

L'efficacité des structures déconcentrées de l'éducation primaire au Sénégal : une approche par la méthode DEA et une estimation bootstrap tronquée

Harouna WASSONGMA *

François FALL**

Ibrahima THIAM***

Résumé - Cet article est un des rares travaux qui apporte un éclairage sur l'efficacité des structures déconcentrées de l'éducation primaire au Sénégal. L'estimation est réalisée à partir des données du ministère de l'Éducation, selon une procédure en deux étapes. Dans la première étape, nous estimons l'efficacité technique des inspections d'éducation et de formation (IEF) et des inspections d'académie (IA) à l'aide de la méthode d'enveloppement de données (DEA). Dans un second temps, nous appliquons une régression bootstrap tronquée (procédure *bootstrap truncated* de Simar et Wilson, 2007) afin de mettre en évidence l'impact des facteurs extra-scolaires sur l'efficacité des structures déconcentrées. Les résultats de la première étape montrent une très faible efficacité des IEF et des IA au Sénégal, du fait notamment d'une mauvaise utilisation technique des ressources. Les résultats de la deuxième étape montrent que l'efficacité scolaire des IEF est expliquée par des facteurs externes comme l'incidence de la pauvreté, l'accès aux services sociaux de base, le nombre moyen d'années de scolarisation, ainsi que par l'importance de la prévalence du paludisme.

Classification JEL

C44, D61, H52, I21

Mots-clés

Efficacité
Éducation primaire
Méthode DEA
Estimation bootstrap tronquée

* Université Lédéa Bernard OUEDRAOGO, Burkina Faso ; hwassongma@gmail.com

** Université de Toulouse, UT2J, UTTOP, ENSFEA, LEREPS, Toulouse, France ; francois-seck.fall@ut-capitole.fr

*** Université Iba Der THIAM de Thiès, Sénégal ; ithiam@univ-thies.sn

INTRODUCTION

L'amélioration des résultats scolaires est une composante essentielle de l'agenda des gouvernements des pays en développement (Garcia-Diaz, del Castillo et Cabral, 2016). L'objectif 4 des ODD visant à garantir une éducation de qualité pour tous à l'horizon 2030 a en effet incité de nombreux pays en développement à intégrer l'amélioration des résultats scolaires dans leurs politiques éducatives. Au Sénégal, cette question revêt une importance particulière, compte tenu des moyens importants engagés dans le système éducatif. Le Sénégal figure parmi les pays qui dépensent le plus pour leur système éducatif en Afrique : environ 40 % des dépenses récurrentes sont allouées à l'éducation depuis 2000 [Dieng, 2018], ce qui représente près du double de la moyenne en Afrique subsaharienne (22,6 %). Toutefois, malgré l'importance des ressources allouées à ce secteur, les résultats demeurent très en deçà des attentes, notamment dans le cycle primaire. En 2011, le taux de réussite au certificat de fin d'études élémentaires (CFEE) était de 56 % au niveau national, avec de fortes disparités entre les régions et les départements (91,6 % à Kédougou contre 27 % à Kolda). Avec le programme d'amélioration de la qualité, de l'équité et de la transparence (PAQUET), qui est le cadre d'opérationnalisation de la politique éducative pour la période 2012-2025, le gouvernement compte déconcentrer davantage la gestion de l'éducation vers les inspections académiques et départementales. Le but de ce programme est de renforcer l'efficacité du système d'éducation sénégalais par une amélioration significative de la performance scolaire. L'autre objectif porte sur la rationalisation des dépenses du secteur. Les inspections de l'éducation et de la formation (IEF) doivent ainsi assurer le suivi et la supervision pédagogiques des écoles élémentaires et des établissements, des centres de formation technique et professionnelle et des écoles communautaires de base : (i) inspecter les directions des écoles à travers un contrôle de la gestion administrative, matérielle et financière; (ii) faire des rapports périodiques (quantum horaire, animation pédagogique, suivi encadrement...); (iii) organiser des visites d'écoles et d'établissements; (iv) renforcer les capacités des enseignants.

Les IEF, étant plus proches des écoles et connaissant mieux leurs besoins, sont à même de pouvoir gérer les ressources du système éducatif. Les structures déconcentrées constituent dès lors un important levier par lequel les décideurs sont susceptibles d'agir pour améliorer les performances des établissements scolaires. Dans ce contexte, l'analyse de la performance des IEF devient déterminante, notamment pour juger de l'efficacité de la gestion des moyens alloués par le gouvernement et appréhender les facteurs permettant l'amélioration des résultats scolaires.

Toutefois, il n'existe à ce jour aucune étude qui mette en évidence l'efficacité de la gestion des ressources scolaires dans les structures déconcentrées au Sénégal. Ce manque est constaté également en ce qui concerne les autres pays de l'espace UEMOA. Il existe, par ailleurs, une littérature foisonnante sur l'estimation de l'efficacité scolaire. Cependant, les travaux se limitent généralement aux niveaux école et élève. À notre connaissance aucune étude n'a été faite sur l'estimation de l'efficacité des structures déconcentrées de l'éducation dans le contexte ouest-africain.

C'est dans cette perspective que nous proposons ici d'analyser l'efficacité des inspections d'éducation et de formation. À partir de données de sources administratives, nous avons estimé dans une première étape les scores d'efficacité des IEF à partir de la méthode d'enveloppement des données (DEA). Ces scores sont

des indicateurs de leur capacité à transformer les intrants mis à leur disposition en performances scolaires. Les IEF ont été ensuite classées en deux groupes : celles qui arrivent à produire de meilleures performances (efficientes) et celles qui ne sont pas efficientes. Nous avons également classé les IEF par inspection académique (IA) afin d'estimer les IA les plus efficientes. Cette analyse est complétée dans une seconde étape par une estimation post-DEA basée sur l'approche *bootstrap truncated* de Simar et Wilson [2007]. Cette estimation complémentaire permet de mettre en évidence les facteurs extra-scolaires qui influencent l'efficacité des IEF. Elle consiste à expliquer les scores DEA estimés dans la première étape par un ensemble de variables en utilisant une régression bootstrap. Cette contribution apporte ainsi un éclairage sur le rôle des IEF dans l'efficacité scolaire au Sénégal.

La suite de l'article est organisée de la manière suivante. Dans un premier temps (section 1), nous présentons le cadre conceptuel de la mesure de l'efficacité avec une brève revue de la littérature dans le domaine de l'éducation. Dans un second temps (section 2), nous présentons la méthodologie d'estimation des étapes 1 et 2, ainsi que les données de l'étude. Dans un troisième temps, nous discutons les résultats de l'étape 1 (section 3) puis les résultats post-DEA établis dans l'étape 2 (section 4).

1. CADRE CONCEPTUEL DE MESURE DE L'EFFICACITÉ ET REVUE DE LA LITTÉRATURE

L'analyse de l'efficacité s'inscrit de manière générale dans le cadre de la théorie de la production. Elle permet de mettre en évidence l'efficacité avec laquelle une firme ou unité de décision transforme des inputs en outputs, ou la façon dont celle-ci combine de façon optimale les inputs de sorte à produire un maximum d'outputs. Farrell [1957] fut le premier à poser le cadre théorique de la mesure de l'efficacité. Une firme sera considérée comme relativement inefficace si une autre firme produit plus ou autant d'outputs avec une quantité inférieure d'inputs. La notion d'efficacité se matérialise par une fonction de production qui représente la relation entre les inputs et les outputs du processus de production dans l'échantillon considéré. Cette fonction permet alors de définir les "meilleures pratiques", celles situées sur la frontière de production. Cette dernière représente les limites technologiques de ce qu'une organisation peut produire avec un niveau donné d'inputs. L'inefficacité d'une unité de décision se mesure alors par la distance par rapport à la frontière.

Techniquement, l'estimation de cette frontière d'efficacité peut se faire de façon paramétrique ou non paramétrique. La particularité des approches paramétriques est qu'elles reposent sur l'estimation économétrique d'une fonction de production ou de coût dont la forme fonctionnelle est connue, alors que les approches non paramétriques ne nécessitent nullement la spécification de telles fonctions¹. La méthode DEA qui nous intéresse ici est l'une des méthodes non paramétriques les plus utilisées pour le calcul de l'efficacité des unités de décision. Cette approche a été développée initialement par Charnes et al. [1978] sur la base des travaux de Farrell [1957], dans un cadre de rendements d'échelle constants. Elle a été étendue par Banker [1984] dans le cadre de rendements d'échelle variables. Elle repose sur l'estimation d'une frontière de production reliant les entités efficaces. Cette frontière détermine les meilleures pratiques et sert de référence à toutes les entités

¹ Pour une analyse très détaillée de ces deux familles d'approches en éducation, voir Kosor [2013].

évaluées. Ainsi, à partir de cette frontière, l'efficacité de chaque firme est évaluée sur la base de la distance qui la sépare de cette frontière. Techniquement, la méthode DEA consiste dans la résolution d'un problème de programmation linéaire. Ce programme consiste à maximiser la somme pondérée des inputs rapportée à la somme pondérée des outputs. Contrairement aux approches paramétriques, la méthode DEA a l'avantage de ne pas exiger une forme fonctionnelle à la technologie de production et est simple à mettre en œuvre. Elle est particulièrement adaptée lorsque la technologie est multi-produits et le processus de production peu connu. Toutefois, sa limite majeure réside dans sa grande sensibilité aux valeurs extrêmes et à la taille de l'échantillon (Daraio et Simar, 2007).

Dans la littérature empirique, un nombre important de travaux ont été conduits sur l'estimation non paramétrique de l'efficacité dans le domaine de l'éducation. Les premières applications de la méthode DEA dans ce domaine ont notamment porté sur le programme *Projet Follow Through* (PFT), l'une des plus grandes expérimentations réalisées aux États-Unis (Charnes et al., 1981). D'autres travaux pionniers peuvent être cités dans cette perspective : Charnes, et al. [1978], Bessent et al. [1982]. À leur suite, l'usage du DEA pour l'estimation de l'efficacité s'est largement étendu dans le domaine de l'éducation (Bessent et al., 1983 ; Ray, 1991 ; Sinuanystern et al., 1994 ; Thanassoulis et Dunstan, 1994 ; Arcelus et Coleman, 1997 ; Kirjavainen et Loikkanen, 1998 ; Johnes, 2015...). Liu et al. [2013] soulignent que l'éducation est classée dans le top cinq des domaines ayant fait l'objet du plus grand nombre d'applications empiriques. L'utilisation des scores DEA pour évaluer les performances dans l'éducation concerne aussi bien le primaire (Vierstaete, 2012), le secondaire (Essid et al., 2014) ou le supérieur (Thanassoulis et al., 2011). La méthode DEA est aussi utilisée pour évaluer la performance de l'administration centrale du système éducatif (Casu et Thanassoulis, 2006). Giménez et al. [2007] se sont servis de la méthode DEA pour effectuer une comparaison de différents systèmes éducatifs.

Comme le soulignent Shero et al. (2022), la méthode DEA demeure largement mobilisée pour évaluer la performance des systèmes éducatifs, en particulier au niveau de l'éducation primaire. La méthode DEA a notamment été utilisée par González et Caballero (2019) pour évaluer l'efficacité des établissements scolaires en Virginie-Occidentale (États-Unis), ainsi que par Haghi et al. (2020) pour la performance en mathématiques des écoles primaires à Téhéran, en tenant compte de facteurs socioéconomiques et culturels. Plus récemment, elle a été mobilisée au Brésil par Soares et dos Santos (2024) pour identifier des écoles de référence sur la base d'indicateurs de performance, et à Taïwan par Huang et Wang (2025) pour évaluer l'efficacité du système d'éducation obligatoire.

