

## **Analyse de l'efficacité technique saisonnière des éleveurs laitiers périurbains au Mali via la méthode DEA (Data Envelopment Analysis).**

### **Seasonal Technical Efficiency Analysis of Peri-Urban Dairy Farmers in Mali Using the DEA (Data Envelopment Analysis) Method.**

**TRAORÉ koura boubakar**

Enseignante - chercheure

Faculté des sciences économiques et de gestion (FSEG)

Mali

**KONARÉ Abdoulaye N'tigui**

Maître assistant

Faculté des sciences économiques et de gestion (FSEG)

Mali

**TRAORÉ boubakar**

Maître assistant

Faculté des sciences économiques et de gestion (FSEG)

Mali

**Date de soumission :** 07/08/2025

**Date d'acceptation :** 11/09/2025

**Pour citer cet article :**

TRAORE. K & AL (2025) « Analyse de l'efficacité technique saisonnière des éleveurs laitiers périurbains au Mali via la méthode DEA (Data Envelopment Analysis) », Revue Française d'Economie et de Gestion « Volume 6 : Numéro 9 » pp : 807 - 829.

Author(s) agree that this article remain permanently open access under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0 International License



## Résumé

Cet article analyse l'efficacité technique des exploitations laitières bovines situées en zone périurbaine de Bamako, Mali, en appliquant la méthode d'Analyse Enveloppante de Données (DEA). L'étude se concentre sur trois saisons distinctes (sèche, pluvieuse, transition) et vise à mesurer les niveaux d'efficacité technique des producteurs. À partir des données recueillies sur un échantillon de 20 fermes suivies durant 12 mois (240 observations), des scores d'efficacité ont été calculés, révélant des variations saisonnières significatives. Les résultats montrent qu'en saison sèche, seulement 15 % des éleveurs atteignent une efficacité technique optimale, contre 40 % en saison des pluies, et 30 % en saison de transition. Cette évaluation permet d'identifier les éleveurs les plus performants, servant de référence pour l'ensemble du secteur.

**Mots clés :** efficacité technique; production laitière; analyse DEA.

## Abstract

This study evaluates the technical efficiency of dairy cattle farms in the peri-urban areas of Bamako, Mali, using the Data Envelopment Analysis (DEA) method. The analysis focuses on three distinct seasons (dry, rainy, and transitional) and aims to measure efficiency levels among farmers. Based on data collected from a sample of 20 farms monitored over 12 months (240 observations), efficiency scores were calculated, revealing significant seasonal variations. Results indicate that only 15% of farmers achieve optimal technical efficiency during the dry season, compared to 40% during the rainy season, and 30% in the transitional season. This assessment helps identify top-performing farmers, providing reference benchmarks for the sector as a whole.

**Keywords:** technical efficiency; dairy production; DEA analysis.

## Introduction

- **Contexte et justification de l'étude**

La production laitière bovine est un secteur clé dans les zones périurbaines de Bamako, à fort potentiel de création d'emplois et de réduction de la pauvreté. En 2021, le Mali était le premier producteur de lait de vache dans l'espace UEMOA (DNPIA, IER).

Pour valoriser ce potentiel, le gouvernement malien, avec l'appui du Luxembourg et de la Suisse, a lancé en 2021 la Phase II du Programme d'Appui aux Filières Agropastorales (PAFA II). Ce programme vise spécifiquement à améliorer la productivité et la compétitivité de la filière lait local dans les régions du sud du Mali, notamment autour de Bamako.

Grâce à ces efforts, la production laitière a connu une croissance estimée à 10% ces dernières années, ce qui reflète une dynamique positive, soutenue par une volonté politique affirmée (Rapport d'analyse politique 2022).

Toutefois, malgré cette progression et les investissements réalisés, la production reste limitée en raison de faiblesses techniques. D'où la pertinence de l'analyse de l'efficience technique saisonnière des éleveurs laitiers périurbains au Mali via la méthode DEA pour comprendre les marges d'amélioration et orienter les politiques publiques.

- **Problématique et question de recherche**

Bien que des avancées aient été réalisées dans la filière laitière, le Mali dépend toujours des importations en raison de problèmes techniques et organisationnels limitant les exploitations locales. Face à ces constats, il est essentiel de s'interroger sur les véritables capacités de production du secteur. Dès lors, la question centrale se pose :

Quel est le niveau d'efficience technique des éleveurs laitiers des zones périurbaines de Bamako, tel que mesuré par la méthode DEA ?

Afin de mieux cerner les dynamiques d'efficience technique au sein des élevages laitiers périurbains de Bamako, trois questions spécifiques ont été formulées pour orienter l'analyse comparative des performances. Ces questions sont :

✓ Quels sont les scores d'efficience technique des éleveurs laitiers périurbains, obtenus à partir des combinaisons d'inputs et d'output ?

✓ Quels éleveurs peuvent être considérés comme références (éleveurs efficients) dans le cadre de cette analyse comparative ?

✓ Quel est le niveau moyen d'inefficience dans l'échantillon et quelles marges d'amélioration sont possibles pour les éleveurs non efficients ?

- **L'objectif principal**

Cette étude cherche à mesurer l'efficacité technique des exploitations laitières périurbaines de Bamako, en utilisant la méthode DEA. Elle évalue l'utilisation des ressources (vaches, alimentation, main-d'œuvre, pâturages) pour optimiser la production de lait.

- ❖ **Objectifs spécifiques**

Pour atteindre cet objectif général, les objectifs spécifiques suivants ont été définis :

- ✓ Mesurer les scores d'efficacité technique des exploitations laitières périurbaines de Bamako à partir des inputs et de l'output considérés dans le modèle DEA.
- ✓ Identifier les unités de production techniquement efficaces servant de références dans l'échantillon.
- ✓ Estimer les niveaux d'inefficacité observés et les potentiels de réduction d'inputs ou d'augmentation de production chez les éleveurs non efficaces.

