
ANALYSE ECONOMIQUE D'UNE ACTIVITE CONSOMMATRICE DE BOIS ENERGIE : LA PRODUCTION DE BIERE TRADITIONNELLE DE SORGHO ROUGE

« DOLO » A OUAGADOUGOU, BURKINA-FASO

Boukary OUEDRAOGO¹ et Patrick POINT²,

Résumé : Ce papier a pour but d'analyser les déterminants de la demande d'inputs des artisans producteurs de la bière traditionnelle de sorgho rouge, une activité réservée à des femmes à Ouagadougou la capitale du Burkina Faso. D'une part, une analyse descriptive permet de mettre en exergue l'importance de cette activité dans l'activité économique nationale, mais aussi son importance dans la consommation de l'énergie ligneuse; d'autre part, l'approche théorique du producteur à travers un modèle économétrique utilisant la fonction de coût translog permet de dériver les demandes conditionnelles d'inputs, notamment celle du bois-énergie. Les coefficients estimés de la demande conditionnelle du bois-énergie des dolotières ont révélé une très faible sensibilité de cette demande par rapport au prix du bois-énergie. Cela contraint les politiques de prix du bois-énergie. Cependant, la simulation sur la quantité demandée du bois-énergie de l'effet d'une taxation du prix du bois-énergie révèle une importante économie de bois-énergie à l'échelle globale de la cette ville, bien qu'une telle taxation entraîne une réduction importante du profit de la dolotière à niveau de production inchangée. Les analyses faites dans ce papier relèvent du court terme.

Mots clés : Fonction de coût translog, coût marginal, Surplus du producteur, Bière locale de sorgho rouge, Dolotière, élasticités, économies d'échelle, Burkina Faso

Abstract: This paper aims to analyze the determinants of input demand for local red sorghum beer production in Ouagadougou, which is an activity conducted specifically by women from these areas. The descriptive analysis in the paper emphasizes on the extent of this activity in the national economy, and namely in fuelwood consumption on the one hand. The producer theory approach through an econometrical method using a cost translog function also enables to derive input conditional demand namely for fuelwood on the other hand. The estimated coefficients of fuel wood conditional demand of local beer producers, "dolotières", have shown weak price elasticity hampering the fuelwood price policy. However, the simulation regarding taxation of fuelwood price effect on quantity demanded consequently states an overall reduction in demand for fuelwood in Ouagadougou. This induces a decrease in the local beer producer's profit for a given level of production. In addition, the paper deals with short term analyses.

Keywords: Translog cost function, marginal cost, Producer surplus, local Red Sorghum Beer, "Dolotières", elasticities, returns to scale, Burkina Faso

¹Docteur en économie. Enseignant-chercheur à l'Université Ouaga 2 et au CEDRES.
Email : boukary.ouedraogo@univ-ouaga.bf

² Professeur. Directeur de recherche, CNRS GRAPE-CEEP UMR 5113 à l'Université Montesquieu-Bordeaux IV, Av. Léon Duguit 33608 PESSAC. Email : point@u-bordeaux4.fr

Introduction

La plupart des études relatives à la demande des énergies ligneuses dans les pays en développement se rapportent à la demande ménagère. Plusieurs auteurs se sont intéressés à l'analyse des déterminants des choix énergétiques des ménages et à la transition entre l'énergie ligneuse et les autres sources conventionnelles d'énergie : Hosier (1988), Ferari (1990), Hosier et Dowd (1997), Ouédraogo (2002), Fawelinmi et Oyerinde (2002), Campbell et al (2003). D'autres auteurs aussi se intéressés à décrire la filière bois-énergie et à quantifier le volume et la valeur du bois réalisés sur certains marchés : Chavin (1981), Sow (1990), Banks et al.(1996) , Alam et al.(1998).

Ces études ont, soit souligné l'ampleur des problèmes d'approvisionnements des ménages urbains et ruraux, soit analysé les relations entre la demande de l'énergie ligneuse et les niveaux de revenus des ménages, soit enfin décrit les difficultés de substitution du bois-énergie par les autres sources d'énergie et contribué à l'évaluation des déterminants des choix énergétiques des ménages.

Cette attention portée à la consommation de bois à usage domestique laisse dans l'ombre les usages artisanaux. Or, force est de constater que la majeure partie des artisans en Afrique au Sud du Sahara utilisent l'énergie ligneuse comme input dans leur production, si bien qu'aujourd'hui, du fait du gonflement de certaines activités artisanales (fonderies diverses, forges, bijouteries, brasserie traditionnelle, la restauration etc..), cette demande notamment en milieu urbain, dépasse de loin la demande ménagère. A Ouagadougou, la demande globale en 2000 du bois-énergie est partagée entre 59% comme consommation intermédiaire pour les artisans et 41% au titre de la consommation des ménages. Les cinq grandes catégories d'artisans dont la demande en bois-énergie est très marquée dans cette ville sont les fondeurs de bronze, les fondeurs d'aluminium, les restaurateurs, les grilleurs de viande et les dolotières.