Toutefois, en dépit de son ample utilisation dans le domaine de l'éducation, la méthode DEA souffre de certaines faiblesses pouvant biaiser les estimations obtenues. L'une de ses principales limites est la non-prise en compte des facteurs externes à l'école qui sont susceptibles d'influencer les scores d'efficacité. Plusieurs recherches soulignent les limites de la méthode DEA dans les contextes caractérisés par une forte hétérogénéité des unités considérées. Pour dépasser ces limites, la littérature a proposé des approches de frontières partielles et robustes, regroupées sous le concept de *Partial Frontier Analysis* (PFA). Dans ce cadre, les modèles *order-m* (Cazals, Florens et Simar, 2002) et *order-alpha* (Daraio & Simar, 2007) constituent des applications spécifiques de la PFA. Au lieu de construire une frontière déterministe basée sur l'ensemble des observations comme dans la méthode DEA,

ces approches comparent chaque unité à un sous-ensemble pertinent de l'échantillon, réduisant ainsi l'influence des valeurs extrêmes et améliorant l'analyse dans des contextes hétérogènes. Ces avancées méthodologiques ont favorisé une nouvelle génération d'études empiriques sur l'efficacité de l'éducation dans le contexte africain. Par exemple, Figueiredo de Oliveira et Dieng (2016) montrent que l'isolement géographique influence fortement l'efficacité scolaire en Afrique australe et orientale. D'autres travaux confirment l'importance de ces approches dans l'analyse régionale de l'efficacité des dépenses éducatives. Par exemple, Zrelli Ben Hamida (2024) et Wassongma et Fall (2019) appliquent des méthodes de frontières pour analyser l'efficacité des dépenses éducatives respectivement en Tunisie et au Sénégal. Ces travaux soulignent que, dans des contextes hétérogènes, les approches robustes telles que le PFA et ses applications (order-m et order-alpha) apportent des résultats plus fiables que le DEA traditionnel.

Parallèlement aux approches de frontières partielles et robustes, une autre voie méthodologique s'est développée dans la littérature. Au lieu de remplacer la méthode DEA, certains auteurs choisissent de la compléter généralement par une analyse sous la forme d'une régression post-DEA (par exemple, bootstrap tronqué, modèles Tobit ou régressions robustes), afin d'identifier les facteurs explicatifs des scores d'efficacité et de corriger les biais potentiels liés au DEA. Yahia et Essid (2019) et Dufrechou (2016), entre autres, ont ainsi complété leur approche DEA avec une régression post-DEA. L'idée est de régresser les scores d'efficacité sur un ensemble de facteurs qui ne sont pas sous le contrôle des écoles et qui sont relatifs à l'environnement dans lequel baignent celles-ci. L'objectif de cette démarche en deux étapes est de voir l'effet des conditions externes sur l'efficacité des écoles. La grande majorité des auteurs qui adoptent la démarche en deux étapes utilisent un modèle Tobit censuré (Tanja Kirjavainen et al., 1998 ; Afonso et St Aubyn, 2006) ou une régression par les MCO dans la deuxième étape pour expliquer la variabilité sur les scores d'efficacité estimés dans la première étape.

L'usage d'une procédure en deux étapes pour l'analyse de l'efficacité est ainsi devenu courant dans la littérature. Mais la plupart des travaux n'ont pas fourni des estimations correctes, dans la mesure où ils utilisent un modèle Tobit ou un modèle MCO dans l'estimation post-DEA. Simar et Wilson [2007] soulignent que ces estimations sont fortement biaisées, en raison de la non-prise en compte du processus générateur des scores d'efficacité obtenus dans la première étape. Ils estiment que les approches standards, notamment le Tobit censuré, ne sont pas valides. Ils proposent l'usage d'une régression *bootstrap truncated* dans la seconde étape pour expliquer les scores d'efficacité obtenus. Ils ont développé deux algorithmes pour une régression sur les scores d'efficacité prenant en compte le processus générateur de ces derniers, l'algorithme 2 étant adapté pour les échantillons de petite taille et l'algorithme 1 pour les échantillons relativement plus importants (Miningou et Vierstraete, 2013). Cette approche bootstrap-DEA a été utilisée par Dufrechou (2016) pour analyser l'efficacité des dépenses publiques dans le secteur de l'éducation des pays de l'Amérique latine. Les résultats ont montré que le niveau de globalisation ainsi que celui de démocratisation des pays affectent substantiellement l'efficacité des systèmes éducatifs. Lee, Worthington et Wilson (2019) ont utilisé l'approche de Simar et Wilson pour analyser l'efficacité de 430 écoles primaires publiques en Australie et les résultats ont mis en évidence l'impact significatif du contexte socio-éducatif et de l'environnement pédagogique sur l'efficacité des écoles. L'approche à double bootstrap proposée par Simar et Wilson a également été mobilisée pour évaluer l'efficacité de plus de 10 000 écoles

primaires publiques au Brésil. Les résultats obtenus par Ribeiro, Montemor et Agasisti (2022) révèlent une efficacité moyenne relativement élevée, tout en mettant en évidence d'importantes disparités régionales. Plus récemment, Ulkhaq, Oggioni et Riccardi (2024) ont appliqué la même approche à un ensemble d'écoles réparties dans six pays d'Asie du Sud-Est, à partir des données PISA 2018. Leur analyse souligne le rôle déterminant des technologies de l'information et de la communication dans l'explication des niveaux d'efficacité observés. Dans le contexte ouest-africain, Miningou et Vierstraete [2012] ont appliqué l'approche de Simar et Wilson sur l'ensemble des 45 provinces du Burkina Faso et ont trouvé que le niveau socio-économique des ménages des élèves explique fondamentalement le niveau d'efficacité dans ces provinces.

2. MÉTHODOLOGIE D'ESTIMATION ET DONNÉES

Comme présenté précédemment, la littérature montre que la méthode DEA, couramment utilisée pour analyser l'efficacité du secteur éducatif, présente des limites, notamment sa sensibilité aux valeurs extrêmes et sa faiblesse dans les contextes hétérogènes. Pour contourner ces faiblesses, deux orientations méthodologiques ont émergé dans la littérature. Une première consiste à recourir aux approches de frontière partielle (*Partial Frontier Analysis*), notamment les modèles order-m et order-alpha, qui construisent une frontière (Cazals, Florens et Simar, 2002 ; Figueiredo de Oliveira et Dieng, 2016 ; Wassongma et Fall, 2019). Une seconde approche, adoptée par un nombre croissant de travaux empiriques, consiste à conserver le cadre DEA mais à le compléter par une analyse statistique post-DEA afin d'identifier les déterminants des scores d'efficacité. Dans ce courant, Simar et Wilson (2007) proposent une procédure robuste de régression bootstrap tronquée qui permet de corriger le biais des scores DEA et de tenir compte de leur nature bornée (Dufrechou, 2016 ; Miningou et Vierstraete, 2013 ; Yahia et Essid, 2019 ; Lee, Worthington et Wilson, 2019). Dans le cadre de cette recherche, nous adoptons cette démarche en deux étapes proposée par Simar et Wilson. Dans la première étape, nous calculons les scores d'efficacité des IEF au Sénégal avec la méthode DEA, puis, dans la seconde étape, nous faisons une analyse économétrique pour identifier les déterminants de leur efficacité, en utilisant la procédure *bootstrap truncated*. Le recours à la méthode DEA dans la première étape présente l'avantage de fournir, en plus des scores d'efficacité, des informations telles que les unités efficaces de référence (*peers*) et les marges d'amélioration des unités inefficaces. En complétant la première étape par une régression post-DEA, nous identifions statistiquement les facteurs explicatifs des différences d'efficacité entre unités de décision, ce qui peut renforcer la capacité d'interprétation et l'orientation des politiques éducatives.

L'analyse repose sur les données administratives issues des cubes SIGE (Système d'Information de Gestion de l'Éducation) 2011 produits par la DPRE (Direction de la Planification et de la Réforme de l'Éducation) du ministère de l'Éducation nationale du Sénégal. Le choix de l'année 2011 répond à des considérations à la fois méthodologiques et contextuelles. D'une part, 2011 correspond à la dernière année du Programme Décennal de l'Éducation et de la Formation (PDEF 2000-2011), qui constitue un cycle complet de politiques publiques dans le secteur éducatif sénégalais. Cette période est reconnue comme un moment charnière, marqué par des débats sur l'efficacité et la pertinence des dépenses éducatives et par la montée des exigences de performance et de reddition des comptes (Diagne, 2012). D'autre part, 2011 est l'année pour laquelle nous disposons de données administratives

complètes, harmonisées et exploitables au niveau déconcentré, issues des cubes statistiques du SIGE. Ces données ont été consolidées dans le cadre d'une étude portant sur l'évaluation des dix ans du PDEF par Diagne [2012].

2.1. L'estimation du modèle DEA

Pour l'estimation du DEA, dans la première étape, nous avons pris en compte les variables suivantes comme inputs : le nombre de manuels par élève, le pourcentage d'écoles disposant d'une cantine dans l'IEF, le pourcentage d'écoles bénéficiant d'un projet, la taille moyenne du groupe pédagogique (GP), la part du double flux dans les effectifs des élèves, le ratio élève/enseignant et le pourcentage d'écoles appartenant à une zone urbaine dans l'IEF. Comme variable de résultat, nous avons utilisé le taux de réussite au certificat de fin d'études élémentaires (CFEE). Dans cette première étape, nous choisissons une orientation input et nous exécutons un programme CRS (modèle à rendements d'échelle constants). Dans le modèle CRS, l'efficacité d'une entité soumise à l'évaluation est obtenue en faisant le rapport entre la somme pondérée de ses outputs et la somme pondérée de ses inputs. Concrètement, pour l'estimation du modèle DEA, nous supposons K inputs et M outputs pour chacun des N inspections d'éducation couvertes par l'étude. Soit x_i et y_i les vecteurs respectifs des inputs et outputs du $i^{\text{ème}}$ IEF. La matrice X d'inputs (K, N) et la matrice Y d'outputs (M, N) représentent les données des N inspections d'éducation. L'objectif est de mesurer la performance de chaque IEF relativement à la meilleure pratique observée dans l'échantillon. À cette fin, des pondérations sont attachées aux inputs et outputs de chaque inspection, de manière à résoudre le problème :

$$\begin{aligned} & \text{Max}_{u,v} \left(\frac{u'y_i}{v'x_i} \right) \\ & S.C \begin{cases} \frac{u'y_j}{v'x_j} \leq 1 \\ u \geq 0 \quad j = 1, \dots, N \\ v \geq 0 \end{cases} \end{aligned} \quad (1)$$

où u est un vecteur $(M,1)$ et v un vecteur $(K,1)$.

Cela implique de trouver les valeurs de u et v de telle sorte que la mesure de l'efficacité de la $i^{\text{ème}}$ IEF soit maximisée, sous la contrainte que toutes les mesures d'efficacité soient inférieures ou égales à 1. Ce problème d'optimisation en ratio présente une infinité de solutions. Pour y pallier, on impose $vx_i = 1$ ce qui donne le programme transformé suivant :

$$\begin{aligned} & \text{Max}_{\mu,\vartheta} (\mu'y_i) \\ & S.C \begin{cases} \mu'y_j - \vartheta'x_j \leq 0 \\ \vartheta'x_i = 1 \quad j = 1, \dots, N \\ \mu, \vartheta \geq 0 \end{cases} \end{aligned} \quad (2)$$

Le passage des notations u et v aux notations μ', ϑ' permet de refléter la transformation apportée au programme initial.

