

# D<sub>3a</sub>

**Les déterminants de l'efficacité technique des entreprises industrielles  
sénégalaises : une analyse par la méthode « Data Envelopment Analysis »  
(DEA)**

**Anta NGOM<sup>1</sup>  
Université Cheikh Anta DIOP de Dakar (UCAD)**

**Work in Progress**

---

<sup>1</sup> Ph.D in economics, [ngomanta13@yahoo.fr](mailto:ngomanta13@yahoo.fr), [antangom2007@gmail.com](mailto:antangom2007@gmail.com)

**Résumé :**

Ce papier vise à étudier ou quantifier le niveau d'efficacité technique des entreprises industrielles sénégalaises tout en identifiant les facteurs qui influencent le degré de leur efficacité. Les données utilisées proviennent de l'enquête de la banque mondiale (Enterprise survey, 2014) couvrant 601 entreprises sénégalaises réparties en 4 régions (Dakar, Thiès, Kaolack et Saint-Louis). Nous avons extrait les entreprises du secteur manufacturier pour notre analyse. Suite à la méthodologie basée sur l'analyse des données (DEA), nous parvenons aux résultats suivants : les industries sénégalaises les plus efficaces techniquement sur l'ensemble du secteur industriel sont celles des métaux de base, Produits chimiques, Plastiques et caoutchouc. La régression Tobit identifie la taille de l'entreprise, la branche d'activité, la production des travailleurs qualifiés, la disponibilité des infrastructures d'électricité comme principaux déterminants de l'efficacité technique des entreprises.

**Mots clés :** Efficacité technique, Méthode DEA, modèle Tobit.

**Classification :** D24, C67, C30

## 1. Introduction

Au cours des trente dernières années, l'industrie des pays en développement, poussée par une croissance explosive des échanges de produits manufacturés, a connu une croissance rapide (ONUDI, 2009). Cependant, plusieurs pays en développement peinent encore à construire une économie dynamique et compétitive basée sur le secteur industriel. Les pays à forte croissance sont caractérisés par un secteur industriel dynamique. Ceci justifie bien l'importance du secteur industriel, moteur de la croissance économique, à travers le déplacement des ressources des secteurs à faible (secteur agricole) productivité vers des secteurs à forte productivité (secteur industriel) autrement une transformation structurelle (ONUDI, 2009).

Au Sénégal, le secteur industriel est un élément fondamental à la croissance économique et à la création d'emploi. Un des objectifs du gouvernement est de faire du secteur industriel un levier de croissance économique à très forte potentialité de développement technologique et de création d'emploi. Ainsi le taux de croissance est de 6% en 2019 et cette croissance est globalement portée par le secteur primaire à hauteur de 12,9%. Les secteurs secondaire et tertiaire contribuent respectivement à hauteur de 4,5% et 6,6%. Les activités du secteur secondaire sénégalais se résument essentiellement aux sous-secteurs des extractives, des produits agro-alimentaires, des produits chimiques, des matériaux de construction, etc.

L'enquête industrie de 2016 révèle que près du tiers des entreprises industrielles ont enregistré une baisse du chiffre d'affaire et seulement 22% l'ont vu augmenter. Il est resté stable pour près de 25% des entreprises et pour le reste, il a évolué en dents de scie. Cette baisse n'a concerné que les petites entreprises. Quand il s'agit de l'exploitation de l'appareil productif, près de 70% des entreprises l'ont au moins stable. Autrement dit, les entreprises utilisent plus de 50% de leur capacité de production. Également la valeur ajoutée a resté au moins stable, sur l'ensemble des unités, 20,1% ont connu une hausse de leur valeur ajoutée contre 27,4% des entreprises ayant connu une baisse. Il est noté également que le personnel de plus de 90% des entreprises du secteur industriel n'a pas bénéficié de formation pour le renforcement de capacité. L'industrie subit un appauvrissement de la main d'œuvre qualifiée. Comme la qualité de la main d'œuvre est un indicateur déterminant dans le processus de production industriel, leur savoir-faire pourrait déboucher sur la levée de verrous technologiques et sur le développement d'applications industrielles à forte valeur ajoutée.

Au-delà des facteurs cités précédents, les entreprises industrielles ont des contraintes liées au coût des facteurs de production. Près que 51,8% des entreprises le considèrent comme une contrainte majeure de l'activité et surtout le facteur travail. Le coût du travail dans l'industrie sénégalaise est jugé élevé par 39,6% des industriels.

Ces problèmes notés peuvent se justifier par un problème de ressources liées à l'efficacité technique des branches d'activité du secteur industriel. La notion d'efficacité technique intéresse beaucoup de chercheurs, Lesueur et Plane (1995) ont analysé l'efficacité des entreprises productrices d'électricité en Afrique subsaharienne à l'aide d'une frontière de production. Ils ont montré que le niveau d'efficacité le plus élevé est atteint par l'entreprise togolaise (près de 93%) et autres entreprises sénégalaise, Rwandaise, camerounaise suivent avec un niveau d'efficacité technique proche de 90%. Ces performances dépendaient de deux types de facteurs à savoir des facteurs structurels (intensité de la demande, les contraintes institutionnelles liées à la politique salariale, de gestion de personnel etc) et des facteurs relevant de la stratégie managériale de l'entreprise. De plus Bene et al. (2018) ont analysé la relation entre la propriété étrangère, l'investissement et la performance des entreprises dans un contexte subsaharien sur la base d'un échantillon de 168 entreprises camerounaises sur la période 2007-2009, ils ont constaté que la propriété étrangère a un effet négatif sur le rendement des actifs de l'entreprise, tout en étant positivement lié à l'investissement. Cependant, les résultats montrent une relation non linéaire : lorsque les capitaux étrangers sont supérieurs à 25%, la propriété étrangère est

positivement liée au rendement des actifs et négativement liée à l'investissement. Kamga et Tsambou (2016) ont montré les caractéristiques du manager telles que l'âge, la durée au poste de manager, le niveau d'étude et le capital social du manager influencent significativement la performance des entreprises camerounaises. Kamga et Tsambou (2017) ont analysé les effets combinés de l'innovation et des technologies de l'information et de la communication (TIC) sur performances des petites et moyennes entreprises (PME) au Cameroun. Les résultats ont montré que les TIC contribuent à accroître les performances des PME camerounaises en soutenant l'innovation par l'acquisition de nouveaux équipements logiciels et matériels. Le contexte sénégalais a montré que dans une étude faite par Cissokho (2019), les coupures d'électricité ont un effet négatif sur la productivité des petites et moyennes entreprises sénégalaises autrement dit elles affectent négativement l'efficacité des PME sénégalaises.

Avec ces facteurs pris individuellement dans chaque étude et qui affectent l'efficacité des entreprises, nous allons regarder pour le cas du Sénégal en s'intéressant sur l'ensemble des facteurs déterminants de l'efficacité technique des entreprises sénégalaises du secteur industriel.

Pour se faire, l'objectif de cette étude est d'analyser les déterminants de l'efficacité technique du secteur industriel sénégalais. De façon spécifique, il s'agit d'analyser l'efficacité technique par branches d'activité du secteur industriel et d'identifier les facteurs affectants cette efficacité dans les sous-secteurs industriels au Sénégal. L'intérêt de cette étude est de contribuer à la littérature empirique existante et qui est peu abondante à notre connaissance pour le contexte sénégalais sur les déterminants de l'efficacité technique des entreprises notamment des entreprises industrielles sénégalaises.

Sur le plan politique, le secteur industriel constitue un élément très important dans l'économie sénégalaise malgré ses difficultés notées sur plan financier, sur le plan de l'emploi, on constate une absence de main d'œuvre qualifiée dans ce secteur et sur le plan technologique aussi. Ainsi l'Etat sénégalais s'est fixé la mise en place de politiques publiques permettant l'émergence en 2035, donc le développement du secteur industriel constitue une préoccupation majeure et il est un levier important sur lequel le Sénégal devrait se baser pour réaliser ses objectifs en termes de développement humain, économique et social. C'est dans ce contexte que cette étude pourra contribuer au développement de ce secteur grâce à sa performance et de jouer les facteurs déterminants de cette performance des entreprises industrielles.