Dans cette contribution, ce sont les dolotières qui retiennent notre attention. Elles produisent du « dolo », une bière traditionnelle à base de sorgho rouge. Cette activité regroupe plus de 1000 femmes à Ouagadougou. La préparation du dolo nécessite deux jours de cuisson et utilise en moyenne 458,17 kilogrammes de bois de feu soit environ une demie tonne de bois. En 2000, la consommation de bois pour la production de dolo s'élevait à 48269 tonnes, ce qui représente 28% de la consommation totale des artisans et 16,5% de la consommation totale de bois. On notera que cette activité génère des revenus significatifs pour des couches sociales très vulnérables. Depuis l'avènement de la dévaluation du franc CFA en janvier 1994 dans les pays de l'Union Economique et Monétaire Ouest Africain (UEMOA), la hausse des prix de la bière industrielle a entraîné un accroissement de la demande du dolo avec pour conséquence une augmentation de la production de cette bière traditionnelle et du nombre des unités de production.

Autant, il est difficile de mener des politiques efficaces en matière de substitution du bois-énergie par d'autres sources auprès des ménages du fait notamment de la forte hétérogénéité caractérisant cette population, autant les interventions auprès d'un secteur productif relativement homogène sont plus faciles à concevoir et à mettre en œuvre.

L'objectif de ce travail est de réunir les éléments d'une analyse économique permettant d'apporter un meilleur éclairage sur les possibilités de limiter la consommation de bois énergie dans un secteur qui y fait largement appel.

Après avoir livré quelques éléments d'information sur la fabrication et la commercialisation du dolo, nous estimerons économétriquement la fonction de coût total de production, puis nous analyserons les propriétés de la technologie de production. Nous passerons ensuite à une approche agrégée de la fonction d'offre pour la ville de Ouagadougou. Les résultats obtenus nous permettront d'esquisser les effets de politiques visant à réduire la consommation de bois dans cette activité.

I. Éléments d'information sur la fabrication et la commercialisation du dolo.

Nous reprenons la description livrée par Marie-Michèle Ouédraogo (1974, p. 284). « Le sorgho rouge acheté sur le marché ou dans les campagnes, est mis à germer, puis séché avant d'être moulu. On le trempe alors dans de grandes jarres à moitié fichées en terre. Le mélange est brassé et écopé, puis transféré dans des jarres de cuisson fixées sur des foyers à bois de feu. Au bout d'une première cuisson de trois heures environ survient un nouveau transvasement dans les jarres fichées en terre, où le mélange refroidit pendant de longues heures. Une deuxième cuisson de sept ou huit heures achève la préparation du dolo. On a alors un jus sucré non alcoolisé qu'on appelle Biss-Kom ou l'eau de sorgho rouge germé. Dès ce moment, le dolo est consommable, mais il n'est jamais commercialisé à ce stade. Le liquide est mis de nouveau à refroidir dans des jarres fichées en terre, puis fermenté longuement grâce à la poignée de levain incorporée par la dolotière. A Ouagadougou, des plantes de tous genres peuvent être introduites dans le dolo à ce moment pour activer la fermentation et corser le goût du dolo. Le dolo doit passer ainsi la nuit du second jour de préparation et au matin du troisième jour il est prêt,... ». Ainsi, se résume le processus de fabrication de cette bière traditionnelle qui dure une dizaine d'heures de préparation.

Les femmes qui produisent la bière de sorgho rouge sont appelées dolotières. Le dolo a une valeur culturelle très importante et intervient largement dans la tradition des populations burkinabé (fêtes et rites coutumiers). C'est aussi une boisson prisée par les populations aussi bien urbaines que rurales. La dévaluation du franc CFA de janvier 1994 et la politique fiscale du pays en matière de taxation des produits alcoolisés ont contribué à hausser fortement les prix de la bière industrielle. La demande de bière traditionnelle s'en trouve accrue, avec pour conséquence l'entrée de nouvelles dolotières dans le secteur d'activité et la multiplication du nombre des revendeuses. Les dolotières sont présentes dans tous les secteurs et quartiers de Ouagadougou, bien qu'il faille noter que leur densité reste plus élevée dans les quartiers périphériques (nouvellement lotis et non lotis).

En avril 2000, la signature d'un protocole de collaboration technique avec l'Unité de Coordination du Programme Régional du Secteur des Energies traditionnelles (UC-RPTES) a permis de financer des enquêtes sur la demande des artisans en bois-énergie de la ville de Ouagadougou. Un questionnaire spécifique a été élaboré pour les dolotières. Sur 1013 dolotières que comptait Ouagadougou en 2000, 154 ont été

interrogées dans le cadre de l'enquête, soit 15% de la population mère. Le tableau 1 donne le détail des principales données économiques répertoriées.

Tableau n°1 : Principales variables économiques collectées sur les dolotières

Variables	Unités de compte
Production du « Dolo »	Litres « Dolo » ou la valeur en FCFA
Prix du « Dolo »	FCFA/Litre
Coût du sorgho rouge (ferment)	FCFA/Kilogramme
Prix sorgho rouge	FCFA/Kilogramme
Coût bois feu	FCFA/Kilogramme
Prix bois feu	FCFA/Kilogramme
Coût de l'Eau	FCFA/Litre
Prix de l'eau	FCFA/Kilogramme
Salaire / préparation	FCFA / Employé / préparation
Quantité de bois de feu	Kilogramme
Quantité d'eau	Litre
Quantité de ferment de sorgho rouge	Kilogramme

Source : RPTES (2000)

On observera que ces informations concernent essentiellement les coûts variables. Ceci nous conduit à nous en tenir à une approche de court terme, sans prise en compte directe des coûts fixes. Ces données vont être mobilisées pour l'élaboration d'une fonction de coût total variable restreinte. Nous aurons recours à une forme fonctionnelle flexible : la fonction translog.

