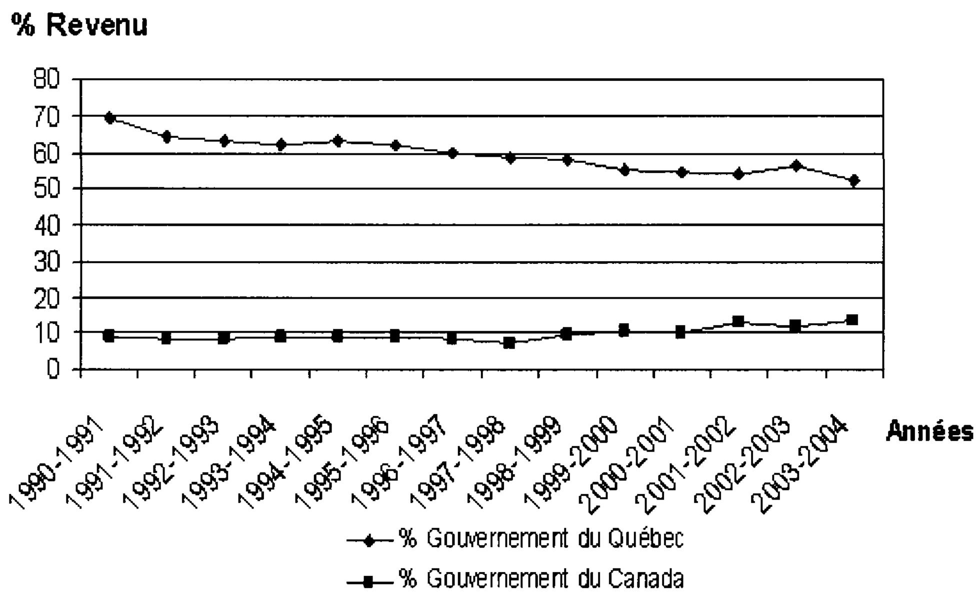


Figure 1-1 Part des gouvernements dans le revenus de fonctionnement des universités au Québec de 1990/91 à 2003/04[1]

Cependant, bien que la contribution du gouvernement fédéral dans les revenus des universités soit en augmentation, cela n'a pas empêché la baisse impressionnante des revenus de fonctionnement des universités au début des années 90 et plus précisément de 1992/93 à 1997/98. Ils sont ainsi passés de 3,7 milliards de dollars en 1992/93 à 2,865 milliards en 1997/98 ($ constants de 2005). Cette baisse provient principalement de la coupure des subventions provinciales. En 1998/99, la hausse des subventions permet d'atteindre un revenu total de 3,731 milliards ($ constants de 2005) en 2002/03 (voir figure 1-2).

[1] Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport; STATISTIQUES DE L'ÉDUCATION - ÉDITION 2005; Enseignement primaire, secondaire, collégial et universitaire; Québec.

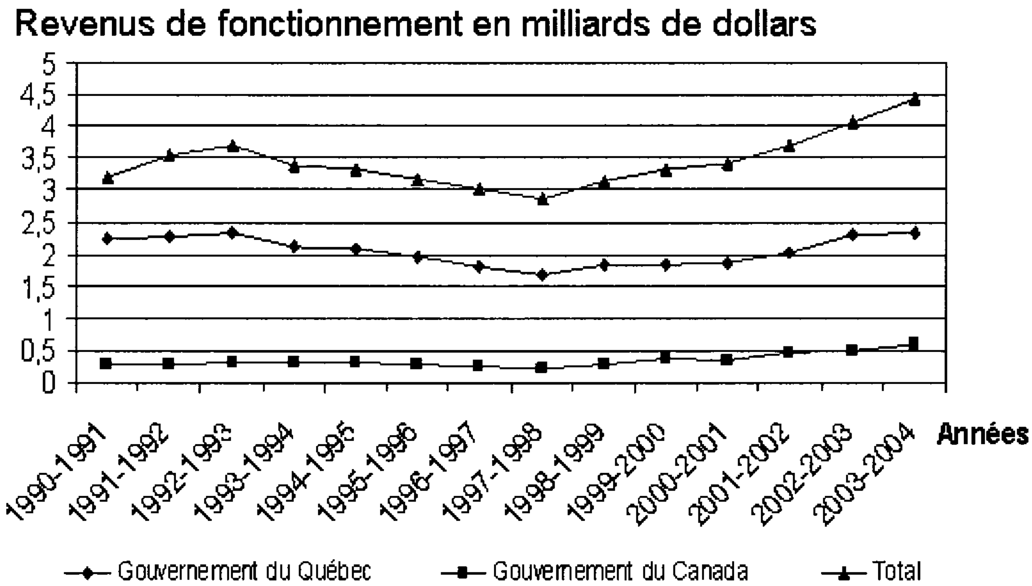


Figure 1-2 Revenus de fonctionnement des universités au Québec de 1990/91 à 2003/04[2]

Malgré ce retour des subventions, une étude faite conjointement entre la CREPUQ[3] et le Ministère de l'Éducation (2002) a montré que les universités québécoises seraient sous-financées si nous comparons leurs ressources par étudiant à la moyenne des universités canadiennes. Ce sous-financement est estimé par la CREPUQ encore à 375 millions pour 2002/03.

Dans un contexte déclaré de sous-financement, mesurer l'efficacité des universités québécoises devient important, afin de vérifier une solution au manque d'argent des universités qui pourraient se trouver dans une gestion plus efficace.

[2] Les frais scolaires, autres revenus et ventes sont d'autres sources de revenu de fonctionnement moins importantes que nous avons choisi de ne pas présenter dans la figure pour plus de lisibilité.
[3] CREPUQ : Conférence des recteurs et des principaux des universités du Québec.

1-2) La méthode DEA (Data Envelopment Analysis)

Pour mesurer l'efficacité des universités, il y a plusieurs méthodes. Les plus utilisées sont celles qui consistent à mesurer la distance entre une observation et une « cible ». Cependant, il faut savoir comment choisir « la cible ». Pour y parvenir, nous avons choisi d'utiliser la méthode *DEA*.

Nous avons choisi le *DEA*, car, tout comme la méthode économétrique stochastique, par exemple, c'est une méthode qui permet de calculer la performance d'une université relativement à ses concurrentes. D'autre part, c'est une méthode non paramétrique, nécessitant très peu d'hypothèses et pour laquelle on laisse "parler les données", sans imposer de forme fonctionnelle pré-définie. Ainsi, "la cible" calculée en définissant les universités les plus performantes sans imposer de forme fonctionnelle prédéfinie. L'efficacité des autres universités sera évaluée ensuite par la distance entre ces dernières et leur projection sur la courbe formée par les universités les plus performantes, et non pas par rapport à une "moyenne" comme on le ferait avec une méthode économétrique.

Cette méthode d'estimation non paramétrique engendre deux principaux avantages. Le premier est que dans un échantillon hétérogène, l'imposition d'une fonction de production qui convient à la majorité des unités de production n'est pas toujours convenable à des sous-ensembles de ces mêmes unités. Le problème est contourné ici. Le deuxième avantage est que le *DEA* peut considérer une multitude d'inputs et une multitude d'outputs.

Dans le prochain chapitre, nous présenterons plus en détail la méthode *DEA* avec deux modèles fondateurs, à savoir les modèles *CCR*[4] et *BCC*[5] ainsi que l'indice de Malmquist, avec les décompositions que nous utiliserons pour l'interprétation des résultats. Le troisième chapitre portera sur les données utilisées et finalement l'analyse et l'interprétation des résultats seront exposées dans un quatrième chapitre juste avant une conclusion générale.

---

[4] *CCR : Charnes, Cooper et Rhodes*
[5] *BCC : Banker, Charnes et Cooper*

Chapitre II

MÉTHODE DU *DATA ENVELOPMENT ANALYSIS* ET INDICE DE MALMQUIST

Afin de mesurer la performance des universités, nous pouvons procéder par différentes méthodes, telles que les approches paramétriques ou celles non paramétriques. Dans cet exposé, nous présentons une méthode non paramétrique, la méthode *DEA*[6] en insistant sur la décomposition de l'indice de Malmquist. C'est cet indice que nous allons utiliser pour nos estimations.

[6] *DEA : Data Envelopment Analysis*

2-1) La méthode du *Data Envelopment Analysis*

La méthode *DEA* trouve son origine dans les recherches entreprises par Charnes, Cooper et Rhodes (CCR) en 1978. La thèse de doctorat d'Edwardo Rhodes à *Carnegie Mellon University* sous la direction de Cooper consistait en une évaluation d'un programme d'éducation des élèves désavantagés, entrepris dans des écoles publiques aux États-unis par le gouvernement fédéral. Cette étude supposait, pour pouvoir estimer l'efficacité technique relative, une multitude d'inputs et une multitude d'outputs. Elle a ainsi permis la formulation du ratio *CCR*, qui utilise une méthode d'optimisation de la programmation mathématique. Ce ratio permet de généraliser l'indice de Farrell (1957), qui est un indice de mesure de la productivité à un input et un output, au cas multi-inputs multi-outputs.

Le *DEA* est une approche permettant d'extraire les informations d'une population observée. Contrairement aux approches paramétriques dont l'objet est d'optimiser une fonction simple de régression par les données, le *DEA* est une méthode non paramétrique qui, en utilisant des techniques de programmation linéaire, détermine une frontière de production de l'échantillon observé. Elle optimise chaque observation individuellement avec un objectif de calculer par morceaux cette frontière discrète, qui est déterminée par l'ensemble des unités de décision, dites *DMU*[7], efficaces.

---

[7] DMU : Decision-Making Units

Dans le modèle paramétrique, on suppose que l'équation optimisée s'applique à toutes les *DMU*. En revanche, le *DEA* optimise la mesure de performance de chaque *DMU*, ce qui nous donne plus d'information sur chacune des observations.

De plus, les approches paramétriques exigent l'imposition de règles strictes comme une forme fonctionnelle spécifique, alors que la méthode *DEA* ne spécifie pas, de manière explicite, une forme fonctionnelle pour la frontière de production ni une distribution pour les termes d'erreur. Elle calcule l'optimum possible pour chaque observation relativement au reste de la population observée. L'unique condition est que les *DMU* efficaces se trouvent sur la frontière et celles qui ne le sont pas sont calculées en termes d'une combinaison linéaire convexe des *DMU* qui sont sur la facette de la frontière la plus proche d'elles. Toutefois, le *DEA* suppose la libre disposition de l'ensemble des facteurs de production et des produits.

Bien que la surface d'enveloppement soit la même pour le modèle quelle que soit son orientation (input ou output), la projection d'une *DMU* inefficace sur cette surface diffère selon l'orientation. Ceci s'explique simplement par le but du modèle. En effet un modèle à orientation input a pour objectif de minimiser les facteurs de production pour un niveau déterminé d'outputs; on obtient alors une projection horizontale comme à la figure (2-1) où un modèle simple -un output, un input- est représenté. Le modèle à orientation output a, quant à lui, un objectif de maximisation des outputs, pour un niveau déterminé d'inputs; la projection sur la frontière de production est alors verticale, comme le montre la figure (2-2).

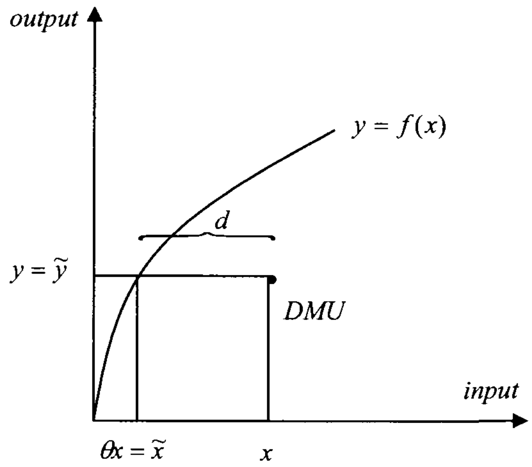


Figure 2-1: modèle *DEA* à Orientation input

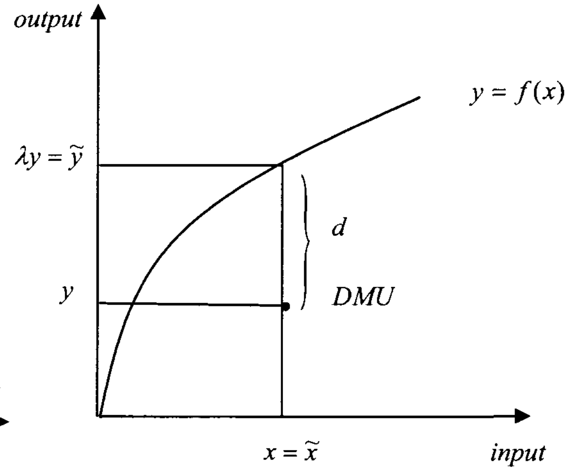


Figure 2-2 : modèle *DEA* à Orientation output

Une *DMU* est dite efficace pour une orientation input si et seulement si elle l'est aussi pour l'orientation output pour un même niveau d'output.

Pour mesurer l'efficacité des *DMU*, nous devons calculer les mesures "d" (θ ou λ) qui séparent chacune des *DMU* de la frontière de production et pour cela il faut spécifier le modèle et l'orientation du modèle avec lequel nous allons travailler.

Dans ce qui va suivre, nous présenterons deux des modèles *DEA*, les modèles *CCR* (Charnes, Cooper et Rhodes) et *BCC* (Banker, Charnes et Cooper).

2-1-1) Le modèle CCR

Le modèle *CCR* a été introduit par A. Charnes, W.W. Cooper et E. Rhodes (1978) et permet de résoudre le problème de multi produits - multi facteurs de chaque *DMU* par une situation fictive de mono produit - mono facteur qui peut être traité par la programmation linéaire. Ce modèle suppose aussi des rendements d'échelle constants, ce qui implique que la relation entre l'échelle de production et sa performance n'est pas significative.

Parmi les orientations de modèle *CCR*, nous avons choisi de traiter celle à orientation input, car nous considérons ici les universités, qui n'ont qu'un contrôle partiel sur leurs outputs. En effet, même si les universités ont un certain contrôle de leur output recherche, l'output enseignement (les diplômés) a toujours une certaine dépendance au travail fourni par les étudiants et la démographie. Les universités ne contrôlent donc pas entièrement.

Pour définir le modèle, nous supposons ainsi N DMU $(n = 1,......,N)$; chacune d'elles utilise R inputs $(x_r^n;\ r = 1,......,R)$ pour produire M outputs $(y_m^n;\ m = 1,......,M)$. On définit le vecteur (x^0, y^0) comme le vecteur des (inputs, outputs) de la DMU^0 et les λ^n sont les coefficients de pondération des outputs et des inputs des DMU permettant de construire la frontière de production.

<u>*CCR* orientation input :</u>

$$\underset{\theta,\lambda}{Min}\,\theta$$

$$s/c \begin{cases} \sum_{n=1}^{N} \lambda^n y_m^n \geq y_m^0\ , \quad \forall\ m = 1,......,M & (1) \\ \sum_{n=1}^{N} \lambda^n x_r^n \leq \theta\ x_r^0\ , \quad \forall\ r = 1,......,R & (2) \\ \lambda^n \geq 0 & \end{cases}$$

Les contraintes (1) et (2) permettent de construire la frontière de production théorique qui regroupe les *DMU* efficaces. De plus, les inputs de la DMU_0 sont multipliés dans la contrainte (2) par le coefficient θ qui permet d'atteindre la frontière de production approximée et qui est aussi l'objectif à minimiser.

Une *DMU* inefficace (x, y) se projette sur un point $(\widetilde{x}, \widetilde{y})$ efficace sur la *droite* d'enveloppement (voir figure 2-3). Ce point particulier$(\widetilde{x}, \widetilde{y})$, comme nous l'avons vu sur les figures 2-1 et 2-2, ne dépend pas uniquement du modèle *DEA* employé, mais aussi de l'orientation de ce dernier (orientation input ou output).