Le reste de ce travail se présente comme suit : la section 2 présente le secteur industriel sénégalais. La section 3 s'intéresse à la revue de littérature ; la section 4 expose l'approche méthodologique. Les résultats attendus sont présentés dans la section 5

## **2. Présentation du secteur industriel sénégalais**

Le secteur industriel par définition, comprend les établissements dont l'activité principale est la transformation des matières ou des substances en nouveaux produits par des procédés mécaniques ou physiques. Le secteur manufacturier reste modeste. Il est dominé par les activités de transformation de ressources locales (agricoles surtout, puis minières), et de raffinage de pétrole brut importé. Ces activités consistent en : la transformation des produits chimiques ; la conservation de la viande et de poisson ; de production de tomate ; de sucre ; d'huile ; la fabrication de textiles ; de ciment etc.... Toutefois, les activités semi-industrielles et artisanales (par exemple, les boulangeries, les ateliers de confection de vêtements) ne sont pas comptabilisées, car une grande partie ont un caractère informel. Le secteur industriel joue un rôle essentiel dans le processus de croissance et développement d'un pays. C'est à partir de ce dernier qu'on apprend les effets externes par la pratique et des innovations technologiques liées à la diversification des produits qui sont des éléments de support de croissance.

Selon le rapport sur l'état lieu du secteur industriel en 2015, Le parc industriel du Sénégal est essentiellement dominé par les petites et moyennes entreprises. Elles représentent en moyenne 92,5% du parc sur la période 2009-2013 contre 7,5% pour les grandes entreprises. Les sous-secteurs d'activité les plus représentés sont : les Industries alimentaires (36,3%) ; l'Agriculture, l'Élevage, la pêche (13,6%) ; les Industries mécaniques (10,4%) ; les Industries du papier, carton et de l'édition (9,4%) et les Industries chimiques (8,6%). En termes de création de richesse mesuré par la valeur ajoutée, le secteur industriel s'est nettement amélioré sur la période de 2009-2013. Elle est passée de 434 milliards en 2009 à 496 milliards en 2013. Cet accroissement est plus tiré par les grandes entreprises qui représentent 90% de la valeur ajoutée pour. Par contre les petites entreprises quant à elles, ont enregistré des valeurs ajoutées négatives sur toute la période. Toutefois pour les contributions à la création de richesse, les industries alimentaires représentent 30,90% de la valeur créée par ce secteur, suivie les industrie chimiques (17,14%), les matériaux de constructions (16,49%) et les sous-secteurs de l'eau, de l'électricité et du gaz (15,74%).

### **3. Revue de la littérature**

#### **a. Analyse théorique**

Pour mesurer la performance, il existe plusieurs méthodes. En effet le concept de performance s'exprime par une mesure de distance entre une observation et une cible. La distance qui sépare cette entreprise (observation) comparée aux autres d'un même secteur sert comme une mesure de performance (Broussau, 2004). Toutefois l'analyse de l'efficacité a été initialement introduite par Koopmans (1951), Debreu (1951). Dans un cadre frontalière déterministe, les méthodes non paramétriques connaissent un succès croissant depuis le travail pionnier de Farrell (1957) basant sur les définitions de l'efficacité technique et allocative de la production.

L'approche non paramétrique est connue sous le vocable anglais DEA ou méthode du pont externe. Elle détermine la frontière au sommet des observations plutôt qu'un plan de régression en leur centre. Il faudra deux variantes de cette méthode : la première est faite d'hypothèse que la technologie est à rendement constant (modèle Charnes, Cooper et Rhodes, CCR) (Charnes et al., 1978) et la deuxième avec un rendement variable ((Banker et al., 1984). Depuis le travail fondateur de Charnes, Cooper et Rhodes (1978), l'analyse des enveloppes de données (DEA) a été largement reconnue comme une technique efficace pour mesurer l'efficacité relative d'un ensemble d'unités de décision (« Décision Making Unit » DMU) qui appliquent plusieurs intrants pour produire plusieurs sorties.

La méthode DEA reste la méthode la plus utilisée des approches non paramétriques à cause de prise en compte des erreurs qui pourront affecter les données et que cette méthode donne tout écart par rapport à la frontière de l'inefficacité de l'exploitation. L'efficacité technique est une mesure globale de performance d'une entreprise. De plus elle fait référence à la capacité des entreprises à convertir les entrants disponibles à la production maximale admissible (Chapelle et Plane, 2005).

Cette méthode a été utilisée dans de nombreux contextes différents de la production des entreprises mais aussi elle a été largement appliquée pour examiner l'efficacité technique et allocative dans une variété d'industries (Simar et Wilson, 2007). C'est un outil non paramétrique qui évalue objectivement l'efficacité relative d'un ensemble d'unités en termes de critère multiple en utilisant des méthodes de programmation linéaire. Elle est aussi une approche très répandue pour l'analyse de l'efficacité des unités de décision avec de multiple entrée et de sortie dans une période spécifique (Chiu et al., 2017).

La plupart des méthodes non paramétriques pour estimer les frontières de productions sont basées sur les techniques d'enveloppement (Cazals et al., 2001). Ces méthodes non paramétriques n'exigent pas d'hypothèse sur la forme fonctionnelle des entrées et des sorties ainsi que la répartition des termes d'erreurs (Chapelle et Plane, 2005). Dans le contexte de gestion, la programmation mathématique est

généralement utilisée pour évaluer un ensemble d'option possible en vue de sélectionner celui qui est le meilleur (Banker et al., 1984).

#### **b. Quelques études empiriques sur l'efficacité technique et ses déterminants**

Au cœur de l'économie est le concept de l'efficacité et la théorie microéconomie concerne l'efficacité allocative (Leibenstein, 1966).

- **Analyse empirique avec la méthode DEA**

La notion d'efficacité technique intéresse beaucoup de chercheurs, en effet Aparicio et al. (2017) ont évalué la performance productive des entreprises (fermes) espagnoles avec une approche basée sur le problème de produits mix. En particulier, ils sont intéressés à déterminer les coefficients techniques comme une information complémentaire à celle fournie habituellement par le DEA. Ils ont trouvé que la nouvelle approche suppose une technologie commune, offrant de nouvelles possibilités de recherche analytique des magasins intéressés par ce domaine en introduisant la capacité d'effectuer une évaluation de l'efficacité. Cissokho (2019) a analysé l'impact des pannes de courant, les caractéristiques des entreprises sur la productivité des PME au Sénégal. La productivité est mesurée par l'approche « DEA ». Les résultats indiquent que les pannes de courant ont effets négatifs importants sur la productivité au Sénégal. D'autre part, d'autres caractéristiques telles que l'utilisation de générateurs comme source d'alimentation alternative et la part de travailleurs qualifiés aident les entreprises à plus productif. L'accès aux prêts ou aux crédits, ainsi qu'au niveau de formation des managers, l'expérience et le statut juridique semblent n'avoir aucun effet significatif sur la productivité. De plus, Fazlollahi et Franke (2018) ont expliqué le DEA comme un outil approprié pour quantifier les effets de l'assurance-emploi sur le rendement des entreprises au niveau organisationnel. La méthode proposée consistait à mesurer et à comparer l'efficacité productive des entreprises qui utilisent l'intégration d'entreprise, en particulier en établissant un lien entre les avantages produits et les ressources consommées dans un processus. Les résultats obtenus sont sensibles aux changements dans l'ensemble des DMU. Dans cet ordre d'idée, il est nécessaire d'utiliser des outils d'aide de décision avancé pour quantifier l'efficacité de l'installation industrielle (Fernandez et al., 2018). Dans l'analyse d'efficacité technique du secteur d'énergie, les auteurs ont utilisé la méthode non paramétrique (DEA) pour évaluer les efficacités d'un ensemble d'unités, ainsi il existe d'un besoin évident de développer des outils d'aide à la décision pour cette efficacité technique.