II. Un modèle translog de coût total de production de dolo

La fonction translog non homothétique est une série de Taylor de second ordre du logarithme du coût en fonction du logarithme des variables explicatives. Elle donne une approximation d'une fonction inconnue *a priori* et impose assez peu de restrictions sur la technologie de production. On ajoutera que les équations de parts de coût dérivées sont linéaires dans les paramètres. A la différence des fonctions homothétiques, les demandes conditionnelles d'intrant sont fonction du niveau de production. Compte tenu de ses propriétés, c'est aujourd'hui la forme fonctionnelle la plus utilisée pour spécifier des fonctions de coût³.

2.1. Spécification fonctionnelle

La fonction translog de coût non homothétique s'écrit comme suit :

³ Plusieurs études sur la demande énergétique des industries manufacturières de l'eau et des télécommunications aux Etats Unis, ont utilisé la forme fonctionnelle translog [Hudson et Jorgenson (1974), Berndt et Wood (1975), Christensen et Green (1975), Berndt et Khaled (1979), Berndt et Morrison (1979), C. R. Grebenstein et B. C. Field (1979), Anderson (1980), Berndt et al. (1981), Evans et Heckman (1984), R. Teeples et D. Glycer (1987), et Berndt (1991)], Garcia S. (2002) " Rendements et efficacité dans les industries en réseau : le cas des services d'eau potable délégués ", *Economie et Prévision*, 154(3), 123-138.

$$\ln C = \ln \alpha_0 + \sum_{i=1}^n \alpha_i \ln P_i + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \gamma_{ij} \ln P_i \ln P_j + \alpha_Y \ln Y + \frac{1}{2} \gamma_{YY} (\ln Y)^2 + \sum_{i=1}^n \gamma_{iY} \ln P_i \ln Y \quad (1)$$

$$\text{où } \gamma_{ij} = \gamma_{ji},$$

i, j = bois-énergie (B), sorgho rouge germé (M), main d'œuvre (L), et eau (E) ; C est le coût total de production ; P_i le prix du $i^{\text{ème}}$ input ; Y la quantité de dolo produite.

Les prix des facteurs et le niveau de la production sont des variables exogènes. α et γ sont des paramètres à estimer⁴.

Pour que la fonction de coût décrive correctement le comportement du producteur, elle doit entre autres être **homogène de degré 1** par rapport aux prix des facteurs de production utilisés, pour un niveau donné de production. Cela implique les restrictions suivantes :

$$\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1, \quad \sum_{i=1}^n \gamma_{ij} = \sum_{j=1}^n \gamma_{ji} = \sum_{i=1}^n \gamma_{iY} = 0 \quad (2)$$

Certaines autres restrictions inhérentes à la fonction de coût translog peuvent être ajoutées:

- pour que cette fonction de coût **soit homothétique**, il est nécessaire et suffisant que les paramètres $\gamma_{iY} = 0 \forall i = 1, \dots, n$. L'homogénéité de degré constant en la production s'opère si en plus des précédentes restrictions sur l'homothéticité, on pose : $\gamma_{YY} = 0$; dans ce cas le degré d'homogénéité est égal à $1/\alpha_Y$.
- Les **rendements d'échelle constants** de la fonction de production duale apparaîtront si, en plus des restrictions d'homothéticité et d'homogénéité, $\alpha_Y = 1$. Finalement, la fonction translog se réduit à la fonction Cobb-Douglas à rendements d'échelle constants si, en plus de toutes les restrictions précédentes, on impose que chacun des $\gamma_{ij} = 0, i, j = 1, \dots, n$.

2.2. Procédure d'estimation

La fonction de coût translog peut être directement estimée à partir de l'équation (1), mais pour plus d'efficacité des estimateurs, elle peut être réalisée en estimant l'optimum des équations de demande de facteurs résultant de la minimisation des coûts, transformées ici en équations des parts de coût des facteurs (E. R. Berndt, 1991). Ainsi, en dérivant l'équation (1) et en employant le Lemme de Shephard, on obtient les équations des parts de coût des facteurs sous la forme suivante:

⁴ L'équation (1) est la spécification de la fonction de coût la plus générale et flexible qui peut être utilisée pour tester des restrictions variées sur la structure de la production telles que l'homothéticité, l'homogénéité, les possibilités de substitution etc.

$$\frac{\partial \ln C}{\partial \ln P_i} = \frac{P_i}{C} \frac{\partial C}{\partial P_i} = \frac{P_i X_i}{C} = \alpha_i + \sum_{j=1}^n \gamma_{ij} \ln P_j + \gamma_{iY} \ln Y \quad (3)$$

$$\text{où } \sum_{i=1}^1 P_i X_i = C, \text{ le coût total des facteurs.}$$

Les parts de coût des facteurs S_i , sont définies telles que $S_i \equiv P_i X_i / C$, et $\sum_{i=1}^n S_i = 1$.

