Revue Africaine d'Environnement et d'Agriculture
http://www.rafea-congo.com
2026 ; 9(2), 40-46
ISSN (Print) : 2708-7743 **eISSN** : 2708-5422 **Dépôt légal** : JL 3.01807-57259

Evaluation de l'efficacité technique des exploitations apicoles de petite taille dans le territoire de Mbanza-Ngungu, Kongo Central, République démocratique du Congo

Axel Lesa Luseku*, Michel Mbumba Bandi, Mabu Masiala Bode, Patience Mpanzu Balomba

Université de Kinshasa. Faculté des sciences Agronomiques et environnement. B.P 117 Kinshasa XI (RDC) E-mail : lesaxel7@gmail.com

Reçu le 04 mai 2026, **accepté le** 16 juin 2026, **publié en ligne le** 27 juin 2026
DOI : https://dx.doi.org/10.4314/rafea.v9i2.5

RESUME

Description du sujet. L'évaluation de l'efficacité technique permet d'apprécier la capacité des exploitations apicoles à transformer leurs facteurs de production de miel dans un contexte marqué par de fortes contraintes structurelles et environnementales.
Objectif. Cette étude vise à évaluer le niveau d'efficacité technique des exploitations apicoles et à identifier les principaux facteurs déterminants de la production de miel dans trois secteurs du territoire de Mbanza-Ngungu (Boko, Gombe Matadi et Kivulu), au Kongo Central, en République démocratique du Congo (RDC).
Méthodes. Une enquête transversale a été menée auprès de 384 exploitations apicoles sélectionnées aléatoirement. Les données ont été analysées à l'aide d'une fonction de production de type Cobb-Douglas, estimée par la méthode du maximum de vraisemblance selon l'approche de *Stochastic Frontier Analysis* (SFA).
Résultats. Il ressort de cette étude que la production de miel est positivement et significativement associée au nombre de ruches ($\beta = 0{,}6477$; $p < 0{,}01$), à la main-d'œuvre familiale ($\beta = 0{,}2179$; $p < 0{,}01$) et à l'expérience en apiculture ($\beta = 0{,}2258$; $p < 0{,}01$). En revanche, les dépenses en équipements n'ont pas d'effet statistiquement significatif. Le paramètre gamma estimé ($\gamma = 0{,}0059$) met en évidence une très faible inefficacité technique, suggérant que les écarts de production observés s'expliquent principalement par des facteurs aléatoires et environnementaux. Les scores d'efficacité technique sont globalement très élevés, avec une moyenne de 0,998607.
Conclusion. Les faibles niveaux relatifs de production apicole à Mbanza-Ngungu semblent donc relever davantage de contraintes structurelles et écologiques que d'une inefficacité technique des producteurs. Ces résultats suggèrent que les interventions publiques devraient prioritairement renforcer l'accès aux intrants productifs, au financement et aux dispositifs de gestion des risques environnementaux.

Mots-clés : Apiculture, efficacité technique, fonction de production Cobb-Douglas, petites exploitations apicoles, Kongo Central/RDC.

ABSTRACT

Technical efficiency of small beekeeping farms in the territory of Mbanza Ngungu, Kongo Central province
Description of the subject. Assessing technical efficiency helps determine the ability of beekeeping farms to transform production inputs into honey under structural and environmental constraints.
Objective. This study aims to assess the level of technical efficiency of small-scale beekeeping farms and identify the main determinants of honey production in three sectors of the Mbanza-Ngungu territory the Mbanza-Ngungu territory (Boko, Gombe-Matadi, and Kivulu), Kongo Central province, in the Democratic Republic of the Congo.
Methods. A cross-sectional survey was conducted among 384 randomly selected beekeepingfarms. Data were analyzed using a Cobb-Douglas stochastic production function estimated by maximum likelihood under the Stochastic Frontier Analysis (SFA) approach.
Results. It emerges from this study that honey production is significantly associated with the number of hives ($\beta = 0.6477$; $p < 0.01$), family labor ($\beta = 0.2179$; $p < 0.01$), and beekeeping experience ($\beta = 0.2258$; $p < 0.01$). In contrast, expenditure on equipment had not statistically significant effect. The estimated gamma parameter ($\gamma = 0.0059$) indicated very low technical inefficiency, suggesting that the observed differences in output was driven

primarily by random and environmental factors. Overall technical efficiency was very high, with a mean score of 0.9986

Conclusion. The low levels of apicultural production observed in Mbanza-Ngungu appear to be attributable more to structural and ecological constraints than to producers' technical inefficiency. These findings indicate that public interventions should prioritize improved access to productive inputs, financial support, and mechanisms for managing environmental risk.