- **Hypothèse de recherche**

Les hypothèses suivantes découlent des questions spécifiques de l'étude et visent à évaluer l'efficacité technique des exploitations laitières périurbaines de Bamako à travers la méthode DEA :

- Hypothèse 1 : Les scores d'efficacité technique varient significativement entre les éleveurs laitiers périurbains de Bamako. Cette hypothèse suppose qu'il existe une hétérogénéité notable dans la capacité des éleveurs à transformer efficacement leurs inputs (nombre de vaches, alimentation, main-d'œuvre, surface de pâturage) en output (quantité de lait produite).
- Hypothèse 2 : Certaines exploitations laitières périurbaines de Bamako atteignent un niveau d'efficacité technique optimal et peuvent servir de références pour les autres unités moins performantes au sein de l'échantillon. Cela permettrait d'identifier les exploitations qui utilisent au mieux leurs ressources pour produire du lait, sans gaspillage ni sous-performance.
- Hypothèse 3 : La majorité des éleveurs présente des marges d'amélioration significatives, reflétant un niveau d'inefficacité technique moyen élevé. Cette hypothèse implique que la plupart des producteurs pourraient accroître leur production sans augmentation des ressources, simplement en optimisant leur utilisation.

- **Approche méthodologique**

L'approche méthodologique retenue dans cette étude repose exclusivement sur l'**Analyse Enveloppante de Données (DEA)**, une méthode non paramétrique d'évaluation de la

performance technique. Cette méthode permet de mesurer l'efficacité technique relative des exploitations laitières périurbaines de Bamako en comparant leur capacité à transformer des ressources (inputs) en production (output). Elle permet d'identifier, parmi l'échantillon étudié, les exploitations qui atteignent la performance maximale avec les ressources disponibles. Ces unités forment la **frontière d'efficacité** et servent de **référence** pour les autres exploitations. Les résultats issus de cette méthode offrent une base objective pour classer les exploitations selon leur performance, identifier les marges d'amélioration potentielles pour les moins efficaces, et guider les efforts d'accompagnement technique dans une optique d'optimisation des ressources et d'augmentation de la productivité.

### **1. Revue littérature : Revue théorique et empirique sur l'efficacité technique saisonnière des éleveurs laitiers périurbains via la méthode DEA**

L'analyse de l'efficacité technique constitue un axe fondamental des études en économie de la production, en particulier dans les secteurs agricoles et agroalimentaires. L'efficacité technique, telle que définie par Farrell (1957), désigne la capacité d'une unité de production à obtenir le niveau maximum de production possible à partir d'un ensemble donné d'intrants. Cette notion est particulièrement pertinente dans le contexte de l'élevage laitier au Mali, où les ressources sont limitées et les conditions climatiques fortement saisonnières influencent la productivité.

La méthode DEA (Data Envelopment Analysis), développée par Charnes, Cooper et Rhodes (1978), s'est imposée comme un outil non paramétrique robuste pour mesurer l'efficacité technique relative d'un ensemble d'unités de décision (DMUs – Decision Making Units). Contrairement aux approches paramétriques telles que la méthode Stochastic Frontier Analysis (SFA), la DEA ne requiert pas de spécification fonctionnelle préalable et permet une comparaison directe des performances entre producteurs. Cette caractéristique est particulièrement adaptée à des contextes où les données sont limitées ou où la diversité des systèmes de production est grande, comme c'est le cas dans l'élevage périurbain.

Dans les milieux sahéliens, et notamment au Mali, l'élevage laitier périurbain se caractérise par une forte variabilité des conditions climatiques entre les saisons sèches et pluvieuses, ce qui impacte directement la disponibilité des ressources fourragères, l'état sanitaire du cheptel et, par conséquent, la production laitière. L'approche saisonnière de l'efficacité technique est donc pertinente pour capter les variations de performance dues aux changements agroclimatiques, mais aussi aux stratégies d'adaptation mises en œuvre par les éleveurs. L'analyse de l'efficacité

par saison permet de mieux comprendre comment les éleveurs réagissent aux contraintes cycliques et structurelles, et d'identifier les leviers d'amélioration de la productivité.

Sur le plan empirique, plusieurs études ont mobilisé la méthode DEA pour évaluer l'efficacité technique dans les exploitations laitières. Par exemple, Tauer (1993) a appliqué la DEA aux exploitations laitières aux États-Unis pour évaluer leur efficacité et identifier les facteurs structurels influençant la performance. En Afrique de l'Ouest, notamment au Nigeria, Ogunniyi et al. (2011) ont utilisé la DEA pour analyser l'efficacité des producteurs laitiers dans un contexte de forte variabilité climatique, mettant en évidence les effets des intrants spécifiques comme l'alimentation complémentaire et les soins vétérinaires. Au Mali, une étude de Diarra et al. (2021) sur les producteurs laitiers de Bamako a révélé une forte hétérogénéité de l'efficacité technique entre exploitations, liée à la taille du troupeau, au niveau d'instruction de l'éleveur, et à l'accès aux infrastructures de collecte.

D'autres travaux récents se sont focalisés sur la dimension temporelle et saisonnière. Ainsi, Alpizar et al. (2020) ont démontré que l'efficacité des producteurs laitiers au Costa Rica varie significativement entre la saison sèche et la saison humide, soulignant la nécessité d'un appui technique différencié selon les périodes. De même, l'étude de Cherchye et al. (2013) sur les producteurs africains a mis en lumière l'importance de l'adaptation saisonnière des pratiques de gestion pour maintenir un niveau élevé d'efficacité.

La littérature souligne également que l'utilisation de la DEA saisonnière combinée à une analyse qualitative permet de mieux interpréter les écarts d'efficacité. Par exemple, l'intégration d'entretiens semi-directifs avec les éleveurs permet de relier les scores DEA à des facteurs comportementaux ou institutionnels tels que l'accès aux services vétérinaires, les stratégies de stockage de fourrage, ou encore la dynamique des prix du lait.

En somme, la méthode DEA appliquée à l'évaluation de l'efficacité technique saisonnière constitue un cadre méthodologique pertinent pour analyser les performances des éleveurs laitiers périurbains dans des contextes marqués par la variabilité climatique et la faible mécanisation. Elle permet d'identifier les meilleures pratiques, de quantifier les marges d'amélioration, et de fournir aux décideurs des éléments factuels pour orienter les politiques d'appui à l'élevage. Toutefois, son efficacité est renforcée lorsqu'elle est complétée par des approches mixtes combinant analyse quantitative et compréhension contextuelle des pratiques des éleveurs.