Dans le cas de cette étude, les dolotières utilisent quatre facteurs de production. Ainsi, les équations de demande de facteurs ou encore équations des parts de coût des facteurs se présenteront comme suit dans le système d'équations (4):

$$S_i = \alpha_i + \sum_{j=1}^n \gamma_{ij} \ln P_j + \gamma_{iY} \ln Y \quad , \quad i = 1, 2, \dots, 4 \quad (4)$$

Notons qu'en l'absence des restrictions de symétrie il y a 24 paramètres à estimer, six dans chacune des quatre équations des parts de coût. Si les contraintes de symétrie entre les quatre équations sont imposées ($\gamma_{12}=\gamma_{21}, \gamma_{13}=\gamma_{31}, \gamma_{14}=\gamma_{41}, \gamma_{23}=\gamma_{32}, \gamma_{24}=\gamma_{42}, \text{ et } \gamma_{34}=\gamma_{43}$), le nombre de paramètres à estimer se réduit à 18. Comme nous l'avons précédemment posé dans l'équation (2), la théorie économique exige que la fonction de coût translog soit homogène de degré 1 par rapport aux prix des facteurs: la prise en compte de cette contrainte résulte des restrictions suivantes dans le groupe d'équations (5):

$$\sum_{i=1}^4 \alpha_i = 1 \quad , \quad \sum_{i=1}^4 \gamma_{iY} = 0, \quad \sum_{j=1}^4 \gamma_{ij} = 0 \quad , \quad i = \{1, 2, 3, 4\} \quad (5)$$

Ces six restrictions vont réduire davantage le nombre de paramètres à estimer qui passe de 18 à 12. Le système d'équations de demande de facteurs possède la propriété spéciale que pour chaque observation, la somme des variables dépendantes (les parts de coût) sur toutes les équations est toujours égale à un. En effet, s'il y a n parts de coût des facteurs (ou équations de demande des facteurs), seulement n-1 sont linéairement indépendantes. Cette propriété des équations de demande de facteurs a plusieurs implications économétriques vers lesquelles nous focaliserons toute notre attention.

Premièrement, puisque la somme des parts de coût est toujours égale à l'unité et seulement n-1 des équations de demande des facteurs sont linéairement indépendantes, alors les relations dans le système (5) impliquent que la somme des résidus u_i des Moindres Carrés Ordinaires (MCO) à travers toutes les équations de demande de facteurs sera toujours égale à 0 pour chaque observation :

$$\sum_{i=1}^4 u_i = 0, \text{ aussi la matrice } A^* \text{ des erreurs est singulière et non diagonale.}$$

Deuxièmement, du fait de la somme unitaire des parts de coût des facteurs à chaque observation, quand les restrictions de symétrie ne sont pas imposées, l'estimation équation par équation par la méthode des moindres carrés ordinaires (MCO) donne des paramètres qui obéissent toujours à la propriété d'homogénéité contenue dans le

système d'équations (5). Berndt et Wood (1975,1979) ont empiriquement démontré que les paramètres estimés par les MCO lorsque la contrainte de symétrie entre les équations de demande de facteurs n'est pas imposée, obéissent quand même aux restrictions du système (5). Cependant, la matrice du produit croisé des résidus de la MCO n'est pas singulière. Ainsi, la méthode des moindres carrés ordinaires donne de bons estimateurs.

Troisièmement, du fait que les matrices de covariance et de produits croisés des erreurs doivent à la fois être singulières, l'estimation par la méthode du Maximum de Vraisemblance, qui minimise le produit croisé des erreurs n'est pas faisable. Aussi, la procédure la plus communément utilisée pour résoudre ce problème de singularité de la matrice, est d'éliminer arbitrairement une des n équations de demande et de procéder à l'estimation des n-1 équations restantes par la méthode ML. Dans ce cas précis, on va éliminer la quatrième équation et estimer directement, équation par équation, les 12 paramètres des trois équations indiquées dans le système (6):

$$\begin{aligned} S_1 &= \alpha_1 + \gamma_{11} \ln(P_1/P_4) + \gamma_{12} \ln(P_2/P_4) + \gamma_{13} \ln(P_3/P_4) + \gamma_{1Y} \ln Y \\ S_2 &= \alpha_2 + \gamma_{21} \ln(P_1/P_4) + \gamma_{22} \ln(P_2/P_4) + \gamma_{23} \ln(P_3/P_4) + \gamma_{2Y} \ln Y \\ S_3 &= \alpha_3 + \gamma_{31} \ln(P_1/P_4) + \gamma_{32} \ln(P_2/P_4) + \gamma_{33} \ln(P_3/P_4) + \gamma_{3Y} \ln Y \end{aligned} \quad (6)$$

Les paramètres de l'équation éliminée sont déduits indirectement des restrictions de la propriété d'homogénéité contenue dans le système (5), ce qui permet de les exprimer en fonction des paramètres estimés des trois premières équations. Ces paramètres sont exprimés comme suit:

$$\begin{aligned} \alpha_4 &= 1 - (\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3) \\ \gamma_{14} &= -(\gamma_{11} + \gamma_{12} + \gamma_{13}) \\ \gamma_{24} &= -(\gamma_{12} + \gamma_{22} + \gamma_{23}) \\ \gamma_{34} &= -(\gamma_{13} + \gamma_{23} + \gamma_{33}) \\ \gamma_{4Y} &= -(\gamma_{1Y} + \gamma_{2Y} + \gamma_{3Y}) \\ \gamma_{44} &= -(\gamma_{14} + \gamma_{24} + \gamma_{34}) \Rightarrow \gamma_{44} = \gamma_{11} + \gamma_{22} + \gamma_{33} + 2(\gamma_{12} + \gamma_{13} + \gamma_{23}) \end{aligned} \quad (7)$$

Il faut noter que les paramètres indirectement estimés sont une combinaison linéaire des paramètres estimés directement à partir des trois équations retenues. Aussi, la variance de ces paramètres est également une combinaison linéaire de celles des premiers, ce qui facilite le calcul de leurs variances.