Ce nouveau problème de programmation linéaire obtenu doit être résolu N fois, soit une fois pour chaque IEF de l'échantillon. La résolution de ce programme donne, pour chaque IEF, les valeurs μ' et ϑ' correspondant aux scores d'efficacité. Dans ce

cas, l'efficacité devra être calculée manuellement à partir des variables solutions de cette optimisation linéaire. Pour avoir directement les scores d'efficacité des IEF, on résout le programme dual dérivé du précédent, ce qui conduit au programme suivant :

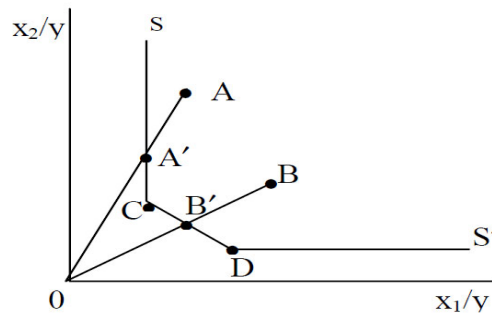
$$\begin{aligned} & \text{Min}_{\theta, \lambda} (\theta) \\ & \text{S. C } \begin{cases} y_i - Y\lambda \geq 0 \\ \theta X_i - X\lambda \geq 0 \\ \lambda \geq 0 \end{cases} \end{aligned} \quad (3)$$

avec θ un scalaire représentant le score d'efficacité et λ un vecteur de N constantes. La valeur θ obtenue est par construction inférieure ou égale à l'unité. θ est strictement inférieure à 1 pour les unités de production inefficaces et égale à 1 pour celles qui sont efficaces. Pour les unités de production inefficaces, le vecteur λ permet d'identifier les pairs, c'est-à-dire les unités efficaces qu'il convient de prendre comme modèle. Il permet aussi de voir dans quel sens agir pour être au même niveau d'efficacité que ces IEF modèles. La résolution de l'équation (3) permet d'estimer l'efficacité radiale développée par Farrell [1957]. Cependant la résolution littérale de ce programme d'optimisation pose un problème lorsque les contraintes ne sont pas saturées à l'optimum. En effet, lorsque $\theta X_i - X\lambda > 0$ à l'optimum, l'unité de décision² concernée bien qu'étant sur la frontière d'efficacité, dispose d'un excès d'inputs dont elle peut se passer, sans que cela affecte son niveau d'output. La même situation s'observe pour les outputs lorsque $y_i - Y\lambda > 0$. La graphique 1 fournit l'illustration d'une situation d'excès d'inputs sur la frontière de référence. Dans le graphique, l'unité de décision A' utilise plus de ressources que l'unité de décision C alors que ces deux unités sont sur la frontière d'efficacité. Ainsi, bien que l'unité de décision A' soit efficace, il lui est possible de réduire son input X_2 à hauteur de CA' tout en restant sur la frontière d'efficacité. Pour la prise en compte des ressources non utilisées à l'optimum, certains auteurs (voir Ali et Seiford, 1993) suggèrent d'utiliser les efficacités calculées dans l'équation (3) dans une autre programmation linéaire dans laquelle les unités concernées sont considérées comme inefficaces. La résolution de ce deuxième programme d'optimisation se fait en maximisant la somme des écarts (inputs non utilisés) nécessaires pour passer de la frontière d'efficacité initiale à une frontière d'efficacité où toutes les ressources sont utilisées à l'optimum.

Cette approche comporte des problèmes majeurs dont le plus sérieux réside dans le fait que les références sont identifiées par les points efficaces les plus éloignés au lieu des plus proches. Dans le graphique 1, un tel programme proposera le point D au lieu du point C comme référence pour le point A'. Pour éviter ce souci majeur, beaucoup d'auteurs (voir Coelli et Battese, 1996) préfèrent calculer résiduellement les inputs excédentaires à partir des résultats de l'équation (3). C'est cette dernière approche que nous adoptons ici. Toutefois, selon Coelli (1996), elle présente aussi des limites en ce sens qu'elle n'identifie pas la totalité des excédents, mais elle a l'avantage de ne pas choisir systématiquement des points éloignés comme référence. Ainsi, si on considère EX_i et EY_i comme étant les excès d'inputs et d'outputs de l'unité de décision i , on a :

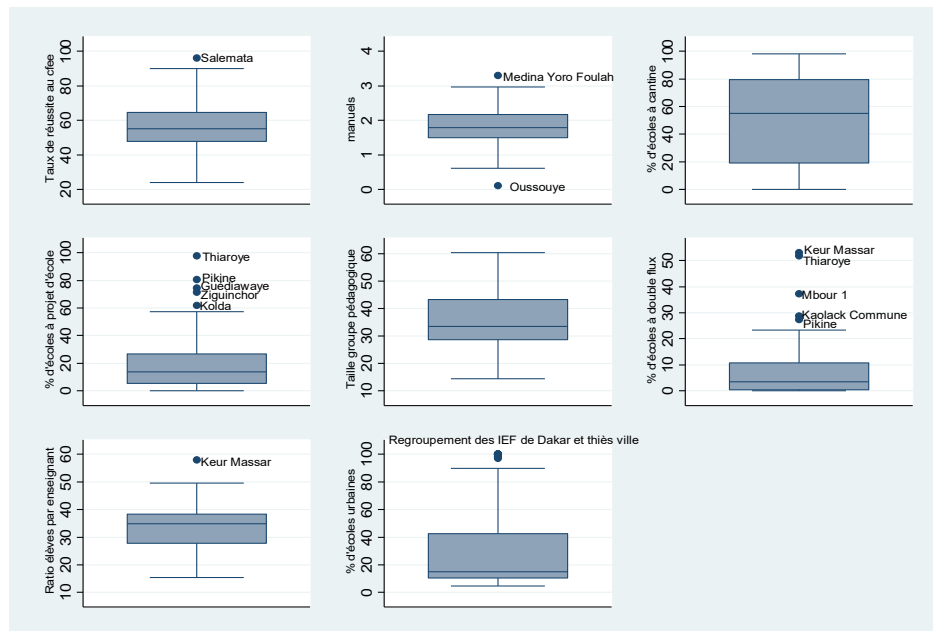
$$\begin{cases} EY_i = y_i - Y\lambda \\ EX_i = \theta X_i - X\lambda \end{cases} \quad (4)$$

² Les unités de décision désignent ici les IEF ou les IA lorsque l'on raisonne au niveau des inspections académiques.

Graphique 1 : Mesure d'efficacité et excès d'input

Source : Coelli [1996].

Par ailleurs, l'usage de la méthode DEA repose sur l'hypothèse forte d'homogénéité des données. Lorsque cette condition n'est pas vérifiée, l'estimation de l'efficacité peut produire des résultats biaisés. Pour pallier ce phénomène, de nouvelles approches robustes ont été développées. Ces approches consistent généralement dans l'usage de l'option bootstrap qui permet de pallier les effets des outliers ou l'usage d'autres méthodes robustes comme le order-alpha, le order-m, ou l'analyse SFA. Toutefois, lorsque l'hypothèse d'homogénéité est vérifiée, le DEA constitue une approche très pratique pour l'estimation d'une fonction de production multiproduits. Afin de garantir que l'hypothèse d'homogénéité soit respectée ici, nous procédons à une analyse de stabilité des données.

Graphique 2. Analyse de stabilité des inputs et outputs du modèle DEA

Source : Auteurs.

Le graphique 2 donne les boîtes à moustaches de Tukey pour les inputs et outputs utilisés dans notre estimation des scores d'efficacité par la méthode DEA. Comme l'a proposé Tukey [1977], nous considérons comme aberrante toute observation qui se trouve à 1,5 fois l'étendue interquartile du bord de la boîte. Ainsi, on constate que pour les inputs comme le *pourcentage d'écoles disposant d'une cantine* et la *taille du groupe pédagogique*, il n'existe pas de valeurs extrêmes car aucune observation ne se situe en dehors des moustaches. Pour l'output *taux de réussite au CFEE* et l'input *ratio élève par enseignant*, on a une seule valeur extrême sans que ce soit la même observation qui fasse l'objet d'aberration. C'est seulement pour les inputs *pourcentage d'écoles ayant un projet* et le *pourcentage d'écoles à double flux* que l'on note la présence de cinq observations en dehors de la moustache. Pour ces cas, les valeurs extrêmes sont notées pour les IEF de Dakar et des grandes villes du pays (Mbour et Kaolack). Ainsi ces valeurs ne doivent pas être considérées comme aberrantes car les différences entre les écoles urbaines et les écoles rurales sont bien observées dans le cas du Sénégal. Hormis cette analyse, le fait que les valeurs extrêmes soient notées de façon isolée pour certaines variables ne permet pas de conclure à une présence de valeurs aberrantes, si on considère toutes les variables en même temps comme c'est le cas de l'estimation DEA. Ce résultat de l'analyse de stabilité nous permet d'appliquer le DEA classique dans l'estimation des scores d'efficacité.

2.2. L'estimation du modèle post-DEA

Dans l'analyse post-DEA, nous développons un modèle économétrique pour estimer les déterminants de l'efficacité des IEF. Nous adoptons l'algorithme 1 (voir annexe 1) car nous avons un échantillon de plus de 30 IEF, taille à partir de laquelle un échantillon est considéré comme statistiquement significatif.

En plus du modèle de Simar et Wilson [2007], nous estimons un modèle MCO et un modèle Tobit tronqué. Cette stratégie, recommandée dans la littérature sur l'analyse post-DEA (Lee et al., 2019 ; Yahia & Essid, 2019), permet de vérifier que les déterminants de l'efficacité identifiés ne dépendent pas d'un choix spécifique de méthode, la procédure de Simar et Wilson constituant le modèle de référence car elle corrige le biais et la dépendance des scores DEA.

La forme fonctionnelle du modèle à estimer est la suivante :

$$\hat{\theta}^{*i} = \alpha + z^i \beta + \varepsilon^i \quad i = 1, \dots, n$$

avec α une constante du modèle, β un vecteur de variables explicatives et ε^i une erreur statistique. Les variables exogènes utilisées dans cette estimation post-DEA tentent de capter les facteurs extra-scolaires susceptibles d'influencer les performances des IEF. Ainsi, le *taux de prévalence du paludisme* est utilisé comme variable exogène. En effet, l'ampleur du paludisme dans une localité peut affecter le parcours et les performances scolaires (Thuilliez, 2010 ; Fernando et al., 2006). *L'incidence de la pauvreté* est également intégrée dans les variables exogènes : au-delà de la qualité des IEF, l'ampleur de la pauvreté peut être déterminante dans les performances scolaires (Burgess, Wilson et Worth, 2013 ; Dixon-Román, Everson et Mcardle, 2013). Nous prenons aussi en compte le *nombre moyen d'années de scolarisation*, la *taille des ménages* et l'*accès aux services sociaux de base* comme variables explicatives de la performance des IEF. De même la *distance moyenne des ménages par rapport à l'école la plus proche* peut être considérée comme un facteur de contreperformance pour les IEF.

2.3. Pertinence de l'approche en deux étapes

Au Sénégal, les inspections de l'éducation représentent l'échelon déconcentré chargé de la mise en œuvre des politiques éducatives au niveau local. Elles assurent la supervision des écoles primaires, la gestion des ressources, le suivi pédagogique et la planification d'activités. Leur budget, alloué par le niveau central via les inspections d'académie, dépend principalement des effectifs scolaires, des besoins en personnel, et parfois de facteurs contextuels (enclavement, pauvreté...) ou des performances passées. C'est pourquoi l'approche en deux étapes a été retenue afin de mesurer d'abord l'efficacité technique relative des IEF puis de l'expliquer ensuite par des variables extra-scolaires à l'aide d'une régression post-DEA. Cette approche permet d'éviter l'inclusion directe de variables potentiellement endogènes dans la construction de la frontière, tout en explorant leur influence sur l'efficacité.