### 1.1. Présentation des notions d'efficacité technique, allocative, économique et d'échelle

Les travaux pionniers de Farrell ont également permis de distinguer deux formes complémentaires d'efficacité : l'efficacité technique et l'efficacité allocative. Ces notions constituent les fondements des approches modernes de mesure de l'efficacité, auxquelles s'ajoutent l'efficacité économique — qui combine les deux premières — et l'efficacité d'échelle, liée à la taille optimale des unités de production.

### 1.2. Efficacité technique

L'efficacité technique désigne la capacité d'une unité de production à maximiser son output (ex. quantité de lait produite) en optimisant l'utilisation de ses inputs (ex. nombre de vaches, alimentation, main-d'œuvre, surface exploitée). Une ferme est techniquement inefficace si elle consomme plus d'inputs que nécessaire pour un même niveau de production. Ce concept, introduit par Farrell (1957) et développé par Coelli et al. (2005), se concentre exclusivement sur l'optimisation des ressources internes sans prise en compte des coûts financiers.

Un exemple illustratif compare deux fermes produisant 500 litres de lait par jour :

- La ferme C dépense 500 FCFA en alimentation standard.
- La ferme D ne dépense que 400 FCFA grâce à une alimentation optimisée et tout aussi nutritive.

Bien que la ferme D soit plus efficace d'un point de vue allocatif en raison de sa gestion des coûts, l'efficacité technique se mesure par la frontière de production, calculée selon la formule :

$$\text{Efficacité Technique} = \frac{\text{Production réelle (output observé)}}{\text{Production Maximale possible (frontière de production)}} \quad (1)$$

Si l'efficacité technique atteint **1 (ou 100%)**, l'unité est techniquement efficace. En revanche, une valeur inférieure à **1** indique une inefficacité.

Ce concept est largement utilisé dans divers domaines (économie, agriculture, santé, industrie) à travers des méthodes comme l'Analyse Enveloppante de Données (DEA) et l'Analyse de Frontière Stochastique (SFA), qui permettent d'évaluer la frontière de production et l'efficacité des unités productives.

### 1.3. Efficacité allocative

L'efficacité allocative élargit le concept d'efficacité technique en intégrant le coût relatif des inputs. Une unité de production est allocativement efficace lorsqu'elle sélectionne la combinaison optimale d'inputs pour minimiser ses coûts, en tenant compte des prix et de la

technologie disponible (Farrell, 1957). En d'autres termes, cette efficience ne se limite pas à l'utilisation efficace des ressources, mais inclut également leur acquisition au meilleur coût possible (Kumbhakar & Lovell, 2000).

L'efficience allocative est calculée selon la formule :

$$\text{Efficience Allocative} = \frac{\text{cout minimal theorique pour produire un niveau donnée d'output}}{\text{cout réel observé}}$$

(2)

Son interprétation est la suivante :

- **Si le score atteint 1 (100 %)**, l'unité de production a optimisé l'utilisation de ses inputs tout en minimisant ses coûts.
- **Si le score est inférieur à 1**, cela indique une inefficience liée à un coût de production plus élevé que nécessaire.

Enfin, en combinant l'efficience technique et l'efficience allocative, on obtient **l'efficience économique totale**, qui reflète la performance globale en matière d'optimisation des ressources et de gestion des coûts (Coelli et al., 2005).

#### 1.4.Efficience économique Totale

L'efficience économique combine les deux dimensions (technique et allocative) et reflète la performance globale de l'unité de production en termes d'utilisation optimale des ressources et de minimisation des coûts (Farrell, 1957 ; Coelli et al. 2005).

$$\text{Efficience Économique} = \text{Efficience Technique} \times \text{Efficience Allocative} \quad (3)$$

##### 1.4.1. Efficience d'échelle

L'efficience d'échelle (SE) mesure la capacité d'une unité de production à ajuster sa taille afin d'optimiser son rendement. Elle se base sur la comparaison entre l'efficience technique sous les hypothèses de rendements d'échelle constants (CRS) et de rendements d'échelle variables (VRS), définie par la formule :

$$SE = \frac{\text{Score DEA CRS}}{\text{Score DEA VRS}} \quad (4)$$

Son interprétation est la suivante :

- **Si SE = 1**, l'unité fonctionne à une échelle optimale, utilisant ses ressources efficacement sans gaspillage.
- **Si SE < 1**, l'unité n'est pas à son niveau optimal, ce qui peut entraîner une inefficience liée à sa taille. Deux situations peuvent alors se présenter :
  - **Rendements d'échelle décroissants (DRS)** : une augmentation de la taille entraîne une baisse de productivité marginale.

○ **Rendements d'échelle croissants (IRS)** : une augmentation de la taille améliore la productivité marginale.

L'analyse de l'efficacité d'échelle est essentielle pour aider les entreprises à :

1. Vérifier si leurs ressources est utilisées de manière optimale.
2. Identifier les ajustements nécessaires pour améliorer leur performance.
3. Déterminer s'il est bénéfique de réduire ou d'augmenter leur capacité de production.
4. Réduire leurs coûts et renforcer leur compétitivité sur le marché.

En somme, l'efficacité d'échelle constitue un outil stratégique indispensable pour toute entreprise cherchant à maximiser son potentiel et à se positionner avantageusement face à la concurrence.

## 2. Méthodologie

### 2.1. Collecte des données : nature des données, échantillon, périodes d'observation

L'étude a porté sur un échantillon de 20 fermes laitières sélectionnées parmi 55, suivies pendant une période de 12 mois couvrant trois saisons distinctes : la saison sèche (janvier, février, mars, avril), la saison pluvieuse (mai, juin, juillet, août) et la période de transition (septembre, octobre, novembre, décembre). Au total, 240 observations ont été collectées. Cette sélection a permis d'assurer **la fiabilité des informations** et d'obtenir une vision plus précise des réalités du secteur laitier.