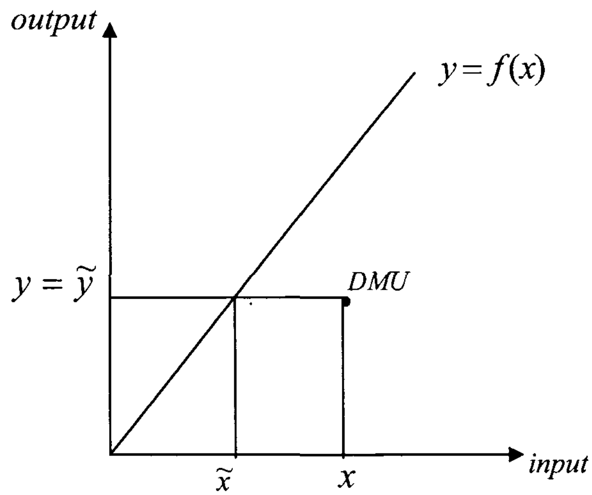


Figure 2-3 : Orientation input avec des rendements d'échelle constants

2-1-2) Le modèle BCC

Le modèle BCC est une extension proposée par R. D. Banker, A. Charnes et W.W. Cooper (1984) du modèle *CCR*. Ce modèle peut considérer des situations avec des rendements d'échelles variables, en ajoutant au modèle *CCR* une contrainte de convexité. Nous présentons ici aussi la méthode orientée dans le sens des inputs.

<u>*BCC* orientation input :</u>

Dans cette orientation, l'objectif est le même que dans le modèle *CCR* à savoir, produire un output donné avec le niveau minimum de ressources (inputs) possible.

$$\underset{\theta,\lambda}{Min}\,\theta$$

$$s/c\begin{cases} \sum_{n=1}^{N} \lambda^n y_m^n \geq y_m^0\,, \quad \forall\, m = 1,......,M & (1) \\ \sum_{n=1}^{N} \lambda^n x_r^n \leq \theta\, x_r^0\,, \quad \forall\, r = 1,......,R & (2) \\ \sum_{n=1}^{N} \lambda_n = 1\,; \quad \lambda_n \geq 0 & (3) \end{cases}$$

En plus des deux contraintes (1) et (2) qui ont les mêmes fonctionnalités que précédemment, la troisième est une contrainte de convexité, qui permet des rendements d'échelles variables (voir figure 2-4).

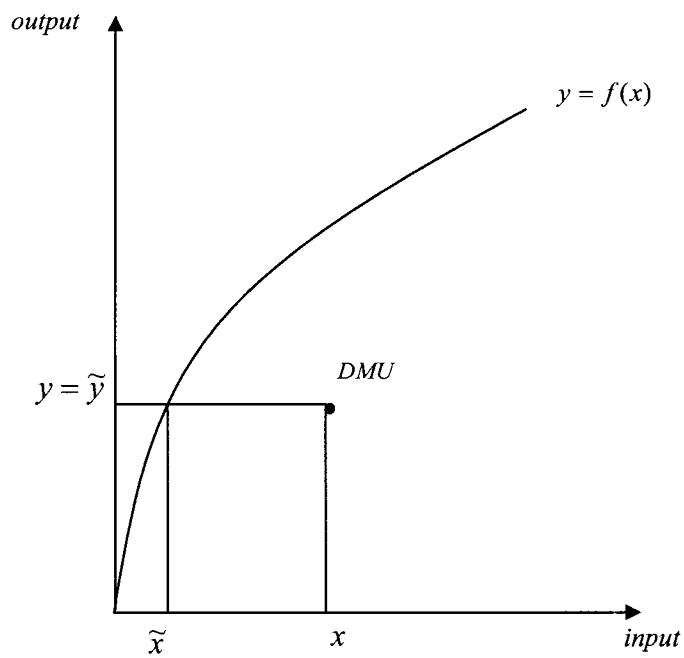


Figure 2-4 : Orientation input avec des rendements d'échelle variables

La courbe de production devient donc convexe ce qui aura pour conséquence d'augmenter le nombre de points efficaces.

2-1-3) Les inputs quasi-fixes

Est considéré comme input quasi-fixe tout intrant à la production qui n'est pas « variable », en ce sens qu'il ne peut pas s'ajuster à court et moyen terme en cas de changement de conditions d'optimalité, et qui n'est pas « fixe », c'est-à-dire qu'à long terme, il peut être modifié. Nous pouvons citer à titre d'exemple le nombre de bâtiments dans une université. En effet, cet input peut varier à long terme mais à court terme, il est toujours considéré comme fixe.

Il est donc clair que les modèles *DEA* présentés précédemment ne traitent pas de la totalité des contraintes que nous pouvons rencontrer dans un problème d'évaluation de la performance. En effet, les inputs quasi-fixes ne sont pas pris en considération dans ces modèles et négliger leur caractère de quasi-fixité engendre des problèmes dans l'estimation de la performance, car on supposerait qu'ils peuvent s'ajuster instantanément, comme les facteurs variables. Pour atteindre donc une mesure optimale de la productivité, il faut les intégrer dans notre modèle *BCC* en tant qu'inputs quasi-fixes. À cette fin, nous avons suivi le choix de Banker et Morey (1986) qui ont introduit dans leur modèle des variables discrétionnaires[8]. En effet, ce choix consiste en une évaluation de l'efficacité relative de certaines DMU quand certains des inputs et outputs sont exogènes.

Pour présenter le modèle incluant les inputs quasi-fixes, nous supposons N *DMU* $(n = 1,......, N)$; chacune d'elles utilise R inputs $(x_r^n;\ r = 1,......, R)$ et S inputs quasi-fixes $(k_s^n;\ s = 1,......, S)$ pour produire M outputs $(y_m^n; m = 1,......, M)$. Le vecteur (x^0, y^0) est le vecteur des (inputs, outputs) de la DMU^0 et les λ^n sont les coefficients de pondération des outputs et des inputs des *DMU*. Nous voulons résoudre le problème d'optimisation suivant :

[8] Le terme « variables discrétionnaires » est une autre appellation des inputs quasi-fixes.

$$\underset{\theta,\lambda}{Min\,\theta}$$

$$s/c\begin{cases}\sum_{n=1}^{N}\lambda^{n}y_{m}^{n}\geq y_{m}^{0}\,, & \forall\ m=1,......,M & (1)\\ \sum_{n=1}^{N}\lambda^{n}x_{r}^{n}\leq\theta\,x_{r}^{0}\,, & \forall\ r=1,......,R & (2)\\ \sum_{n=1}^{N}\lambda^{n}k_{s}^{n}\leq k_{s}^{0}\,, & \forall\ s=1,........,S & (3)\\ \sum_{n=1}^{N}\lambda_{n}=1\,;\quad\lambda_{n}\geq 0 & & (4)\end{cases}$$

Les contraintes (1) et (2) permettent de construire la frontière de production théorique qui regroupe les *DMU* efficaces. La contrainte (3) permet de considérer le fait que les inputs quasi-fixes ne s'ajustent pas à court et à moyen terme et la quatrième contrainte permet des rendements d'échelles variables.

On voit que ce problème de minimisation traite deux types d'inputs, les uns indépendamment des autres, des inputs variables qui sont ajustables et des inputs quasi-fixes qu'on ne pourra pas ajuster à court et moyen terme.

La valeur optimale du paramètre θ permet de calculer la quantité des inputs variables que la *DMU* en question devrait céder pour se situer sur la frontière.

Dans ce qui a précédé, nous avons présenté le *DEA* avec ses modèles *CCR* et *BCC* et l'importance de l'intégration des inputs quasi-fixes. Dans ce qui va suivre, nous présenterons une revue de littérature des études traitant de l'efficacité relative des universités dans différents pays.

2-2) Revue de littérature

Durant ces 20 dernières années, plusieurs études de mesure de l'efficacité des universités ont été faites dans plusieurs pays telles que De Groot *et al.* (1991) aux États-Unis, Johnes et Johnes (1993) en Angleterre, Marinho, Resende et Façanha (1997) au Brésil, ou encore Ng et Li (2000) en Chine. Dans ce qui va suivre, nous présenterons plus en détail l'étude faite par McMillan et Datta (1998) au Canada qui considère 11 des 16 universités québécoises qui feront l'objet de notre étude.

Le principal objectif de cette étude est d'évaluer l'efficacité de 45 universités canadiennes durant l'année 1992/93 en utilisant le modèle *BCC* à orientation inputs avec rendements d'échelles variables comme modèle d'évaluation. Pour bien comprendre les variations de l'efficacité des universités, les auteurs ont appliqué neuf modèles différents aux universités canadiennes avec neuf combinaisons différentes des neufs outputs et cinq inputs retenus pour l'étude.

Ils ont regroupé les universités autour de trois grandes catégories à savoir 15 universités à enseignement général avec faculté de médecine, 11 universités à enseignement général sans faculté de médecine et 19 universités ayant uniquement un enseignement de premier cycle.

Dans la première catégorie, Montréal est efficace sur tous les modèles alors que McGill est efficace sur presque tous les modèles avec un taux d'efficacité moyen de 97 %. Dans ce groupe, il y avait aussi cinq universités canadiennes qui sont inefficaces dans tous les modèles et Laval est celle qui a le meilleur score de performance parmi ces dernières avec un taux d'efficacité moyen de 94 %. Il faut aussi noter que Sherbrooke est efficace pour quatre modèles et inefficace pour les cinq autres avec un taux moyen de 91%.

Dans la deuxième catégorie, le niveau d'efficacité entre les universités est plutôt homogène avec une efficacité de 100 % dans tous les modèles pour l'UQAM. Concordia ainsi que Trois-Rivières ne sont efficaces que dans les modèles où les dépenses sont l'unique input.

Enfin, dans la dernière catégorie, l'université Bishop's s'affiche comme étant efficace sur tous les modèles. De même, les auteurs ont trouvé que Rimouski a d'excellents résultats avec une efficacité de 100 % sur huit des neuf modèles et un taux moyen de 99%. Ils ont aussi noté que l'Université du Québec en Outaouais est efficace pour trois des neuf modèles avec un taux moyen de 87 % et enfin, Chicoutimi[9] est une des seules universités inefficaces sur tous les modèles.

Cette étude a traité l'efficacité des universités à l'échelle du Canada durant l'année 1992/93 avec le modèle *BCC* à orientation inputs comme modèle d'évaluation. Dans notre étude, notre modèle est restreint au Québec, mais nous élargissons la période d'étude à 1995/96 à 2000/01. De plus, nous utilisons un indice de Malmquist comme indice d'évaluation de la productivité en intégrant explicitement les facteurs quasi-fixes. Ceci nous permettra de voir l'évolution de la productivité des universités québécoises relativement à elles mêmes.

[9] Rimouski, UQAC et UQO ne sont plus des universités de premier cycle uniquement.

2-3) Présentation et calcul de l'indice de Malmquist

2-3-1) Présentation de l'indice de Malmquist

En 1953, Shephard a introduit la fonction de distance orientée dans le sens des inputs dans le contexte d'analyse de la production. Dans le même temps, Malmquist (1953) a lui aussi introduit une fonction de distance pour l'analyse de la consommation. La fonction de distance est en fait une fonction qui mesure la distance entre une observation et l'optimum correspondant à cette observation

De la même façon, un indice de quantité d'outputs basés sur la fonction de distance orientée output a été introduit par Shephard (1970). Ceci a permis le développement de deux différentes approches pour définir l'indice de productivité basé sur les fonctions de distances. La première, l'indice de productivité de Malmquist, a été présentée par Caves *et al.* (1982) et elle tient compte soit des ratios de fonctions de distances orientées output soit des ratios de fonctions de distances orientées inputs. La deuxième, l'indice total des facteurs de productivité de Malmquist, quant à elle, a été introduit par Bjurek (1994,1996)[10] et se base sur un ratio orienté output et un autre orienté input en même temps. La première approche a cependant plus de popularité d'autant plus qu'elle peut se décomposer en plusieurs sources de variations de productivité.

En fait, l'indice de Malmquist que nous utiliserons dans notre étude est celui basé sur des fonctions de distances orientées input c'est-à-dire que nous essayerons de minimiser

---

[10] C'est Bjurek qui a appelé cet indice "*Malmquist total factor productivity index*", il y a une autre appellation pour cet indice qui est "*Hicks-Moorsteen productivity index*".

des quantités d'inputs pour des outputs donnés, la figure (2-4) illustrant le cas un input, un output. Cet indice permet d'effectuer une comparaison de productivité entre deux sociétés, ou d'une même société à deux périodes différentes. Nous l'utiliserons ici pour comparer la productivité des universités québécoises entre elles de 1995/96 à 2000/01.

L'indice de Malmquist " M " a été popularisé en tant qu'indice empirique par Färe *et al.* (1994) qui l'ont défini, en prenant la technologie de l'année t comme repère avec des rendements d'échelles constants " ^{c} " pour des inputs" x " et des outputs " y ", comme suit :

$$M_t^c(x_t, y_t, x_{t+1}, y_{t+1}) = \frac{D_t^c(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_t^c(x_t, y_t)}$$

où $D_t^c(x_t, y_t)$ est la fonction calculée comme la distance entre l'observation (x_t, y_t) et la frontière de production théorique de la période t.

De la même manière, si on considère la technologie de l'année $t+1$ comme repère, on obtient la formulation suivante :

$$M_{t+1}^c(x_t, y_t, x_{t+1}, y_{t+1}) = \frac{D_{t+1}^c(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_{t+1}^c(x_t, y_t)}$$

Étant donné que ces deux indices ne sont pas forcément égaux, il est donc plus judicieux de faire une moyenne géométrique entre les deux. Par conséquent, l'indice de Malmquist orientation input entre la période t et $t+1$ est définie par Färe *et al.* (1994) comme suit :

$$M^c(x_t, y_t, x_{t+1}, y_{t+1}) = \left[M_t^c(x_t, y_t, x_{t+1}, y_{t+1}) \times M_{t+1}^c(x_t, y_t, x_{t+1}, y_{t+1})\right]^{1/2}$$

$$= \left[\frac{D_t^c(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_t^c(x_t, y_t)} \times \frac{D_{t+1}^c(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_{t+1}^c(x_t, y_t)}\right]^{1/2}$$

où M représente la valeur de l'indice de Malmquist et D^c la fonction de distance avec rendements d'échelle constants.

2-3-2) Calcul de l'indice de Malmquist

Pour calculer l'indice de Malmquist nous supposons qu'à chaque période $t = 1,......,T$, il y a $n = 1,......,N$ observations de $r = 1,......,R$ inputs $x_{r,t}^n$ qui sont employés pour produire $m = 1,......,M$ outputs $y_{m,t}^n$ et que le nombre d'observations ne change pas dans le temps (c'est à dire $N^t = N, \forall\, t$). Nous pouvons ensuite calculer le changement relatif de productivité de la DMU^0 entre la période t et la période $t+1$ en calculant la fonction de distance D qui est définie comme suit :

$D_t(x_t, y_t)^{-1} = \min_\theta\{\theta : (\theta x_t) \in L_t(y_t)\}$ où $L(y_t) = \{x_t : (x_t, y_t) \in T_t\}$ représente l'ensemble des besoins en facteurs de production pour produire y_t avec la technologie de la période *t*. T_t est l'ensemble de possibilités de production au temps t. θ est une grandeur scalaire mesurant la distance entre les *DMU* observés et la frontière de production, voir la figure (2-5).

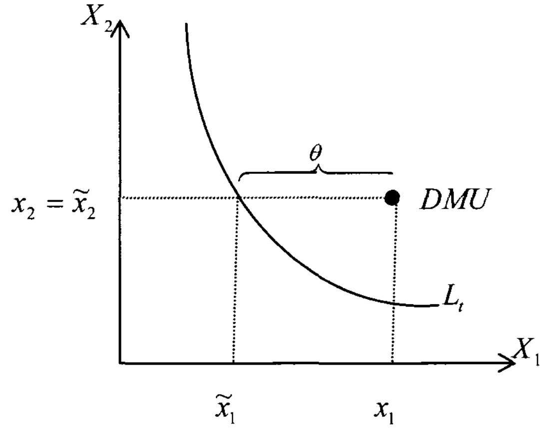


Figure 2-5 : Fonction de distance orientée input

Le programme à résoudre est le suivant :

$$\frac{1}{D_t\left(x_t^0, y_t^0\right)} = \min_{\theta,\lambda} \theta$$

$$s/c \begin{cases} \sum_{n=1}^{N} \lambda_t^n x_{r,t}^n \leq \theta x_{r,t}^0, & \forall\, r = 1,\ldots\ldots,R \qquad (1) \\ \sum_{n=1}^{N} \lambda_t^n y_{m,t}^n \geq y_{m,t}^0, & \forall\, m = 1,\ldots\ldots,M \qquad (2) \\ \sum_{n=1}^{N} \lambda_t^n = 1; \quad \lambda_t^n \geq 0, & \forall\, n = 1,\ldots\ldots,N \qquad (3) \end{cases}$$

Les contraintes (1) et (2) permettent de construire la frontière de production théorique qui regroupe les *DMU* efficaces. La troisième contrainte nous donne l'effet des rendements d'échelles variables dans la technologie.