2.3. La fonction de coût total variable de production de dolo.

L'échantillon utilisable comporte 149 dolotières sur les 154 interrogées. Pour l'estimation, plusieurs méthodes sont utilisées (MCO, 2SLS, 3SLS et ML). Nous privilégierons la méthode du Maximum de Vraisemblance, car non seulement elle donne des paramètres invariants, mais aussi fournit des statistiques qui permettent directement de tester nos hypothèses.

Nous avons estimés simultanément les fonctions de demandes d'input et la fonction de coût sous les contraintes de symétrie, d'homothétie et d'homogénéité.

Tableau n° 2 : Résultats d'estimation par la méthode IZEF/LM(SUR) des équations de parts de coût et de la fonction de coût translog. Echantillon 149 observations. Entre parenthèses, les t-statistiques.

Fonction de coût translog		Equations de parts de facteurs	
Variabes	Paramètres	Variabes	Paramètres
$\alpha(0)$	10,94231 (616,9)***	$\alpha(B)$	0,3122 (45,0)***
$\alpha(B)$	0,3122 (45,0)***	$\gamma(BB)$	0,1343 (5,0)***
$\alpha(M)$	0,5830 (89,6)***	$\gamma(BM)$	-0,1281 (-5,5)***
$\alpha(E)$	0,0531 (23,5)***	$\gamma(BE)$	0,0003 (0,0)
$\alpha(L)$	0,0517 (0,1)	$\gamma(BL)$	-0,0064 (-0,2)
$\gamma(BB)$	0,1343 (5,0)***	$\gamma(BY)$	-0,0390 (-5,2)***
$\gamma(MM)$	0,2041 (8,5)***	$\alpha(M)$	0,5830 (89,6)***
$\gamma(EE)$	0,0345 (12,4)***	$\gamma(MM)$	0,2041 (8,5)***
$\gamma(LL)$	0,0532 (1,1)	$\gamma(ME)$	-0,0320 (-5,6)***
$\gamma(BM)$	-0,1281 (-5,5)***	$\gamma(ML)$	-0,0440 (-1,3)
$\gamma(BE)$	0,0003 (0,0)	$\gamma(MY)$	0,0722 (10,2)***
$\gamma(BL)$	-0,0064 (-0,2)	$\alpha(E)$	0,0531 (23,5)***
$\gamma(ME)$	-0,0320 (-5,6)***	$\gamma(EE)$	0,0345 (12,4)***
$\gamma(ML)$	-0,0440 (-1,3)	$\gamma(EL)$	-0,0027 (-0,3)
$\gamma(EL)$	-0,0027 (-0,3)	$\gamma(EY)$	-0,0064 (-2,7)***
$\alpha(Y)$	0,80074 (39,7)***	$\alpha(L)$	0,0517 (0,1)
$\gamma(YY)$	-0,06374 (-2,4)**	$\gamma(LL)$	0,0532 (1,1)
$\gamma(BY)$	-0,0390 (-5,2)***	$\gamma(LY)$	-0,0268 (-2,5)**
$\gamma(MY)$	0,0722 (10,2)***		
$\gamma(EY)$	-0,0064 (-2,7)**		
$\gamma(LY)$	-0,0268 (-2,5)**		

Statistiques	Fonctions				
	Bois de feu	Sorgho rouge	Eau	Travail	Log coût variable
R ²	0,20	0,48	0,52	0,40	0,95
R ² -Ajusté	0,18	0,46	0,51	0,38	0,94
Durbin-Watson	1,87	1,86	2,06	1,58	1,80
Moyenne variable dep.	0,33	0,57	0,05	0,06	10,61

B = bois-énergie, M = sorgho rouge germé (ferment), L = travail salarié, E = l'eau.