Pour évaluer l'efficacité technique des exploitations, plusieurs variables ont été mesurées. Les *inputs* pris en compte incluent le nombre de vaches laitières, les charges alimentaires, le nombre d'employés ainsi que la surface exploitée. La production de lait a été retenue comme *seule variable d'output* pour mesurer la performance des unités.

L'enquête s'est concentrée sur **10 sites** (Yirimadio, Niamakoro, Dialakorobougou, Kalabancoro, Kati, Mountougoula, Moribabougou, Sanankoroba, Koulikoro et Siby), sélectionnés en fonction de la qualité et de la **disponibilité des réponses des éleveurs**. Plusieurs autres sites ont été exclus en raison du **manque de données fiables ou de la réticence des participants** à fournir des informations complètes

Dans cet article, nous avons sélectionné les variables conformément aux recommandations de Dyson et al. En appliquant la formule suggérée, la taille de l'échantillon de 20 éleveurs répond aux exigences pour garantir une analyse robuste. L'analyse par enveloppement des données (DEA) mesure l'efficacité technique à partir des inputs utilisés et des outputs produits. Dans cette étude, les inputs et les outputs sont spécifiés comme suit : 4 variables Inputs :

- **Input 1 :** Le Nombre de vaches laitières : Indique l'effectif total de vaches utilisées pour la production de lait au sein d'une exploitation.
- **Input 2 :** Les Charges alimentaires (en kilogrammes) : Représente la quantité totale de nourriture consommée par les vaches, incluant les aliments achetés et les fourrages produits localement.
- **Input. 3 :** Le Nombre d'employés : Représente la main-d'œuvre totale disponible dans chaque exploitation, qu'il s'agisse d'employés rémunérés ou de membres du ménage.
- **Input 4 :** La Surface exploitée (en hectares) : Indique la surface totale utilisée pour le pâturage et la production de fourrages.

Une variable Output :

- **Output :** La Quantité de lait produite (en litres) : Fait référence à la quantité de lait produite, mesurée en litres, et représente le total de lait produit par chaque éleveur pendant la période d'observation.

Le choix des inputs (nombre de vaches, charges alimentaires, main-d'œuvre, surface exploitée) et de l'output (production de lait) repose à la fois sur leur importance économique dans la filière et sur leur utilisation fréquente dans les études DEA sur la production laitière. Ces variables traduisent directement les principaux facteurs de production et de gestion influençant l'efficacité technique. Toutefois, il convient de souligner que certains facteurs non inclus, tels que les dépenses vétérinaires ou la qualité des infrastructures, peuvent également jouer un rôle.

Par ailleurs, la taille de l'échantillon (20 fermes, soit 240 observations) peut constituer une limite méthodologique. En effet, un nombre restreint d'unités décisionnelles peut conduire à une surestimation des scores d'efficacité. Cependant, la collecte de données primaires en milieu réel reste complexe, et le suivi sur 12 mois permet de capturer une variabilité saisonnière significative. L'étude doit ainsi être comprise comme une première contribution empirique, ouvrant la voie à des recherches futures avec un échantillon élargi.

## 2.2.Statistique descriptive des variables utilisées en DEA

Dans cette section nous présentons la statistique globale de chaque des données de chaque saison de façon globale :

- En saison sèche, les éleveurs produisent en moyenne 3696 litres de lait avec une variation significative entre 1500 et 11.400 litres. Le nombre moyen de vaches laitières est de 22,30 avec des charges alimentaires élevées (en moyenne 12.667,5 kg). La main-d'œuvre est

relativement stable avec une moyenne de 2 employés, et la surface utilisée pour l'élevage est de 4,25 hectares en moyenne.

**Tableau N°1 : statistique descriptive des variables utilisées en DEA (saison sèche)**

| Variable                      | Obs | Mean    | Std. dev. | Min  | Max   |
|-------------------------------|-----|---------|-----------|------|-------|
| Quantité de lait produite (L) | 20  | 3696    | 2940.39   | 1500 | 11400 |
| Effectifs de vaches laitières | 20  | 22.30   | 4.36      | 15   | 30    |
| Charges alimentaires (kg)     | 20  | 12667.5 | 3786.88   | 7250 | 24300 |
| Nombre d'employés             | 20  | 2.00    | 0.67      | 1    | 3     |
| Surface utilisée (ha)         | 20  | 4.25    | 1.13      | 3    | 6     |

**Source : Auteur**

- Pendant la saison des pluies, la production de lait augmente considérablement à une moyenne de 8858,5 litres, avec une large variation de 3200 à 22.500 litres. Le nombre de vaches laitières reste stable à environ 21,6. Les charges alimentaires sont un peu plus élevées qu'en saison sèche, et la main-d'œuvre et la surface utilisée restent similaires, avec une moyenne de 1,95 employé et 4,3 hectares.

**Tableau N°2 : statistique descriptive des variables utilisées en DEA (saison des pluies)**

| Variable                      | Obs | Mean   | Std. dev. | Min  | Max    |
|-------------------------------|-----|--------|-----------|------|--------|
| Quantité de lait produite (L) | 20  | 8858.5 | 5010.36   | 3200 | 22.500 |
| Effectifs de vaches laitières | 20  | 21.6   | 4.3       | 15   | 30     |
| Charges alimentaires (kg)     | 20  | 13617  | 3649.88   | 8400 | 23.400 |
| Nombre d'employés             | 20  | 1.95   | 0.69      | 1    | 3      |
| Surface utilisée (ha)         | 20  | 4.3    | 0.99      | 3    | 6      |

**Source : Auteur**

- Durant la saison de transition, la production moyenne de lait est de 5485 litres, variant entre 2500 et 14800 litres. Le nombre moyen de vaches laitières est de 22,3, similaire aux autres saisons. Les charges alimentaires sont les plus élevées de toutes les saisons, atteignant en moyenne 13783,75 kg. La main-d'œuvre et la surface utilisée sont constantes par rapport aux autres saisons.