- **Analyse empirique avec la méthode DEA par méta-frontière et frontière stochastique**

Dans leur travail, Battese et al. (2008) ont utilisé le concept méta-frontière pour comparer les efficacités techniques des entreprises qui peuvent être classées en différent groupe. Les entreprises de différentes industries sont confrontées à des opportunités différentes, ainsi elles font des choix parmi différents ensembles de combinaisons d'entrées et de sorties réalisables. Par ailleurs, Chiu et al., (2017) ont abordé dans le même sens que ces autres asiatiques en utilisant la méthode DEA méta-frontière (une approche dynamique) pour évaluer l'efficacité de l'industrie de haute technologie en Chine. Ils ont ciblé les industries de haute technologie de 26 régions provinciales en Chine de 1998 à 2011 en raison de la comparabilité des données. Trois intrants comprennent l'emploi, le stock de capital des immobilisations et les coûts de R&D. L'input du coût de R&D est représenté par les dépenses intra-muros de R&D. Plusieurs résultats peuvent être tirés de l'estimation du modèle tronqué. Quatre variables, y compris les Pib par habitant, les exportations et les importations totales, le kilométrage routier par habitant et le ratio de l'industrie tertiaire aux Pib, ont des effets significatifs sur l'efficacité technique des industries régionales de haute technologie en Chine. Agbodji (2010) a analysé les facteurs d'incitatif sur la performance productive dans le secteur manufacturier du Togo par une frontière stochastique de type

translog á partir des données de panel non cylindrées. Les résultats ont montré que les sous-secteurs alimentaires et chimiques ont des scores d'efficacité technique différents selon le régime d'incitatif. Ainsi les facteurs explicatifs de la variation de l'efficacité technique sont : l'appartenance à la zone franche, au degré d'ouverture, à la part du capital étranger, à l'incitatif salarial et au contrôle hiérarchique.

- **Analyse empirique avec la méthode de DEA par l'indice de Malmquist**

Chang, Chen et Kua (2013) ont analysé le changement dans la performance de durabilité de l'entreprise au fil du temps par la méthode de DEA dans seize industries. Les changements d'efficacité ont été mesurés en utilisant l'indice de Malmquist pendant trois années consécutives. Cette étude a divisé les 311 entreprises en 16 secteurs industriels selon la Norme 2002 du Code industriel de l'Amérique du Nord. Les résultats ont indiqué que la performance en matière de développement durable varie selon les industries et reflète une tendance à l'amélioration continue des performances de durabilité des entreprises dans la plupart des industries. Sur les 16 industries, 7 industries (la construction, la fabrication, le commerce de détail, l'informatique, la finance et l'assurance, le service scientifique et technique, industries de service alimentaire) ont amélioré leurs performances en matière de durabilité de manière constante au cours des trois années consécutives.

- **Analyse empirique avec la méthode DEA par bootstrap**

Atanase (2016) a étudié les différents niveaux d'efficacité technique, et de mesurer l'impact des facteurs exogènes et endogènes sur l'efficacité technique de 134 firmes manufacturières au Cameroun. Par la méthode du double bootstrap avec correction de biais, il a identifié les facteurs qui ont un impact sur l'efficacité technique. Et ces facteurs sont de l'incitation salariale, la taille de l'entreprise, les investissements directs étrangers, la recherche et développement, les exportations, la disponibilité des infrastructures et les normes de certification. Les auteurs asiatiques, Qiao et al., (2017) ont analysé l'efficacité technique de l'industrie sidérurgique chinoise de 1996 à 2010 par une procédure de réseau DEA et fournit la stratégie DEA du réseau bootstrap en mettant l'accent sur la productivité et l'efficacité de l'industrie sidérurgique à la recherche de la performance microéconomique. Ils ont utilisé comme indicateurs le travail et le capital comme les principaux indicateurs de la production. De plus ils ont analysé les facteurs influençant de cette efficacité par le modèle Tobit. Le PIB/habitant et la proportion du PIB provincial au PIB du pays affectent positivement l'efficacité technique, indiquant que le développement économique provincial est bénéfique pour la promotion de l'efficacité technique de l'industrie sidérurgique.

- **Analyse empirique avec la méthode DEA selon des méthodes comparables sur la production et la consommation**

Guillén-Gosálbez et al. (2018), ont fait une analyse de l'évaluation de l'efficacité économique des industries manufacturières de l'Union Européenne (UE) avec une combinaison des tableaux entrée-sortie et la méthode DEA selon des méthodes comparables sur la production et la consommation. Les données utilisées provenaient de la base de données mondiale des entrées-sorties (WIOD), qui couvre les transactions macroéconomiques pour 41 régions : 27 pays de l'UE, 14 autres pays principaux et la région agrégée de l'emprise, pour les années 1995 à 2009. La base de données WIOD considère 35 secteurs économiques dans chaque région, ce qui donne lieu à une matrice de vente intermédiaire de 1435 1435 secteurs. Ils ont constaté qu'il existe une inadéquation significative au niveau sectoriel entre les deux systèmes comptables, chacun fournissant des informations complémentaires pour l'élaboration des politiques. Dans le cas de la production, les cibles permettent d'identifier les secteurs et les polluants nécessitant des réglementations plus strictes et / ou des investissements plus importants dans les

technologies plus propres. Par ailleurs, ils ont calculé des cibles d'amélioration en utilisant le modèle dual. Dans cet ordre d'idée, Albino, Fraccascia et Garavelli (2017), ont développé le concept d'efficacité d'échange technique des réseaux de symbiose industrielle (Industrial symbiosis networks (ISNs) et développé une mesure d'une telle efficacité. Cette mesure est calculée en utilisant une approche d'entrées-sorties au niveau de l'entreprise. En effet, ils ont donné une définition de l'efficacité technique de production industrielle, comme étant à la fois pour un processus de production unique et pour un système industriel composé de plusieurs processus de production. Dans les deux cas, l'efficacité de la production technique traite de la manière dont le processus / système transforme les intrants en extrants. Ceci revient à la définition de Koopmans (1951) qui disait que « Un producteur est techniquement efficace si une augmentation de tout produit exige une réduction d'au moins un autre rendement ou une augmentation d'au moins un intrant, et si une réduction dans toute entrée nécessite une augmentation d'au moins une autre entrée ou une réduction d'au moins une sortie ». Mitra et al. (1998) ont montré que les infrastructures électriques ont un impact positif sur l'efficacité du secteur manufacturier. En résumé, nous pouvons dire que plusieurs approches ont été utilisées dans plusieurs études et dans des différents pays et régions pour analyser les performances des entreprises et ses déterminants avec des résultats différents. Dans le contexte de ce travail, nous allons nous inspirer de certains travaux pour analyser l'efficacité des entreprises industrielles sénégalaises et ses déterminants.

#### 4. Méthodologie et données

##### a. Méthodologie

L'analyse de l'enveloppement des données (DEA) est l'un des modèles les plus importants et les plus courants pour l'estimation de l'efficacité et le classement des unités de prise de décision. Le modèle DEA est classé comme un modèle non paramétrique et il n'a pas besoin d'estimer le coût ou la fonction de production pour estimer la frontière d'efficacité (Abdollahzadeh et al., 2011). Ainsi le modèle DEA a longtemps été utilisé pour évaluer l'efficacité des unités de décision (DMU) depuis Charnes et al. (1978) qui l'a introduit il y a trois décennies.

Une entreprise est techniquement efficace lorsqu'elle se situe sur sa frontière des possibilités de production, autrement dit qu'avec une quantité déterminée de facteurs, elle obtient le plus haut niveau d'output réalisable (Lesueur et Plane, 1998). La mesure de l'efficacité de base utilisée dans le modèle DEA est le rapport entre la production et l'intrant, mais cette mesure n'est applicable qu'aux cas d'intrant et de production uniques (Guillén- Gosálbez et al., 2018).