Keywords: Apiculture, technical efficiency, Cobb-Douglas production function, small-scale beekeeping farms, Kongo Central/DRC

1. INTRODUCTION

En République Démocratique du Congo (RDC), et plus particulièrement dans la province du Kongo Central, l'agriculture familiale constitue l'une des principales activités économiques et une source essentielle de subsistance des ménages ruraux. Toutefois, ce secteur demeure caractérisé par une faible productivité, une forte exposition aux chocs économiques et climatiques, ainsi qu'un accès limité aux innovations techniques et organisationnelles. Dans ce contexte, la diversification des sources de revenus apparaît comme une stratégie essentielle de résilience des ménages ruraux et de réduction de la pauvreté, en particulier dans les économies agricoles africaines caractérisées par une forte incertitude productive (Barrett *et al.*, 2001).

Parmi les activités complémentaires susceptibles de soutenir cette diversification, l'apiculture occupe une place particulière en raison de ses faibles exigences foncières et financières, de son potentiel de génération de revenus et de sa contribution aux services écosystémiques, notamment la pollinisation. Dans le territoire de Mbanza-Ngungu, plusieurs initiatives de développement ont encouragé la modernisation de cette activité à travers la diffusion de ruches améliorées, la formation des producteurs et l'appui à leur organisation. Malgré ces efforts, les performances des exploitations apicoles demeurent hétérogènes, ce qui soulève la question de l'usage effectif et optimal des ressources productives mobilisées par les producteurs. La question de l'efficacité technique des exploitations apicoles et de l'utilisation optimale des ressources productives disponibles reste d'une grande actualité. À cet effet, plusieurs études menées en Afrique mettent en évidence l'existence d'importants écarts de performance entre producteurs apicoles.

L'étude de Shiferaw et Gebremedhin (2015) montre que l'efficacité technique des apiculteurs africains demeure généralement inférieure au niveau optimal. Les auteurs identifient notamment le nombre de ruches, la disponibilité de la main-d'œuvre, l'accès aux ressources florales et l'expérience des producteurs comme des déterminants majeurs de la productivité apicole. D'autres travaux, notamment ceux de Alropy *et al*. (2019), Audu *et al* (2020) ainsi que Sawadogo *et al*. (2021), soulignent que l'inefficacité technique explique une part importante des écarts de production observés entre exploitations agricoles.

Cependant, malgré l'importance économique et écologique croissante de l'apiculture, les recherches empiriques consacrées à l'efficacité technique des exploitations apicoles demeurent encore limitées en RDC, en particulier dans le territoire de Mbanza-Ngungu. Ce déficit de connaissances restreint la disponibilité d'évidences scientifiques susceptibles d'éclairer de manière pertinente, les politiques et les stratégies de développement du secteur.

La présente étude vise ainsi à répondre à la question suivante : les faibles performances apicoles observées à Mbanza-Ngungu résultent-elles principalement d'une inefficacité technique des producteurs ou de contraintes exogènes liées à l'environnement de production ? L'objectif de cette recherche est d'évaluer l'efficacité technique des petites exploitations apicoles et d'identifier les facteurs susceptibles d'expliquer les écarts de productivité entre producteurs.

L'intérêt de cette étude est à la fois scientifique et pratique. Sur le plan scientifique, elle contribue à enrichir la littérature relative à l'économie de la production apicole et à l'analyse de l'efficacité technique en RDC, en appliquant les méthodes de frontière stochastique au secteur apicole, encore peu documentées dans le pays. Sur le plan pratique, elle fournit des éléments d'appréciation susceptibles d'orienter les stratégies de développement du secteur apicole dans la zone d'étude, notamment à travers l'identification des contraintes productives et des leviers d'amélioration de la performance des exploitations.