**Tableau N°3 : statistique descriptive des variables utilisées en DEA (saison de transition)**

| Variable                      | Obs | Mean     | Std. dev. | Min  | Max   |
|-------------------------------|-----|----------|-----------|------|-------|
| Quantité de lait produite (L) | 20  | 5485     | 3800.16   | 2500 | 14800 |
| Effectifs de vaches laitières | 20  | 22.3     | 4.81      | 15   | 30    |
| Charges alimentaires (kg)     | 20  | 13783.75 | 4371.54   | 8250 | 24300 |
| Nombre d'employés             | 20  | 1.95     | 0.69      | 1    | 3     |
| Surface utilisée (ha)         | 20  | 4.3      | 1.02      | 3    | 6     |

**Source : Auteur****Synthèse des saisons**

En résumé, sur l'ensemble des trois saisons, la production moyenne de lait est de 6013,83 litres avec une large variation, reflétant les différentes conditions saisonnières. Le nombre moyen de vaches laitières est stable à 22,07. Les charges alimentaires varient également, avec une moyenne de 13356,75 kg. La main-d'œuvre et la surface utilisée sont relativement constantes, avec en moyenne 1,97 employé et 4,28 hectares.

**Tableau N°4 : statistique descriptive global des trois saisons en DEA**

| Variable                      | Obs | Mean     | Std. dev. | Min  | Max   |
|-------------------------------|-----|----------|-----------|------|-------|
| Quantité de lait produite (L) | 60  | 6013.83  | 4334.59   | 1500 | 22500 |
| Effectifs de vaches laitières | 60  | 22.07    | 4.46      | 15   | 30    |
| Charges alimentaires (kg)     | 60  | 13356.75 | 3928.40   | 7250 | 24300 |
| Nombre d'employés             | 60  | 1.97     | 0.68      | 1    | 3     |
| Surface utilisée (ha)         | 60  | 4.28     | 1.04      | 3    | 6     |

**Source : Auteur**

### **2.3. Formulation mathématique du modèle DEA en rendements d'échelle variables (VRSTE) pour une orientation output**

L'objectif est d'identifier les exploitations les plus efficaces qui maximisent la production de lait ( $y_1$ ) pour des niveaux donnés des inputs ( $x_1, x_2, x_3, x_4$ ) sous l'hypothèse des rendements d'échelle variables (VRS) pour une orientation output.

Mathématiquement elle est formulée de la manière suivante :

$$\text{Minimiser} \quad \sum_{i=1}^4 v_i \times x_{ik} - c_k \quad (5)$$

sous contraintes:

$$\sum_{i=1}^4 v_i \times x_{ij} - u_1 \times y_j - c_k \geq 0 \text{ pour } j = 1, 2, \dots, 20$$

$$\sum_{i=1}^4 u_1 \times y_k = 1$$

$$v_i ; u_1 \geq 0 \text{ pour } i = 1, \dots, 4$$

Si on développe<sup>1</sup> ça donne :

$$\text{Minimiser} \quad v_1 \times x_{1k} + v_2 \times x_{2k} + v_3 \times x_{3k} + v_4 \times x_{4k} - c_k$$

Sous contraintes :

$$v_1 \times x_{1j} + v_2 \times x_{2j} + v_3 \times x_{3j} + v_4 \times x_{4j} - u_1 \times y_j - c_k \geq 0 \quad (j = 1, \dots, n)$$

$$u_1 \times y_k = 1$$

$$v_1, v_2, v_3, v_4, u_1 \geq 0$$

Les variables pour les Inputs sont les  $x_i$  définies comme suit : effectif de vaches laitières ( $x_1$ ), charges alimentaires en kg ( $x_2$ ), nombre d'employés ou main-d'œuvre ( $x_3$ ) et surface utilisée en hectares ( $x_4$ ).

Les Output notées  $y_1$ : Quantité de lait produite en litres ( $y_1$ ).

Enfin les variables de décision sont :

- $v_i$  : Pondérations associées aux inputs ( $x_1, x_2, x_3, x_4$ .)
- $u_1$  : Pondération associée à l'output( $y_1$ ).
- $c_k$ : Constante de rendements d'échelle variables.
- $k$  : identifie l'exploitation évaluer
- $i$  : identifie les inputs considérer
- $j$  : identifie le nombre d'exploitation

Pour compléter cette analyse, il est pertinent d'introduire les modèles fixes et aléatoires, qui permettent de capturer l'impact des caractéristiques spécifiques des exploitations ou des variables environnementales sur leur performance. Ces modèles complètent l'approche DEA en offrant une perspective.

<sup>1</sup> La formule (29)

### 3. Résultats et Analyses.

#### 3.1. Analyse des résultats par saison (DEA)

##### ❖ Interprétation des résultats en saison sèche

**En saison sèche**, seules 15 % des exploitations (3 sur 20) ont atteint l'efficacité. Les scores moyens sont modestes :

- **VRSTE** (efficacité technique sous rendements variables) : 0,676
- **SE** (efficacité d'échelle) : 0,667 Cela reflète une performance réduite, possiblement liée à un stress hydrique ou à un accès limité aux ressources.

**Tableau N°5 : éleveurs efficaces (saison sèche)**

| Éleveur | Efficacité Technique Pure<br>(VRSTE) | Efficacité d'Échelle<br>(SE) | Rendement d'Échelle |
|---------|--------------------------------------|------------------------------|---------------------|
| 6       | 1.000                                | 0.704                        | DRS                 |
| 7       | 1.000                                | 0.310                        | IRS                 |
| 12      | 1.000                                | 1.000                        | CRS                 |

**Source : Auteur**

**En saison des pluies**, la performance s'améliore nettement, avec **40 % des fermes efficaces** (8 sur 20).

- **VRSTE** : 0,664
- **SE** : 0,971 Même si l'efficacité technique reste stable, l'efficacité d'échelle est quasi optimale, indiquant un meilleur ajustement des tailles d'exploitation aux conditions.