*** indique un coefficient significatif au seuil de 1%,

** indique un coefficient significatif au seuil de 5%

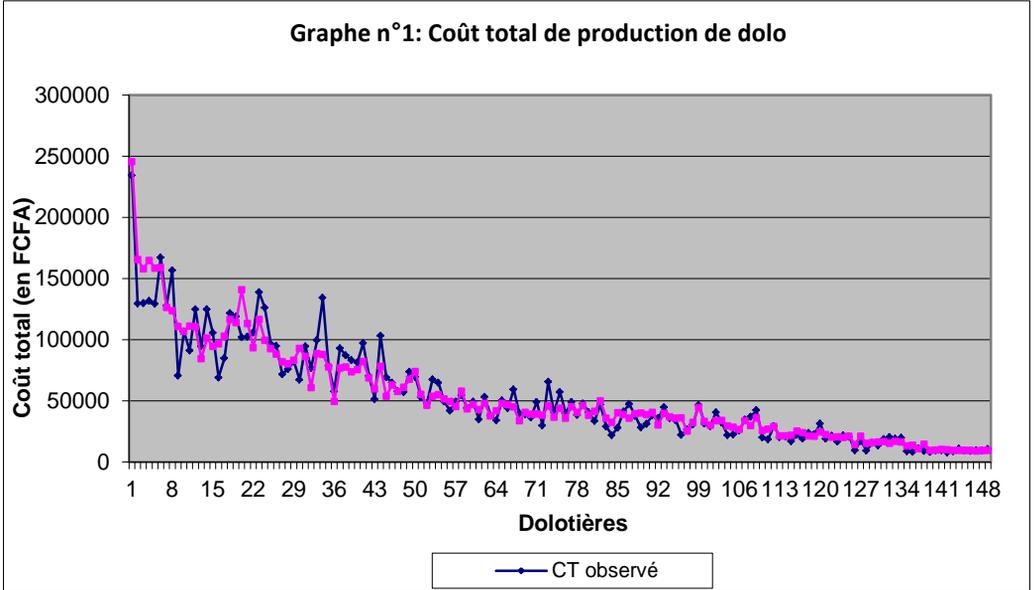
* indique un coefficient significatif au seuil de 10%.

IZEF/LM = Iterative Seemingly Unrelated Regression

Les paramètres estimés par la méthode IZEF/LM obéissent à la contrainte de symétrie, et d'homogénéité linéaire aux prix.

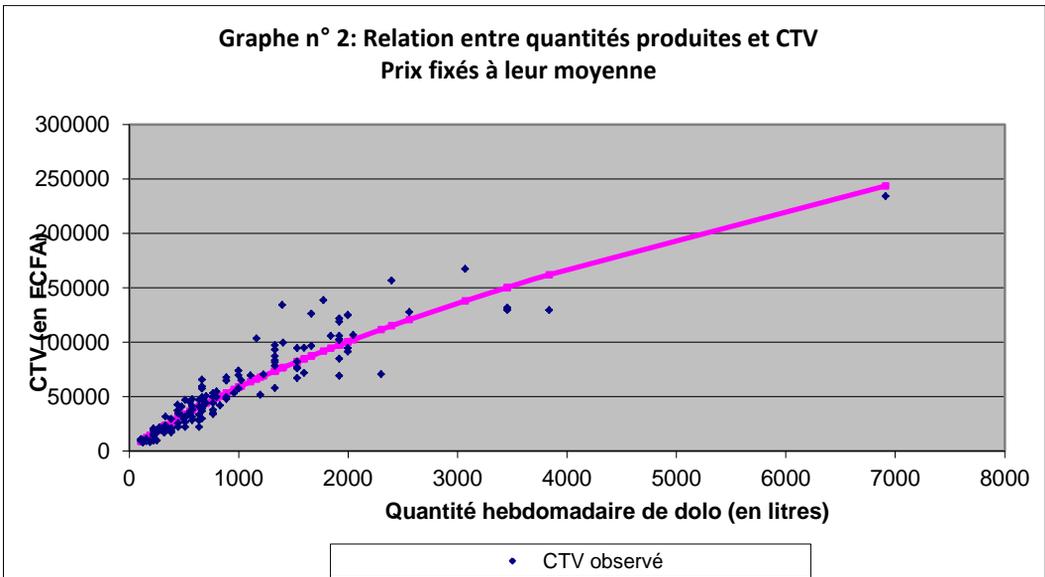
Source : Analyse des données d'enquêtes

Le graphe n°1 représente l'ajustement de la fonction de coût aux données.



Source : Analyse des données d'enquêtes

Si l'on met l'accent sur la relation entre quantité produite et coût total de production, en fixant les variables prix à leur moyenne, on obtient le tracé représenté par le graphe n° 2.



Source : Analyse des données d'enquêtes

III. Analyse économique de la technologie de production

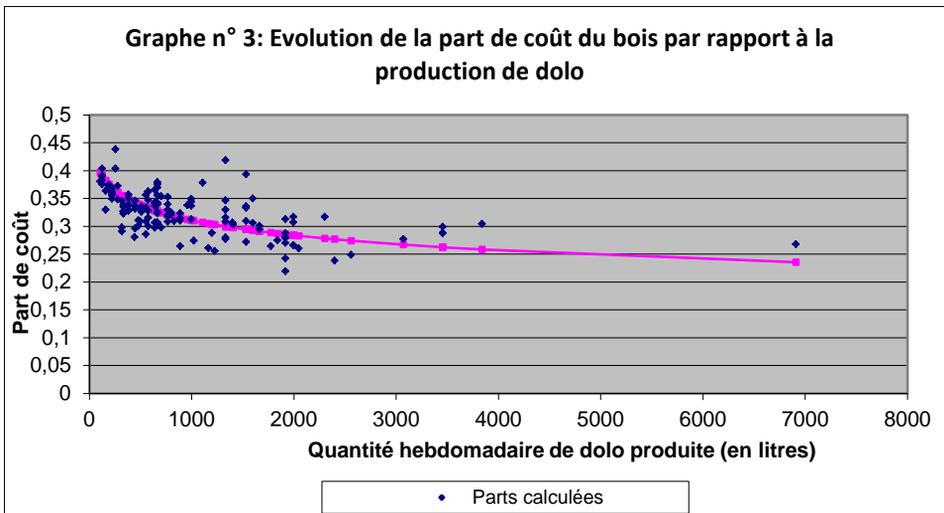
3.1. Les parts de coût

La procédure d'estimation du coût total s'appuie sur le calcul des parts de coûts. Celles-ci sont données par la formule (4 bis):

$$S_i = \alpha_i + \sum_{j=1}^n \gamma_{ij} \ln P_j + \gamma_{iY} \ln Y, \quad i, j = B, M, L, E. \quad (4bis)$$