2. MATERIEL ET METHODES

2.1. Zone d'étude

Cette étude a été conduite à Mbanza Ngungu, dans la Province du Kongo central, en République Démocratique du Congo. La cité de Mbanza Ngungu est située à une altitude de 695 m, aux coordonnées géographiques de 05°15' de latitude Sud et 14°51' de longitude Est (Muliele *et al*., 2017).

Selon la classification climatique de Köppen, Mbanza Ngungu relève d'un climat tropical humide de type A, sous-type AW4. Le régime pluviométrique se caractérise par une saison des pluies s'étendant de la mi-octobre au mi- mai, entrecoupé d'une courte période de faible pluviométrie entre mi-décembre à la mi-mars. La température moyenne annuelle est estimée à 22,5 °C. En saison sèche, une baisse des températures peut être observée, avec des minima avoisinant 15 °C, sans toutefois constituer une contrainte majeure pour les activités agricoles et d'élevage (Muliele ***et al***., 2017).

L'économie de Mbanza-Ngungu repose principalement sur les activités agricoles, lesquelles constituent la principale source de revenu et de subsistance pour une population majoritairement à faible revenu, malgré la présence de certaines entreprises publiques et privées telles que l'Office National des Transports (ONATRA), la Société Nationale d'Assurance (SONAS) et la Direction Générale des Impôts (DGI). Le système de production agricole demeure essentiellement traditionnel, caractérisé par l'exploitation de petites superficies, une faible mécanisation des pratiques culturales et une orientation des productions vers les marchés locaux et régionaux (Muliele *et al*., 2017).

Le maraîchage occupe une place importante dans l'économie agricole locale. Il concerne une diversité des cultures comprenant les légumes-fruits, tels que la tomate (*Solanum lycopersicum* L.), le poivron (*Capsicum annuum* L.), l'aubergine (*Solanum melongena L.*) et le gombo (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench), les légumes-racines comme la carotte (*Daucus carota* subsp. *sativus*), ainsi que plusieurs légumes-feuilles, notamment le chou (*Brassica oleracea* L.), le céleri (*Apium graveolens* L.) et la ciboule ((*Allium fistulosum* L.). Ces productions sont principalement assurées par des exploitations familiales de petite taille recourant à des techniques culturales encore faiblement modernisées (Muliele *et al*. 2017).

Par ailleurs, l'apiculture est majoritairement pratiquée par de petites exploitations rurales, souvent à titre d'activité complémentaire aux cultures vivrières et maraîchères. Ce sous-secteur présente toutefois un potentiel de développement important, en raison de l'abondance des ressources florales, à la richesse de la biodiversité locale et aux conditions agroécologiques favorables de la région (Bradbear, 2011). La proximité des centres urbains et commerciaux tels que Kisantu, Matadi et Kinshasa constitue également un atout stratégique pour la commercialisation des produits apicoles et le développement des chaînes de valeur locales. Dans cette perspective, l'apiculture pourrait contribuer de manière significative à la diversification des revenus des ménages ruraux et au développement socioéconomique de la région.

2.2. Méthodes

Approche globale

La présente étude repose sur une approche quantitative fondée sur des données d'enquête collectées auprès des petites exploitations agricoles. Elle vise, d'une part, à estimer le niveau d'efficacité technique des petites exploitations apicoles et, d'autre part, à identifier les facteurs associés aux écarts de performance observés entre producteurs.

Le cadre analytique mobilisé s'inscrit dans le cadre théorique de l'économie de la production et de l'efficience. L'estimation repose sur le modèle de frontière de production stochastique proposé par Aigner *et al*. (1977), et étendu par Battese et Coelli (1995), selon lequel, les écarts de production observés résultent à la fois d'un terme d'inefficacité technique propre aux producteurs et d'un terme aléatoire captant les effets des facteurs exogènes non contrôlés.