Dans cette partie, nous supposons qu'il y ait  $n$  DMU dans un échantillon produisant des sorties (output) au niveau de  $y$ , en utilisant  $m$  entrées (input) au niveau de  $x$ . Le problème d'optimisation peut être énoncé comme suit :

$$ET_k = \frac{\sum_{r=1}^s U_r Y_{rk}}{\sum_{i=1}^m V_i X_{ik}} \quad (1)$$

Où  $ET_k$  est l'efficacité technique de l'entreprise  $k$  utilisant  $m$  inputs pour produire des outputs ;  $Y_{rk}$  est la quantité de l'output  $r$  produit par l'entreprise  $k$  ;  $X_{ik}$  est la quantité de l'input  $i$  consommée par l'entreprise  $k$  ;  $U_r$  et  $V_i$  les poids respectifs de de l'output  $r$  et l'input  $i$  ;  $n$  est le nombre d'entreprises à évaluer ;  $s$  et  $m$  les nombres respectifs d'inputs et outputs.

L'efficacité technique de l'entreprise  $k$  sera maximisée sous deux contraintes : premièrement les poids appliqués aux outputs et aux inputs de l'entreprise  $k$  ne peuvent pas générer les scores d'efficacité supérieure à 0 ; deuxièmement, les poids appliqués aux outputs et aux inputs sont strictement supérieurs à 0.



La programmation linéaire est la suivante :

$$\text{Maximiser } \frac{\sum_{r=1}^s U_i Y_{rk}}{\sum_{i=1}^m V_i X_{ik}} \quad (2)$$

**Sous contraintes**

$$\frac{\sum_{r=1}^s U_i Y_{rj}}{\sum_{i=1}^m V_i X_{ij}} \leq 1 \text{ et } U_i, V_i > 0$$

$$j=1, \dots, n, r=1, \dots, s \text{ et } i=1, \dots, m$$

La programmation linéaire peut être résolue sous deux formes de modèle : le premier modèle est celui orienté vers les outputs et le second orienté vers les inputs.

Dans une orientation *input*, le modèle DEA minimise les *inputs* pour un niveau donné d'*outputs* ; autrement dit, il indique de combien une organisation peut réduire ses *inputs* tout en produisant le même niveau d'*outputs*. Dans une orientation *output*, le modèle DEA maximise les *outputs* pour un niveau donné d'*inputs*. Autrement dit, il indique de combien une organisation peut augmenter ses *outputs* avec le même niveau d'*inputs* (Huguenin, 2013).

Le modèle DEA à l'orientation *input* utilisé dans le cadre de cet article est le suivant :

$$\text{Maximiser } \sum_{r=1}^s U_r Y_{rk} \quad (3)$$

**Sous contraintes**

$$\sum_{i=1}^m V_i X_{ij} - \sum_{r=1}^s U_r Y_{rj} \geq 0 ; \sum_{i=1}^m V_i X_{ij} = 1 \text{ et } U_r, V_i > 0$$

$$j=1, \dots, n, i=1, \dots, m \text{ et } r=1, \dots, s$$

Les variables d'entrée (input) dans le modèle DEA sont (1) nombre d'employés permanents, (2) le capital capte les machines et équipement. La variable de sortie unique (output) est le chiffre d'affaires (Fazlollahi et Franke, 2018).

### Les déterminants de l'efficacité technique

La méthode prédominante dans la littérature pour trouver les déterminants des écarts d'efficacité parmi les DMU est l'analyse de régression Tobit (Lee, Lee et Kim, 2009, Qiao et al. 2017), car les scores d'efficacité sont censurés à la valeur maximale des scores d'efficacité, mais aussi les scores DEA sont limités en dessous de l'unité ou au-dessus de l'unité. Ainsi, l'utilisation des moindres carrés ordinaires (MCO), qui suppose une distribution normale et homoscedastique de la variable dépendante, n'est pas appropriée. Le modèle de régression de Tobit prend la forme de l'équation ci-dessous

$$ET_i = \begin{cases} \beta X_i + U_i & \text{si } ET > 0 \\ 0 & \text{Sinon} \end{cases} \quad (4)$$

Où  $ET_i$  est le score d'efficacité de l'entreprise et  $X_i$  le vecteur des déterminants de l'efficacité technique de l'entreprise

### Choix des variables explicatives (déterminants) de l'efficacité technique :

Partant de la littérature sur les déterminants de l'efficacité (Leibenstein, 1966 ; Chapelle et Plane, 2005 ; Agbodji, 2010), nous pouvons choisir les variables qui affectent l'efficacité technique de l'entreprise.

**Incitation salariale** : Chappelle et Plane ,2005 ont montré que l'incitation salariale et la tailles ont un impact positif sur la l'efficacité technique du secteur manufacturier ivoirien.

**Taille de l'entreprise**. Une variable binaire, elle prend 1 si l'entreprise est de grande taille et 0 sinon.

**Infrastructure électrique** : la consommation d'électricité industrielle semble jouer un rôle important en matière efficacité (Mitra et al, 1998). Cette variable mesurée les pannes de courant, à savoir, la fréquence des pannes de courant, la durée ou la gravité.

**La propriété** : une variable binaire, 1 sinon l'entreprise est possédée par un étranger et 0 sinon.

**Le profil du manager** : cette variable est captée l'expérience du manager,

**Intensité capitalistique** : c'est le capital par travailleur,

**Le capital humain des travailleurs** : cette variable mesure l'emploi qualifié au niveau de l'entreprise mesuré par le nombre d'années d'éducation des travailleurs.

Il existe aussi d'autres variables déterminantes de l'efficacité (la branche d'activité, exportations)

## **b. Analyse des données**

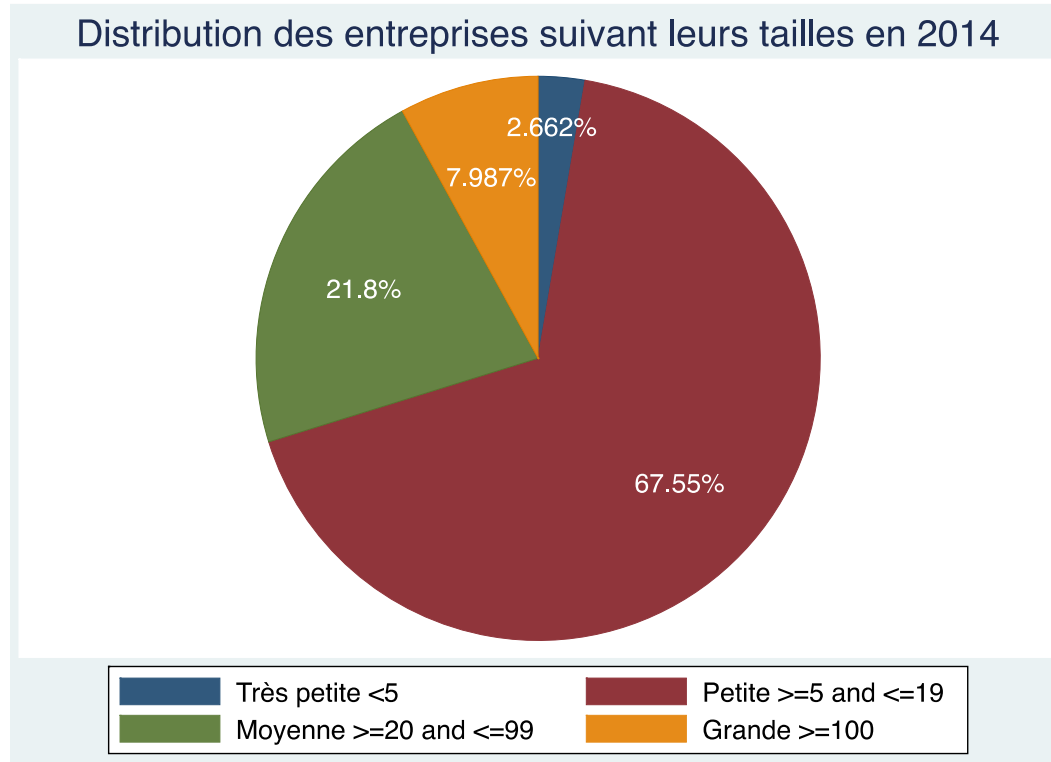
Ce travail exploite des données d'enquête de la banque mondiale *Enterprises Survey (2007 et 2014)* autrement dit une coupe transversale de façon répétée autrement dit l'utilisation de ces bases dans cette étude. Les enquêtes comportent 601 (2014) et 506 (2007) observations (entreprises) et qui sont réparties en quatre régions : Dakar, Thiès, Kaolack et Saint-Louis. Le choix de ces régions est dû au fait que le dynamisme économique et ou le tissu industriel est le plus important dans ces régions. Les entreprises sont plus concentrées dans la région de Dakar (61%), suivie la région de Thiès (19%) ; par contre, elles sont moins concentrées dans la région de Saint-Louis (8%).