En calculant $M = \left[\frac{D_t(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_t(x_t, y_t)} \times \frac{D_{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_{t+1}(x_t, y_t)}\right]^{1/2}$, nous aurons trois cas :

- $M > 1$ indiquera une détérioration de la productivité.

- Réciproquement, $M < 1$ est signe d'amélioration de la productivité.

- Finalement s'il n'y a pas de changement du niveau de la productivité nous aurons $M = 1$.

2-4) Des décompositions de l'indice de Malmquist

2-4-1) Décomposition de Färe *et al.* (1994)

Une première décomposition de l'indice de Malmquist avec rendements d'échelle constants "^{c}" en deux composantes est faite par Färe *et al.* (1994).

$$M^{c}(x_t, y_t, x_{t+1}, y_{t+1}) = \underbrace{\frac{D_{t+1}^{c}(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_t^{c}(x_t, y_t)}}_{E^c} \underbrace{\left[\frac{D_t^{c}(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_{t+1}^{c}(x_{t+1}, y_{t+1})} \frac{D_t^{c}(x_t, y_t)}{D_{t+1}^{c}(x_t, y_t)}\right]^{1/2}}_{P^c}$$

$$= E^{c}(x_t, y_t, x_{t+1}, y_{t+1}) \times P^{c}(x_t, y_t, x_{t+1}, y_{t+1})$$

Dans cette décomposition, E^c représente un rapport de deux fonctions de distance, qui mesure le changement de l'efficacité technique de Farrell, orientation input, entre les périodes t et $t+1$. P^c représente une mesure du changement technique dans la technologie de production. C'est un indicateur de la distance couverte par la frontière d'efficience d'une période à l'autre et ainsi une mesure de l'amélioration technologique entre les périodes.

Cette décomposition de la variation de la productivité en deux changements, un de l'efficacité technique et l'autre technologique n'exige pas la spécification d'une forme fonctionnelle particulière pour la technologie.

Mais puisque les rendements d'échelles sont généralement variables, Färe *et al.* (1994b) redéfinissent la composante E^c de l'indice de Malmquist qui mesure le changement de l'efficacité technique comme suit :

$$E^c(x_t, y_t, x_{t+1}, y_{t+1}) = \left[\frac{D_{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_t(x_t, y_t)}\right] \times \left[\frac{D^c_{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1}) / D_{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}{D^c_t(x_t, y_t) / D_t(x_t, y_t)}\right]$$

$$= E(x_t, y_t, x_{t+1}, y_{t+1}) \times \left[\frac{SE_{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}{SE_t(x_t, y_t)}\right]$$

$$= E(x_t, y_t, x_{t+1}, y_{t+1}) \times \Delta SE(x_t, y_t, x_{t+1}, y_{t+1})$$

Avec : D la fonction de distance avec rendements d'échelle variables.

$E(x_t, y_t, x_{t+1}, y_{t+1})$ mesure le changement de l'efficacité technique avec des rendements d'échelles variables et $\Delta SE(x_t, y_t, x_{t+1}, y_{t+1})$ mesure la variation de l'efficacité des rendements d'échelle entre l'année t et $t+1$.

Ainsi, nous avons la nouvelle écriture de l'indice de Malmquist qui a été faite par Färe *et al.* (1994b) :

$$M^c(x_t, y_t, x_{t+1}, y_{t+1}) = E(x_t, y_t, x_{t+1}, y_{t+1}) \times \Delta SE(x_t, y_t, x_{t+1}, y_{t+1}) \times P^c(x_t, y_t, x_{t+1}, y_{t+1})$$

2-4-2) Critique de la décomposition de Färe *et al.* (1994a)

Cette décomposition a été principalement critiquée par Ray et Desli (1997), qui se basent sur le fait que l'effet du changement technologique dans une technologie à rendements d'échelle constants est beaucoup moindre que celui dans une technologie à rendements d'échelle variables. De ce fait, $P^c(x_t, y_t, x_{t+1}, y_{t+1})$ peut sous-estimer l'amplitude de la variation du changement technique dans le cas d'une technologie à rendements d'échelles variables.

Un deuxième point critiqué est que $\Delta SE(x_t, y_t, x_{t+1}, y_{t+1})$, qui mesure la variation de l'efficacité des rendements d'échelle entre l'année t et $t+1$, est basé sur des vecteurs de quantités et de la technologie des périodes t et $t+1$. Elle combine donc deux effets : celui des rendements d'échelles et celui des changements techniques.

2-4-3) La décomposition de Ray et Desli (1997)

Pour résoudre le problème précédent, Ray et Desli (1997) ont présenté alors une autre décomposition de l'indice de Malmquist avec rendement d'échelles variables :

$$M^c(x_t, y_t, x_{t+1}, y_{t+1}) = E(x_t, y_t, x_{t+1}, y_{t+1}) \times \Delta SE(x_t, y_t, x_{t+1}, y_{t+1}) \times P(x_t, y_t, x_{t+1}, y_{t+1})^*$$

Avec :

$$E(x_t, y_t, x_{t+1}, y_{t+1}) = \left[\frac{D_{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_t(x_t, y_t)} \right]$$

$$P(x_t, y_t, x_{t+1}, y_{t+1}) = \left[\frac{D_t(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})} \frac{D_t(x_t, y_t)}{D_{t+1}(x_t, y_t)} \right]^{1/2}$$

Et

$$\Delta SE(x_t, y_t, x_{t+1}, y_{t+1}) = \left[\frac{SE_t(x_{t+1}, y_{t+1})}{SE_t(x_t, y_t)} \times \frac{SE_{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}{SE_{t+1}(x_t, y_t)} \right]^{1/2}$$

$$= \left(\left[\frac{D_t^c(x_{t+1}, y_{t+1}) \Big/ D_t(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_t^c(x_t, y_t) \Big/ D_t(x_t, y_t)} \right] \times \left[\frac{D_{t+1}^c(x_{t+1}, y_{t+1}) \Big/ D_{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_{t+1}^c(x_t, y_t) \Big/ D_{t+1}(x_t, y_t)} \right] \right)^{1/2}$$

Nous voyons bien que le terme $E(x_t, y_t, x_{t+1}, y_{t+1})$ qui mesure la variation de l'efficacité technique est le même que chez Färe *et al.* (1994a). Par contre, le terme $P(x_t, y_t, x_{t+1}, y_{t+1})$ concernant le changement technologique est différent de ce qu'ont introduit Färe *et al.* (1994), puisque celui de Ray et Desli (1997) prend en considération des rendements d'échelles variables alors que celui de Fare *et al.* (1994) les avait considérés comme constants.

---

* ΔSE est définie différemment chez Färe *et al.* (1994) et chez Ray et Desli (1997). Cf infra.

Nous trouvons aussi des différences entre les deux décompositions au niveau de la mesure de la variation de l'efficacité des rendements d'échelles pour les périodes t et $t+1$. En effet, Färe *et al.*(1994) l'ont définie comme :

$$\Delta SE(x_t, y_t, x_{t+1}, y_{t+1}) = \left[\frac{SE_{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}{SE_t(x_t, y_t)}\right]$$

Alors que Ray et Desli (1997) l'ont définie autrement :

$$\Delta SE(x_t, y_t, x_{t+1}, y_{t+1}) = \left[\frac{SE_t(x_{t+1}, y_{t+1})}{SE_t(x_t, y_t)} \times \frac{SE_{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}{SE_{t+1}(x_t, y_t)}\right]^{1/2}$$

Il est clair que dans la deuxième définition, Ray et Desli (1997) ont présenté une mesure géométrique de la variation de l'efficacité des rendements d'échelles. C'est principalement sur cette idée que seront basées les critiques à cette décomposition.

2-4-4) Critique de la décomposition de Ray et Desli (1997)

Les premières critiques adressées à cette décomposition sont faites par Färe *et al.* eux-mêmes (1997), parce que le terme sensé mesurer la variation de l'efficacité des rendements d'échelles $\Delta SE(x_t, y_t, x_{t+1}, y_{t+1})$ ne prend pas en considération l'effet de la technologie dans cette mesure, les ratios, $\frac{SE_t(x_{t+1}, y_{t+1})}{SE_t(x_t, y_t)}$ et $\frac{SE_{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}{SE_{t+1}(x_t, y_t)}$), étant chacun basé sur une même période. Färe *et al.* (1997) proposent donc de garder leur décomposition de 1994. Malgré les critiques de Ray et Desli (1997) nous avons aussi choisi de travailler avec la décomposition de Färe *et al.* (1994). En revanche, en suivant Ouellette et Vierstraete (2004), nous y intégrons explicitement les facteurs quasi-fixe.

2-4-5) Intégration des facteurs quasi-fixes

Comme nous l'avons vu précédemment, estimer une variation de productivité en supposant que les facteurs quasi-fixes sont fixes ou qu'ils peuvent varier instantanément risque de nous donner une mauvaise estimation de la performance car ces facteurs ne sont ni fixes ni variables. C'est pourquoi, il faut les intégrer explicitement au modèle.

La fonction de distance s'écrira donc :

$$\frac{1}{D_t\left(x_t^0, k_t^0, y_t^0\right)} = \min_{\theta,\lambda} \theta$$

$$s/c \begin{cases} \sum_{n=1}^{N} \lambda_t^n x_{r,t}^n \leq \theta x_{r,t}^0, \quad \forall\, r = 1,......,R & (1) \\ \sum_{n=1}^{N} \lambda_t^n y_{m,t}^n \geq y_{m,t}^0, \quad \forall\, m = 1,......,M & (2) \\ \sum_{n=1}^{N} \lambda_t^n k_{s,t}^n \leq k_{s,0}^0, \quad \forall\, s = 1,........,S & (3) \\ \sum_{n=1}^{N} \lambda_t^n = 1; \quad \lambda_t^n \geq 0, \quad \forall\, n = 1,......,N & (4) \end{cases}$$

Avec : $s = 1,.......,S$: le nombre des inputs quasi-fixes

L'indice de Malmquist sera le suivant :

$$M_{t+1}(x_t, k_t, y_t, x_{t+1}, k_{t+1}, y_{t+1}) = \frac{D_{t+1}(x_{t+1}, k_{t+1}, y_{t+1})}{D_{t+1}(x_t, k_t, y_t)}$$

$$M_t(x_t,k_t,y_t,x_{t+1},k_{t+1},y_{t+1})=\frac{D_t(x_{t+1},k_{t+1},y_{t+1})}{D_t(x_t,k_t,y_t)}$$

$$M(x_t,k_t,y_t,x_{t+1},k_{t+1},y_{t+1})=\left[M_t(x_t,k_t,y_t,x_{t+1},k_{t+1},y_{t+1})\times M_{t+1}(x_t,k_t,y_t,x_{t+1},k_{t+1},y_{t+1})\right]^{1/2}$$

$$=\left[\frac{D_t(x_{t+1},k_{t+1},y_{t+1})}{D_t(x_t,k_t,y_t)}\times\frac{D_{t+1}(x_{t+1},k_{t+1},y_{t+1})}{D_{t+1}(x_t,k_t,y_t)}\right]^{1/2}$$

Avec k_t le vecteur des inputs quasi-fixes.

Cette prise en compte explicite des facteurs quasi-fixes permet d'obtenir une nouvelle décomposition de l'indice de Malmquist (Ouellette et Vierstraete 2004).

Deux mesures sont d'abord effectuées : l'impact des inputs variables sur la productivité avec des inputs quasi-fixes donnés puis l'impact des inputs quasi-fixes sur la productivité avec des inputs variables donnés.

Soient $E_{X\overline{K}^t}=\dfrac{D_{t+1}(x_{t+1},k_t,y_{t+1})}{D_t(x_t,k_t,y_t)}$ et $E_{\overline{X}^{t+1}K}=\dfrac{D_{t+1}(x_{t+1},k_{t+1},y_{t+1})}{D_t(x_{t+1},k_t,y_{t+1})}$, avec $E_{X\overline{K}^t}$ mesurant le changement d'efficacité dans le cas où les inputs quasi-fixes sont fixés à leur niveau initial et $E_{\overline{X}^{t+1}K}$ mesurant l'efficacité dans le cas où les inputs variables et les outputs sont fixés à leur niveau final.

De la même manière, on peut définir deux indices pour le changement technologique.

Soit $P_{X\overline{K}^t} = \left[\frac{D_t(x_t, k_t, y_t)}{D_{t+1}(x_t, k_t, y_t)} \times \frac{D_t(x_{t+1}, k_t, y_{t+1})}{D_{t+1}(x_{t+1}, k_t, y_{t+1})} \right]^{\frac{1}{2}}$

et $P_{\overline{X}^{t+1}K} = \left[\frac{D_t(x_{t+1}, k_t, y_{t+1})}{D_{t+1}(x_{t+1}, k_t, y_{t+1})} \times \frac{D_t(x_{t+1}, k_{t+1}, y_{t+1})}{D_{t+1}(x_{t+1}, k_{t+1}, y_{t+1})} \right]^{\frac{1}{2}}$, avec $P_{X\overline{K}^t}$ mesurant le changement technologique en ayant les inputs quasi-fixes à leur niveau initial et $P_{\overline{X}^{t+1}K}$ mesurant le changement technologique quand les inputs variables et les outputs sont fixés à leur niveau final.

Nous pouvons alors écrire M comme suit :

$$M = \left\{E_{X\overline{K}^t} \times P_{X\overline{K}^t}\right\} \times \left\{E_{\overline{X}^{t+1}K} \times P_{\overline{X}^{t+1}K}\right\}$$

où le premier terme $\left\{E_{X\overline{K}^t} \times P_{X\overline{K}^t}\right\}$ représente l'indice de Malmquist quand les inputs quasi-fixes sont fixés à leur niveau initial.

$$\left\{E_{X\overline{K}^t} \times P_{X\overline{K}^t}\right\} = M_{X\overline{K}^t} = \left[\frac{D_t(x_{t+1}, k_t, y_{t+1})}{D_t(x_t, k_t, y_t)} \times \frac{D_{t+1}(x_{t+1}, k_t, y_{t+1})}{D_{t+1}(x_t, k_t, y_t)} \right]^{\frac{1}{2}}$$

Le second terme $\left\{E_{\overline{X}^{t+1}K} \times P_{\overline{X}^{t+1}K}\right\}$ est également un indice de Malmquist, mais cette fois quand les inputs variables et outputs sont fixés à leur niveau final.

$$\left\{E_{\overline{X}^{t+1}K} \times P_{\overline{X}^{t+1}K}\right\} = M_{\overline{X}^{t+1}K} = \left[\frac{D_t(x_{t+1}, k_{t+1}, y_{t+1})}{D_t(x_{t+1}, k_t, y_{t+1})} \times \frac{D_{t+1}(x_{t+1}, k_{t+1}, y_{t+1})}{D_{t+1}(x_{t+1}, k_t, y_{t+1})} \right]^{\frac{1}{2}}$$

2-5) Représentation graphique de l'indice de Malmquist

Posons $L_t(y_t)=\{(x_t,k_t):(x_t,k_t,y_t)\in T_t\}$ et $L_{t+1}(y_{t+1})=\{(x_{t+1},k_{t+1}):(x_{t+1},k_{t+1},y_{t+1})\in T_{t+1}\}$ respectivement l'ensemble des besoins en facteurs de production pour produire y_t avec la technologie de la période *t* et l'ensemble des besoins en facteurs de production pour produire y_{t+1} avec la technologie de la période *t*+1, voir la figure (2-6).