Le recours à l'approche de frontière stochastique, *Stochastic Frontier Analysis,* (SFA) se justifie par les spécificités de la production apicole, fortement exposée à des facteurs aléatoires tels que les conditions climatiques, les maladies des abeilles, les variations de floraison ainsi que les imperfections liées à la collecte des données en milieu rural. A la différence de l'analyse enveloppante des données, *Data Envelopment Analysis*, (DEA), qui attribuent toute déviation à l'inefficacité, la SFA permet de distinguer l'inefficacité technique des fluctuations aléatoires, ce qui la rend plus appropriée au contexte étudié. La DEA demeure particulièrement sensible aux valeurs extrêmes et aux erreurs de mesure, ce qui renforce la pertinence du choix de la SFA dans le cadre de cette étude.

L'efficacité technique a été estimée au moyen d'une fonction de production stochastique de type Cobb-Douglas, ajustée par maximum de vraisemblance. La variable dépendante correspond à la production annuelle de miel, tandis que les variables explicatives incluent le nombre de ruches, la main-d'œuvre mobilisée, les équipements apicoles, l'expérience apicole ainsi que certaines caractéristiques socioéconomiques des producteurs.

Spécification du modèle et définition des variables

Fonction de production frontière stochastique

La forme fonctionnelle retenue est de Cobb-Douglas, en raison de sa simplicité, de son interprétation économique directe et de son usage fréquent dans les travaux empiriques portant sur

l'efficacité technique en agriculture. La fonction de production apicole du type Cobb-Douglas est spécifiée sous la forme suivante :

$$Y_i = f(X_i; \beta).\exp(v_i - u_i) \quad (1)$$

où :

$-Y_i$: Production annuelle de miel de l'exploitation i (l) ;

$-X_i$: Vecteur des facteurs de production ;

$-\beta$: Paramètres à estimer ;

$-v_i$: Terme d'erreur aléatoire $N(0, \sigma_v^2)$;

$-u_i$: Terme d'inefficacité technique ($u_i \geq 0$).

Forme empirique du modèle

Pour l'estimation empirique, la fonction de production frontière stochastique de type Cobb-Douglas a été utilisée pour la spécification du modèle empirique. Pour l'estimation empirique, la fonction de production frontière stochastique a été log-linéarisée afin de faciliter l'interprétation des coefficients comme les élasticités de production et de permettre une estimation économétrique standard.

À partir de (1), il revient : $ln\ (Yi) = ln\ ((Xi\ ;\ \beta)) + vi - ui$, donc : ln(PAMi) = β0 + β1 $ln\ ln$ (NRPi) + β2 $ln\ ln$ (MOA) + β3 $ln\ ln$ (CAP) + $ln\ ln$ (EAE) + $vi\ -\ ui$. De cette spécification, la variable dépendante Yi est la production annuelle de miel par exploitation apicoles. Dans cette spécification, la variable dépendante est la production annuelle de miel par exploitation (PAMi, en litre). Les termes d'erreur comprennent un terme symétrique aléatoire v_i, censé capter les chocs exogènes et erreurs statistiques, et un terme non négatif u_i, interprété comme l'inefficacité technique.

Les variables explicatives incluses dans la fonction de production sont définies comme suit :

-NRP : nombre de ruches en production de l'exploitant ;

-MOA : Main-d'œuvre apicole (jours-homme/an), variable proxy estimée

-CAP : Dépenses en équipements et intrants apicoles (capital apicole)

-EAE : expérience apicole de l'exploitant (années);

-vi : terme d'erreur aléatoire ;

-ui : inefficacité technique.

Population, échantillonnage, collecte et analyse des données

L'étude a été menée auprès des petites exploitations apicoles localisées dans les secteurs de Boko, Kivulu et Gombe-Matadi, situés dans le territoire de Mbanza-Ngungu, province du Kongo Central, identifiés comme d'importants bassins de production apicole. La population cible était constituée des exploitations apicoles affiliées à la Plate-forme des Apiculteurs de Cataractes (PLAAC) et disposant d'au plus 50 ruches, qui regroupe 1 489 apiculteurs.