Les établissements dénombrés de 5 employés ou plus ont été utilisé comme base de sondage pour l'enquête sur les entreprises au Sénégal dans le but d'obtenir entretiens dans 601 établissements (entreprises formelles). Pour l'enquête sur les entreprises au Sénégal (ES), la stratification de la taille a été définie petite (5 à 19 employés), moyenne (20 à 99 employés) et de grande taille (plus de 99 employés). Dans le cadre de cette étude, vous allons utiliser un panel (*2007 et 2014*).

### ***Distribution des entreprises suivant leurs tailles***

Les données révèlent que les petites sont plus représentatives dans cette base de données (67,55%). Ceci montre que le tissu économique du Sénégal est fortement dominé par les petites entreprises. Nous avons les moyennes entreprises (21,8%) et les grandes entreprises qui sont moins représentatives (7,987%). Cependant, l'enquête s'intéresse aussi aux très petites entreprises (26,62%) ce qui n'était pas le cas en 2007. Ce qui explique par le fait l'environnement des affaires s'est amélioré surtout au niveau de la création d'entreprise ainsi nous sommes passés de 506 entreprises enquêtées en 2007 à 601 entreprises en 2014.

**Graphique 1 : Distribution des entreprises suivant leurs tailles en 2014**

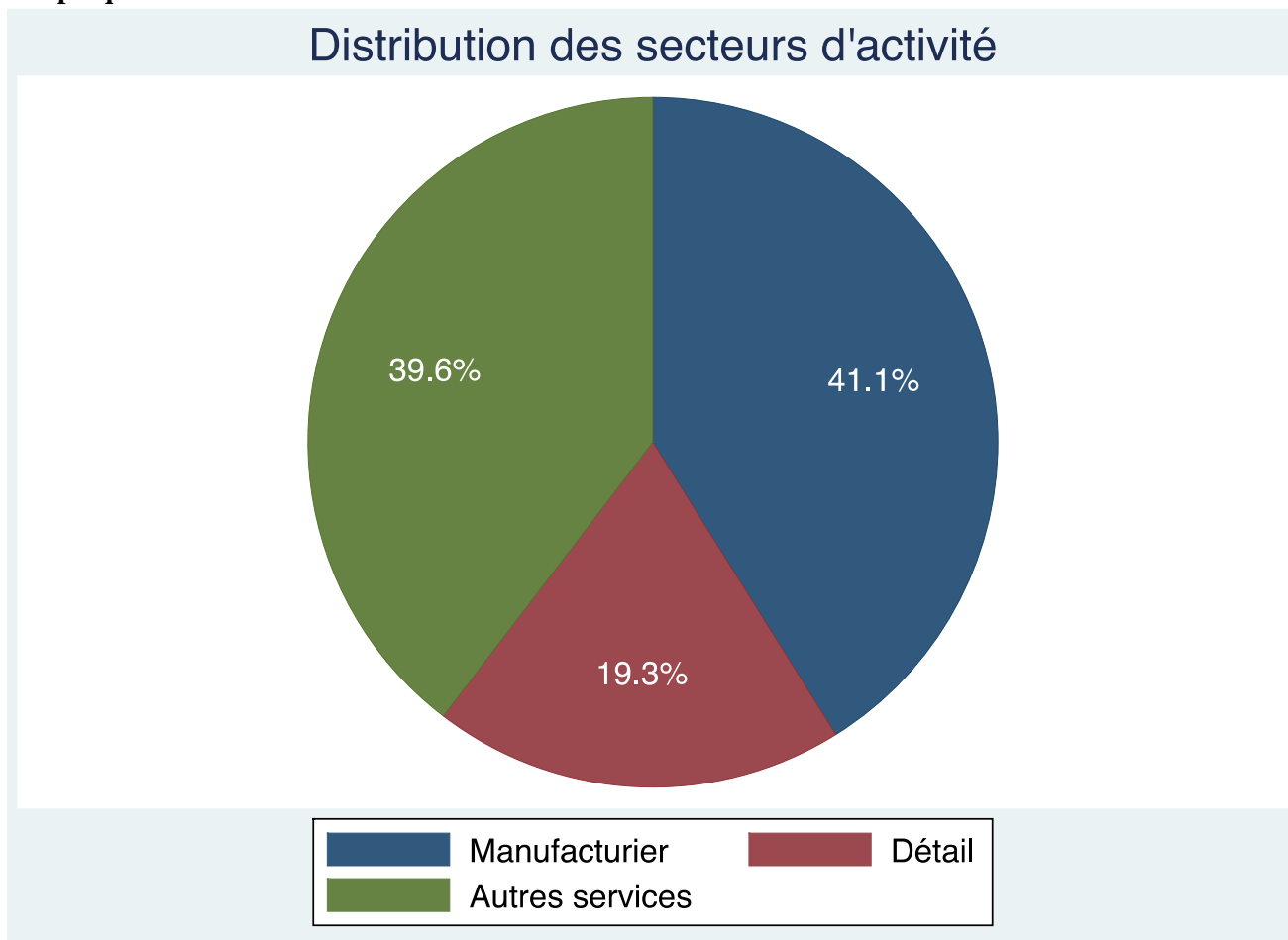


**Source** : calcul de l'auteur à partir des données de la Banque Mondiale : Enterprise Survey, 2014

#### ***Distribution des secteurs d'activité***

L'enquête s'intéresse aux deux secteurs d'activité à savoir le secteur manufacturier (41,1%) et le secteur des services (58,9%). Le secteur manufacturier est composé de plusieurs branches d'activités à savoir construction, agroalimentaire, textile, vêtement, etc. Pour les services, nous avons le commerce de détail (19,3%) et les autres services (39,6%) qui sont de gros, des hôtels et restaurants, du transport, de l'entreposage et communications, de l'informatique et des activités connexes.

**Graphique 2 : Distribution des secteurs d'activité**



**Source :** calcul de l'auteur à partir des données de la Banque Mondiale : Enterprise Survey, 2014

La répartition des unités économiques selon les secteurs d'activité et la taille révèle que dans toutes catégories d'entreprise les services sont fortement représentés sauf les grandes entreprises. La plupart des entreprises sénégalaises évoluent dans le secteur des services. Cependant, les grandes entreprises sont du secteur manufacturier (voir tableau1).