3. RÉSULTATS DE L'ÉTAPE 1 : L'ANALYSE DEA

3.1. L'évaluation de l'efficacité des IEF

Les résultats de l'étape 1 mettent en évidence un faible niveau d'efficacité des IEF au Sénégal, avec un taux moyen d'efficacité de 37,5 %. Le tableau 1 donne une analyse comparative du groupe d'IEF efficaces et du groupe d'IEF inefficaces, ce qui permet d'identifier les facteurs potentiels de différenciation des deux groupes. On constate une différence de 12 points de pourcentage en ce qui concerne le taux de réussite au CFEE entre les deux groupes. Les résultats montrent bien que la performance du groupe d'IEF efficaces réside dans le meilleur usage des ressources mises à leur disposition. Le pourcentage moyen d'écoles ayant une cantine scolaire est de seulement 38,4 % dans le groupe d'IEF efficaces contre 58,4 % dans le groupe d'IEF inefficaces. De même, le pourcentage d'écoles bénéficiant d'un projet n'est que de 18,1 % dans le groupe d'IEF efficaces contre 26 % dans le groupe d'IEF inefficaces. On remarque aussi que le nombre de manuels par élève est un peu plus important dans le groupe des IEF inefficaces (1,9 contre 1,6 dans le groupe des IEF efficaces). Le ratio élèves/enseignants est légèrement plus important dans le groupe d'IEF efficaces : 34,3 contre 33,2 dans le groupe d'IEF inefficaces. Le pourcentage d'écoles urbaines est nettement plus important dans le groupe d'IEF efficaces (48 %, contre seulement 22,6 % pour le groupe d'IEF inefficaces).

Tableau 1. IEF efficaces vs IEF non efficaces

	<i>IEF efficaces</i>	<i>IEF non efficaces</i>
Nombre d'IEF	21	35
Taux de réussite au CFEE	63 %	51 %
Écart-type taux de réussite au CFEE	16 %	11 %
Nombre de manuels par élève	1,6	1,9
Pourcentage d'écoles ayant une cantine scolaire	38,4	58,4
Pourcentage d'écoles bénéficiant d'un projet	18,1	26,0
Taille moyenne du groupe pédagogique (GP)	37,8	35,3
Part du double flux dans les effectifs d'élèves	9,6	8,0
Ratio élève/enseignant	34,3	33,2
Pourcentage d'écoles urbaines de l'IEF	48,0	22,6

Source : Auteurs.

Il convient également de noter que la variabilité à l'intérieur des deux groupes reste forte. La disparité est plus importante dans le groupe des IEF efficaces. L'écart-type dans le groupe d'IEF efficaces est de 16 %, contre 11 % dans le groupe d'IEF inefficaces. Cet écart constaté en termes de variabilité nécessite qu'une analyse plus détaillée soit faite au sein de ce groupe afin d'identifier les différences de profil qui se cachent derrière les moyennes indiquées dans le tableau 1.

Le tableau 2 donne en ce sens les caractéristiques de deux IEF de performances identiques appartenant au groupe d'IEF efficaces. Il s'agit de l'IEF Médina Yoro Foulah et de l'IEF Kédougou. La comparaison de ces deux IEF qui se situent sur la frontière d'efficacité montre une grande différence en termes de taux de réussite au CFEE : il est de 90 % pour l'IEF Kédougou, contre seulement 32,9 % pour l'IEF Médina Yoro Foulah. Cet écart exorbitant entre les deux IEF efficaces pourrait bien s'expliquer par les écarts dans les dotations en cantines scolaires, en manuels, en projets et en pourcentage d'écoles urbaines. L'écart dans le pourcentage d'écoles ayant une cantine scolaire est très important entre les deux IEF : 90 % pour l'IEF Kédougou contre seulement 6,5 % pour l'IEF Médina Yoro Foulah. La différence entre les deux IEF est aussi frappante en ce qui concerne le pourcentage d'écoles bénéficiant d'un projet. Il est de 25,2 % dans l'IEF Kédougou contre seulement 7,3 % pour l'IEF Médina Yoro Foulah. Le pourcentage d'écoles urbaines est aussi plus important dans l'IEF Kédougou (22,5 %) que chez son homologue Médina Yoro Foulah (7,3 %). Dans l'IEF Kédougou chaque élève dispose en moyenne de 2 manuels, contre seulement 0,1 pour l'IEF Médina Yoro Foulah. On note toutefois une différence faible en termes de taille des groupes entre les deux IEF. Cette analyse à l'intérieur du groupe d'IEF efficaces met en évidence la notion d'efficacité relative. En effet, le fait que les deux IEF soient sur la frontière ne veut pas dire qu'elles sont forcément identiques dans le poids des inputs et des outputs. Lorsque l'on observe les inputs et les outputs séparément, on voit que les deux IEF n'ont pas la même taille. Toutefois, lorsque l'on fait le rapport outputs/inputs, on se rend compte que leurs performances relatives sont similaires.

Tableau 2. Comparaison de deux IEF efficaces mais n'ayant pas les mêmes dotations en ressources pédagogiques : IEF Médina Yoro Foulah vs IEF Kédougou

	<i>Medina Yoro Foulah</i>	<i>Kédougou</i>
Taux de réussite au CFEE	32,9	90,0
Nombre de manuels par élève	0,1	2,0
Pourcentage d'écoles ayant une cantine scolaire	6,5	90,1
Pourcentage d'écoles bénéficiant d'un projet	7,3	25,2
Taille moyenne GP	32,3	30,2
Part du double flux dans les effectifs d'élèves	10,5	0
Ratio élève/enseignant	38,3	28,3
Pourcentage d'écoles urbaines de l'IEF	7,3	22,5

Source : Auteurs.

Le tableau 3 constitue une généralisation du tableau 2 qui ne comparait que deux IEF efficaces : il présente les caractéristiques des 21 IEF sur les 56 qui sont jugées efficaces. L'appartenance à ce club restreint d'IEF efficaces n'implique toutefois pas des taux élevés de réussite au CFEE. Ces taux qui varient de 33 à 96 % dans ce groupe. Ils sont en moyenne de 63 %, avec une variabilité relativement forte (écart-type de 16 %). Les IEF présentant les taux les plus faibles sont respectivement celles de Medina Yoro Foulah, Foundiougne, Birkelane, Kounghoul, Dagana, Keur Massar et Bambey. Les autres IEF ont un taux de réussite supérieur à 62 %. L'efficacité

témoigne juste d'une bonne utilisation des ressources. Elle mesure pour une IEF donnée sa capacité à transformer les inputs en réussite scolaire au CFEE. Une amélioration des inputs dans ces IEF pourrait provoquer une augmentation plus substantielle du pourcentage de réussite à l'examen.

Tableau 3. Caractéristiques des IEF efficaces

IEF	Taux de réussite au CFEE	Nombre de manuels par élève	% d'écoles ayant une cantine	% d'écoles bénéficiant d'un projet	Taille moyenne GP	Part du double flux	Ratio élève/enseignant	% d'écoles urbaines de l'IEF	Nombre de référence
Salemata	96,23	2,17	95,56	0,00	24,08	0,00	27,86	20,00	15
Kédougou	90,00	2,00	90,09	25,23	30,21	0,00	28,30	22,52	11
Goudiry	77,34	1,04	73,37	1,18	29,27	6,88	35,20	9,47	17
Bakel	75,33	1,31	68,09	12,77	33,27	12,34	35,01	12,77	3
Grand Dakar	71,89	1,59	2,56	23,08	47,59	0,00	35,50	89,74	6
Almadies	68,80	2,09	0,00	4,55	48,40	0,00	39,37	100	17
Thiès Commune	68,49	1,67	19,64	14,29	57,79	22,06	37,57	98,21	0
Tivaouane	66,78	1,44	35,13	3,23	31,94	7,33	34,17	15,77	5
Parcelles Assainies	66,52	2,34	2,22	22,22	50,67	2,50	37,52	100	2
Guédiawaye	66,07	2,20	0,00	97,73	49,62	2,25	35,91	100	4
St Louis Département	64,68	1,60	7,44	14,88	23,88	1,62	20,58	40,50	1
Dakar Plateau	64,31	1,98	4,44	26,67	34,36	0,00	26,40	100	0
Mbacké	64,17	0,62	56,36	5,45	39,86	8,75	28,25	20,91	13
Thiaroye	62,77	1,64	0,00	71,43	48,33	51,92	49,61	100	0
Bambey	58,02	1,70	72,54	0,00	37,55	3,24	35,32	7,75	4
KeurMassar	56,12	1,48	0,00	27,03	60,30	52,96	57,92	97,30	20
Dagana	48,18	1,64	18,69	11,21	32,30	6,98	31,58	23,36	0
Koungheul	43,50	2,02	83,78	9,01	29,45	10,36	34,98	17,12	0
Birkelane	40,61	2,02	94,12	2,35	26,06	1,07	26,06	15,29	0
Foundiougne	37,79	1,84	76,11	0,00	26,40	0,77	25,32	9,29	0
Médina Yoro Foulah	32,90	0,12	6,50	7,32	32,33	10,52	38,26	7,32	6

Source : Calculs des auteurs à partir des données du ministère de l'Éducation nationale, 2011.

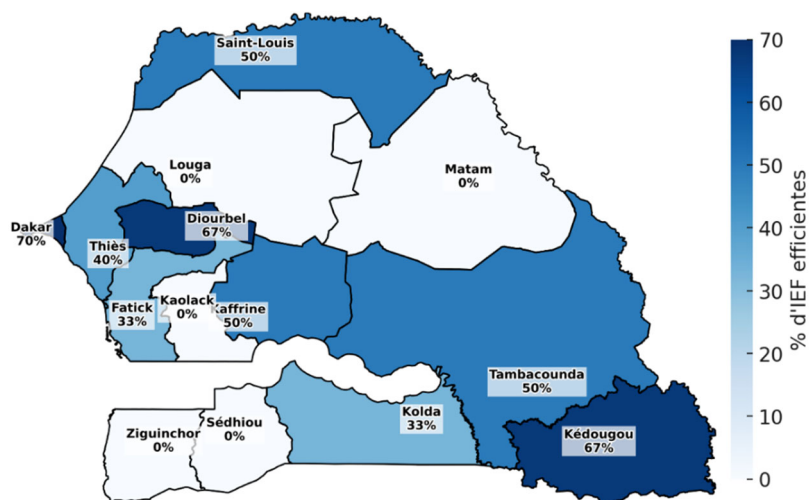
En comparant les résultats par inspection académique (tableau 4 et graphique 3), on constate que l'IA de Dakar enregistre le plus grand nombre d'IEF efficaces (7 IEF sur 10). Les IA de Kédougou et de Diourbel comptent 2 IEF efficaces sur 3 chacune tandis que celle de Fatick n'en compte qu'une. 2 sur 4 sont efficaces dans les IA de Kaffrine, de St-Louis et de Tamba. L'IA de Thiès compte 2 IEF dans le groupe efficace alors qu'elle en regroupe 5. Les autres IA n'ont aucune IEF qu'on puisse considérer comme efficace comme le montre le tableau 4.