L'échantillon a été constitué par tirage aléatoire à partir des listes de producteurs disponibles dans les villages retenus, sélectionnés selon des critères d'accessibilité, de concentration des ruchers et de disponibilité des enquêtés. La taille minimale de l'échantillon a été déterminée à l'aide de la formule de Cochran :

$$n = \frac{Z^2\ \mathrm{p}(1-\mathrm{p})}{m^2}$$

Avec :

-n : Taille de l'échantillon

-Z : Niveau de confiance (valeur issue de la loi normale). Pour un niveau de confiance standard de 95 %, Z approximative est 1,96

-p : Proportion estimée de la population présentant la caractéristique. Si elle est inconnue, p = 0,5 (ce qui maximise la taille de l'échantillon et offre la marge de sécurité la plus grande)

-m : Marge d'erreur tolérée, exprimée en décimal

L'application de ces paramètres a conduit à un échantillon final de 384 apiculteurs, jugé suffisant pour garantir une précision acceptable des estimations à l'échelle de la population étudiée. La collecte des données a couvert les deux principales saisons apicoles de l'année 2025, la grande miellée (février à avril) et la petite miellée (septembre à décembre). Les données ont été recueillies à l'aide d'un questionnaire structuré administré aux ménages apicoles, complétés par des entretiens semi-directifs auprès des responsables d'associations apicoles et par des observations directes de terrain. Les informations collectées portaient notamment sur la production de miel, les facteurs de production mobilisés par les apiculteurs et les principales contraintes techniques et environnementales affectant l'activité apicole.

Traitement et analyse des données

Les données ont été codées, nettoyées et vérifiées avant l'analyse. Les analyses descriptives ont d'abord été réalisées afin de caractériser l'échantillon et de résumer les principales variables de production. L'estimation de la frontière stochastique, le calcul des scores d'efficacité technique ainsi que l'analyse des déterminants de l'inefficacité ont ensuite été effectués à l'aide des logiciels Stata et Frontier 4.1, par la méthode du maximum de vraisemblance. Afin d'évaluer la qualité des données et la validité des estimations, des vérifications préalables ont été menées, notamment les tests de normalité, de corrélation entre variables explicatives et de multicolinéarité. Ces procédures visaient à limiter les biais d'estimation et à améliorer la robustesse des résultats économétriques.

3. RESULTATS

3.1. Estimation des paramètres de la frontière stochastique appliquée aux exploitations apicoles

Le tableau 1 ci-dessous présente les paramètres de la fonction de production stochastique (distribution demi-normale).

Tableau 1. Paramètres de la fonction de production stochastique (distribution demi-normale)

```
Stoc. frontier normal/half-normal model          Number of obs     =       382
                                                 Wald chi2(4)      =    436.10
Log likelihood = -282.15331                      Prob > chi2       =    0.0000

------------------------------------------------------------------------------
      lnPAMi |      Coef.   Std. Err.      z    P>|z|     [95% Conf. Interval]
-------------+----------------------------------------------------------------
      lnNRPi |   .6477006   .0555844    11.65   0.000     .5387571    .7566441
       lnMOA |   .2179061   .0500527     4.35   0.000     .1198045    .3160076
       lnCAP |   .0116481   .0118921     0.98   0.327      -.01166    .0349562
       lnEAE |     .22584   .0528493     4.27   0.000     .1222573    .3294228
       _cons |   1.190421   .2587267     4.60   0.000      .683326    1.697516
-------------+----------------------------------------------------------------
    /lnsig2v |  -1.360644   .0723722   -18.80   0.000     -1.50249   -1.218797
    /lnsig2u |  -11.60851   111.0084    -0.10   0.917    -229.1809    205.9639
-------------+----------------------------------------------------------------
     sigma_v |    .506454   .0183266                      .4717787    .5436778
     sigma_u |   .0030147   .1673282                      1.71e-50    5.30e+44
      sigma2 |   .2565047    .018571                      .2201063    .2929031
      lambda |   .0059526   .1686822                     -.3246584    .3365635
------------------------------------------------------------------------------
LR test of sigma_u=0: chibar2(01) = 0.00                 Prob >= chibar2 = 1.000
```