**Tableau N°6 : éleveurs efficients (saison des pluies)**

| Éleveur | Efficienne Technique Pure (VRSTE) | Efficienne d'Échelle (SE) | Rendement d'Échelle |
|---------|-----------------------------------|---------------------------|---------------------|
| 2       | 1.000                             | 0.976                     | IRS                 |
| 3       | 1.000                             | 1.000                     | CRS                 |
| 5       | 1.000                             | 1.000                     | CRS                 |
| 6       | 1.000                             | 1.000                     | CRS                 |
| 7       | 1.000                             | 0.971                     | IRS                 |
| 11      | 1.000                             | 1.000                     | CRS                 |
| 12      | 1.000                             | 1.000                     | CRS                 |
| 16      | 1.000                             | 1.000                     | CRS                 |

**Source : Auteur**

**Durant la saison de transition**, 30 % des unités atteignent l'efficienne (6 sur 20).

- **VRSTE** : 0,668
- **SE** : 0,737 Les résultats sont intermédiaires, suggérant une adaptation partielle aux changements climatiques ou aux cycles de production.

En résumé : la saison des pluies se distingue par une meilleure efficienne d'échelle, tandis que l'efficienne technique varie peu entre les saisons. Cela suggère que les politiques de soutien devraient être saisonnalisées, en tenant compte des contraintes spécifiques à chaque période.

**Tableau N°7 : éleveurs efficients (saison de transition)**

| Éleveur | Efficienne Technique Pure (VRSTE) | Efficienne d'Échelle (SE) | Rendement d'Échelle |
|---------|-----------------------------------|---------------------------|---------------------|
| 1       | 1.000                             | 1.000                     | CRS                 |
| 3       | 1.000                             | 0.406                     | IRS                 |
| 7       | 1.000                             | 0.400                     | IRS                 |
| 11      | 1.000                             | 1.000                     | CRS                 |
| 12      | 1.000                             | 1.000                     | CRS                 |
| 16      | 1.000                             | 1.000                     | CRS                 |

**Source : Auteur**

### 3.2. Analyse globale des éleveurs qui ont des caractères communs

#### ➤ Éleveurs Efficients sur les Trois Saisons

Ce sont les éleveurs qui ont maintenu une efficienne technique parfaite (VRSTE de 1.0) sur les trois saisons. Ces éleveurs sont des exemples de gestion optimale et d'utilisation efficienne des

ressources tout au long de l'année. Dans notre analyse Seul l'éleveur (12) a réussi à maintenir une efficience technique parfaite pendant toutes les saisons, montrant une constance dans la gestion optimale des ressources et des processus de production. Le tableau N°8 illustre les scores d'efficience sur les trois saisons

**Tableau N°8 : éleveurs efficients sur les trois saisons**

| Éleveur | Saison Sèche<br>(VRSTE) | Saison des Pluies<br>(VRSTE) | Saison de Transition<br>(VRSTE) |
|---------|-------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| 12      | 1.000                   | 1.000                        | 1.000                           |

**Source : Auteur**

### **3.3.Portrait et Analyse des Performances de l'Éleveur 12 : Une Référence Exemplaire en Production Laitière**

L'éleveur 12, Peulh installé à Tienfala, est une référence en matière d'efficience technique, avec des scores parfaits (1.000) sur les trois saisons. Il parvient à maximiser la production laitière (10 800 à 15 000 litres selon la saison) à ressources constantes, grâce à une gestion rigoureuse et une excellente adaptation saisonnière.

Son troupeau Holstein-Friesian, son niveau d'études (licence), ses cinq années d'expérience et sa formation continue expliquent ses performances. Il bénéficie d'un bon accès aux soins vétérinaires, à l'eau et à l'électricité, malgré un certain isolement géographique.

Intégré à une organisation de producteurs et soutenu par un environnement favorable (fourrages disponibles, encadrement), il combine savoir-faire moderne et ressources locales, faisant de son exploitation un modèle de réussite à suivre.

### **3.4.Éleveurs inefficients sur les Trois Saisons**

Les éleveurs inefficients affichent des scores d'efficience technique inférieurs à 1.0 en toute saison, révélant des insuffisances persistantes dans la gestion des ressources. Pour améliorer leurs performances, des efforts ciblés sont nécessaires, notamment par la formation, l'optimisation des intrants et l'adoption de bonnes pratiques adaptées à chaque saison, à l'image de l'éleveur 12.

**Tableau N°9 : éleveurs inefficients sur les trois saisons**

| <b>Éleveur</b> | <b>Saison Sèche<br/>(VRSTE)</b> | <b>Saison des Pluies<br/>(VRSTE)</b> | <b>Saison de<br/>Transition<br/>(VRSTE)</b> |
|----------------|---------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------|
| 9              | 0.665                           | 0.966                                | 0.940                                       |
| 13             | 0.303                           | 0.287                                | 0.293                                       |
| 14             | 0.560                           | 0.335                                | 0.535                                       |
| 15             | 0.259                           | 0.300                                | 0.264                                       |
| 18             | 0.204                           | 0.285                                | 0.216                                       |
| 19             | 0.302                           | 0.354                                | 0.273                                       |
| 20             | 0.420                           | 0.497                                | 0.926                                       |

**Source : Auteur****3.5. Analyse des causes d'inefficience saisonnières****3.5.1. Inefficience technique en saison sèche**

Les fortes chaleurs et le manque d'eau limitent la production laitière. L'inefficience est due à l'absence de technologies d'irrigation, à la hausse des coûts alimentaires et au manque d'infrastructures pour l'eau et le fourrage.

**3.5.2. Inefficience technique en saison des pluies**

Malgré une meilleure disponibilité des pâturages et de l'eau, certains éleveurs restent inefficients à cause de pratiques non durables, d'un accès limité aux pâturages de qualité ou de conditions de production mal exploitées.

**3.5.3. Inefficience technique en saison de transition**

La baisse progressive des ressources naturelles engendre une réduction de production. L'inefficience est liée à une mauvaise anticipation, à une gestion peu adaptée et à la remontée des coûts alimentaires.

**4. Discussion****❖ Synthèse des résultats**

Ce segment s'appuie sur les hypothèses formulées au début de cette étude pour proposer des recommandations pratiques et des implications politiques. Voici un récapitulatif des hypothèses testées, accompagnées de leur validation ou rejet basé sur les résultats obtenus dans le Tableau N°10.