Tableau 4 : IEF efficaces par IA

IA	Dakar	Diourbel	Fatick	Kaffrine	Kaolack	Kédougou	Kolda
IEF efficaces	7	2	1	2	0	2	1
IEF total	10	3	3	4	4	3	3

IA	Louga	Matam	Sédhiou	St-Louis	Tamba	Thiès	Ziguinchor
IEF efficaces	0	0	0	2	2	2	0
IEF total	3	3	3	4	4	5	4

Source : Calculs des auteurs à partir des données du ministère de l'Éducation nationale, 2011.

Graphique 3 : Cartographie des régions du Sénégal selon le pourcentage d'IEF efficaces

Source : Calculs des auteurs à partir des données du ministère de l'Éducation nationale, 2011.

D'un autre côté l'analyse du tableau des résultats dans le groupe des IEF non efficaces (tableau 5) montre qu'il y a des IEF qui ont des taux de réussite acceptables mais qui sont loin d'être efficaces puisqu'elles utilisent relativement plus de ressources qu'il n'en faut pour obtenir ce résultat. C'est le cas des IEF de Kaolack commune, Kébémér et Saraya qui ont toutes des taux de réussite de plus de 65 %. Le contraste est encore plus frappant lorsqu'on compare directement les IEF inefficaces avec des IEF efficaces de même niveau. Par exemple, l'IEF Médina Yoro Foulah (du groupe efficace), avec des ressources beaucoup moins importantes, réalise quasiment le même score que l'IEF Malem Hoddar (du groupe inefficace).

L'IEF Médina Yoro Foulah a moins de manuels par élève (0,12 manuel contre 2,37 chez l'IEF Malem Hoddar), moins d'écoles disposant d'une cantine (6,50 % contre 93,24 % d'écoles disposant d'une cantine chez l'IEF Malem Hoddar). Les effectifs en moyenne sont relativement pléthoriques dans les groupes pédagogiques de l'IEF Médina Yoro Foulah (32,33 % élèves en moyenne contre 24,99 % chez Malem Hoddar). Le nombre d'élèves par maître est aussi plus important chez l'IEF Médina Yoro Foulah (38,26) que chez son homologue Malem Hoddar (30,83).

Tableau 5. Caractéristiques des IEF non efficaces

IEF	Taux de réussite au CFEE	Nombre de manuels par élève	% d'écoles ayant une cantine	% d'écoles bénéficiant d'un projet	Taille moyenne GP	Part du double flux	Ratio élève/enseignant	% d'écoles urbaines de l'IEF
Kaolack Commune	71,18	2,28	41,67	31,25	48,58	28,68	31,3	97,92
Kébémér	69,51	2,52	40,43	14,04	25,37	0	24,79	10,21
Saraya	67,27	2,51	95,51	5,62	25,79	0	30,26	7,87
Matam	64,92	2,49	95,05	11,54	29,53	0,64	27,18	8,79
Boukiling	64,54	1,26	52,9	36,23	39,49	13,13	42,82	16,67
Tamba	60,84	1,15	89,21	9,13	36,41	23,28	40,16	13,28
Thiès Département	56,83	2,22	32,67	3,47	35,73	3,14	28,5	9,41
Louga	56,51	2,51	48,49	25,6	30,02	0,26	24,13	12,95
Diourbel	56,47	1,88	71,43	3,3	33,1	1,56	27,66	23,63
Linguère	56,45	2,16	36,96	16,34	23,66	0	24,12	14,01
Bignona 2	55,68	2,32	64,55	20,91	36,16	11,06	36,32	8,18
Ziguinchor	55,66	2	81,71	174,39	44,1	9,44	35,5	45,122
Rufisque Commune	54,95	1,48	0	51,43	53,98	7,01	41,67	100
Bignona 1	54,49	2,58	58,67	57,33	33,79	3,64	33,08	12,67
Pikine	53,21	1,74	5,56	80,56	52,38	27,42	46,57	100
Oussouye	53,1	3,3	65,91	43,18	28,05	0	23,06	4,55
Kaolack-Département	52,27	1,68	76,12	5,97	31,45	0,82	27,8	10,45
Goudomp	52,26	1,56	76,16	39,07	42,63	4,5	43,65	14,57
Sédhiou	51,84	1,51	78,95	32,33	40,64	4,83	37	12,03
Mbour 1	51,51	1,48	30	23,08	51,63	37,36	48,51	46,92
Kaffrine	50,85	1,67	53,85	1,71	29,38	0,31	28,35	16,24
St-Louis Commune	50,66	1,32	11,11	22,22	47,76	21,7	38,99	24,44
Podor	49,66	2,03	38,65	17,73	25,77	0	28,42	18,44
Fatick	49,65	1,82	76,25	8,05	40,5	4,38	37,66	7,66
Koumpentoum	49,43	1,44	97,67	3,88	32,42	1,4	40,39	17,05
Kanel	47,66	2,97	82,93	26,83	36,46	7,02	36,14	11,38
Rufisque	47,58	1,76	1,27	13,92	46,76	14,16	42,99	44,3
Ranerou	45,64	2,04	63,83	13,83	14,4	0	15,35	10,64
Mbour 2	43,07	1,6	45,21	7,53	41,9	20,16	43,01	10,96
Guiguineo	41,74	1,57	82,71	24,06	27,16	0	24,88	6,02
Gossas	35,3	2,02	98,26	5,22	24,39	0,66	21,5	8,7
Nioro	34,78	1,92	80,31	3,94	27,72	2,83	27,01	7,09
MalemHoddar	34,19	2,37	93,24	1,35	24,99	3,45	30,83	12,16
Vélingara	29,32	0,91	35,45	13,81	30,06	8,22	34,71	11,19
Kolda	24,13	1,17	41,46	61,79	41,87	19,16	38,51	15,04

Source : Calculs des auteurs à partir des données du ministère de l'Éducation nationale, 2011.

3.2. L'évaluation de l'efficacité des IA

Précédemment, nous avons présenté les résultats de l'efficacité des IEF par IA. On a pu distinguer les IA ayant les parts d'IEF efficaces les plus élevées des autres IA. Nous adoptons maintenant une approche plus directe pour évaluer cette efficacité en appliquant la méthode DEA aux IA. Les variables d'intérêt (input et output) sont les mêmes que dans la section précédente. Les résultats sont consignés dans le tableau 6 pour les IA efficaces et dans le tableau 7 pour les IA inefficaces. Les différentes IEF sont regroupées en 14 IA qui couvrent l'ensemble du territoire sénégalais. Les résultats obtenus suggèrent que sur les 14 IA, 10 peuvent être jugées efficaces dans l'utilisation des inputs au vu de leurs résultats au CFEE.

Tableau 6. IA efficaces

IA efficaces	Taux de réussite au CFEE	Nombre de manuels par élève	% d'écoles ayant une cantine	% d'écoles bénéficiant d'un projet	Taille moyenne GP	Part du double flux	Ratio élève/ enseignant	% d'écoles urbaines de l'IEF
IA Dakar	61,31	1,8	1,71	39,76	49,10	17,77	40,7	88,05
IA Diourbel	59,21	1,5	67,97	2,76	36,42	4,11	30,4	17,74
IA Kaffrine	38,13	2,0	78,81	3,88	27,89	3,89	29,9	15,50
IA Kédougou	91,64	2,2	93,06	13,47	27,72	0,00	28,8	16,73
IA Kolda	27,11	0,9	32,18	31,08	34,86	13,50	36,8	11,93
IA Louga	60,05	2,4	42,60	19,42	26,64	0,11	24,3	12,50
IA Sédhiou	54,72	1,5	69,43	36,02	41,06	6,85	40,8	14,45
IA Tamba	64,87	1,2	82,50	6,91	33,64	14,62	37,9	12,94
IA Thiès	57,43	1,7	34,44	8,00	41,65	18,62	37,2	23,98
IA Ziguinchor	55,12	2,4	66,06	70,21	36,93	7,36	33,4	17,36

Source : Calculs des auteurs à partir des données du ministère de l'Éducation nationale, 2011.

Ces dix inspections académiques présentent un taux de réussite moyen de 56,96 % avec un écart-type de 16,8 %. L'IA de Kolda réalise un score de 1 malgré un taux de réussite de 27,1 % soit un peu plus de la moitié du taux moyen dans ce groupe. D'après les résultats présentés dans le tableau 4, l'IA de Kolda recense seulement 1 IEF jugée efficace sur 3.

L'IA de Ziguinchor avec un taux de réussite de 55,1 % réalise également un score d'efficacité de 1. Elle ne présente cependant aucune IEF efficace sur les 4 qui la composent. L'efficacité de cette IA n'est pas liée à une IEF en particulier mais semble-t-il à une compensation des dotations en inputs entre les différentes IEF. Cet effet apparaît également dans les IA de Louga et Sédhiou (0 IEF efficace sur 3).

À l'inverse, il y a quelques IA présentant des IEF efficaces mais qui ne sont pas efficaces dans l'ensemble. Dans ces IA les IEF efficaces sont donc tirées vers le bas par des IEF inefficaces qui ont un poids plus élevé.

Il s'agit par ordre d'efficacité des IA de St-Louis (0,99) et Fatick (0,96). L'IA de St-Louis présente 2 IEF efficaces sur 4 et celle de Fatick 1 sur 3. Les scores de ces

IA ne sont cependant pas loin du score d'efficacité, ce qui signifie que ces IA bénéficient malgré tout de la présence d'IEF efficaces. Les deux autres IA inefficaces sont celles de Kaolack (0,77) et Matam (0,59). Elles ne présentent aucune IEF efficace et sont assez éloignées du score d'efficacité. Les IEF efficaces peuvent donc être considérées comme des modèles pour les IEF non efficaces et on peut ainsi quantifier le chemin à parcourir pour atteindre l'efficacité dans l'utilisation des d'inputs. Il sera du coup possible de classer les IEF inefficaces par ordre d'importance des améliorations (augmentation ou diminution selon le sens de l'effet de l'input sur le taux de succès).

Tableau 7. IA inefficaces

IA inefficaces	Taux de réussite au CFEE	Nombre de manuels par élève	% d'écoles ayant une cantine	% d'écoles bénéficiant d'un projet	Taille moyenne GP	Part du double flux	Ratio élève/enseignant	IA efficaces	Score
IA Fatick	44,672	1,8	80,40	4,49	32,68	2,85	30,5	8,472	0,959
IA Kaolack	50,700	1,9	76,57	10,85	32,22	8,13	27,9	14,780	0,766
IA Matam	57,578	2,6	83,96	16,79	29,54	2,97	28,3	10,025	0,594
IA St-Louis	51,303	1,7	24,62	15,41	30,23	6,86	29,6	24,471	0,993

Source : Calculs des auteurs à partir des données du ministère de l'Éducation nationale, 2011.

Le tableau 8 et le tableau de l'annexe 2 suggèrent les améliorations qui pourraient être apportées aux IEF et aux IA non efficaces pour les rendre plus aptes à transformer les ressources mises à leur disposition en de meilleurs résultats. Le tableau de l'annexe 3 quant à lui présente pour chaque IEF non efficace la structure de ressources la plus adéquate, en prenant appui sur les IEF efficaces. L'IEF de Kaolack-Département, proche du score d'efficacité (qui vaut 1), serait plus efficace avec une augmentation du pourcentage d'écoles bénéficiant d'un projet (de 52,6 %), une diminution de la taille moyenne des groupes pédagogiques (de 36 %) et une instauration d'écoles en zone urbaine (au moins 60 %). Cette IEF devrait être organisée comme le sont les IEF de Bakel (qui est la plus proche d'elle), des Almadies et de Salemata (tableau 5). Remarquons que les deux dernières IEF (Salemata et Almadies) ont été prises comme référence respectivement 15 fois et 17 fois et sont considérées comme des IEF très performantes parmi les efficaces, en plus de Keur Moussa et Goudiry. Ces quatre IEF devraient particulièrement servir d'exemples à suivre pour toutes les autres IEF.