L'estimation de la frontière stochastique, réalisée sous l'hypothèse d'une distribution demi-normale du terme d'inefficacité, indique que ce modèle est globalement significatif (Wald χ^2 = 436,10 ; p = 0,0000). Ce résultat montre que, pris conjointement, les facteurs de production inclus dans le modèle sont associés de manière significative aux variations observées de la production de miel, ce qui confirme la pertinence empirique de la spécification retenue.

3.2. Effets des facteurs de production sur la production apicole

Les effets des facteurs de production sur la production apicole sont indiqués au tableau 2.

Tableau 2. Résultats de l'estimation du modèle explicatif de la performance apicole

Variable	Coefficient	Significativité
Nombre de ruches	0,6477	***
Main-d'œuvre familiale	0,2179	***
Expérience apicole	0,2258	***
Dépenses équipements	NS	Non significatif

Les estimations présentées dans le tableau 2 indiquent que le nombre de ruches est le facteur le plus fortement associé à la production de miel, avec un coefficient de 0,6477, statistiquement significatif au seuil de 1 %. Dans la spécification log-linéaire retenue, ce coefficient peut être interprété comme une élasticité, ce qui signifie qu'une augmentation de 1 % du nombre de ruches est associée à une hausse approximative de 0,65 % de la production, toutes choses restant égales par ailleurs.

La main-d'œuvre familiale (0,2179) et l'expérience apicole (0,2258) présentent également des coefficients positifs et statistiquement significatifs, suggérant une contribution favorable du travail et du capital humain dans la production. En revanche, les dépenses en équipement ne sont pas associées de manière statistiquement significative à la variation de la production dans l'échantillon étudié.

3.3. Inefficacité technique négligeable

Les estimations indiquent que le paramètre associé à la variance de l'inefficacité (σ_u) est extrêmement faible (0,003), tandis que le paramètre gamma (γ = 0,0059), qui mesure la part de la variance totale attribuable à

l'inefficacité technique est proche de zéro. Ces résultats suggèrent que, dans le modèle estimé, la variabilité observée de la production est très peu expliquée par des différences d'inefficacité technique entre exploitations. Dans cette perspective, les écarts de production entre exploitations semblent davantage refléter l'influence de facteurs aléatoires ou exogènes, tels que les conditions climatiques, la disponibilité des ressources mellifères et l'état biologique des colonies, que des différences marquées dans l'utilisation des ressources productives.

3.4. Distribution des scores d'efficacité technique

La figure 2 illustre la distribution des scores d'efficacité technique.

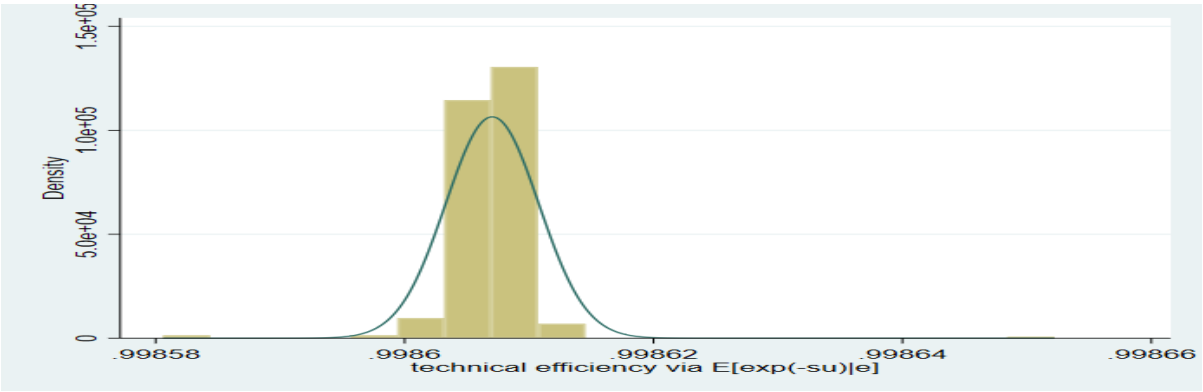

Figure 2. Histogramme des scores d'efficacité technique

La figure 2 met en évidence une distribution très resserrée des scores d'efficacité technique. Les valeurs estimées, comprises entre 0,99858 et 0,99865, traduisent une dispersion extrêmement faible et suggèrent une forte homogénéité des exploitations apicoles enquêtées du point de vue de l'efficacité technique.