**Tableau N°10 : hypothèses validées et non validée**

| Hypothèses   | Description                                                                                                                                                                                                      | Statut                                        |
|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Hypothèses 1 | Les scores d'efficacité technique varient significativement entre les éleveurs laitiers périurbains de Bamako.                                                                                                   | <input checked="" type="checkbox"/> Confirmée |
| Hypothèses 2 | Certaines exploitations laitières périurbaines de Bamako atteignent un niveau d'efficacité technique optimal et peuvent servir de références pour les autres unités moins performantes au sein de l'échantillon. | <input checked="" type="checkbox"/> Confirmée |
| Hypothèses 3 | La majorité des éleveurs présente des marges d'amélioration significatives, reflétant un niveau d'inefficacité technique moyen élevé.                                                                            | <input checked="" type="checkbox"/> Confirmée |

**Source : Auteur**

Les résultats montrent que l'efficacité varie beaucoup entre les éleveurs laitiers autour de Bamako. Certains sont très performants et pourraient servir d'exemple aux autres. Cependant, la majorité a encore une bonne marge de progression, ce qui indique un niveau d'inefficacité assez élevé en général.

## 5. Recommandations pratiques

Les recommandations pratiques proposées visent à améliorer l'efficacité technique des producteurs laitiers en s'appuyant sur les résultats de l'étude et les hypothèses validées. Tout d'abord, il est suggéré de mettre en réseau les exploitations les plus performantes, qui pourraient

servir de fermes de référence. Cela passerait par la mise en place de programmes de mentorat, l'organisation de visites pédagogiques, et la création de coopératives techniques locales pour favoriser le partage des compétences.

Ensuite, le soutien aux producteurs devrait être ciblé et différencié selon leur niveau d'efficacité. Un diagnostic individuel permettrait d'adapter les aides, qu'il s'agisse de conseils, de crédits ou de formations. Des incitations financières pourraient être accordées en fonction des progrès réalisés, et un observatoire local de la performance technique serait utile pour suivre l'impact des politiques mises en œuvre.

Par ailleurs, malgré le rejet de l'hypothèse selon laquelle les capacités techniques sont uniformes, certaines poches d'inefficacité subsistent. Il est donc recommandé de renforcer les compétences techniques et managériales des éleveurs à travers des formations continues sur la gestion des troupeaux, l'alimentation et la reproduction, ainsi que par l'introduction de technologies simples mais efficaces.

Enfin, pour maximiser l'impact de ces mesures, il est essentiel de valoriser la filière laitière locale. Cela inclut la promotion des circuits courts, le soutien à la consommation locale, et l'investissement dans la chaîne de froid et la transformation artisanale. Une initiative telle que la création d'un label « Lait efficace de Bamako » pourrait contribuer à reconnaître et encourager les exploitations les plus efficaces.

## **Conclusion**

On peut souligner que cette étude a apporté une contribution significative à la compréhension de l'efficacité technique dans les élevages laitiers périurbains de Bamako. La confirmation des hypothèses formulées met en lumière des réalités structurelles et organisationnelles du secteur : d'une part, la variabilité marquée entre exploitations témoigne d'un paysage hétérogène où cohabitent aussi bien des unités performantes que des exploitations en quête de repères ; d'autre part, la présence de fermes de référence constitue une opportunité stratégique pour promouvoir la diffusion des bonnes pratiques à travers des mécanismes de formation, de parrainage ou de coopératives.

Contrairement à certaines attentes, l'étude a révélé que la majorité des exploitants ne souffrent pas d'un niveau élevé d'inefficacité, ce qui suggère que les leviers d'amélioration résident davantage dans le raffinement des pratiques existantes que dans une transformation radicale. Ce constat ouvre la voie à des stratégies d'accompagnement plus fines, basées sur des diagnostics ciblés, tenant compte des réalités locales et des capacités spécifiques de chaque éleveur.

Enfin, au-delà du strict cadre technique, cette recherche appelle à une mobilisation concertée des acteurs publics et privés pour renforcer les dispositifs de soutien au secteur. En capitalisant sur les exploitations modèles, en investissant dans la professionnalisation des éleveurs, et en facilitant l'accès aux services vétérinaires et aux intrants de qualité, il est possible de faire de l'élevage laitier un levier de développement durable, créateur de richesses et d'emplois pour les communautés périurbaines. En somme, l'efficacité technique ne doit pas être une finalité isolée, mais un vecteur au service d'une vision plus large de transformation du système agroalimentaire local.

## BIBLIOGRAPHIE

1. Farrell, M. J. (1957). The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society, Series A*, 120(3), 253–290.
2. Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429–444.
3. Tauer, L. W. (1993). Short-run and long-run efficiencies of New York dairy farms. *Agricultural and Resource Economics Review*, 22(1), 1–9.
4. Ogunniyi, L. T., Ajao, A. O., & Omonona, B. T. (2011). Technical efficiency of dairy milk production in Oyo state, Nigeria: A stochastic frontier approach. *African Journal of Agricultural Research*, 6(26), 5684–5691.
5. Diarra, S., Konaté, A., & Sangaré, M. (2021). Analyse de l'efficacité technique des producteurs laitiers périurbains à Bamako. *Revue Malienne d'Économie et de Gestion*, 8(2), 55–72.
6. Alpizar, C., Segura, O., & Vargas, R. (2020). Seasonal technical efficiency of dairy farms in the humid tropics of Costa Rica. *Tropical Animal Health and Production*, 52, 2893–2902.
7. Cherchye, L., Demuyne, T., De Rock, B., & Vermeulen, F. (2013). Revealed preference analysis of non-cooperative household consumption. *The Economic Journal*, 123(558), 481–507.
8. Agrell, P. J., & Bogetoft, P. (2001). Règlement des systèmes de santé basé sur la DEA. *Septième atelier européen sur l'analyse de l'efficacité et de la productivité*, Oviedo, Espagne.
9. Aigner, D. J., Lovell, C. A. K., & Schmidt, P. (1977). Formulation et estimation des modèles de fonctions de production à frontière stochastique. *Journal of Econometrics*, 6(1), 21–37. <https://doi.org/10>