Au niveau des IA, on remarque que St-Louis qui n'est inefficace que parce que l'IEF de Podor ne l'est pas, devrait s'organiser de sorte que la part du double flux au sein de la région diminue de 15 %, plus particulièrement à Podor (soit 49 % de diminution) et en instaurant plus d'écoles dans les zones urbaines. À cet effet, une augmentation de 18 % des écoles situées en zone urbaine pourrait améliorer l'efficacité de l'IA Fatick, dont deux des IEF sont non efficaces (IEF de Fatick et de Gossas), et qui présente aussi un score assez proche de l'unité. Dans cette IA, une diminution de la taille moyenne des groupes pédagogiques et une augmentation du nombre de manuels par élève seraient opportunes pour améliorer son niveau d'efficacité. En effet, d'après le tableau de l'annexe 2, une augmentation du nombre de manuels par élève constitue une stratégie permettant de rendre ces IEF efficaces.

Tableau 8. Sens d'amélioration des IEF non efficientes (en %)

IEF	Score	Nombre de manuels par élève	% d'écoles ayant une cantine	% d'écoles bénéficiant d'un projet	Taille moyenne GP	Part du double flux	Ratio élève/enseignant	Pourcentage d'écoles urbaines de l'IEF
Kaolack – Département	0,997	0,00	0,04	52,48	-36,03	0,00	0,00	60,62
Mbour 1	0,972	33,55	0,00	6,76	-29,15	0,00	0,00	1,05
Rufisque Commune	0,964	80,04	0,00	0,00	0,00	0,00	-23,14	38,57
Tamba	0,931	55,98	0,00	0,00	-37,53	0,00	0,00	0,00
Rufisque Département	0,910	0,00	0,00	40,18	0,00	-2,96	0,00	66,24
Kébémér	0,889	4,99	0,53	11,47	0,00	0,00	0,00	0,00
St-Louis Commune	0,877	29,21	0,00	0,00	0,00	0,00	-3,76	6,05
Mbour 2	0,862	0,00	0,00	35,97	0,00	0,00	0,00	41,82
Kaolack Commune	0,848	0,00	0,15	0,00	0,00	-53,34	0,00	1,51
Fatick	0,843	41,55	0,00	47,30	-28,24	0,00	0,00	0,00
Pikine	0,830	0,00	0,00	16,61	0,00	-40,57	-43,17	38,75
Goudomp	0,819	0,00	0,00	0,03	-54,66	0,00	-11,57	0,00
Podor	0,808	31,77	0,40	0,00	0,00	-49,43	-4,13	36,31
Kaffrine	0,802	43,56	0,00	49,68	0,00	-45,96	0,00	43,86
Boukiling	0,785	0,00	0,00	0,00	0,00	-37,86	-19,09	0,00
Matam	0,732	5,47	0,00	11,20	-55,98	0,00	0,00	0,00
Linguere	0,692	0,00	0,00	0,00	0,00	-59,55	-0,98	0,00
Thiès Département	0,691	10,97	0,00	7,89	0,00	-33,97	0,00	3,48
Ziguinchor	0,679	448,15	0,14	0,00	0,00	-42,71	-102,87	12,43
MalemHoddar	0,671	0,00	0,62	18,37	-33,24	0,00	0,00	17,29
Diourbel	0,653	0,00	0,00	33,33	0,00	-3,23	0,00	0,00
Saraya	0,646	0,00	0,00	16,57	0,00	0,00	0,00	30,95
Gossas	0,640	8,32	0,73	0,00	-28,99	-3,76	0,00	5,67
Velingara	0,629	0,00	0,00	32,06	0,00	-7,12	-5,23	29,12
Guiguineo	0,612	3,68	0,00	0,00	-39,42	-10,72	-4,13	0,00
Oussouye	0,530	0,00	0,48	0,00	0,00	-43,19	-5,14	0,00
Ranerou	0,527	15,23	0,09	0,00	0,00	-35,75	0,00	26,31
Sedhiou	0,503	10,97	0,00	0,00	-4,40	-17,92	-10,30	0,00
Louga	0,483	0,00	0,00	0,00	0,00	-11,44	0,00	14,82
Koumpentoum	0,478	1,05	0,00	7,26	-0,76	-7,45	0,00	24,83
Bignona 2	0,459	0,00	0,00	0,00	0,00	-7,97	0,00	23,97
Bignona 1	0,419	0,00	0,00	0,00	0,00	-13,85	-8,46	3,39
Nioro	0,409	7,13	0,00	22,54	-6,82	0,00	0,00	26,54
Kolda	0,408	0,00	0,00	0,00	0,00	-11,87	-13,67	18,75
Kanel	0,300	0,00	0,00	0,00	0,00	-13,11	0,00	4,56

Source : Calculs des auteurs à partir des données du ministère de l'Éducation nationale, 2011.

Bien que certaines IA soient jugées efficaces, elles incluent des IEF non efficaces. Cela suppose que les résultats globaux au niveau de ces IA semblent satisfaisants, vu les moyens mis à disposition. Cependant, une amélioration de la situation au sein des IEF non efficaces rendrait meilleure la qualité de l'éducation dans ces régions. L'IEF de Kolda, par exemple, qui a le dernier des scores (0,3), est une IEF de l'IA de Kolda jugée efficace, et n'aurait besoin que d'une diminution de 13 % du taux de double flux dans l'effectif des élèves pour améliorer ses résultats et avoir le même niveau d'efficacité que les IEF de Guédiawaye, de Mbacké, de Kédougou et Goudiry, qui sont ses références. Ce problème n'est pas propre à l'IEF de Kolda mais peut être généralisé auprès de toutes les IEF non efficaces appartenant à des IA efficaces. Ces IEF non efficaces sont celles qui enregistrent les plus hauts taux de double flux dans l'effectif des élèves. Ce problème est encore plus persistant au niveau des IEF qui ont un score inférieur à 0,5. Le nombre de manuels par élève, la taille moyenne des groupes pédagogiques y sont acceptables mais la part des doubles flux et le ratio élève/enseignant constituent les points d'achoppement qui empêchent ces IEF d'avoir de meilleurs résultats. Il s'agit des IEF de Louga, Koumpentoum, Bignona 2, Bignona 1, Nioro et de Kolda. Par ailleurs, les IA non efficaces devraient mettre en place une organisation pouvant leur permettre de se rapprocher des IA de Kaffrine et de Thiès qui sont de loin les IA qui ont de très bonnes performances au regard des moyens dont elles disposent.

De façon générale, une augmentation moyenne de 14,6 % du nombre de manuels, de 7,3 % de projets, de 10 % des élèves en zone urbaine et une diminution moyenne de 6,3 % de la taille moyenne des groupes pédagogiques, de 10 % de la part des doubles flux au sein de l'effectif des élèves, de 4,5 % du ratio élève/enseignant au sein des IEF non efficaces, devraient permettre à ces dernières d'atteindre une performance semblable à celle des IEF efficaces. Ou pour le moins une augmentation moyenne de 2 % des projets scolaires et de 13 % d'écoles urbaines au sein des IA non efficaces avec une diminution moyenne de 7 % de la taille des groupes pédagogiques et de 9 % de la part du double flux, devraient améliorer la performance des IA et de leurs IEF.

Il convient toutefois de nuancer la méthode DEA appliquée ici. Si elle fournit des résultats importants, elle n'explique pas pour autant par quels mécanismes les intrants considérés interagissent pour déterminer le niveau d'output de l'enseignement élémentaire, c'est-à-dire le taux de succès au CFEE. Il n'est pas non plus exclu que d'autres intrants non pris en compte dans la présente étude influent sur les taux de succès.

4. RÉSULTATS DE L'ÉTAPE 2 : L'ANALYSE POST-DEA

Les résultats de l'étape 2 sont consignés dans le tableau 9. Ils mettent en évidence une grande convergence des deux modèles estimés les plus robustes Tobit censuré et celui sur lequel nous nous appuyons, le truncated bootstrap de Simar et Wilson. La matrice de corrélation entre les variables explicatives est donnée en annexe 4 et les tests VIF, tous inférieurs à 5, en annexe 5.

Le modèle (3) basé sur une procédure d'estimation bootstrap tronquée met en évidence un impact négatif de la prévalence du paludisme sur l'efficacité scolaire des IEF, significatif au seuil de 10 %. Ce résultat indique que les IEF qui sont davantage frappées par le paludisme présentent de moins bonnes performances scolaires. Il s'agit d'un résultat classique retrouvé dans la littérature (Burlando, 2012; Lucas, 2010). L'impact du paludisme sur les résultats scolaires n'est pas

étudié dans cet article, mais il semble qu'il passe généralement par le biais de l'absentéisme des élèves, ou des enseignants, et un plus faible nombre d'années de scolarisation ($R = -0,50$ dans la matrice de corrélation). L'incidence de la pauvreté présente aussi un coefficient négatif et significatif. Les IEF situées dans les localités pauvres du pays ont de moins bonnes performances scolaires. Le coefficient du nombre moyen d'années de scolarisation est positif et significatif : les IEF pour lesquelles le nombre moyen d'années de scolarisation est le plus élevé sont de fait les plus efficaces. L'accès aux services sociaux de base entretient une relation positive et statistiquement significative avec l'efficacité des IEF. Il est largement établi que les problèmes d'accès aux services de base peuvent avoir une incidence sur l'assiduité, la continuité des études et les résultats des élèves ($R = -0,75$ avec le nombre d'années de scolarisation). La taille du ménage a un coefficient positif et significatif. Il s'agit d'un résultat non attendu qui mériterait d'être approfondi. Il faut d'ailleurs noter que la part des moins de vingt ans, mesurée au sein de la population de chaque localité couverte par une IEF, est fortement et inversement corrélée au nombre moyen d'années de scolarisation ($R = -0,76$). Toutefois, la taille des ménages, dans certains cas, peut constituer une force en termes de main-d'œuvre : des élèves peuvent être moins soumis aux contraintes domestiques et d'aide, notamment dans les exploitations familiales en milieu rural. On peut aussi avancer que les jeunes élèves peuvent trouver plus de soutien scolaire au sein même du ménage, variable qu'il serait intéressant de connaître.

Tableau 9. Résultats des régressions de l'étape 2

Variables	(1)	(2)	(3)
	MCO	Truncated tobit	Truncated bootstrap
Nombre moyen d'années de scolarisation de la localité de l'IEF	0.064 (0.071)	0.148* (0.086)	0.148* (0.083)
Distance moyenne des ménages par rapport à l'école la plus proche	-0.026 (0.083)	-0.017 (0.134)	-0.017 (0.130)
Part des moins de 20 ans	-0.850 (1.193)	-1.157 (1.407)	-1.154 (1.312)
Prévalence du paludisme	-0.907 (0.860)	-1.797* (1.034)	-1.789* (0.974)
Incidence de la pauvreté	-0.310 (0.224)	-0.480* (0.255)	-0.478* (0.242)
Taille des ménages	0.028* (0.015)	0.043** (0.021)	0.043** (0.019)
Accès aux services sociaux de base	1.002* (0.572)	1.888 (1.174)	1.879* (1.099)
Constante	0.791 (0.975)	-0.387 (1.150)	0.388 (1.128)
Observations	49	49	49
Prob> F	0.20		
Prob> chi2		0.07	0.02

Standard errors entre parenthèses. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$.