4. DISCUSSION

Les résultats obtenus indiquent que la production apicole est principalement déterminée par les facteurs productifs directement mobilisables par l'exploitant, en particulier le nombre de ruches, la main-d'œuvre et l'expérience de l'apiculteur, tandis que l'effet du capital matériel apparaît plus limité. La prépondérance du nombre de ruches confirme que, dans les petites exploitations apicoles, l'expansion de la capacité productive demeure un levier central d'accroissement de l'offre. Cette observation s'inscrit dans la perspective analytique ouverte par Farrell (1957) sur la mesure de l'efficacité productive et rejoint des travaux récents menés en Éthiopie (Shiferaw et Gebremedhin, 2015), au Nigeria (Audu *et al*., 2020) et au Burkina Faso (Sawadogo *et al*., 2021), qui soulignent également l'importance des ruches et de l'expérience dans la performance des exploitations apicoles.

Le résultat le plus original réside dans la quasi-absence d'inefficacité technique, mise en évidence par la très faible valeur du paramètre gamma (0,0059), ce qui suggère que les producteurs utilisent déjà efficacement leurs ressources. Contrairement à de nombreuses études africaines telles que celles d'Alropy *et al.* (2019), d'Audu M.M. *et al.*(2020) qui rapportent des niveaux d'efficacité élevés. Une telle divergence peut traduire des différences de contexte productif, de dotations initiales, de diffusion des innovations, de qualité de l'encadrement technique ou encore d'homogénéité des pratiques au sein des exploitations étudiées

Dans ces conditions, les écarts de production observés entre exploitations semblent davantage relever de contraintes structurelles et de facteurs exogènes que d'une inefficacité technique proprement dite. Parmi ces facteurs figurent notamment les conditions climatiques, à la disponibilité et la diversité des ressources mellifères, l'état sanitaire des colonies ainsi que leur qualité biologique des colonies. Ces observations rejoignent les analyses de Battese et Coelli (1995) ainsi que de Kumbhakar et Lovell (2000) sur la dominance possible des facteurs exogènes dans certains systèmes agricoles.

Ces résultats appellent des orientations de politique publique davantage centrées sur le renforcement des capacités productives et sur l'amélioration de l'environnement de production que sur la seule correction d'hypothétiques déficits d'efficacité technique. En priorité, il apparaît nécessaire de faciliter l'accès des exploitants aux ruches améliorées, au crédit rural et aux équipements essentiels, afin de lever les contraintes de dotation qui limitent l'expansion de l'activité. Parallèlement, le développement de programmes de sélection et d'élevage des reines, la diffusion de pratiques apicoles adaptées et le renforcement de la surveillance sanitaire des ruchers pourraient contribuer à stabiliser et à améliorer durablement les niveaux de production. Enfin, la préservation des ressources mellifères par le reboisement floral,

la protection des espaces de butinage et une gestion plus durable des écosystèmes apicoles constitue un axe stratégique majeur pour consolider la résilience du secteur.

Au-delà de la production primaire, les résultats soulignent également l'intérêt d'une approche intégrée de développement de la chaîne de valeur apicole. La transformation, le conditionnement, la normalisation et l'amélioration de l'accès aux marchés urbains, particulièrement celui de Kinshasa, constituent des leviers importants pour accroître la valeur ajoutée captée par les producteurs, améliorer leurs revenus et renforcer la compétitivité du secteur apicole local. La transformation, le conditionnement, la normalisation de la qualité et l'amélioration de l'accès aux marchés urbains, notamment celui de Kinshasa, constituent des leviers importants pour accroître la valeur ajoutée captée par les producteurs, améliorer leurs revenus et renforcer la compétitivité du secteur apicole local.