Nous définissons alors :

$$\frac{1}{D_t(x_t,k_t,y_t)}=\inf\{\theta_1:(\theta_1 x_t,k_t)\in L_t(y_t)\}$$

$$\frac{1}{D_{t+1}(x_t,k_t,y_t)}=\inf\{\theta_2:(\theta_2 x_t,k_t)\in L_{t+1}(y_t)\}$$

$$\frac{1}{D_t(x_{t+1},k_{t+1},y_{t+1})}=\inf\{\theta_3:(\theta_3 x_{t+1},k_{t+1})\in L_t(y_{t+1})\}$$

$$\frac{1}{D_{t+1}(x_{t+1},k_{t+1},y_{t+1})}=\inf\{\theta_4:(\theta_4 x_{t+1},k_{t+1})\in L_{t+1}(y_{t+1})\}$$

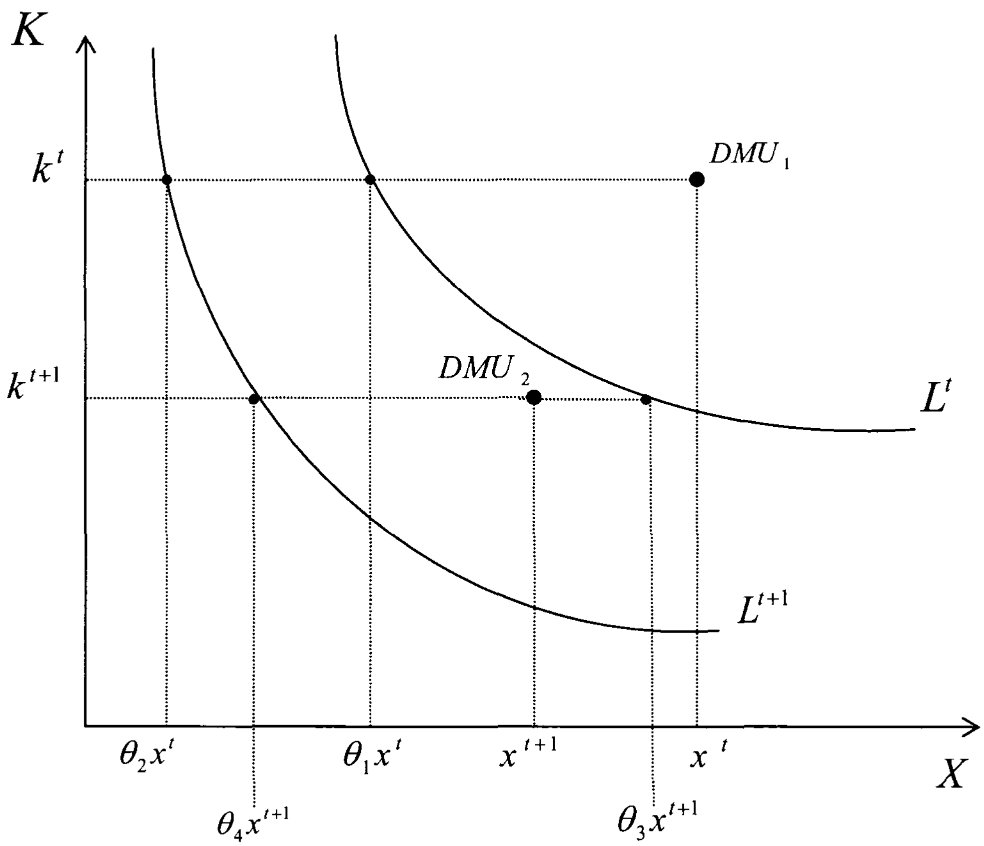


Figure 2-6 : fonctions de distance orientées input

- $\theta_1 = \dfrac{1}{D_t^1(x_t, k_t, y_t)}$ est la mesure d'efficacité en t de la DMU_1

- $\theta_2 = \dfrac{1}{D_{t+1}^1(x_t, k_t, y_t)}$ est la mesure d'efficacité en t+1 de la DMU_1

- $\theta_3 = \dfrac{1}{D_t^2(x_{t+1}, k_{t+1}, y_{t+1})}$ est la mesure d'efficacité en t de la DMU_2

- $\theta_4 = \dfrac{1}{D_{t+1}^2(x_{t+1}, k_{t+1}, y_{t+1})}$ est la mesure d'efficacité en t+1 de la DMU_2

Plus θ_1, θ_2, θ_3 et θ_4 seront proche de 0, plus l'efficacité sera faible.

- $\dfrac{\theta_1}{\theta_2} = E = \dfrac{D_{t+1}^1(x_t, k_t, y_t)}{D_t^1(x_t, k_t, y_t)}$ mesure le changement de l'efficacité technique de la DMU_1 entre les périodes t et $t+1$

- $\left[\dfrac{\theta_4}{\theta_3} \times \dfrac{\theta_2}{\theta_1}\right]^{1/2} = P = \left[\dfrac{D_t^2(x_{t+1}, k_{t+1}, y_{t+1})}{D_{t+1}^2(x_{t+1}, k_{t+1}, y_{t+1})} \times \dfrac{D_t^1(x_t, k_t, y_t)}{D_{t+1}^1(x_t, k_t, y_t)}\right]^{1/2}$ mesure le changement de la technologie de production entre les périodes t et $t+1$.

Comme précédemment le calcul de M nous donne:

$$M(x_t, k_t, y_t, x_{t+1}, k_{t+1}, y_{t+1}) = \left[\frac{D_t(x_{t+1}, k_{t+1}, y_{t+1})}{D_t(x_t, k_t, y_t)} \times \frac{D_{t+1}(x_{t+1}, k_{t+1}, y_{t+1})}{D_{t+1}(x_t, k_t, y_t)}\right]^{1/2},$$

Trois cas sont à nouveau possibles : une détérioration de la productivité avec $M > 1$, une amélioration de la productivité si $M < 1$ ou une stabilité de la productivité lorsque $M = 1$.

L'objet de ce chapitre était de présenter, dans un premier temps, la méthode *DEA* avec deux de ses modèles les plus connus, à savoir le modèle *CCR* et le modèle *BCC*, et d'introduire, dans un deuxième temps, l'indice de Malmquist qui servira pour la mesure de l'efficacité des universités québécoises.

Dans le chapitre qui va suivre, nous présenterons les variables que nous utiliserons pour notre étude.

Chapitre III

LES DONNÉES

Dans le domaine de la mesure d'efficacité, le *DEA*, peu coûteux, précis et facile d'utilisation, se présente comme un bon outil, que ce soit à travers le modèle *BCC* (Banker, Charnes et Cooper, 1984) qui est une extension du modèle *CCR* (Charnes, Cooper et Rhodes, 1978) ou à travers l'indice de Malmquist introduit par Caves *et al.* (1982) et développé en tant qu'indice empirique par Färe *et al.* (1994). C'est ce dernier que nous allons utiliser dans notre étude comparative de la productivité des universités québécoises.

Nous allons présenter le choix de notre base de données, ainsi que les variables retenues.

3-1) Les universités et la période d'étude

Notre étude va porter sur les universités québécoises, sur la période allant de 1995/96 à 2000/01. En effet, cette période est caractérisée par une phase de restriction budgétaire de 1995/96 à 1997/98 et une phase de redémarrage des subventions de 1998/99 à 2000/01.

3-1-1) Les universités

Le système universitaire québécois est constitué de neuf établissements universitaires, dont l'Université du Québec, qui est organisée en un réseau de dix constituantes. Majoritairement subventionnés par le gouvernement provincial, les établissements d'enseignement universitaires québécois restent cependant, des entités juridiquement indépendantes et ils jouissent d'une très grande autonomie.

Les universités qui feront l'objet de notre étude incluent toutes les universités québécoises à l'exception de l'ÉNAP[11] et de la Télé-Université, pour lesquels nous n'avons pas pu obtenir suffisamment d'informations pour les considérer dans notre étude. Ce qui nous fait finalement un total de 16 universités.

Comme l'IAF[12] a été rattaché à l'INRS[13] à la fin de 1997, nous avons fusionné les données concernant ces deux entités pour les années 1995/96 et 1996/97. De plus, le siège social de l'Université du Québec (UQ) engendre des coûts qui ne sont pas

---

[11] ÉNAP : l'École national d'administration publique
[12] IAF : l'Institut Armand Frappier
[13] INRS : l'Institut national de la recherche scientifique

comptabilisés par le MELS dans les dépenses des universités du réseau. C'est pourquoi nous avons préféré partager ces dépenses entre les différentes composantes du réseau de l'UQ. Ce partage a été fait au prorata, c'est-à-dire qu'on additionne toutes les dépenses, s'il s'agit de frais, ou tous les personnel, de toutes les composantes du réseau puis on partage les frais ou le nombre de personnel du siège social entre toutes les composantes selon le pourcentage de chacune dans le total de l'UQ.

3-1-2) La période d'étude

Comme nous l'avons déjà vu, la période retenue pour l'étude (1995/96 à 2000/01) représente deux différentes phases d'évolution budgétaire. La première de 1995/1996 à 1997/98 représente la fin d'une période de restriction budgétaire subie par les universités québécoises depuis 1992/93. La deuxième période, qui va de 1998/99 à 2000/01, a été marquée quant à elle par une expansion budgétaire (voir la figure 3-1).

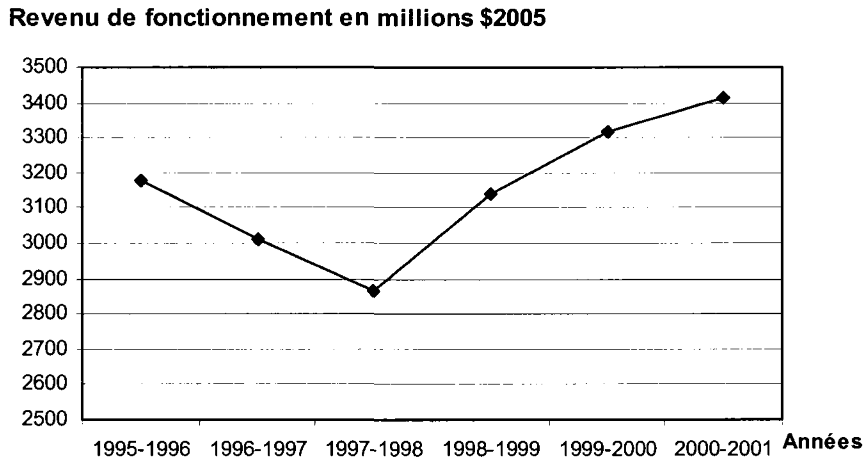


Figure 3-1 Évolution des revenus de fonctionnement des universités au Québec de 1995/96 à 2000/01

3-2) Les variables

Pour choisir le nombre de variables qui feront l'objet de notre étude, nous avons suivi la règle établie par Cooper, Seiford et Tone (2000). En effet, on sait que si le nombre d'observations est peu élevé, la méthode *DEA* indiquera un nombre de *DMU* efficaces important et donc le critère de comparaison selon l'efficacité perd de sa pertinence. Il est donc préférable que le nombre de variables soit en nombre limité. Aussi dans notre cas d'étude, à savoir 16 universités, le nombre de variables, inputs et outputs, ne devrait pas dépasser cinq.

Nous avons classé nos variables dans trois catégories, à savoir deux inputs variables, un input quasi-fixe et deux outputs.

3-2-1) Les inputs variables

Notre choix s'est arrêté sur deux inputs variables, à savoir *les autres personnels* et *autres dépenses*, qui agrègent le plus possible les dépenses totales en facteurs variables. Nous avons donc regroupé, d'une part, les données concernant les *chargés de cours* et *le personnel non enseignant* dans *les autres personnels* et, d'autre part, les données concernant *la fourniture*, *l'énergie* et *les diverses dépenses* dans *les autres dépenses*.

3-2-1-a) *les autres personnels*

Cet input représente tout le personnel, en équivalent temps plein, d'une université mis à part les professeurs qui seront comptabilisés par ailleurs. Ce personnel regroupe deux sous-ensembles :

<u>Le personnel non enseignant</u> :

Le MELS nous a fourni les données concernant les fonds de fonctionnement des universités qui contiennent les *dépenses* du personnel non enseignant. Cependant, les données concernant le *nombre* du personnel non enseignant sont très limitées. En effet, nous nous sommes procuré uniquement le total du nombre du personnel non enseignant pour *l'ensemble* des universités pour les années 1995-1996 et 1996-1997. Pour les autres années, nous avons repris le total de 1996-1997 en posant l'hypothèse forte que ce nombre n'a pas varié. Pour le nombre du personnel non enseignant par université, nous avons supposé que le ratio du personnel non enseignant de chaque université par rapport au nombre total du personnel non enseignant était le même que celui des enseignants de chaque université par rapport au nombre total d'enseignants.

Chargés de cours :

Les informations concernant les dépenses des chargés de cours nous proviennent du MELS. En revanche, nous avons dû estimer le nombre de ces derniers.

Pour ce faire, nous avons cherché la rémunération d'une charge de cours dans les conventions collectives des chargées et chargés de cours de toutes les universités. Ainsi, en divisant la dépense totale en chargés de cours par le coût d'une charge de cours, nous obtenons le nombre de charges de cours données dans chaque université. Par la suite, nous avons cherché le nombre de charges minimal donné par un chargé de cours pour qu'il soit considéré comme chargé de cours à forfait ou à plein temps. Ainsi en divisant le nombre de charges de cours données dans chaque université par le nombre de charges minimal donné par un chargé de cours pour qu'il soit considéré comme chargé de cours à forfait, nous obtenons le nombre de chargés de cours en équivalent temps plein.

Mais plusieurs problème se posent, le premier est que nous n'avons pas trouvé les rémunération d'une charge de cours des universités Concordia, McGill, UQAT, ETS, HEC et Polytechnique et puis nous n'avons pas toujours pu trouver le nombre minimal de cours qu'un chargé de cours doit donner pour qu'il soit considéré à forfait.

Pour résoudre le premier problème, nous avons considéré que Concordia et McGill avaient les mêmes taux de salaire que Bishop, que l'UQAT a un taux de salaire moyen situé entre celui de l'UQAR et celui de l'UQTR. Pour les trois dernières universités, à savoir l'ETS, HEC et Polytechnique, nous avons pris la moyenne du taux de salaire à Laval et à Sherbrooke.

Finalement, nous avons supposé que le nombre minimal de cours qu'un chargé de cours doit donner pour être considéré à forfait est de six, qui est celui de l'université de Sherbrooke.

Il faut aussi noter que nous avons actualisé tous les salaires au taux d'inflation au 01-01-2001.

3-2-1-b) *les autres dépenses*

Cet input est un indice de quantité qui représente toutes les dépenses par université mises à part celles reliées aux personnels. Pour pouvoir évaluer cet indice de quantité, nous avons d'abord calculé le total des dépenses de chaque université. À partir de "l'indice implicite des prix de la demande intérieure finale du PIB[14]" de Statistique Canada, nous avons calculé l'indice de qualité en divisant la dépense totale par l'indice implicite des prix retenu.

3-2-2) Les inputs quasi-fixes

Dans notre cadre de recherche, nous pouvions considérer deux inputs quasi-fixes, le personnel enseignant et les surfaces des bâtiments. Comme nous l'avons déjà mentionné, vu le nombre restreint d'universités dans notre étude, nous n'avons gardé

[14] CANSIM; Série N° : V1997757.

qu'un input quasi-fixe, le nombre de professeurs. Nous avons ainsi supposé que pour une université le nombre d'enseignants a plus d'importance que les surfaces de bâtiments, approximation du facteur capital de l'université.

Nous avons pu nous procurer les informations concernant le nombre d'enseignants dans l'enquête de la CREPUQ[15] (2005) sur les professeurs.

3-2-3) Les outputs

Contrairement aux inputs, les outputs sont un peu plus difficilement mesurables. Nous pouvons aussi les regrouper en trois ensembles, ceux des services, ceux de l'enseignement et ceux de la recherche.

<u>Output services :</u>

L'output des *services* représente les revenus engendrés par les différents services qu'offrent les universités tels que la cafétéria, le stationnement ou encore la librairie. Toutefois, cet output ne représente pas la première priorité des universités à l'image de l'enseignement ou de la recherche et même si certaines universités essayent d'optimiser leur output *services*, cet output ne devrait pas représenter un critère de performance d'une université. C'est pour cela qu'il est généralement ignoré et que nous aussi dans ce qui va suivre nous l'avons ignoré.

<u>Output *enseignement* :</u>

---

[15] CREPUQ; 2005; Québec; Les professeures et les professeurs dans les établissements universitaires québécois : faits saillants de l'Enquête sur le personnel enseignant de 2003-2004.