L'analyse post-DEA indique donc que des déterminants de l'efficacité sont externes au système scolaire. Les variables comme l'accès aux services sociaux de base influencent de façon significative l'efficacité des structures déconcentrées de l'éducation. Ainsi, l'amélioration de l'accès à l'eau, à l'électricité, aux routes en toute saison et de manière générale l'amélioration des infrastructures sociales favorisent

les résultats scolaires. La vulnérabilité sanitaire et économique (incidence de la pauvreté et la prévalence du paludisme) impacte l'efficacité scolaire, ce qui est conforme à différentes études. Cela milite en faveur d'une approche « éducation plus développement local » plutôt que d'une simple logique sectorielle.

CONCLUSION ET IMPLICATIONS DE POLITIQUE ÉCONOMIQUE

L'objet de cette contribution est de mettre en évidence l'efficacité des inspections d'éducation et de formation (IEF) et des inspections académiques (IA) au Sénégal. Nous avons adopté une démarche en deux étapes consistant dans un premier temps à calculer l'efficacité des IEF et des IA par la méthode DEA, puis, dans un second temps, de régresser les scores d'efficacité obtenus sur un ensemble de facteurs extra-scolaires. Cette démarche a été exécutée en suivant la procédure bootstrap truncated de Simar et Wilson [2007].

Les résultats issus de la méthode DEA (étape 1) mettent en évidence une forte hétérogénéité d'efficacité entre les structures déconcentrées du système éducatif sénégalais. Sur les 56 IEF, seules 21 sont efficaces, mais parmi les IA, 10 sont efficaces contre 4 non efficaces. Ces résultats montrent que l'augmentation des ressources des écoles ne garantit pas automatiquement la performance éducative, ce qui renvoie à des enjeux de gouvernance, de pilotage et de répartition équitable des ressources. Dans certains cas, les IEF efficaces n'ont pas davantage de ressources matérielles (manuels, cantines, projets) que les IEF non efficaces. Certaines IEF en situation de déficit manifeste (comme Médina Yoro Foulah) obtiennent pourtant un score d'efficacité de 1. Cela suggère que la qualité de la gestion éducative et l'organisation interne peuvent compenser des dotations faibles. Les unités efficaces se trouvent autant dans les zones urbaines (Dakar, Thiès) que dans les zones rurales (Salemata, Goudiry, Bakel). Ce résultat est cohérent avec l'idée que l'efficacité n'est pas uniquement fonction des moyens alloués, mais bien du pilotage et de la capacité locale à transformer les intrants en résultats (PDEF 2000-2011 ; PAQUET-EF 2013-2025).

Les résultats de la seconde étape de l'estimation montrent globalement que le nombre d'années de scolarisation des élèves va de pair avec l'efficacité des établissements. Dans ce cadre, la pauvreté des ménages comme la prévalence du paludisme affectent la performance des élèves. L'accès aux services sociaux de base, qui est aussi un facteur hors de contrôle des écoles, est également un facteur explicatif important de l'efficacité scolaire. Ces résultats indiquent que la performance scolaire est souvent liée à l'environnement difficile dans lequel les établissements se situent.

Cette recherche a identifié parmi les structures déconcentrées de l'éducation primaire sénégalaise celles qui utilisent de façon optimale les ressources mises à leur disposition. Même si l'étude porte sur des données datant de 2011, les sens d'amélioration identifiés dans cette recherche peuvent faciliter la mise en œuvre d'une politique d'allocation des ressources de l'éducation primaire. De plus cette étude a montré qu'au-delà des facteurs liés aux écoles, d'autres facteurs influencent la performance scolaire, comme la pauvreté ou l'accès aux services sociaux de base. Le retard des zones rurales par rapport aux zones urbaines explique certainement la plus faible performance des écoles rurales. De ce point de vue, une réduction des disparités dans l'éducation primaire passe alors par une réduction des inégalités entre les zones en matière d'infrastructures et de développement économique. La décentralisation

prônée par les autorités politiques au Sénégal est une occasion pour faciliter une adaptation du système éducatif aux besoins des populations à la base. D'autres contributions comme celle de Channa et Faguet [2012] soutiennent la même thèse du rôle que peut jouer la décentralisation dans l'accroissement de la qualité de l'éducation. Les travaux de Cortés et Vargas (2020), Ahmad et Sinha (2023), Suryana et Fitriani (2023), ainsi que d'Alkhateeb et Wang (2025) mettent aussi en évidence que la délégation de responsabilités aux instances locales peut favoriser une meilleure gestion des ressources éducatives, une plus grande réactivité aux besoins spécifiques des établissements et, in fine, une amélioration des performances scolaires.

REFERENCES

- Agasisti, T., de Oliveira Ribeiro, C., & Montemor, D. S. (2022). The efficiency of Brazilian elementary public schools. *International Journal of Educational Development*, 93, 102627.
- Ahmad S., Sinha R. (2023). Decentralisation in school management and student achievement: evidence from secondary education in india. *The Journal of Development Studies*, 59(10), 1875–1894.
- Afonso, A., & St Aubyn, M. (2006). Relative efficiency of health provision: A DEA approach with non-discretionary inputs. ISEG-UTL economics working paper, 33.
- Ali, A. I., & Seiford, L. M. (1993). Computational accuracy and infinitesimals in data envelopment analysis. *INFOR: Information Systems and Operational Research*, 31(4), 290-297.
- Alkhateeb M., Wans Y. (2025). Lessons learned in transition: A bibliometric analysis of educational decentralization in developing countries. *Frontiers in Education*, 10, 1435928.
- Arceus, F. J., & Coleman, S. D. F. (1997). An efficiency review of university departments. *International Journal of Systems Science*, 28(7), 721-729.
- Banker, R. D. (1984). Estimating most productive scale size using data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, 17(1), 35-44.
- Bessent, A. M., & Bessent, E. W. (1980). Determining the comparative efficiency of schools through data envelopment analysis. *Educational Administration Quarterly*, 16(2), 57-75.
- Bessent, A., Bessent, W., Kennington, J., & Reagan, B. (1982). An application of mathematical programming to assess productivity in the Houston independent school district. *Management Science*, 28(12), 1355-1367.
- Bessent, A. M., Bessent, E. W., Charnes, A., Cooper, W. W., & Thorogood, N. C. (1983). Evaluation of educational program proposals by means of DEA. *Educational Administration Quarterly*, 19(2), 82-107.
- Burlando, A. (2012). The impact of malaria on education: Evidence from Ethiopia. Available at SSRN 2164475.
- Burgess, S., Wilson, D., & Worth, J. (2013). A natural experiment in school accountability: The impact of school performance information on pupil progress. *Journal of Public Economics*, 106, 57-67.
- Casu, B., & Thanassoulis, E. (2006). Evaluating cost efficiency in central administrative services in UK universities. *Omega*, 34(5), 417-426.
- Cazals, C., Florens J.-P., Simar L. (2002). Nonparametric frontier estimation: a robust approach. *Journal of Econometrics*, 106(1), 1–25.
- Channa, A., & Faguet, J. P. (2012). Decentralization of health and education in developing countries: A quality-adjusted review of the empirical literature. Economic Organization and Public Policy Discussion paper 38.
- Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429-444.

- Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E.** (1981). Evaluating program and managerial efficiency: an application of data envelopment analysis to program follow through. *Management Science*, 27(6), 668-697.
- Coelli, T. J.,** (1996). A guide to DEAP version 2.1: A Data Envelopment Analysis (Computer) Program, Working Paper 96/08, Centre for Efficiency and Productivity Analysis, University of New England, Australia.
- Coelli, T. J., & Battese, G. E.** (1996). Identification of factors which influence the technical inefficiency of Indian farmers. *Australian Journal of Agricultural Economics*, 40(2), 103-128.
- Cortés, D., Vargas J. F.,** 2020, The impact of decentralized decision-making on student outcomes: Evidence from Colombia. *World Development*, 133, 105002.
- Diagne, A.** (2012). Évaluation du Programme décennal de l'éducation et de la formation 2000-2011, ministère de l'Éducation nationale du Sénégal, DPRE – CRES, Dakar
- Daraio, C., & Simar, L.** (2007). *Advanced robust and nonparametric methods in efficiency analysis: Methodology and applications*. Springer Science & Business Media.
- Dieng, A. K.** (2018). Financement public de l'éducation et performances scolaires au Sénégal. *Revue d'Économie Théorique et Appliquée*, 8(1), 35-52.
- Dixon-Román, E. J., Everson, H. T., & McArdle, J. J.** (2013). Race, poverty and SAT scores: Modeling the influences of family income on black and white high school students' SAT performance. *Teachers College Record*, 115(4), 1-33.
- Dufrechou, P. A.** (2016). The efficiency of public education spending in Latin America: A comparison to high-income countries. *International Journal of Educational Development*, 49, 188-203.
- Essid, H., Ouellette, P., & Vigeant, S.** (2014). Productivity, efficiency, and technical change of Tunisian schools: A bootstrapped Malmquist approach with quasi-fixed inputs. *Omega*, 42(1), 88-97.
- Farrell, P.** (1957). DEA in production center: An input-output mode. *Journal of Econometrics*, 3, 23-49.
- Fernando, D., De Silva, D., Carter, R., Mendis, K. N., & Wickremasinghe, R.** (2006). A randomized, double-blind, placebo-controlled, clinical trial of the impact of malaria prevention on the educational attainment of school children. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 74(3), 386-393.
- Figueiredo De Oliveira, G., & Dieng, A. M.** (2016). L'efficacité scolaire en Afrique australe et orientale : impact de l'isolement. *Revue d'économie du développement*, 24(1), 5-38.
- Garcia-Díaz, R., del Castillo, E., & Cabral, R.** (2016). School competition and efficiency in elementary schools in Mexico. *International Journal of Educational Development*, 46, 23-34.
- González M. E., Caballero, R.,** 2019, A Data Envelopment Analysis of West Virginia School Districts. *Heliyon*, 5(12), e02947.
- Haghi, E., Rostamy-Malkhalifeh, M., Behzadi, M. H., & Shahvarani, A.** (2020). Performance evaluation of schools' math education from a cultural, social and economic point of view by data envelopment analysis modeling. *Measurement and Control*, 53(3-4), 454-460.
- Huang Y.-C., & Wang M.-H.,** 2025, Evaluating the Efficiency of Taiwan's Compulsory Education System. *International Journal of Educational Development*, 99, 102765.
- Johnes, J.** (2015). Operational research in education. *European Journal of Operational Research*, 243(3), 683-696.
- Kirjavainen, T., & Loikkanen, H. A.** (1998). Efficiency differences of Finnish senior secondary schools: an application of DEA and Tobit analysis. *Economics of Education Review*, 17(4), 377-394.
- Konte M.A., Diouf M., et al.** (2022). L'efficacité des financements publics de l'éducation : une étude comparative des niveaux primaire, secondaire et supérieur dans quelques pays d'Afrique subsaharienne. *Revue Française d'Économie et de Gestion*, 3(10), 232-258.
- Kosor, M. M.** (2013). Efficiency measurement in higher education: Concepts, methods and perspective. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 106, 1031-1038.
- Lee, B. L., Worthington, A., & Wilson, C.** (2019). Learning environment and primary school efficiency: A DEA bootstrap truncated regression analysis. *International Journal of Educational Management*, 33(4), 678-697.
- Liu, J. S., Lu, L. Y., Lu, W. M., & Lin, B. J.** (2013). A survey of DEA applications. *Omega*, 41(5), 893-902.
- Lucas, A. M.** (2010). Malaria eradication and educational attainment: evidence from Paraguay and Sri Lanka. *American Economic Journal: Applied Economics*, 2(2), 46-71.