La part dominante revient au mil puis au bois avec respectivement, en moyenne, 57% et 32%. Les deux autres facteurs pèsent très peu puisque l'eau représente 5% et les salaires 1% du coût total variable.

Puisque notre attention se porte sur la consommation de bois, il est intéressant d'examiner la relation entre la part de coût consacrée au bois et le niveau de production de dolo. Le tableau n° 2 montre que le coefficient γ_{BY} est négatif. Cet effet trouve une claire illustration avec le graphe n° 3 qui relie les parts de coût du bois au niveau de production.



Source : Analyse des données d'enquêtes

La production se caractérise par une baisse de la part de coût consacrée au facteur bois, lorsque les quantités produites s'accroissent. Nous reviendrons plus loin sur la question des demandes conditionnelles de facteur.

3.2. Rendements d'échelle

L'ensemble du processus semble présenter des économies d'échelle. Comme l'a montré Giora Hanoch (1975), les rendements d'échelle (notés ici μ) sont calculés comme l'inverse des élasticités de la fonction de coût par rapport à la production⁵ (ε_{CY}) :

⁵ Rappelons que le terme $\gamma_{YY}=0$ et que donc $\gamma_{YY}\ln Y=0$ dans l'expression de l'élasticité

$$\mu=1/\varepsilon_{CY}, \text{ où } \varepsilon_{CY}=\partial \ln C / \partial \ln Y = \alpha_Y + \gamma_{BY} \ln P_B + \gamma_{MY} \ln P_M + \gamma_{LY} \ln P_L + \gamma_{EY} \ln P_E + \gamma_{YY} \ln Y \quad (8)$$

Le calcul de ε_{CY} se fait en utilisant la moyenne des prix des facteurs, ou en approximant cette quantité par le rapport du coût marginal moyen et de la moyenne des coûts moyens observés.

Le calcul donne une valeur : $\varepsilon_{CY} = 0,801$ et un rendement d'échelle : $\mu=1/\varepsilon_{CY} = 1,25$. La technologie révèle des rendements croissants.

3.3. Le coût marginal de production.

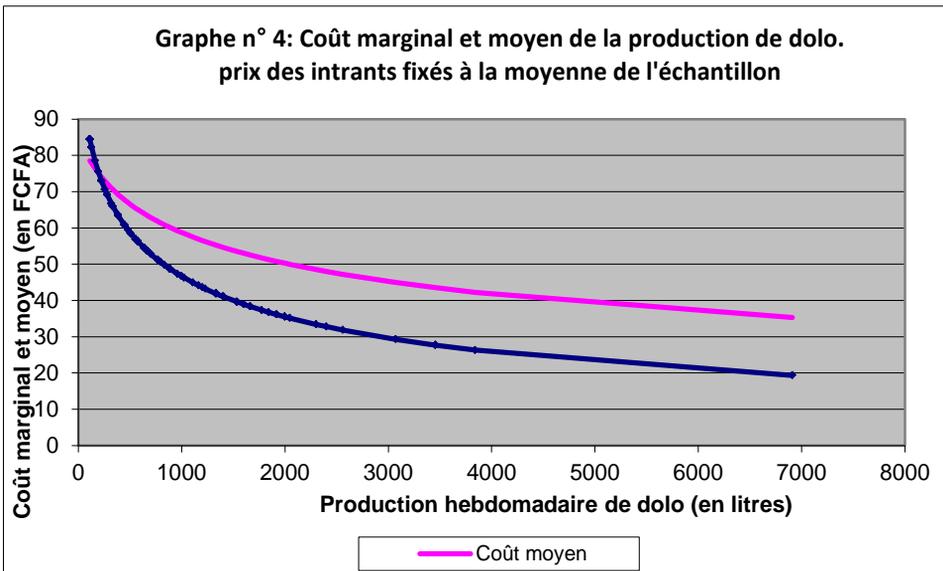
Nous examinons le coût marginal de production en considérant les prix des intrants fixés à la moyenne de l'échantillon. Dans la mesure où le coût total variable a été estimé en normant les variables, les termes relatifs aux prix s'annulent, et la formule du CTVmoyen est alors :

$$CTVM = \frac{e^{\alpha_0}}{\bar{Y}^{\alpha_Y}} Y^{\alpha_Y} e^{\gamma_{YY} [\ln(Y) - \ln(\bar{Y})]^2} \quad (9)$$

Le coût marginal est alors :

$$CmVM = \frac{\partial CTVM}{\partial Y} = -\frac{e^{\alpha_0}}{\bar{Y}^{\alpha_Y}} [2\gamma_{YY} \ln(\bar{Y}) - \alpha_Y - 2\gamma_{YY} \ln(Y)] Y^{(\alpha_Y - 1)} e^{\gamma_{YY} [\ln(\bar{Y}) - \ln(Y)]^2} \quad (10)$$

Le graphe n° 4 suivant représente le tracé du coût marginal et du coût moyen.