Dans le cas de l'enseignement, il faut mesurer l'apprentissage qui en résulte. Pour cela, nous pouvons prendre des facteurs de mesures tels que le *nombre d'heures de cours*, le *nombre d'étudiants inscrits* ou encore le *nombre de diplômes décernés*, tout en supposant qu'il y a une forte corrélation entre ces variables et l'apprentissage[16]. Nous pouvons aussi prendre le *nombre de crédits enseignés*[17]. Mais ce critère pose le problème qu'il peut varier significativement d'un programme à un autre et en plus selon certains le nombre de crédits ne représente pas les outputs, mais plutôt les inputs[18] car il dépend du chois de l'université. Ce problème est aussi vrai pour le nombre de cours par programme, tandis que le problème de prendre comme output le *nombre d'étudiants inscris* réside dans le fait que ce ne sont pas tous les étudiants inscris qui vont arriver au bout de leur formation.

Dans notre étude, nous avons choisi *les diplômés* comme output enseignement car il ne peut pas être considéré comme input et il ne tient pas compte des étudiants inscrits qui n'ont pas terminé leur formation. Toutefois, ce choix pose le problème qu'un diplômé de premier cycle n'est pas équivalent à un diplômé de deuxième cycle. Ce dernier coûte beaucoup plus cher à l'université. De même un diplômé de deuxième cycle coûte généralement moins cher qu'un diplômé de troisième cycle. Nous avons alors utilisé une pondération inspirée de celle du MELS[19] pour assurer à chaque catégorie de diplômés un poids équivalent pour le fonctionnement des universités.

---

[16] Melville L. McMillan et Debasish Datta (1998).
[17] Sinuany-Stern et *al.* (1994).
[18] Bessent et *al.* (1983).
[19] http://www.mels.gouv.qc.ca/ens-sup/ens-univ/cou-moy.asp

Ainsi les diplômés de premier cycle reçoivent une pondération de 1, ceux du deuxième cycle ont une pondération de 2,25 et ceux de troisième cycle reçoivent une pondération de 3,15.

L'output enseignement sera donc construit pour chaque université comme suit :

Output enseignement $= 1 \times$ nombre de diplômés de premier cycle $+ \ 2{,}15 \ \times$ nombre de diplômés de deuxième cycle $+ \ 3{,}15 \ \times$ nombre de diplômés de troisième cycle.

Output *recherche :*

L'output de la *recherche*, quant à lui, est plus difficile à quantifier. En fait, l'idéal serait d'avoir un indice qui reflète la qualité et l'impact des activités entreprises et de leurs produits. Cependant, un tel indice est très difficile à calculer. Même les composantes potentielles relativement simples comme le *nombre de publications* sont difficiles à obtenir et sont en général incomplètes. Nous pouvons citer l'exemple de l'étude faite par Groot et *al.* (1991) sur la recherche dans les universités américaines. Les auteurs ont considéré les publications dans les outputs, mais ont omis celles des sciences humaines.

Cependant, nous pouvons citer les exemples des études faites par Johnes et Johnes (1993) et Athanassopoulos et Shale (1997), qui ont utilisé cet indice pour la recherche. En effet, ils ont évalué la quantité et la qualité de la recherche en employant des indices de publications de la recherche, calculés par le nombre de publication et le taux d'impact de ces publications.

Harris (1988) discute le choix d'un indice qui reflète le nombre de publications et leur impact car seul un nombre restreint d'universités publie dans des revues connues, les autres essayent de publier dans des revues qui ne sont pas énumérées par le SSCI[20].

Nous trouvons aussi plusieurs autres critères de mesures dans diverses autres études telles que le choix de Johnes et Taylor (1991), qui utilisent les publications comme premier output de recherche et les subventions de recherche comme deuxième output.

On peut aussi considérer les subventions externes comme output de recherche. Mais ici aussi, les avis sont partagés. Cave, Hanney et Kogan (1991) et Tomkins et Green (1988) pensent que les subventions accordées représentent la valeur marchande de la recherche et par conséquent qu'elles peuvent être considérées comme output de recherche. En revanche, nous avons suivi Johnes et Johnes (1993), qui disent que les subventions sont non seulement dépensées pour la recherche, mais aussi dans d'autres équipements et représentent donc des inputs de production.

Finalement, malgré la critique de Harris (1988), notre output *recherche* sera un indice constitué par le nombre de publications des différentes universités multiplié par le taux d'impact de ces publications et divisé par le nombre de professeurs enseignant de chaque université; pour ainsi obtenir un indice de recherche relative par professeur. Nous avons reçu les informations concernant les publications et leur impact de l'Observatoire des Sciences et des Technologies (OST). Cependant, comme les données de HEC et Polytechnique sont intégrées dans celles de Montréal, nous avons soustrait le

[20] SSCI : Social Sciences Citation Index

nombre annuel de publications des HEC et de Polytechnique dans le *Journal Citation Reports* pour ces deux universités, de celui des publications annuelles de Montréal. Finalement, pour ces deux entités, nous avons pris le même taux d'impact que celui de Montréal, à savoir celui des *Humanities* pour HEC et celui des *Natural Sciences And Engineering* pour Polytechnique. Nous avons pu ainsi reconstituer les indices de recherche relative des HEC et de Polytechnique.

3-2-4) Statistiques descriptives

En résumé, notre banque de données sera constituée des données de 16 universités québécoises sur une période de six ans, ce qui nous donne 96 unités, qui serviront à la mesure de l'efficacité des universités. Si nous ajoutons les deux inputs variables, l'input quasi-fixe et les deux outputs retenus, nous aurons un total de 480 données dans notre base de données. Le tableau 3-1 représente les statistiques descriptives des différentes données.

		MOYENNE	MAX	MIN	ÉCART TYPE	MÉDIANE
INPUTS VARIABLES	**AUTRE PER**[21] (nombre ETC)	1 533,05	4 443	213	1 443,75	648,50
	AUTRE DEP[22] (indice quantité)	342 241,35	1 068 138,94	51 222,33	318 878,90	166 247,40
INPUTS QUASI-FIXES	**PER ENSG**[23] (nombre ETC)	514,14	1 689	63	511,36	209
OUTPUTS	**RECHERCHE** (indice)	0,545	2,385	0,029	0,644	0,262
	DIPLOMÉS (nombre pondéré)	3 993,80	12 183,70	169,65	3 896,41	1 948,65

Tableau 3-1 : Statistiques descriptives

Dans ce chapitre, nous avons présenté les variables que nous avons choisies pour notre étude. Nous avons aussi présenté notre base de données et la provenance de nos données. Dans le prochain chapitre, nous présenterons nos résultats et une interprétation de ces derniers.

[21] Autre personnel : nombre en équivalent temps complet.
[22] Autres dépenses
[23] Personnel enseignant : nombre en équivalent temps complet.

Chapitre IV

PRÉSENTATION ET INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

Dans ce chapitre, nous allons présenter et interpréter les résultats obtenus, lorsqu'on applique l'indice de Malmquist M aux universités québécoises. Pour cela, nous utiliserons les deux décompositions de l'indice M, c'est-à-dire $M = E \times P$, l'indice de productivité expliqué par l'efficacité E d'une part et le changement dans la technologie de production P d'autre part, ainsi que la deuxième décomposition faisant appel aux inputs quasi-fixes, c'est-à-dire $M = E_{X\overline{K}^t} \times P_{X\overline{K}^t} \times E_{\overline{X}^{t+1}K} \times P_{\overline{X}^{t+1}K}$.

Toutefois, pour mieux comprendre et interpréter les résultats, nous avons préféré les séparer en trois catégories d'universités, selon d'une part, l'existence ou non d'une faculté de médecine dans l'université considérée et d'autre part, selon le nombre moyen d'étudiants en équivalent temps plein durant toute la période d'étude. Ainsi, les universités ayant une faculté de médecine seront regroupées dans une première catégorie car les dépenses par étudiant de ces facultés sont généralement très élevées par rapport à celles des autres facultés; celles qui n'ont pas de faculté de médecine seront séparées en deux groupes, selon le nombre moyen d'étudiants en équivalent temps plein (ETP). Les universités ayant plus de 3 000 étudiants ETP[24] seront dans le deuxième groupe et le troisième contiendra les universités qui ont moins de 3 000 étudiants, le chiffre 3 000 étant choisi arbitrairement d'après le nombre d'étudiants de chaque université, voir le tableau 4-1, mais permettant de conserver une certaine homogénéité à l'intérieur des deux groupes. Il faut aussi noter que notre programme ne nous a pas donné des résultats pour l'INRS, l'école des HEC et pour l'année 1998/99 pour l'université de Sherbrooke. L'output *recherche* semble être en cause, mais nous n'avons pas trouvé de raisons évidentes à cela. Cependant, les résultats trouvés pour les autres universités tiennent compte des données de l'INRS, de l'école des HEC et de l'université de Sherbrooke, que nous avons gardées dans notre base de données initiale, voir tableau 4-1.

[24]Les universités considérées ont ici plus de 3 000 étudiants (ETP) *chaque année* de la période étudiée.

	Nombre d'étudiants (ETP)[25]	Faculté de médecine	Groupe
Bishop's	2 168,4	sans	3ème
Concordia	16 709,0	sans	2ème
E.T.S.	1 887,8	sans	3ème
Laval	26 137,1	avec	1er
McGill	24 203,7	avec	1er
Montréal	25 857,0	avec	1er
Polytechnique	3 617,7	sans	2ème
Sherbrooke	12 905,2	avec	1er
U.Q.A.C.	4 151,3	sans	2ème
U.Q.O.	2 843,5	sans	3ème
U.Q.A.M.	23 237,1	sans	2ème
U.Q.A.R.	2 784,3	sans	3ème
U.Q.A.T.	1 160,0	sans	3ème
U.Q.T.R.	7 459,1	sans	2ème

Tableau 4-1 : Classement des universités

Par ailleurs, comme nous l'avons vu précédemment (chapitre 2), nous définissons les fonctions de distance telles que :

$$D_t^{-1}\left(x_t^0, k_t^0, y_t^0\right) = \min_{\theta,\lambda} \theta$$

$$s/c \begin{cases} \sum_{n=1}^{N} \lambda_t^n x_{r,t}^n \leq \theta x_{r,t}^0 , \quad \forall\, r = 1,\ldots\ldots, R & (1) \\ \sum_{n=1}^{N} \lambda_t^n y_{m,t}^n \geq \quad y_{m,t}^0 , \quad \forall\, m = 1,\ldots\ldots, M' & (2) \\ \sum_{n=1}^{N} \lambda_t^n k_{s,t}^n \leq k_{s,0}^0 , \quad \forall\, s = 1,\ldots\ldots\ldots, S & (3) \\ \sum_{n=1}^{N} \lambda_t^n = 1 ; \quad \lambda_t^n \geq 0 , \quad \forall\, n = 1,\ldots\ldots, N & (4) \end{cases}$$

[25]Les chiffres d'étudiants en équivalent temps plein (ETP) consignés ici sont les chiffres de l'année 1995/96.

où $t = 1,......,T$ est la période d'étude, $n = 1,......,N$ le nombre d'observations de $r = 1,......,R$ inputs $x^n_{r,t}$ et de $s = 1,.......,S$ inputs quasi-fixes $k^n_{s,t}$ qui sont employés pour produire $m = 1,......,M$ outputs $y^n_{m,t}$.

Selon la définition de l'indice de Malmquist M (chapitre 2), nous aurons une amélioration de la productivité si $M < 1$, une détérioration de la productivité si $M > 1$ et une productivité constante dans le cas où $M = 1$.

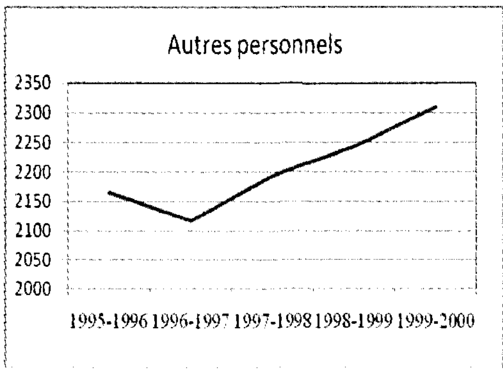
4-1) Présentation et interprétation des résultats des universités ayant une faculté de médecine.

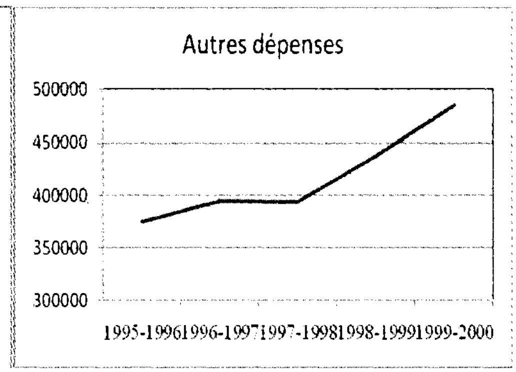
Comme le montre le tableau 4-2, les universités de cette catégorie, mise à part l'université de Sherbrooke dont nous reparlerons plus tard, connaissent une amélioration de leur niveau de productivité relative dans 2/3 des cas, si on regarde l'ensemble des années considérées. Cependant, si on ne considère que les deux dernières années, c'est-à-dire les années 1998/99-1999/00 et 1999/00-2000/01, alors que les revenus des universités se mettent à nouveau à augmenter en dollars constants suite aux hausses des subventions provinciales, nous trouvons que l'amélioration de la productivité se produit dans presque 85% des cas.

Années (t)* / Universités	1995-96	1996-97	1997-98	1998-99	1999-00	1995-00
Laval	1,0074	1,2629	0,8806	0,9111	0,8648	**1,0568**
McGill	0,9401	1,0479	0,7270	1,3293	0,8529	**0,9665**
Montréal	0,9933	0,9689	1,0338	0,8586	0,9968	**0,9393**
Sherbrooke	1,0944	1,0163	1,0963	non valide	1,0286	**non valide**

Tableau 4-2 : Évolution de l'indice de productivité de Malmquist M

L'Université de Sherbrooke, quant à elle, enregistre une baisse de sa productivité relative les quatre fois où nous avons pu calculer cette productivité. Ces résultats sont dus à une augmentation presque continue des inputs variables alors qu'en même temps au moins un des deux outputs est en baisse, comme le montrent les figures 4-1. Quant à l'input quasi-fixe, il n'a presque pas évolué.





* Pour la colonne indexée 1995/96, il faut comprendre que l'année t est l'année 1995/96 alors que l'année t+1 est 1996/97. Pour 1995/00, on compare l'année t 1995/96 avec l'année t+1 2000/01.

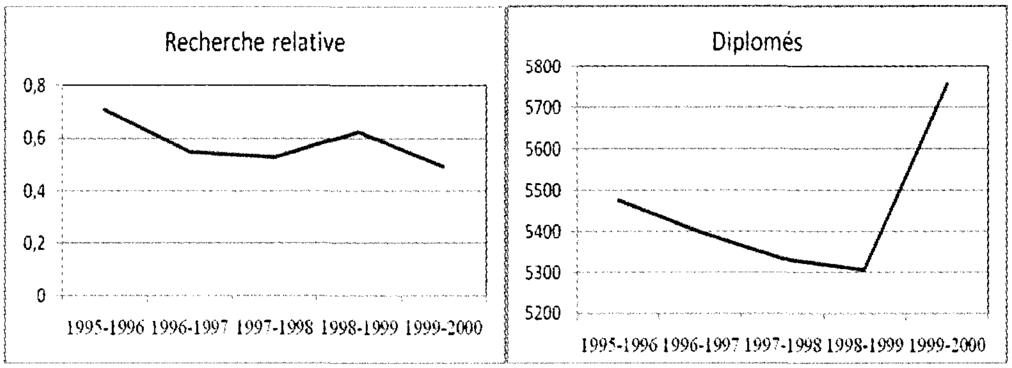


Figure 4-1 : Évolution des inputs variables et des outputs de l'université de Sherbrooke

En analysant la période globale d'étude et en comparant donc la dernière et la première année de notre base de données, on peut observer que seule l'université Laval enregistre une baisse de sa productivité relative, les autres universités connaissant une hausse de leur productivité. L'université de Sherbrooke, malgré le fait que nous n'ayons pas pu calculer l'indice M sur toute la période, a possiblement enregistré une baisse également puisque sur les quatre années calculées la productivité a diminué.

Afin de comprendre ces variations de la productivité, nous allons donc les expliquer, tout d'abord par l'évolution des indices E qui mesurent le changement de l'efficacité et P qui mesurent le changement dans la technologie de production.

4-1-1) Interprétation selon la première décomposition.