- MFEEF, M., & et MFPA, M. E. S. R.** (2013). Programme d'Amélioration de la Qualité, de l'Équité et de la Transparence (PAQUET), République du Sénégal.
- Minigou, É. W., & Vierstraete, V.** (2013). Households' living situation and the efficient provision of primary education in Burkina Faso. *Economic Modelling*, 35, 910-917.
- Shero, J. A., Al Otaiba, S., Schatschneider, C., & Hart, S. A.** (2022). Data envelopment analysis (DEA) in the educational sciences. *The Journal of Experimental Education*, 90(4), 1021-1040.
- Simar, L., & Wilson, P. W.** (2007). Estimation and inference in two-stages, semi-parametric models of production processes. *Journal of Econometrics*, 136(1), 31-64.
- Soares, D. J. M., & dos Santos, W.** (2024). Data Envelopment Analysis as a Tool for Identifying Reference Schools: A Study in the Context of High School in a Brazilian State. *Journal on Efficiency and Responsibility in Education and Science*, 17(4), 314-327.
- Suryana D., Fitriani Y.,** 2023, Education decentralization policy in improving the quality of education: A case study in Indonesia. *Edumaspul: Jurnal Pendidikan*, 7(2), 123-132.
- Thanassoulis, E., & Dunstan, P.** (1994). Guiding schools to improved performance using data envelopment analysis: An illustration with data from a local education authority. *Journal of the Operational Research Society*, 45(11), 1247-1262.
- Thanassoulis, E., Kortelainen, M., Johnes, G., & Johnes, J.** (2011). Costs and efficiency of higher education institutions in England: a DEA analysis. *Journal of the Operational Research Society*, 62(7), 1282-1297.
- Thuilliez, J.** (2010). Fever, malaria and primary repetition rates amongst school children in Mali: combining demographic and health surveys (DHS) with spatial malariological measures. *Social Science & Medicine*, 71(2), 314-323.
- Tukey, J. W.** (1977). *Exploratory data analysis* (Vol. 2). Reading, MA: Addison-Wesley.
- Wassongma H., Fall F.S.** (2019). Analyse de l'efficacité des écoles primaires sénégalaises à partir de la méthode des frontières stochastiques. *Revue d'économie du développement*, 27, 97-128.
- Ulkhaq, M. M., Oggioni, G., & Riccardi, R.** (2024). Two-stage super-efficiency model for measuring efficiency of education in South-East Asia. *Decisions in Economics and Finance*, 47(2), 513-543.
- Vierstraete, V.** (2012). Efficiency in human development: A data envelopment analysis. *The European Journal of Comparative Economics*, 9(3), 425.
- Yahia, F. B., & Essid, H.** (2019). Determinants of Tunisian Schools' efficiency: a DEA-Tobit approach. *Journal of Applied Management and Investments*, 8(1), 44-56.
- Zrelli Ben Hamida N.** (2024). Tunisian Inclusive Éducation: A Multi-Pronged Regional Approach. *Région et Développement*, 60, 141-171.

ANNEXES

Annexe 1 : Algorithme 1 de Simar et Wilson (2007)

Supposons que les scores d'efficacité dépendent de variables extra-scolaires z_i de telle sorte que :

$$\delta_i = \psi(z_i, \beta) + \varepsilon_i \geq 1$$

où ψ est une fonction, β un vecteur de paramètres, ε_i une variable aléatoire normale tronquée avec une troncature à gauche.

Les scores d'efficacité $\hat{\delta}_i$, qui correspondent à une estimation de δ_i , ont été calculés lors de la première étape. Le premier algorithme est conçu pour améliorer l'inférence, puis trois étapes suivent :

- *Étape 1* : Le calcul de $\hat{\delta}_i$ pour toutes les n unités de décision en résolvant le programme DEA ;

- *Étape 2* : L'estimation de β et σ_ε (variance de l'erreur) par une régression tronquée. On note $\hat{\beta}$ et $\hat{\sigma}_\varepsilon$ les estimations par maximum de vraisemblance de β et σ_ε ;

- *Étape 3* : Le calcul des estimations bootstrap de β et σ_ε se fait alors de la manière suivante : pour $i = 1, \dots, n$, on tire ε_i à partir d'une distribution normale de variance $\hat{\sigma}_\varepsilon^2$ et une troncature à gauche (à $1 - z_i \hat{\beta}$) et on calcule $\delta_i^* = z_i \hat{\beta} + \varepsilon_i$. Enfin, on estime la régression tronquée de δ_i^* sur z_i par le maximum de vraisemblance, donnant une estimation de $(\hat{\beta}^*, \hat{\sigma}_\varepsilon^*)$.

Annexe 2 : Sens d'amélioration pour les IA

IA	Score	Nombre de manuels par élève	% d'écoles ayant une cantine scolaire	% d'écoles bénéficiant d'un projet	Taille moyenne GP	Part du double flux	Ratio élève/enseignant	Pourcentage d'écoles urbaines de l'IEF
IA Fatick	0,959	413,78	0,105	5,296	29,218	0	0	6,93
IA Kaolack	0,766	0	0	3,294	-2,027	0	0	11,92
IA Matam	0,594	0	0	0	0	-23,93	0	14,56
IA St-Louis	0,993	0	0	1,004	0	-15,04	0	18,80

Source : Calculs des auteurs à partir des données du ministère de l'Éducation nationale, 2011.

Annexe 3 : IEF non efficaces et leurs références

IEF		Référence			
Pikine	Medina Yoro Foulah (0.07)	Mbacké (0.07)	KeurMassar (0.83)		
Rufisque Commune	KeurMassar (0.964)				
Rufisque Département	Grand Dakar (0.219)	St Louis Dép. (0.366)	KeurMassar (0.11)		
Diourbel	Goudiry (0.276)	Mbacké (0.212)	Tivaouane (0.013)	Salemata (0.27)	
Fatick	KeurMassar (0.24)	Salemata (0.16)	Goudiry (0.19)	Bambey (0.1)	
Gossas	Goudiry (0.32)	Kedougou(0.12)			
Kaffrine	Salemata (0.08)	Goudiry (0.55)			
MalemHoddar	Salemata0.282)	Bakel (0.1)			
Guigüineo	Bambey (0.11)	Salemata (0.02)	Grand Dakar(0.46)		
Kaolack Commune	Kedougou (0.12)	Guédiawaye (0.39)	KeurMassar (0.49)		
Kaolack-Département	Salemata (0.15)	Bakel (0.5)			
Nioro	Tivaouane(0.19)	Goudiry (0.22)	Mbacké (0.08)		
Saraya	Mbacké (0.05)	Kedougou (0.103)	Goudiry (0.51)	KeurMassar (0.02)	
Kolda	Guédiawaye (0.1)	Mbacké (0.08)	Kedougou (0.06)	Goudiry (0.10)	
Velingara	Mbacké (0.38)	Medina Yoro Foulah (0.15)			
Kébémér	Tivaouane (0.02)	Salemata (0.36)	KeurMassar (0.19)	Grand Dakar (0.32)	
Linguere	Parcelles Assainies (0.04)	Kedougou (0.19)	KeurMassar(0.33)	Salemata (0.19)	
Louga	Mbacké (0.12)	Salemata (0.04)	Goudiry (0.03)	KeurMassar (0.65)	
Kanel	Salemata (0.04)	Mbacké (0.27)	Goudiry (0.19)	KeurMassar (0.22)	
Matam	KeurMassar (0.16)	Bakel (0.57)	Tivaouane (0.22)		
Ranerou	Goudiry (0.31)	Kedougou (0.24)			
Bounkiling	KeurMassar (0.22)	Grand Dakar (0.06)	Mbacké (0.04)	Goudiry (0.51)	Medina Yoro Foulah (0.19)
Goudomp	Mbacké (0.06)	KeurMassar (0.62)	Bambey (0.05)	Grand Dakar (0.14)	
Sedhiou	Goudiry (0.31)	Mbacké (0.21)	Grand Dakar (0.19)		
Podor	Kedougou (0.61)				
St-Louis Commune	Medina Yoro Foulah (0.11)	KeurMassar (0.62)	Goudiry (0.12)		
Koumpentoum	Mbacké (0.19)	Goudiry (0.48)			
Tamba	KeurMassar (0.21)	Salemata (0.02)	Tivaouane(0.05)	Kedougou(0.09)	Goudiry (0.46)
Mbour 1	KeurMassar (0.89)				
Mbour 2	Salemata (0.19)	Mbacké (0.0.01)	Bambey (0.10)	Kedougou (0.14)	KeurMassar (0.09)
Thiès Département	Salemata (0.49)	Goudiry (0.25)			
Bignona 1	Guédiawaye (0.03)	KeurMassar (0.46)	Medina Yoro Foulah (0.04)	Goudiry (0.33)	
Bignona 2	Medina Yoro Foulah (0.05)	KeurMassar (0.23)	Goudiry (0.39)	Guédiawaye (0.14)	
Oussouye	Kedougou (0.36)	KeurMassar (0.31)	Salemata (0.03)	Parcelles Assainies (0.02)	
Ziguinchor	Kedougou (0.61)				

Source : Calculs des auteurs à partir des données du ministère de l'Éducation nationale, 2011.

**Annexe 4 : Matrice de corrélation des variables environnementales
utilisées pour les régressions à l'étape 2**

Variables	Nombre moyen d'années de scolarisation de la localité de l'IEF	Distance moyenne des ménages par rapport à l'école la plus proche	Part des moins de 20 ans	Prévalence du paludisme	Incidence de la pauvreté	Taille des ménages	Accès aux services sociaux de base
Nombre moyen d'années de scolarisation de la localité de l'IEF	1,00						
Distance moyenne des ménages par rapport à l'école la plus proche	-0,47	1,00					
Part des moins de 20 ans	-0,76	0,35	1,00				
Prévalence du paludisme	-0,50	0,22	0,27	1,00			
Incidence de la pauvreté	-0,34	0,12	0,55	0,37	1,00		
Taille des ménages	-0,28	-0,07	0,41	0,32	0,28	1,00	
Accès aux services sociaux de base	-0,75	0,60	0,63	0,52	0,52	0,16	1,00

**Annexe 5 : Facteurs d'inflation de la variance (VIF) des variables
du modèle de régression par les MCO**

Variables	VIF	1/VIF
Nombre moyen d'années de scolarisation dans l'IEF	4,50	0,22
Part des moins de 20 ans	4,13	0,24
Accès aux services sociaux de base	3,87	0,26
Incidence de la Pauvreté	2,07	0,48
Prévalence du paludisme	1,89	0,53
Distance moyenne des ménages par rapport à l'école la plus proche	1,79	0,56
Taille des ménages	1,45	0,69
Moyenne VIF	2,82	

The efficiency of deconcentrated structures of primary education in Senegal: a dea approach followed by a truncated bootstrap regression

Abstract - This article is one of the few studies to provide insight into the efficiency of decentralized structures in primary education in Senegal. The estimation is conducted using data from the Ministry of Education, following a two-stage procedure. In the first stage, we estimate the technical efficiency of the District Education and Training Inspections (IEF) and the Regional Academic Inspections (IA) using Data Envelopment Analysis (DEA). In the second stage, we apply a bootstrap truncated regression (Simar and Wilson, 2007) to highlight the impact of environmental factors on the efficiency of these decentralized structures. The results from the first stage reveal very low efficiency levels for the IEFs and IAs in Senegal, primarily due to poor technical resource utilization. The results of the second stage show that the educational efficiency of the IEFs is explained by external factors such as the incidence of poverty, access to basic social services, the average number of years of schooling, and the prevalence of malaria.

Key-words

Efficiency
Primary education
DEA method
Truncated bootstrap procedure