**Tableau 1 : Pourcentage des entreprises dans les deux secteurs**

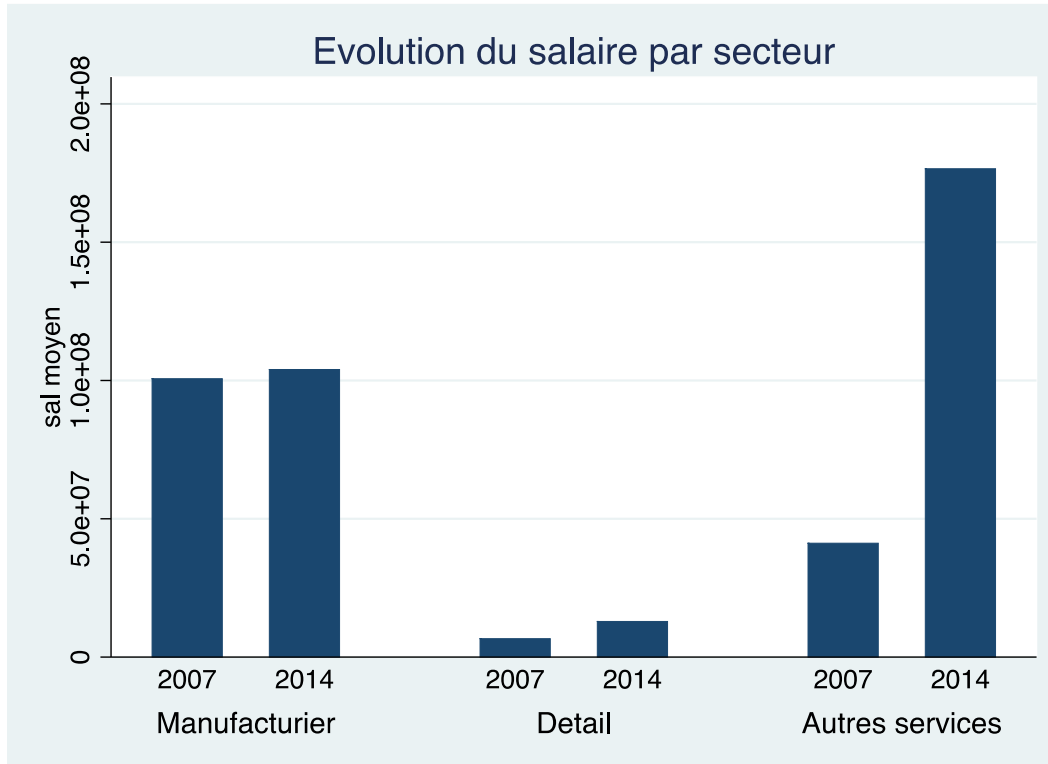
Tailles des entreprises	Manufacturier (%)	Service (%)
Très petites entreprises	37	63
Petites entreprises	39	61
Moyennes entreprises	44	56
Grandes entreprises	52	48

**Source :** calcul de l'auteur à partir des données de la Banque Mondiale : Enterprise Survey, 2014

#### ***Distribution des salaires par secteur***

Les salaires restent stables dans le secteur manufacturier et dans le secteur du commerce de détail entre 2007 et 2014. Cependant, on note une évolution des salaires de façon exponentielle dans les autres branches d'activité du secteur des services passant de moins de 5.0e+07 en 2007 à plus de 1.5e+08 en 2014.

**Graphique 4 : Evolution du niveau de salaire par secteur**

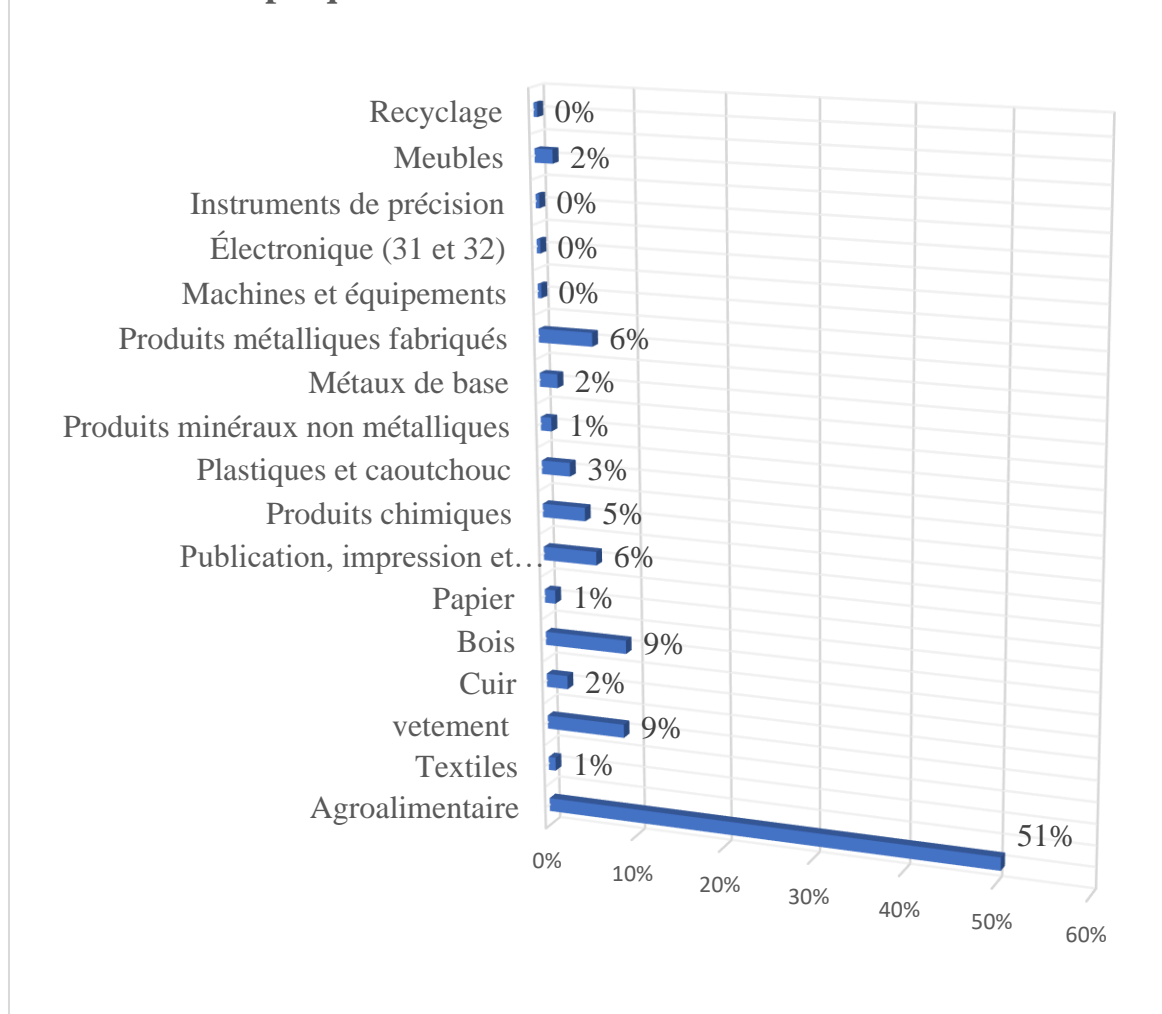


**Source** : calcul de l'auteur à partir des données de la Banque Mondiale : Enterprise Survey, 2007 et 2014

Toutefois cette étude s'intéresse seulement au secteur manufacturier autrement dit aux 249 entreprises manufacturières.

Les données relèvent que les entreprises industrielles présentent 41.14% soit 249 entreprises enquêtées sur les 601 entreprises enquêtées. Les 249 entreprises relèvent de l'industrie manufacturière et elles sont réparties comme suit : 51% dans l'industrie agroalimentaire, 9% dans la fabrication de bois, 9% dans la confection des vêtements etc. (Voir graphique 3). Il est noté aussi que dans certaines branches d'activité, l'activité n'est pas assez développée par exemple les sous-secteurs électroniques, le recyclage, machine et équipement, ils ne représentent presque 0% de l'échantillon autrement dit ces entreprises sont sous-représentées au niveau de l'échantillon.