Comme le montre le tableau 4-3, dans 11 des 20 cas, les universités affichent une stabilité dans leur efficacité relative et uniquement dans 10 % des cas, il y a une hausse de celle-ci. Il faut aussi noter que la baisse de la productivité M de l'université de Sherbrooke peut être expliquée par la baisse de son efficacité E.

Années (t)* / Universités	1995-96	1996-97	1997-98	1998-99	1999-00
Laval	1	1,3106	0,9757	0,8045	1,0275
McGill	1	1	1	1	1
Montréal	1	1	1	1	1
Sherbrooke	1,0288	1,0909	1,1976	1,0013	1,1292

Tableau 4-3** : Évolution de l'indice d'efficacité E

De la même manière, nous voyons dans le tableau 4-4 que dans près de 70% des cas où l'indice a pu être calculé, les universités de cette catégorie ont enregistré une amélioration de leur technologie de production, qui se manifeste par un indice $P < 1$.

Années (t)* / Universités	1995-96	1996-97	1997-98	1998-99	1999-00
Laval	1,0074	0,9636	0,9025	1,1324	0,8416
McGill	0,9401	1,0479	0,7270	1,3293	0,8529
Montréal	0,9933	0,9689	1,0337	0,8586	0,9968
Sherbrooke	1,0638	0,9316	0,9155	non valide	0,9109

Tableau 4-4 : Évolution de l'indice de technologie de production P

En comparant les tableaux 4-2, 4-3 et 4-4, nous trouvons donc que dans uniquement 20% des cas où la productivité relative, mesurée par M, a augmenté, il y a eu augmentation de l'efficacité relative (c'est-à-dire $E < 1$). En revanche, dans 90% des cas

* Pour la colonne indexée 1995/96, il faut comprendre que l'année t est l'année 1995/96 alors que l'année t+1 est 1996/97. Pour 1995/00, on compare l'année t 1995/96 avec l'année t+1 2000/01.

** Un chiffre « 1 » dans un tableau de mesure d'indice signifie que ce chiffre n'est pas arrondi, au contraire d'un chiffre 1,0000 qui indique un chiffre arrondi. L'arrondissement se fait au quatrième chiffre après la virgule.

où cette productivité a augmenté, on assiste à une augmentation du niveau de technologie de production. De plus, dans juste 10% des cas il y a une amélioration simultanée de l'efficacité et du changement de la technologie de production pour expliquer une amélioration de la productivité (on retrouve ceci pour l'université Laval, pour les années t = 1997/98 et t = 1998/99). Ceci nous permet d'affirmer que l'indice de changement dans la technologie de production *P* est la principale source de l'augmentation de la productivité relative des universités possédant une faculté de médecine (voir figure 4-2).

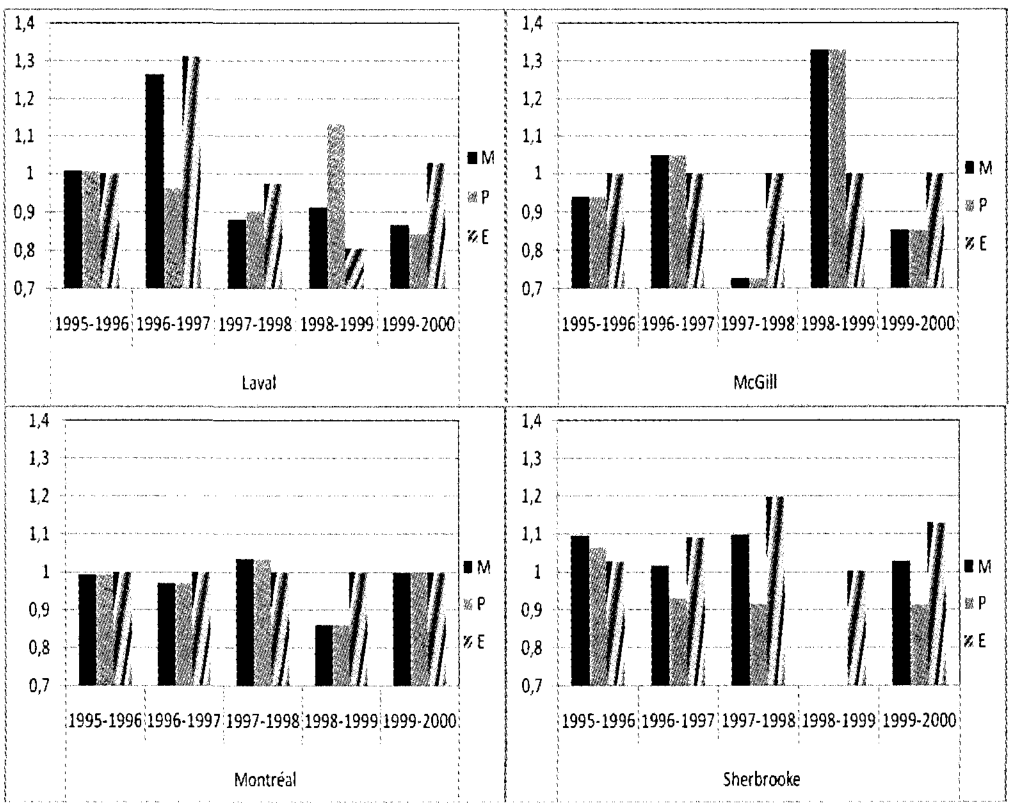


Figure 4-2 : Évolution des indices *M*, *E* et *P*[26]

[26] Les indices *M* et *P* de l'université de Sherbrooke pour l'année t = 1998/99 n'on pas pu être calculés.

Par la suite, nous allons traiter l'évolution de l'indice M du point de vue de la deuxième décomposition, ce qui nous permettra de voir l'effet des inputs quasi-fixes et des inputs variables séparément dans la productivité.

4-1-2) Interprétation selon la deuxième décomposition.

4-1-2-1) Effet des facteurs variables sur les indices, mesurés quand les inputs quasi-fixes sont fixés à leur niveau initial.

Dans le tableau 4-5, nous analysons l'évolution de la productivité, décomposée ensuite dans les tableaux 4-6 et 4-7 selon l'efficacité et le changement technologique, en considérant ces indices quand seuls les inputs variables peuvent s'ajuster.

Ainsi, nous comparons la productivité relative quand les inputs quasi-fixes sont fixés à leur niveau initial $M_{X\overline{K}'}$ (tableau 4-5) à la productivité relative M. Nous trouvons que dans 80% des cas où il y a eu progression de M, il y a eu une progression parallèle de $M_{X\overline{K}'}$. Ceci signifie que l'amélioration de la productivité dans les facteurs variables est la principale source de l'amélioration de la productivité totale.

Années (t)* / Universités	1995-96	1996-97	1997-98	1998-99	1999-00
Laval	1,0074	1,2629	0,8806	0,9111	0,8648
McGill	0,9401	1,0479	0,7270	1,3293	1,1398
Montréal	0,7967	0,7961	1,0337	0,8586	1,2912
Sherbrooke	1,0944	1,0163	1,0963	non valide	1,0286

Tableau 4-5 : Évolution de l'indice $M(XK^t)$

L'impact des facteurs variables peut se mesurer également directement sur les indices d'efficacité et de changement dans la technologie de production. Ainsi, au tableau 4-6, nous pouvons constater qu'il n'y a que deux cas (Laval, pour les années 1997-98 et 1998-99) où l'efficacité, quand les inputs quasi-fixes sont gardés à leur niveau initial, s'améliore. $E_{X\overline{K}^t}$ ne semble donc pas pouvoir expliquer l'amélioration de la productivité. En revanche, dans 90% des cas où la productivité de ces universités s'est améliorée, l'indice mesurant le changement dans la technologie de production $P_{X\overline{K}^t}$ est inférieur à 1 c'est-à-dire qu'il y a une amélioration de la technologie de production, comme on peut le voir dans le tableau 4-7.. Ceci nous amène à la conclusion que le changement dans la technologie de production, mesuré quand les facteurs quasi-fixes sont à leur niveau initial, est la principale source de l'amélioration de la productivité de ces universités. Ceci signifie que les universités semblent avoir une meilleure gestion de la technologie de production effectuée par les inputs variables ou alors, un problème peut être généré par une mauvaise mesure du capital

* Pour la colonne indexée 1995/96, il faut comprendre que l'année t est l'année 1995/96 alors que l'année t+1 est 1996/97. Pour 1995/00, on compare l'année t 1995/96 avec l'année t+1 2000/01.

Années (t) / Universités	1995-96	1996-97	1997-98	1998-99	1999-00
Laval	1	1,3106	0,9757	0,8045	1,0275
McGill	1	1	1	1	1,7857
Montréal	1	1	1	1	1,6779
Sherbrooke	1,0288	1,0909	1,197581	1,0013	1,1292

Tableau 4-6** : Évolution de l'indice $E_{(XK^t)}$

Années (t) / Universités	1995-96	1996-97	1997-98	1998-99	1999-00
Laval	1,0074	0,9636	0,9025	1,1324	0,8416
McGill	0,9401	1,0479	0,7270	1,3293	0,6383
Montréal	0,7967	0,7961	1,0338	0,8586	0,7695
Sherbrooke	1,0638	0,9316	0,9154	non valide	0,9109

Tableau 4-7 : Évolution de l'indice $P_{(XK^t)}$

Dans ce qui a précédé, nous avons donc vu l'effet des inputs variables dans la productivité relative. L'impact des inputs quasi-fixes dans l'évolution de la productivité sera maintenant étudié.

4-1-2-2) Effet des inputs quasi-fixes sur les indices, mesurés quand les inputs variables et les outputs sont à leur niveau final.

Si nous comparons la productivité relative des universités avec faculté de médecine quand les inputs variables et les outputs sont fixés à leur niveau final, $M_{\overline{X^{t+1}}K}$ (tableau 4-8), à la productivité relative *M*, nous trouvons que cette productivité est stable dans la plupart des cas. Ceci nous indique donc que l'effet des inputs quasi-fixes dans la

** Un chiffre « 1 » dans un tableau de mesure d'indice signifie que ce chiffre n'est pas arrondi, au contraire d'un chiffre 1,0000 qui indique un chiffre arrondi. L'arrondissement se fait au quatrième chiffre après la virgule.

productivité est faible, voire très faible, alors que les inputs quasi-fixes se sont ajustés sur la période, du moins pour les "grosses" universités, aux variations des subventions gouvernementales[27] En effet, avec la baisse des subventions, durant les trois premières années, c'est-à-dire de 1995/96 à 1997/98 le nombre de professeurs a baissé, se stabilisant par la suite avec le retour des subventions durant les deux dernières années, voir la figure 4-3 Mais ces variations restent faibles, comparées à celles des inputs variables. En effet, la variation maximale des inputs quasi-fixes était de l'ordre de 8% alors que celle des inputs variables était de plus de 40% sur toute la période.

Années (t)* / **Universités**	**1995-96**	**1996-97**	**1997-98**	**1998-99**	**1999-00**
Laval	1,0000	1	1,0000	1,0000	1,0000
McGill	1,0000	1	1,0000	1,0000	0,7483
Montréal	1,2468	1,2171	1,0000	1,0000	0,772
Sherbrooke	1,0000	1,0000	1,0000	non valide	1,0000

Tableau 4-8** : Évolution de l'indice de Malquist $M_{(X^{t+1}K)}$

[27] Les inputs quasi-fixes ont varié dans le temps uniquement dans le cas des universités Laval, McGill, Montréal, Concordia et l'UQAM. Pour les autres universités la variation est presque nulle.

* Pour la colonne indexée 1995/96, il faut comprendre que l'année t est l'année 1995/96 alors que l'année t+1 est 1996/97.

** Un chiffre « 1 » dans un tableau de mesure d'indice signifie que ce chiffre n'est pas arrondi, au contraire d'un chiffre 1,0000 qui indique un chiffre arrondi. L'arrondissement se fait au quatrième chiffre après la virgule.

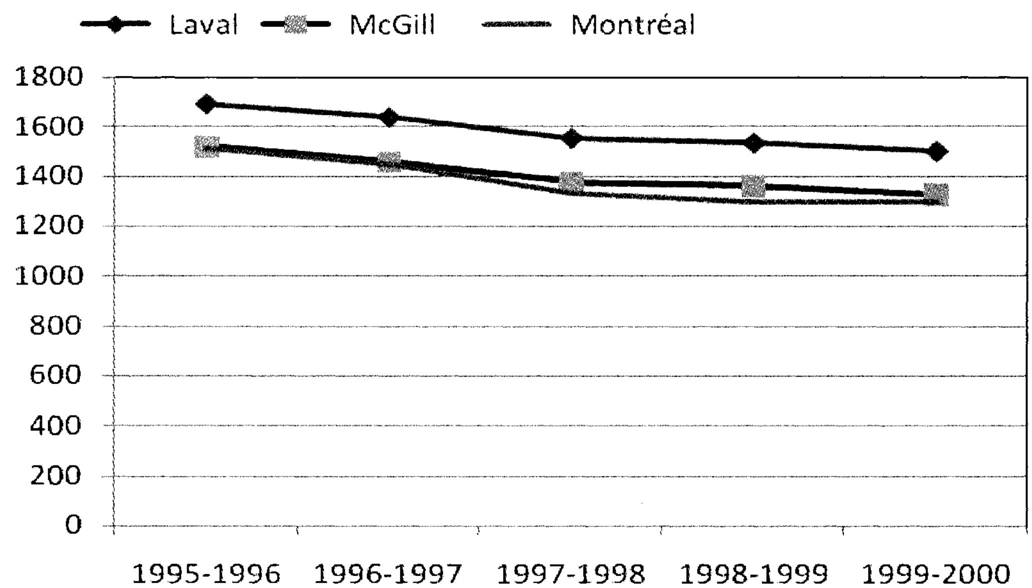


Figure 4-3 : Évolution du nombre de professeurs (ETP[28]) (input quasi-fixe[29])

Si nous considérons maintenant les indices reflétant les variations dans la technologie de production $P_{\overline{X}^{t+1}K}$ (tableau 4-9) et l'efficacité $E_{\overline{X}^{t+1}K}$ (tableau 4-10) quand les inputs variables et les outputs sont fixés à leur niveau final, nous voyons que dans 40% des cas où une amélioration de la productivité M s'est produite, il y a eu une amélioration du niveau de la technologie de production quand les inputs variables et outputs sont fixés à leur niveau final. Parallèlement à cette évolution, dans 50% des cas, il y a eu amélioration du niveau de l'efficacité quand les inputs variables et outputs sont fixés à leur niveau final. Cette amélioration est due à la baisse continue de l'input quasi-fixe, sauf pour l'université de Sherbrooke où l'input quasi-fixe est resté stable comme le

[28] TP : Équivalent temps plein
[29] L'Université de Sherbrooke est omise sur le graphique car le nombre de professeurs y reste très stable

montre la figure 4-3. En effet, la baisse de l'input quasi-fixe entraîne une hausse de l'efficacité sur le court terme, car avec moins d'un input, en supposant les autres inputs constants, comme ici, on produit le même output (du moins sur une certaine période).

Cependant, les variations des indices $P_{\overline{X}^{t+1}K}$ et de $E_{\overline{X}^{t+1}K}$ ne vont pas dans le même sens. En effet dans 85% des cas, la variation de $P_{\overline{X}^{t+1}K}$ compense celle de $E_{\overline{X}^{t+1}K}$ et vice-versa. Ceci a pour effet de garder la productivité, quand les facteurs variables sont fixés à leur niveau final, stable. En définitive, l'effet global des inputs quasi-fixes dans la productivité est presque nul, alors qu'en même temps il y a des effets séparés de l'efficacité et du changement de la technologie de production, mesurés quand les facteurs variables sont à leur niveau final, qui une fois combinés se compensent.

Années (t) / **Universités**	**1995-96**	**1996-97**	**1997-98**	**1998-99**	**1999-00**
Laval	0,9881	0,9514	0,8968	1,1422	0,8226
McGill	1,3831	1,4205	0,7143	1,3089	0,8223
Montréal	1,1917	1,0926	1,3193	1,0309	1,2313
Sherbrooke	1,0547	0,9310	0,9051	non valide	0,9216

Tableau 4-9 : Évolution de l'indice $P(X^{t+1}K)$

Années (t) / **Universités**	**1995-96**	**1996-97**	**1997-98**	**1998-99**	**1999-00**
Laval	1,0120	1,0511	1,1151	0,8755	1,2156
McGill	0,7230	0,7040	1,4000	0,7640	0,9100
Montréal	1,0462	1,1140	0,7580	0,9700	0,6270
Sherbrooke	0,9481	1,0748	1,1048	non valide	1,0851

Tableau 4-10 : Évolution de l'indice $E(X^{t+1}K)$

4-2) Présentation et interprétation des résultats des universités de plus de 3 000 étudiants.