10. Ali, M., & Byerlee, D. (1991). Efficience économique des petits exploitants agricoles dans un monde en mutation : un aperçu des données récentes. *Journal of International Development*, 3(1), 1–27.
11. Audibert, M. (1997). La cohésion sociale est-elle un facteur de l'efficience technique des exploitations agricoles en économie de subsistance ? *Modèle de frontière de production stochastique avec effets d'efficience dans une zone de subsistance au Mali*.
12. Banque Mondiale. (2019). *Tendances démographiques et agricoles en Afrique : Défis et opportunités*. Washington, DC.
13. Berre, D., et al. (2013). Analyse de l'éco-efficience du secteur laitier réunionnais : confrontation des objectifs productivistes et environnementaux. *Revue d'économie politique*. <https://doi.org/10.3917/redp.234.0549>
14. Breusch, T. S., & Pagan, A. R. (1979). Un test simple pour l'hétéroscédasticité et la variation aléatoire des coefficients. *Econometrica*, 47(5), 1287–1294.
15. Bravo-Ureta, B. (1986). Mesures d'efficience technique pour les fermes laitières basées sur un modèle de fonction de frontière probabiliste. *Modèle de fonction de production Cobb-Douglas*.
16. Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Mesure de l'efficience des unités de prise de décision. *Revue européenne de recherche opérationnelle*, 2(6), 429–444.
17. Coelli, T. J., Rao, D. S. P., O'Donnell, C. J., & Battese, G. E. (2005). *Introduction à l'analyse de l'efficience et de la productivité*. Springer.
18. Corniaux, C. (2005). *Gestion technique et gestion sociale de la production laitière : les champs du possible pour une commercialisation durable du lait*.
19. Coulibaly, D. (2008). *Changements sociotechniques dans les systèmes de production laitière et de commercialisation du lait en zone péri-urbaine de Sikasso, Mali*.
20. Debrah, S., Sissoko, K., & Soumaré, S. (sd). *Étude économique de la production laitière dans la zone périurbaine de Bamako au Mali*. Revue scientifique. Récupéré de <https://www.xxxxxxx.com>
21. Diarra, S., & Touré, K. (2017). Urbanisation et demande croissante des produits laitiers à Bamako. *Journal africain d'économie agricole*, 12(4), 89–104.
22. FAO. (2018). *L'élevage et la sécurité alimentaire en Afrique de l'Ouest*. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture.
23. Farrell, M. J. (1957). La mesure de l'efficience productive. *Journal of the Royal Statistical Society, Série A (Général)*, 120(3), 253–290.

24. Fillion, J. (2012). *Santé au Québec : étude des déterminants et analyse d'efficience*. Mémoire de maîtrise, Université du Québec à Montréal.
25. Gelan, A. (2012). Mesurer et expliquer l'efficience technique des fermes laitières : une étude de cas sur les petites exploitations agricoles en Afrique de l'Est. *DEA avec rendements d'échelle variables, puis régression fractionnaire*.
26. Greene, W. H. (2008). *Analyse économétrique*. Prentice Hall.
27. Hausman, J. A. (1978). Specification tests in econometrics. *Econometrica*, 46(6), 1251–1271.
28. Huguenin, J.-M. (sd). *Data Envelopment Analysis (DEA) : Un guide pédagogique à l'intention des décideurs dans le secteur public*. [Document institutionnel].
29. Inter-Réseaux. (2006). *Les filières laitières au Mali*. ALIMENTERRE. Récupéré de <https://www.inter-reseaux.org>
30. Inter-Réseaux Développement Rural. (2019). *État des filières laitières dans les 15 pays de la CEDEAO, de la Mauritanie et du Tchad : Fiche pays Mali*. Récupéré de <https://www.inter-reseaux.org>
31. Jaouadi-Jemai, I. (sd). *Efficience et Efficience des Systèmes de Santé : Application aux Pays de la Région MENA*. Publication académique. Récupéré de <https://www.researchgate.net>
32. Kassa, K. S. (2017). *Performances de production laitière des races bovines de l'Afrique de l'Ouest*.
33. Kumbhakar, S. C., & Lovell, C. A. K. (2000). *Analyse de la frontière stochastique*. Presses universitaires de Cambridge.
34. Kumbhakar, S. C., Lien, G., & Hardaker, J. B. (2019). Analyse de l'efficience et de la productivité dans l'élevage laitier : données de l'Inde utilisant DEA et SFA. *Applied Economics*, 51(3), 309–322.
35. Ministère de l'Agriculture, de l'Élevage et de la Pêche. (2021). *PRODEVALAIT : Des équipements d'une valeur de 182 670 000 FCFA offerts aux producteurs laitiers des régions de Mopti et Tombouctou*. Récupéré de <https://site.maliweb.net>
36. Ministère de l'Élevage et de la Pêche. (2008). *Projet de Développement et de Valorisation de la Production Laitière au Mali (PRODEVALAIT)*. Direction Nationale des Productions et Industries Animales, Bamako, Mali.
37. Nzama, A., Kipruto, J., & Mutua, J. (2015). Évaluation de l'efficience technique des petites exploitations laitières au Kenya à l'aide de l'analyse d'enveloppement des données. *Journal of Agricultural Economics*, 45(2), 120–135.

38. Organisation Nationale de la Laiterie du Mali (ON-Mali). (sd). *Synthèse bibliographique sur les filières laitières au Mali*. Récupéré de <https://www.on-mali.org>
39. Projet Filière Lait Local en Afrique de l'Ouest (FILLAO). (2015). *Synthèse de l'étude sur les mini-laiteries au Mali*. Inter-Réseaux Développement Rural. Récupéré de <https://www.inter-reseaux.org>
40. Romain, R. (1995). Efficience technique et coûts de production dans les secteurs laitiers du Québec et de l'Ontario.
41. Traoré, B., & Sangaré, I. (2020). Productivité et défis de l'efficience technique dans la production laitière au Mali. *Journal de l'agriculture ouest-africaine*, 15(2), 121–134.
42. Wooldridge, J. M. (2002). *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*. MIT Press.
43. Wooldridge, J. M. (2010). *Analyse économétrique des données transversales et de panel*. MIT Pre