**Graphique3 :Distribution des branches d'activité**



**Source** : Calcul de l'auteur à partir des données de la Banque Mondiale *Enterprise Survey*, 2014

Nous avons des entreprises de taille différente dans les branches d'activité : les très petite, petites et moyennes entreprises représentent 90% (114 entreprises) des entreprises manufacturières et les grandes entreprises représentent 10%. La plupart des TPME évoluent dans l'agroalimentaire (46%), dans la confection des vêtements (9%), dans l'industrie de bois (9%) etc. (voir Tableau3). Il est constaté par ailleurs que certaines activités, nous avons seulement les grandes entreprises par exemple l'industrie textile, machines et équipements et l'électronique (voir Tableau2).

**Tableau 2 : Statistiques descriptives de la distribution des industries manufacturières suivant la taille des entreprises**

Branches d'activité	TPME	Grandes entreprises	% Grande entreprise	% TPME	Nombre d'entreprises
<b>Agroalimentaire</b>	114	12	5%	46%	126
<b>Textiles</b>	-	2	1%	-	2
<b>Vêtements</b>	22	0	-	9%	22
<b>Cuir</b>	6	0	-	2%	6
<b>Bois</b>	23	0	-	9%	23
<b>Papier</b>	2	1	0%	1%	3
<b>Publication, impression et enregistrement</b>	14	1	0%	6%	15
<b>Produits chimiques</b>	7	5	2%	3%	12
<b>Plastiques et caoutchouc</b>	6	2	1%	2%	8
<b>Produits minéraux non métalliques</b>	3	-	-	1%	3
<b>Métaux de base</b>	5	-	-	2%	5
<b>Produits métalliques fabriqués</b>	15	-	-	6%	15
<b>Machines et équipements</b>	-	1	0%	-	1
<b>Électronique</b>	-	1	0%	-	1
<b>Instruments de précision</b>	1	-	-	0%	1
<b>Meubles</b>	5	-	-	2%	5
<b>Recyclage</b>	1	-	-	0%	1
<b>TOTAL</b>	<b>224</b>	<b>25</b>	<b>10%</b>	<b>90%</b>	<b>249</b>

**Source** : Calcul de l'auteur à partir des données de la Banque Mondiale *Enterprise Survey*, 2014

## 5. Résultats attendus

### 5.1. Efficacité des entreprises industrielles

Le tableau 3 montre les calculs de score de production pour l'efficacité des sous-secteurs industriels. En moyenne, le score est de 0,76 en termes d'efficacité technique de l'ensemble des entreprises industrielles. Nous pouvons dire que le secteur industriel sénégalais est très efficace en termes de production. S'agissant la taille des entreprises, les très petites, petites et moyennes entreprises sont plus efficaces que celles de grande taille (76% contre 73%). Ceci montre que les entreprises de taille moyennes utilisent plus de capital et de travail que les entreprises de grande taille. Si nous regardons par branche d'activité les TPME qui évoluent dans l'agroalimentaire, sont plus efficaces que celles des grandes entreprises, contrairement aux industries de papier, les grandes entreprises sont techniquement plus efficaces que les TPME (voir tableau 3). Il est constaté des écarts en termes l'efficacité entre les TPME suivant leurs activités, par exemple l'industrie des papiers (42%) contre l'industrie des Plastiques et caoutchouc (85%), de même que les entreprises de l'industrie agroalimentaire (74%) contre l'industrie chimique (88%).

**Tableau 3 : Efficacité technique des branches d'activité suivant la taille des entreprises**

Branches d'activité	TPME			GRANDE		
	moyenne	min	max	moyenne	min	max
Agroalimentaire	0,77	0	1	0,74	0	0,89
Textiles				0	0	0
vêtements	0,78	0	0,97			
Cuir	0,67	0	0,91			
Bois	0,65	0	0,87			
Papier	0,42	0	0,83	0,8	0,8	0,8
Publication, impression et enregistrement	0,82	0,77	0,92			
Produits chimiques	0,83	0,8	0,86	0,88	0,87	0,9
Plastiques et caoutchouc	0,85	0,79	0,93	0,78	0,78	0,78
Produits minéraux non métalliques	0,83	0,82	0,84			
Métaux de base	0,85	0,77	1			
Produits métalliques fabriqués	0,75	0	0,75			
Machines et équipements				0,84	0,84	0,84
Meubles	0,81	0,81	0,81			
Recyclage	0,84	0,84	0,84			
<b>Toutes entreprises</b>	<b>0,76</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0,73</b>	<b>0</b>	<b>0,9</b>

**Source** : Calcul de l'auteur à partir des données de la Banque Mondiale *Enterprise Survey*, 2014

## 5.2. Les déterminants de l'efficacité technique

Les résultats de régression Tobit sur l'efficacité technique sont dans le tableau 4. La valeur de sigma nous renseigne que la méthode Tobit est bien appropriée puis que la statistique est significative (tableau 4). Au regard de ces résultats par la régression Tobit, nous pouvons dire que ces efficacités sont liées par certains facteurs. Les facteurs sont la taille de l'entreprise, la branche d'activité, la production par les travailleurs qualifiés, disponibilité des infrastructures d'électricité. Une entreprise de grande taille améliore son efficacité technique, une entreprise qui utilise la production par les travailleurs qualifiés améliore son efficacité technique. De même, la disponibilité des infrastructures d'électricité favorise l'efficacité technique de l'entreprise autrement même s'il existe une coupure d'électricité l'entreprise arrive à améliorer son efficacité technique du fait de l'existence d'autre source d'énergie comme le groupe électrogène. Nous pouvons dire que nos résultats corroborent ceux trouvés dans la littérature où il existe les facteurs explicatifs de l'efficacité technique des entreprises industrielles. Chapelle et Plane



(2005) ont montré que la tailles a un impact positif sur la l'efficacité technique du secteur manufacturier ivoirien. La consommation d'électricité industrielle joue un rôle important en matière efficacité (Mitra et al, 1998).

**Tableau 4 : Résultats de l'estimation des déterminants de l'efficacité technique**

Variables	Modèle
Ln(Salaire)	0.0116 (1.63)
Ln(intensité capitalistique)	-0.00548 (-0.83)
Propriété	-0.0282 (-1.05)
Taille de l'entreprise	0.113* (2.65)
Branche d'activité	0.00551* (-2.51)
Expérience du manager	-0.001000 (-1.51)
Production des travailleurs qualifie	0.00118* (3.00)
Nombre d'année d'éducation des travailleurs	-0.000768 (-0.64)
%Exportations indirectes	0.000398 (0.45)
Nombre de pannes d'électricité	0.00279 (1.36)
Duré en moyenne (h) de pannes d'électricité	0.000555 (0.34)
Duré en moyenne (mn) de panne d'électricité	0.00178** (3.17)
_cons	0.0842*** (9.44)
Sigma	0.0298*** (6.29)

Significativité des paramètres \* p<0.05, \*\* p<0.01, \*\*\* p<0.001, t statistique entre parenthèses

## **6. Conclusion**

Cette étude vise à étudier ou quantifier le niveau d'efficacité technique des entreprises industrielles sénégalaises tout en identifiant les facteurs qui influencent le degré de leur efficacité. Nous parvenons aux résultats suivants : les industries sénégalaises les plus efficaces techniquement sur l'ensemble du secteur industriel sont celles des métaux de base, Produits chimiques, Plastiques et caoutchouc. La taille de l'entreprise, la branche d'activité, la production par les travailleurs qualifiés, la disponibilité des infrastructures d'électricité sont des principaux déterminants de l'efficacité technique des entreprises. Nos résultats sont riches en termes de politiques économiques. Ainsi, il est nécessaire que les petites et moyennes entreprises évoluent en grande entreprise pour qu'elles deviennent efficacement productives mais aussi elles doivent investir davantage dans la technologie parce qu'elles sont techniquement efficaces autrement elles doivent utiliser plus de capital que de travail car le secteur industriel est intensif en capital. Par ailleurs, il est intéressant que les entreprises mettent l'accent sur la production à la main d'œuvre qualifiée pour qu'elles améliorent leurs efficacités techniques.