Dans cette section, nous traiterons les résultats des universités qui n'ont pas de faculté de médecine, mais ayant un nombre d'étudiants en équivalent temps plein supérieur à 3 000.

Il est aussi important de noter que dans ce groupe, il y a des différences très importantes dans le nombre d'étudiants à temps plein entre d'une part l'université Concordia et l'UQAM[30] et d'autre part le reste des universités. Cependant, on ne pouvait pas inclure ces deux universités dans la première catégorie car elles n'ont pas de faculté de médecine, ni en faire une catégorie à part, car malgré ces différences, les résultats de toutes les universités de ce groupe, restent comparables.

Comme nous pouvons le remarquer dans le tableau 4-11, les universités de ce groupe enregistrent une amélioration de la productivité relative ($M < 1$) dans presque 60% des cas pour toutes les années étudiées, soit un chiffre globalement comparable à celui des universités du premier groupe. Cependant, si nous excluons l'université Concordia qui a enregistré une amélioration de sa productivité toutes les années de la période, nous trouvons que les autres universités ont amélioré leur productivité dans moins de 50% des cas.

[30] Le nombre d'étudiants en équivalent temps plein est supérieur à 15 000, pour les deux universités.

Années (t)* / Universités	1995-96	1996-97	1997-98	1998-99	1999-00	1995-00
Concordia	0,8788	0,9643	0,9730	0,9600	0,9758	**0,8077**
Polytechnique	0,9006	1,0072	0,9044	1,1953	1,0541	**0,9931**
U.Q.A.C.	1,2519	0,9938	1,1780	0,8396	0,9554	**1,2322**
U.Q.A.M.	0,8615	1,2416	1,0926	0,8772	1,0531	**1,0588**
U.Q.T.R.	1,1873	1,0386	0,8751	1,1744	0,9085	**1,1556**

Tableau 4-11 : Évolution de l'indice de productivité de Malmquist M

Afin de mieux comprendre ces variations de la productivité, les mêmes décompositions de l'indice M que précédemment sont possibles. M sera donc expliqué dans un premier temps par l'évolution des indices E mesurant le changement de l'efficacité et P pour le changement dans la technologie de production.

4-2-1) Interprétation selon la première décomposition

Nous remarquons à partir du tableau 4-12 que dans plus de 60% des cas, l'efficacité de ces universités est soit constante, soit en baisse. Cependant, dans 50% des cas, où il y a amélioration de la productivité relative de ces universités ($M < 1$) il y a aussi une amélioration de l'efficacité ($E < 1$).

* Pour la colonne indexée 1995/96, il faut comprendre que l'année t est l'année 1995/96 alors que l'année t+1 est 1996/97. Pour 1995/00, on compare l'année t 1995/96 avec l'année t+1 2000/01.

Années (t) / Universités	1995-96	1996-97	1997-98	1998-99	1999-00
Concordia	0,9092	1,0344	1,0143	1,0328	1,0664
Polytechnique	0,8755	0,9641	0,7625	1,2560	1,0892
U.Q.A.C.	1,2642	0,9373	0,9933	0,8933	1,0101
U.Q.A.M.	1	1	1	1	1
U.Q.T.R.	1,0233	1,0532	0,8832	1,2857	0,9483

Tableau 4-12** : Évolution de l'indice de l'efficacité *E*

Mais cette dépendance entre *E* et *M* reste relativement faible comparativement à celle entre la variation de la technologie de production *P* et la productivité *M*. En effet, si dans plus de 60% des cas, le niveau de technologie de production de ces universités s'est amélioré, dans presque 80% des cas où on peut constater une amélioration de la productivité de ces universités, on observe également une amélioration dans la technologie de production, voir le tableau 4-13 Ceci signifie que les variations de la productivité *M* sont mieux expliquées par les variations du niveau de la technologie de production *P* que par les variations de l'efficacité *E*.

Années (t) / Universités	1995-96	1996-97	1997-98	1998-99	1999-00
Concordia	0,9665	0,9322	0,9593	0,9296	0,9150
Polytechnique	1,0287	1,0447	1,1860	0,9516	0,9678
U.Q.A.C.	0,9903	1,0603	1,1860	0,9399	0,9458
U.Q.A.M.	0,8615	1,2416	1,0926	0,8772	1,0531
U.Q.T.R.	1,1603	0,9862	0,9909	0,9134	0,9580

Tableau 4-13 : Évolution de l'indice de technologie de production *P*

** Un chiffre « 1 » dans un tableau de mesure d'indice signifie que ce chiffre n'est pas arrondi, au contraire d'un chiffre 1,0000 qui indique un chiffre arrondi. L'arrondissement se fait au quatrième chiffre après la virgule.

De ce fait, nous pouvons dire que dans cette catégorie aussi l'effet de la technologie de production est très important dans la productivité des universités, mais que contrairement à la catégorie des universités qui ont une faculté de médecine, où l'effet de l'efficacité était très faible, l'efficacité relative ici joue un rôle nettement plus important dans la productivité. Il faut aussi noter que E et P varient dans le même sens dans uniquement 20% des cas, c'est-à-dire que la plupart du temps quand on assiste a une amélioration (détérioration) de l'efficacité E, on assiste en même temps à une détérioration (amélioration) du niveau de la technologie de production P. Cependant, cette compensation entre E et P n'est pas au point de rendre la productivité stable comme le montre le tableau 4-11 La compensation entre E et P n'est donc que partielle.

Par la suite, nous allons procéder à la deuxième décomposition de l'indice de productivité M pour mieux voir l'effet des inputs quasi-fixes et des inputs variables séparément dans la productivité.

4-2-2) Interprétation selon la deuxième décomposition.

4-2-2-1) Effet des inputs quasi-fixes sur les indices, mesurés quand les facteurs variables et les outputs sont à leur niveau final.

En calculant la productivité quand les facteurs variables sont fixés à leur niveau final $M_{\overline{X}^{t+1}K}$, nous trouvons qu'à l'exception de l'UQAM en 1996-97, qui a enregistré une baisse, c'est-à-dire $M_{\overline{X}^{t+1}K} < 1$, cette productivité est restée stable ($M_{\overline{X}^{t+1}K} = 1$) ou à peu prés stable ($M_{\overline{X}^{t+1}K} = 1{,}0000$)** dans tous les autres cas. Ceci nous permet de dire que les facteurs quasi-fixes ne semblent pas être la source de l'amélioration de la productivité de ces universités, ce qu'on peut confirmer en calculant $E_{\overline{X}^{t+1}K}$ et $P_{\overline{X}^{t+1}K}$.

Ainsi, en calculant l'efficacité quand les facteurs variables sont fixés à leur niveau final $E_{\overline{X}^{t+1}K}$, puis le changement dans la technologie de production $P_{\overline{X}^{t+1}K}$, nous trouvons que pour les universités considérées ici, comme dans les universités ayant une faculté de médecine, la stabilité de la productivité quand les facteurs variables sont fixés à leur niveau final provient d'une compensation entre l'efficacité et la technologie de production et non pas d'une stabilité dans les deux (voir les tableaux A1 et A2 en annexe).

4-2-2-2) Effet des facteurs variables sur les indices, mesurés quand les inputs quasi-fixes et les outputs sont à leur niveau initial.

Étant donnée que la productivité quand les facteurs variables sont fixés à leur niveau final, $M_{\overline{X}^{t+1}K}$, est stable dans presque tous les cas, il est logique de trouver que la productivité M est à peu près égale à la productivité quand les inputs quasi-fixes sont fixés à leur niveau initial $M_{X\overline{K}^{t}}$[31], voir le tableau 4-11 et le tableau A3 en annexes.

** On rappelle que le chiffre « 1 » dans une mesure d'indice signifie que ce chiffre n'est pas arrondi, au contraire d'un chiffre 1,0000 qui indique un chiffre arrondi. L'arrondissement se fait au quatrième chiffre après la virgule.

[31] On rappelle que $M = M_{X\overline{K}^{t}} \times M_{\overline{X}^{t+1}K}$

De la même manière, en calculant les indices de l'efficacité $E_{X\overline{K}^t}$ et du changement dans la technologie de production $P_{X\overline{K}^t}$ quand les inputs quasi-fixes sont à leur niveau initial, on trouve qu'ils sont dans presque tous les cas égaux aux indices de l'efficacité et du changement dans la technologie de production E et P (voir les tableaux A4 et A5 en annexes).

En effet, vu que l'effet de l'efficacité et l'effet du changement du niveau de la technologie de production, mesurés quand les facteurs variables sont fixés à leur niveau final,($E_{\overline{X}^{t+1}K}$ et $P_{\overline{X}^{t+1}K}$) se compensent, les variations de la productivité M sont alors presque totalement expliquées par les variations du changement de l'efficacité technique $E_{X\overline{K}^t}$ et du changement du niveau de la technologie de production $P_{X\overline{K}^t}$ quand les inputs quasi-fixes sont à leur niveau initial.

4-3 Présentation et interprétation des résultats des universités de moins de 3 000 étudiants.

Dans une troisième partie, nous analysons les résultats de productivité des universités qui n'ont pas de faculté de médecine et qui ont moins de 3 000 étudiants en équivalent temps plein.

En calculant l'indice de la productivité M, nous trouvons des résultats comparables à ceux des deux autres catégories d'université. En effet, dans 60% des cas il y a eu amélioration de la productivité, c'est-à-dire $M < 1$. Ce pourcentage est de 90% pour les deux dernières années où les universités se comportent nettement mieux que les trois premières années durant lesquels ce pourcentage était de 40%. Cela signifie que ces universités ont pleinement profité du retour des subventions gouvernementales, c'est-à-dire que l'augmentation des subventions, qui a commencé à partir de 1998/1999, est la cause de l'amélioration de la productivité durant les deux dernières années. En théorie quand les subventions augmentent, l'efficacité doit diminuer, car avec plus d'argent on produit le même output, et par conséquent la productivité diminue. Cependant, on remarque dans le cas de ce groupe d'universités que leur niveau de technologie de production a augmenté dans 80% des cas durant les deux dernières années 1998-1999 et 1999-2000.

En effet, ces universités ont peut-être investi une partie des subventions gouvernementales dans l'infrastructure ou dans l'équipement, ce qui a pu être la cause de l'amélioration de la productivité. Cependant nous ne pouvons pas confirmer ces dépenses, car nous avons uniquement les dépenses de fonctionnement et non celles d'investissement, voir le tableau 4-14 et les tableaux A6 et A7 en annexes.

Il faut aussi noter que dans cette catégorie les amplitudes des variations dans la productivité relative de ces universités sont plus importantes que celles des catégories précédentes. Par exemple, la productivité peut baisser d'un maximum de 60% pour ces universités (UQAT entre l'année t = 1995/96 et t+1 = 1996/97) alors que la baisse maximale n'était que de 32% (McGill entre l'année t = 1998/99 et t+1 = 1999/00) dans le cas des universités ayant une faculté de médecine. Et ceci revient au fait que ces petites universités ne peuvent pas faire des économies d'échelle comme dans le cas des plus grandes universités et donc une baisse des dépenses de 10% dans leur cas aura pour conséquence une moindre amélioration de la productivité M que dans le cas des grandes universités.

Années (t)* / Universités	1995-96	1996-97	1997-98	1998-99	1999-00	1995-00
Bishop's	0,9345	1,0718	0,8874	1,0870	0,9751	**0,9826**
E.T.S.	1,0475	1,0289	0,8207	0,8015	0,6508	**0,7002**
U.Q.O.	0,9511	1,0381	1,4436	0,8024	0,8792	**1,0561**
U.Q.A.R.	0,8862	1,0525	1,2305	0,9816	0,8777	**1,0024**
U.Q.A.T.	1,6283	1,4873	0,7623	0,5363	0,8905	**0,7157**

Tableau 4-14 : Évolution de l'indice de productivité de Malmquist M

4-3-1) Interprétation selon la première décomposition.

Pour les universités de moins de 3 000 étudiants en équivalent temps plein (ETP), comme pour les universités des deux autres groupes déjà considérés, l'effet de la technologie de production sur la productivité est beaucoup plus important que celui de l'efficacité technique. En effet, dans 90% des cas où les universités améliorent leur productivité ($M < 1$), le niveau de leur technologie de production s'améliore également ($P < 1$), alors que dans près de 50% des cas, on peut noter une amélioration de l'efficacité ($E < 1$). (Voir les tableaux A6 et A7 en annexe).

* Ainsi, pour la colonne indexée 1995/96, il faut comprendre que l'année t est l'année 1995/96 alors que l'année t+1 est 1996/97. Pour 1995/00, on compare l'année t 1995/96 avec l'année t+1 2000/01.

4-3-2) Interprétation selon la deuxième décomposition.

4-3-2-1) Effet des inputs quasi-fixes sur les indices, mesurés quand les facteurs variables et les outputs sont à leur niveau final.

Contrairement aux deux premiers groupes d'universités où la productivité, mesurée quand seuls les facteurs quasi-fixes peuvent varier, était stable dans la plupart des cas, l'effet des facteurs quasi-fixes est ici plus important. En effet, l'amélioration de la productivité M peut s'expliquer dans plus de 50% des cas par la productivité $M_{\overline{X}^{t+1}K}$, mesurée quand les inputs variables et les outputs sont à leur niveau final, voir le tableau 4-14.

Années (t)* / Universités	1995-96	1996-97	1997-98	1998-99	1999-00
Bishop	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
E.T.S.	1,0000	0,9922	0,7769	0,4211	0,4270
U.Q.A.O.	0,9650	1,0255	1,0000	0,9972	1,0075
U.Q.A.R.	1,0000	0,9924	1,0000	1,0000	1,0000
U.Q.A.T.	1,5739	1	0,5589	0,3071	0,5569

Tableau 4-14** : Évolution de l'indice de Malmquist $M_{(X^{t+1}K)}$

De plus, en calculant l'efficacité $E_{\overline{X}^{t+1}K}$ et le changement de la technologie de production $P_{\overline{X}^{t+1}K}$ quand les inputs variables et les outputs sont fixés à leur niveau final, nous trouvons que dans plus de 50% des cas où la productivité s'améliore ($M < 1$),

* Pour la colonne indexée 1995/96, il faut comprendre que l'année t est l'année 1995/96 alors que l'année t+1 est 1996/97. Pour 1995/00, on compare l'année t 1995/96 avec l'année t+1 2000/01.

** Un chiffre « 1 » dans un tableau de mesure d'indice signifie que ce chiffre n'est pas arrondi, au contraire d'un chiffre 1,0000 qui indique un chiffre arrondi. L'arrondissement se fait au quatrième chiffre après la virgule.

l'efficacité $E_{\overline{X}^{t+1}K}$ s'est améliorée aussi ($E_{\overline{X}^{t+1}K} < 1$) et dans presque 70% des cas la technologie de production $P_{\overline{X}^{t+1}K}$ s'est améliorée ($P_{\overline{X}^{t+1}K} < 1$). Ceci confirme l'idée que les inputs quasi-fixes sont une source importante dans l'amélioration de la productivité.

4-3-2-2) Effet des facteurs variables sur les indices, mesurés quand les inputs quasi-fixes sont à leur niveau initial.

En mesurant la productivité $M_{X\overline{K}^t}$ quand les facteurs quasi-fixes sont tenus à leur niveau initial, nous trouvons qu'une amélioration de cette dernière explique dans 60% des cas une amélioration de la productivité des universités de ce groupe. De la même manière, en calculant l'efficacité $E_{X\overline{K}^t}$ et le changement du niveau de la technologie de production $P_{X\overline{K}^t}$ quand les facteurs quasi-fixes sont tenus à leur niveau initial, nous trouvons que l'effet de cette efficacité dans la productivité est relativement faible en comparaison avec celui de la technologie de production dans la productivité. En effet, dans moins de 50% des cas, on peut expliquer l'amélioration de la productivité par une amélioration de cette efficacité ($E_{X\overline{K}^t} < 1$) alors que ce pourcentage est de 80% pour la technologie de production $P_{X\overline{K}^t}$, mesurés quand les inputs quasi-fixes sont à leur niveau initial.