5. CONCLUSION

Cette étude, fondée sur un modèle de frontière de production stochastique, met en évidence que la production apicole à Mbanza-Ngungu dépend principalement du nombre de ruches, de la main-d'œuvre et de l'expérience des producteurs. Les niveaux très élevés d'efficacité technique estimés, associés à une dispersion extrêmement faible des scores, indiquent que les exploitations étudiées utilisent globalement de manière efficiente les ressources disponibles. Dès lors, les écarts de production observés semblent s'expliquer moins par une inefficacité technique significative que par des contraintes de dotation, des limites structurelles et des facteurs exogènes liés à l'environnement de production.

En ce sens, l'apport principal de cette recherche est de montrer que, dans le contexte étudié, les marges d'amélioration de la performance apicole reposent avant tout sur le renforcement des capacités productives, la qualité biologique des colonies, la préservation des ressources mellifères et une meilleure valorisation économique des produits apicoles. Sur le plan méthodologique, les résultats doivent toutefois être interprétés à la lumière de certaines limites, notamment le caractère transversal des données et les hypothèses restrictives du modèle SFA. Des recherches futures mobilisant des données de panel, des comparaisons entre approches SFA et DEA, ainsi qu'une prise en compte plus explicite des variables environnementales et sanitaires, permettraient d'affiner l'analyse des déterminants de la performance apicole.

Références

Aigner D., Lovell C. A. K. & Schmidt P., 1977. Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. *Journal of Econometrics*, 6(1), 21-37. https://doi.org/10.1016/0304-4076(77)90052-5.

Alropy E. T. *et al*., 2019. Economic study of technical efficiency in white honey production projects using stochastic frontier analysis. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 26(7), 1655–1661.

Audu M. M., Ja'afar-Furo M. R. & Gabdo B. H., 2020. Stochastic production function and costs-returns analyses of apiarists in Adamawa State, Nigeria. *Agricultural Science and Technology*, 12(2), 123-130.

Barrett C. B., Reardon T. & Webb P., 2001. Nonfarm income diversification and household livelihood strategies in rural Africa: Concepts, dynamics, and policy implications. *Food Policy*, 26(4), 315-331. https://doi.org/10.1016/S0306-9192(01)00014-8

Battese G. E. & Coelli T. J., 1995. A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data. *Empirical Economics*, 20(2), 325-332. https://doi.org/10.1007/BF01205442.

Bradbear N., 2011. *Le rôle des abeilles dans le développement rural : Manuel sur la récolte, la transformation et la commercialisation des produits et services dérivés des abeilles*. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), 248 p.

Coelli T. J., Rao D. S. P., O'Donnell C. J. & Battese G. E., 2005. *An introduction to efficiency and productivity analysis*. 2nd ed.), Springer, 349 p.

Kumbhakar S. C. & Lovell C. A. K., 2000. *Stochastic frontier analysis*. Cambridge University Press, 344 p.

Muliele T. M., Manzenza C. M., Ekuke L. W., Diaka C. P., Ndikubwayo D. M., Kapalay O. M. & Mundele A. N., 2017. Utilisation et gestion des pesticides en cultures maraîchères : cas de la zone de Nkolo dans la province du Kongo Central, République démocratique du Congo. *Journal of Applied Biosciences*, 119, 11954–11972. https://doi.org/10.4314/jab.v119i1.11.

Sawadogo M. *et al*., 2021. Technical efficiency of beekeeping farms in Burkina Faso using stochastic frontier analysis. *Tropicultura*, 39(2), 1-15.

Shiferaw K. & Gebremedhin B., 2015. *Technical efficiency of small-scale honey producers in Ethiopia: A stochastic frontier analysis (MPRA Paper No. 69332).* Munich Personal RePEc A, 30 p.

Farrell, M. J. (1957). *The Measurement of Productive Efficiency*. *Journal of the Royal Statistical Society*, Series A, 120(3), 253-290.