## Référence bibliographique

- Abdollahzadeh, S., M. Alinaghian, H. Mohammadi., H. Omrani., S. J. Sadjadi. 2011.** « A robust super-efficiency data envelopment analysis model for ranking of provincial gas companies in Iran », *Expert Systems with Applications*, 38 (2011): 10875–10881.
- Agbodji A. 2010.** « Incitations et Performance Productive : une Analyse Empirique dans le Secteur Manufacturier du Togo », *European Journal of Development Research*, 22(2010): 252–272.
- Albino, V., L. Fraccascia., C. A. Garavelli. 2017.** « Technical efficiency measures of industrial symbiosis networks using enterprise input-output analysis », *Int. J. Production Economics*, 183(2017): 273–286.
- ANSD. 2017.** « Rapport final de l'enquête sur l'état des lieux de l'industrie au Sénégal », Direction de redéploiement industriel (DRI) , mars 2017.
- Aparicio, J., J. T. Pastor, F. Vidal, J. L. Zofio. 2017.** « Evaluating productive performance: A new approach based on the product mix problem consistent with Data Envelopment Analysis », *Omega*, 67(2017): 134–144.
- Banker, R. D., W. Charnes, W. Cooper. 1984.** « Some model for estimating technical and scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis », *Management science*, 30(1984): 1078-1092.
- Banque Mondiale. 2014.** Rapport: The Senegal 2014 Enterprise Surveys Data Set
- Battese, E. G., C. J. O'Donnell, D. S. Prasada-Rao. 2008.** « Metafrontier frameworks for the study of firm-level efficiencies and technology ratios », *Empirical Economics*, 34(8): 231–255
- Bene, M, C., F.S. Fall, M.A. Onomo. 2018.** « Propriété étrangère, investissement et performance des entreprises en Afrique : cas du Cameroun », *Management International / International Management / Gestion Internacional. 2019 Special Issue, Vol. 23, P159-171.* 13p.
- Broussau, F. 2004.** « Evaluation de la performance des collègues d'enseignement général et professionnel au Québec par la méthode DEA».
- Cazals, C., J. Florens, I. Simar. 2001.** « Nonparametric frontier estimation: a robust approach. », *Journal of Econometrics*, 106(2001) : 1–25.
- Chang, D-S., Y. Chen, L. R. Kua. 2013.** « Industrial changes in corporate sustainability performance an empirical overview using data envelopment analysis », *Journal of Cleaner Production*, 56(2013): 147-155.
- Chapelle, K. et P. Plane. 2005.** « Technical Efficiency Measurement within the Manufacturing Sector in Côte d'Ivoire A Stochastic Frontier Approach », *The Journal of Development Studies*, 41(2005): 1303-1324.
- Charnes, A., W. W. Cooper, E. Rhodes. 1978.** « Measuring the efficiency of decision making unite », *European journal of operational research*, 2: 429-444.
- Chiu, Y-H., L. Li., B. Liu., W. Liu. 2017.** « Efficiency evaluation of the regional high-tech industry in China: A new framework based on meta-frontier dynamic DEA analysis », *Socio-Economic*

- Planning Sciences, 60 (2017): 24-33.
- Cissokho, L. 2019.** « The Productivity Cost of Power Outages for Manufacturing Small and Medium Enterprises in Senegal », POLICY BRIEF, AERC, Novembre 2019
- Debreu, G. 1951.** «The Coefficient of Resource Utilization », *Econometrica*, Vol. 19, No. 3 (Jul., 1951): 273-292.
- Dpee. 2016.** « Situation Economique et Financière en 2016 et Perspectives en 2017 ».
- Dpee. 2017.** « Situation Economique et Financière en 2017 Et Perspectives En 2018 ».
- Farrel, M.J. 1957.** «The measurement of production efficiency», *Journal of the royal statistical, serie A general*, vol 120, N°3: 253-290.
- Fazlollahi, A. et U. Franke, 2018.** «Measuring the impact of enterprise integration on firm performance using data envelopment analysis », *International Journal of Production Economics*: 1-17.
- Fernández, D., R. Folgado, G. Guillén-Gosalbez, L. Jiménez, C. Pozo. 2018.** « Productivity and energy efficiency assessment of existing industrial gases facilities via data envelopment analysis and the Malmquist index », *Applied Energy*, (2018): 1563–1577.
- Guillen-Gosalbez G., L. Jimenez, J. M. Mateo-Sanz, C. Pozo, P. Zurano-Cervello. 2018.** « Eco-efficiency assessment of EU manufacturing sectors combining input-output tables and data envelopment analysis following production and consumption-based accounting approaches », *Journal of Cleaner Production*, 174 (2018): 1161-1189.
- Huguenin, J-M. 2013.** « Data Envelopment Analysis (DEA) », Un guide pédagogique à l'intention des décideurs dans le secteur public. IDHEAP – Cahier 278/2013 : 7-81.
- Kamga, B. A. F et A. D, Tsambou. 2016.** « Analyse Micro Structurelle Des Caractéristiques Managériales Et Performance Des Entreprises Au Cameroun », *Revue Africaine De Management - African Management Review* ISSN : 2509-0097 VOL.1 (1) 2016 (PP.112-132)
- Kamga, B. A. F et A. D, Tsambou. 2017.** « Performance Perspectives For Small And Medium Enterprises In Cameroon: Innovation And Icts », *Timisoara Journal Of Economics And Business* | ISSN: 2286-0991 | Wwww.Tjeb.Ro Year 2017 | Volume 10 | Issue 1 | Pages: 68–87
- Koopmans, T.C. 1951.** « An analysis of production as an efficient combination of activities », in T.C Koopmans, (Ed) *Activity analysis of production and allocation*, Cowles Commission for Research in Economics, Monograph n°13, Wiley, New York: 33-97.
- Lee, C., J. Lee, et T. Kim. 2009.** « Innovation policy for defense acquisition and dynamics of productive efficiency: A DEA application to the Korean defense industry », *Asian Journal of Technology Innovation*, 17: 151–171.
- Leibenstein, H. 1966.** « Allocative Efficiency vs. "X-Efficiency" », *The American Economic Review*, Vol. 56, No. 3 (Jun., 1966): 392-415.
- Lesueur, J.Y et P. Plane. 1998.** « Efficience technique et incitations managériales dans l'industrie ivoirienne. Estimation de frontières de production sur données de panel », *Revue économique*, volume 49, n°2, 1998 : 469-485.

- Lesueur, J.Y et P. Plane. 1995.** « frontière de production et mesure de l'efficacité technique : Le Cas De L'électricité Dans Dix Entreprises Subsahariennes », *Annals Of Public And Cooperative Economics* 6@3 1995 Pp. 299-319
- Mitra A., A. Varoudakis, M-A. Véganonès. 1998.** « Croissance de la productivité et efficacité technique dans l'industrie manufacturière des Etats de l'Inde », Le rôle des infrastructures. In: *Revue économique*, volume 49, n°3, 1998 : 845-855.
- ONUDI. 2009.** « Access aux marchés et y progresser : Nouveaux défis industriels pour les pays du Milliard inférieur et les pays à revenu intermédiaire », Rapport sur le développement industriel 2009.
- Qiao, H., Y. Shao, J. SHI, W. Yang, S. Wang. 2017.** « Regional technical efficiency of Chinese Iron and steel industry based on bootstrap network data envelopment analysis », *Socio-Economic Planning Sciences*, 57 (2017): 14-24.
- Simar, L et P. W. Wilson. 2007.** « Estimation and inference in two-stage, semi-parametric models of production processes », *Journal of Econometrics*, 136 (2007): 31–64.
- World Bank. 2007.** «The Senegal 2017 Enterprise Survey Data Set ». The World Bank Group.
- World Bank. 2014.** «The Senegal 2014 Enterprise Survey Data Set ». The World Bank Group.