Dans ce qui a précédé, nous avons donc présenté les résultats de l'application de l'indice de Malmquist aux universités québécoises. Pour bien analyser l'évolution de cet indice, nous avons distingué les universités selon trois catégories. Les universités ont premièrement été séparées en deux groupes. D'une part celles qui ont une faculté de médecine et d'autre part celles qu'en ont pas. Puis en second lieu les universités qui n'ont pas de faculté de médecine ont été divisées en deux groupes selon le nombre d'étudiants en équivalent temps plein, c'est-à-dire les universités qui ont plus que 3 000 étudiants en équivalent temps plein (ETP) sont dans le deuxième groupe et celles qui ont moins de 3 000 sont dans le troisième groupe.

Finalement, nous avons trouvé des similitudes et différence dans le comportement chez les trois groupes, que nous avons récapitulé dans le tableau 4-15 La similitude réside dans la sensibilité de la productivité des universités envers le changement de la technologie de production. Ainsi pour toutes les universités étudiées l'amélioration du niveau de la technologie de production qui s'est faite en parallèle avec une amélioration de la productivité *M*.

La différence est surtout du point de vue de la sensibilité envers les facteurs quasi-fixes. En effet, les universités ayant une faculté de médecine et celles qui n'en ont pas mais qui ont plus de 3 000 étudiants ne sont presque pas sensibles à ce facteur, alors que les universités n'ayant pas de faculté de médecine et qui ont moins de 3 000 étudiants sont sensibles à ce facteur.

<table>
<tr><th></th><th colspan="3">Groupes d'universités</th></tr>
<tr><th></th><th>Avec faculté de médecine</th><th>Sans faculté de médecine et plus de 3 000 étudiants (ETP)</th><th>Sans faculté de médecine et moins de 3 000 étudiants (ETP)</th></tr>
<tr><td>E</td><td>Très faible impact</td><td>Impact moyen</td><td>Impact moyen</td></tr>
<tr><td>P</td><td>Très fort impact</td><td>Très fort impact</td><td>Très fort impact</td></tr>
<tr><td>$M_{\overline{X}^{t+1}K}$</td><td>Très faible impact</td><td>Presque pas d'impact</td><td>Impact considérable</td></tr>
<tr><td>$E_{\overline{X}^{t+1}K}$</td><td rowspan="2">Forte compensation entre $E_{\overline{X}^{t+1}K}$ et $P_{\overline{X}^{t+1}K}$</td><td rowspan="2">Compensation presque totale entre $E_{\overline{X}^{t+1}K}$ et $P_{\overline{X}^{t+1}K}$</td><td>Impact moyen avec faible compensation avec $P_{\overline{X}^{t+1}K}$</td></tr>
<tr><td>$P_{\overline{X}^{t+1}K}$</td><td>Fort impact avec faible compensation avec $E_{\overline{X}^{t+1}K}$</td></tr>
<tr><td>$M_{X\overline{K}^t}$</td><td>Très fort impact</td><td>Impact presque total ($M_{X\overline{K}^t}$ □ M)</td><td>Fort impact</td></tr>
<tr><td>$E_{X\overline{K}^t}$</td><td>Très faible impact</td><td>Impact moyen</td><td>Impact moyen</td></tr>
<tr><td>$P_{X\overline{K}^t}$</td><td>Très fort impact</td><td>Très fort impact</td><td>Très fort impact</td></tr>
</table>

Tableau 4-15 : Récapitulatif de l'impact des différents indices sur la productivité M

Conclusion

Le but de notre étude est de mesurer la productivité relative des universités québécoises. En effet, cela consiste à mesurer la productivité de chaque université relativement à ses concurrentes directes sans avoir besoin de définir un standard de comparaison c'est-à-dire un niveau prédéfini de productivité.

Pour parvenir à notre fin, nous avons choisi la méthode *DEA* à travers l'indice de Malmquist comme outil de mesure de la productivité, et nous avons étudié l'évolution de 14 universités québécoises sur la période allant de 1995/1996 à 1999/2000. Cette période est marquée par deux événements majeurs, le premier est que les trois premières années de cette période sont les dernières années des coupures budgétaires commencées en 1992/1993. Le deuxième est le retour des subventions gouvernementales durant les deux dernières années de cette période.

Après avoir expliqué la méthode *DEA*, ainsi que les modèles *CCR* (*Charnes, Cooper et Rhodes*) et *BCC* (*Banker, Charnes et Cooper*) nous avons introduit l'indice de Malmquist et ses décompositions. Ainsi, la première décomposition consiste à subdiviser l'indice de Malmquist en deux autres indices, *E* e*t* *P* mesurant respectivement l'efficacité relative et la technologie. La deuxième quant à elle, consiste à décomposer l'indice de Malmquist en quatre indices. $E_{X\bar{K}^t}$ et $P_{X\bar{K}^t}$ $E_{\bar{X}^{t+1}K}$ et $P_{\bar{X}^{t+1}K}$ qui mesurent respectivement l'efficacité et le changement technologique selon que les inputs variables, quasi-fixes et les outputs sont gardés constants..

Finalement, nous avons regroupé nos résultats dans trois catégories. Ce classement a été fait selon les facultés de médecine et le nombre d'étudiant en équivalent temps plein ETP. La première catégorie rassemble toutes les universités qui ont une faculté de médecine. La deuxième quant à elle regroupe les universités qui n'ont pas de facultés de médecine et qui ont un nombre d'étudiants en équivalent temps plein supérieur à 3 000. Enfin, les "petites" universités composent la troisième catégorie c'est-à-dire les universités n'ayant pas de faculté de médecine et dont le nombre d'étudiants en équivalent temps plein est inférieur à 3 000.

On observe une similitude dans l'évolution de la productivité *M* des universités des différentes catégories. En effet, le changement dans la technologie de production a un très fort impact sur la productivité des universités, indépendamment de la catégorie d'appartenance de celle-ci.

Cependant, il y a aussi une différence qui réside dans la sensibilité envers les facteurs quasi-fixes. En effet, les universités avec faculté de médecine ainsi que celles avec un nombre d'étudiants en ETP supérieur à 3 000 ne sont presque pas sensibles aux changements des facteurs quasi-fixes, alors que les universités avec moins de 3 000 étudiants en ETP sont beaucoup plus sensibles à ces derniers. Ceci nous fait nous interroger sur la manière optimale de gérer ces inputs. Pour parvenir à des réponses plus précises à ce niveau, une autre étude plus approfondie concernant les inputs quasi-fixes pourra être réalisée.

Annexes

Universités \ Années (t)*	1995-96	1996-97	1997-98	1998-99	1999-00
Concordia	1,0242	1,0689	1,0476	1,0656	1,0769
Polytechnique	0,9824	0,9541	0,8269	1,0369	1,0337
U.Q.A.C.	0,9949	0,9369	0,8727	1,0885	1,0687
U.Q.A.M.	0,9700	1	0,8210	0,9540	0,8500
U.Q.T.R.	0,9557	1,0156	0,9920	1,0943	1,0447

Tableau (A1) ** Évolution de l'indice $E_{(X^{t+1}K)}$ (2ème groupe)

Universités \ Années (t)*	1995-96	1996-97	1997-98	1998-99	1999-00
Concordia	0,9764	0,9356	0,9545	0,9385	0,9286
Polytechnique	1,0179	1,0481	1,2093	0,9644	0,9674
U.Q.A.C.	1,0052	1,0674	1,1459	0,9187	0,9357
U.Q.A.M.	1,0309	1,2375	1,2180	1,0482	1,1765
U.Q.T.R.	1,0464	0,9847	1,0081	0,9139	0,9572

Tableau (A2) Évolution de l'indice $P_{(X^{t+1}K)}$ (2ème groupe)

---

*Pour la colonne indexée 1995/96, il faut comprendre que l'année t est l'année 1995/96 alors que l'année t+1 est 1996/97.

**Un chiffre « 1 » dans un tableau de mesure d'indice signifie que ce chiffre n'est pas arrondi, au contraire d'un chiffre 1,0000 qui indique un chiffre arrondi. L'arrondissement se fait au quatrième chiffre après la virgule.

Années (t)* / Universités	1995-96	1996-97	1997-98	1998-99	1999-00
Concordia	0,8788	0,9643	0,9730	0,9600	0,9758
Polytechnique	0,9006	1,0072	0,9044	1,1953	1,0541
U.Q.A.C.	1,2519	0,9938	1,1780	0,8396	0,9554
U.Q.A.M.	0,8615	1,0033	1,0926	0,8771	1,0531
U.Q.T.R.	1,1873	1,0386	0,8751	1,1744	0,9085

Tableau (A3) Évolution de l'indice $M_{(XK^t)}$ (2ème groupe)

Années (t)* / Universités	1995-96	1996-97	1997-98	1998-99	1999-00
Concordia	0,9092	1,0344	1,0143	1,0328	1,0664
Polytechnique	0,8755	0,9641	0,7625	1,2560	1,0892
U.Q.A.C.	1,2642	0,9373	0,9933	0,8933	1,0101
U.Q.A.M.	1	1	1	1	1
U.Q.T.R.	1,0233	1,0532	0,8832	1,2857	0,9483

Tableau (A4)** Évolution de l'indice $E_{(XK^t)}$ (2ème groupe)

Années (t)* / Universités	1995-96	1996-97	1997-98	1998-99	1999-00
Concordia	0,9665	0,9322	0,9593	0,9295	0,9150
Polytechnique	1,0287	1,0447	1,1860	0,9516	0,9678
U.Q.A.C.	0,9903	1,0603	1,1860	0,9399	0,9458
U.Q.A.M.	0,8615	1,0033	1,0926	0,8771	1,0531
U.Q.T.R.	1,1603	0,9862	0,9909	0,9134	0,9580

Tableau (A5) Évolution de l'indice $P_{(XK^t)}$ (2ème groupe)

**Un chiffre « 1 » dans un tableau de mesure d'indice signifie que ce chiffre n'est pas arrondi, au contraire d'un chiffre 1,0000 qui indique un chiffre arrondi. L'arrondissement se fait au quatrième chiffre après la virgule.

Années (t)* / Universités	1995-96	1996-97	1997-98	1998-99	1999-00
Bishop	0,9405	1,0872	0,7726	1,0363	0,9650
E.T.S.	1,0160	1,0566	0,8850	1	1,0638
U.Q.A.O.	0,9366	1,0345	1,2681	0,8166	0,9335
U.Q.A.R.	1	1	1	1	1
U.Q.A.T.	1	1	1	1	1

Tableau (A6)** Évolution de l'indice de l'efficacité relative *E* (3ème groupe)

Années (t)* / Universités	1995-96	1996-97	1997-98	1998-99	1999-00
Bishop	0,9937	0,9858	1,1485	1,0490	1,0104
E.T.S.	1,0310	0,9738	0,9273	0,8015	0,6118
U.Q.A.O.	1,0154	1,0034	1,1385	0,9826	0,9419
U.Q.A.R.	0,8862	1,0525	1,2305	0,9816	0,8777
U.Q.A.T.	1,6283	1,4873	0,7623	0,5363	0,8905

Tableau (A7) Évolution de l'indice de technologie de production *P* (3ème groupe)

**Un chiffre « 1 » dans un tableau de mesure d'indice signifie que ce chiffre n'est pas arrondi, au contraire d'un chiffre 1,0000 qui indique un chiffre arrondi. L'arrondissement se fait au quatrième chiffre après la virgule.

Bibliographie

Articles

- Abbott M. and C. Doucouliagos (2003), "The Efficiency of Australian Universities: a Data Envelopment Analysis", *Economics of Education Review, Vol. 22, Iss. 7.*

- Athanassopoulos Antreas D. and Estelle Shale (1997): "Assessing the Comparative Efficiency of Higher Education Institutions in the UK by Means of Data Envelopment Analysis", *Education Economics, Vol. 5, No. 2. pg.117.*

- Cave M., S. Hanney and M. Kogan (1991). "The use of performance indicators in higher education". *Higher Education Policy Series, 34. Jessica Kingsley Publishers, London (1991).*

- Caves Douglas W, Laurits R. Christensen and W. Erwin Diewert (1982) "Multilateral Comparisons of Output, Input, and Productivity Using Superlative Index Numbers" *The Economic Journal, Vol. 92, No. 365.*

- CREPUQ; Rapport du Comité conjoint CREPUQ-MEQ sur le niveau des ressources; 2002; Le niveau des ressources de fonctionnement des universités québécoises : comparaison aux autres universités canadiennes, 1995-1996 à 2002-2003.

- Cooper W. W, LM Seiford and K Tone (2000) "Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software". Hardcover - Nov 30 (1999).

- De Groot, H., McMahon, W., and Volkwein, J. (1991). "The cost structure of American research universities". *Rev. Econ. Stat. 73: 424–431.*

- Färe, R, Grosskopf, S, Norris, M & Zhang, Z (1994) "Productivity growth, technical progress and efficiency change in industrialized countries" *American Economic*, Review 84(1).

- Färe Rolf, Shawna Grosskopf, Björn Lindgren and Pontus Roos (1995), "Productivity Developments in Swedish Hospitals: a Malmquist Output Index Approach", Amsterdam: Kluwer, *Academic Publishers.*

- Färe, R., S Grosskopf, B. Lindgren and P. Ross. (1994a). Productivity Developments in Swedish Hospitals: A Malmquist output Index Approach. In A. Charnes, W. W. Cooper, A. Y. Lewin and L. M. Seiford (eds.), *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and Application.* Boston: *Kluwer Academic Publishers.* (Originally presented at a Conference on New Uses of DEA in Management and Public Policy, University of Texas, Austin, TX, September 27-29, 1989.)

- Färe, R., S Grosskopf, M. Norris and Z. Zhang. (1994b). "Productivity Growth, Technical Progress, and Efficiency Change in Industrialized Countries." *American Economic Review* 84(1) (March).

- Färe, R., S Grosskopf, M. Norris and Z. Zhang. (1997). "Productivity Growth, Technical Progress, and Efficiency Change in Industrialized Countries: Reply." *American Economic Review* 87(5) (December).

- Flegg A. T., D. O. Allen, K. Field and T. W. Thurlow (2004): "Measuring the Efficiency of British Universities: A Multi-period Data Envelopment Analysis", *Education Economics*, Vol. *12, No. 3.*

- Johnes Geraint and Jill Johnes (1993), "Measuring the Research Performance of UK Economics Departments: an Application of Data Envelopment Analysis" *Oxford Economic Papers*, *Vol. 45, No. 2, pg. 332.*

- Marinho Alexandre, Marcelo Resende and Luis Otavio Façanha (1997), "Brazilian Federal Universities: Relative Efficiency Evaluation and Data Envelopment Analysis", Revista *Brasileira de Economia, Vol. 4, pg 489.*

- McMillan Melville L.and Debasish Datta (1998), "The Relative Efficiencies of Canadian Universities: a DEA Perspective", *Canadian Public Policy, Vol. XXIV, No. 4, pg. 485.*

- Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport; STATISTIQUES DE L'ÉDUCATION - édition 2005; Enseignement primaire, secondaire, collégial et universitaire; Québec.

- Moreno Abel A. and Raghu Tadepalli (2002): "Assessing Academic Department Efficiency at a Public University", *Managerial and Decision Economics, Vol. 23, pg. 385.*

- Ng Ying Chu and Sung Ko Li (2000), "Measuring the Research Performance of Chinese Higher Education Institutions: an Application of Data envelopment Analysis", *Education Economics, Vol. 8, No. 2, pg. 139.*

- Ouellette Pierre, Valerie Vierstraete (2004). "Technological change and efficiency in the presence of quasi-fixed inputs: A DEA application to the hospital sector " *European Journal of Operational Research, Vol. 154, No. 3. pp. 755-763.*

- Ray, S. C. and E. Desli. (1997). "Productivity Growth, Technical Progress, and Efficiency Change in Industrialized Countries: Comment." *American Economic Review* 87(5) (December).

- Tomkins C. et Green R. H. (1988), "An experiment in the use of DEA for evaluating the efficiency of UK university departments of accounting". *Financial Accountability and Management, 4.*

Webographie

- Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport (http://www.mels.gouv.qc.ca/)

- Conférence des recteurs et des principaux des universités du Québec (http://www.crepuq.qc.ca).