Source : Analyse des données d'enquêtes

Le coût marginal décroît avec le niveau de production. Ceci confirme bien l'existence de rendements d'échelle croissants précédemment identifiés.

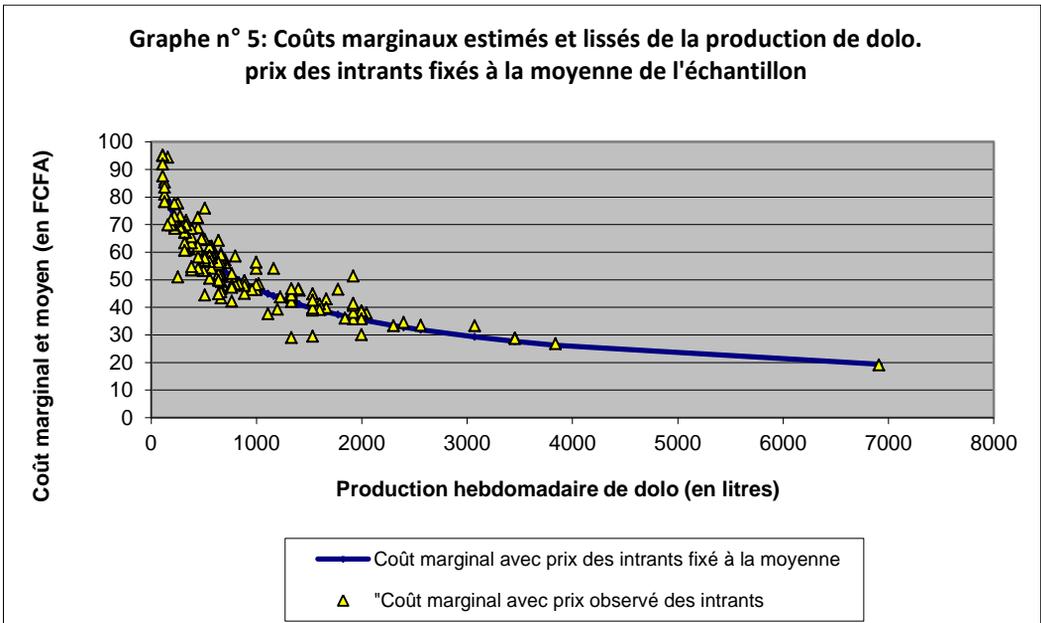
Nous avons calculés les coûts marginaux relatifs à chaque dolotière k en prenant en compte les prix des intrants auxquels chacune d'entre elles est confrontée.

La formule est alors :

$$CmVM_k = \frac{\partial CTVM_k}{\partial Y_k} = -\frac{e^{b_k}}{\bar{Y}^{c_k}} \left[2\gamma_{YY} \ln(\bar{Y}) - c_k - 2\gamma_{YY} \ln(Y_k) \right] Y_k^{(c_k-1)} e^{\gamma_{YY} [\ln(\bar{Y}) - \ln(Y_k)]^2}, \text{ avec}$$

$$b_k = \alpha_y + \sum_i \gamma_{iY} \ln\left(\frac{P_{ik}}{\bar{P}_i}\right) \text{ et } c_k = \ln \alpha_0 + \sum_{i=1}^n \alpha_i \ln\left(\frac{P_{ik}}{\bar{P}_i}\right) \quad (11)$$

Le graphe n° 5 montre la distribution des coûts marginaux selon le niveau de production.



Source : Analyse des données d'enquêtes

3.4. Élasticités de substitution techniques

Les élasticités partielles de substitution d'Allen permettent de mesurer la substitution technique entre les facteurs de production. Celles croisées indiquent quels facteurs sont substituables ou complémentaires. Une valeur positive (négative) de σ_{ij} indique que les facteurs i et j sont substituables (complémentaires) ; si $\sigma_{ij} = 0$, alors les deux facteurs sont indépendants (Field et Berndt, 1981, p. 55). Ces élasticités sont données par la formule suivante :

$$\sigma_{ij} = \frac{\gamma_{ij} + S_i S_j}{S_i S_j}, \quad i, j = 1, \dots, n, \quad \text{mais } i \neq j$$

$$\sigma_{ii} = \frac{\gamma_{ii} + S_i^2 - S_i}{S_i^2}, \quad i = 1, \dots, n \quad \text{avec } i = j \quad (12)$$

γ_{ij} , γ_{ii} , S_i , S_j étant respectivement les coefficients des prix de facteurs, et les parts de coût des différents facteurs dans la production.

Tableau n°3 : Elasticités partielle de substitution technique d'Allen

	Bois de feu	Sorgho rouge	Eau	Travail
Bois de feu	-0,8021			
Sorgho rouge	0,1004	-0,1277		
Travail	0,0023	-0,0004	-4,8037	
Eau	0,0021	-0,0012	0,0000	-0,1506

Source : Analyse des données d'enquêtes

Le mil germé, l'eau et le travail apparaissent faiblement substituables au bois énergie. On observe une complémentarité entre mil germé et eau et mil germé et travail.

3.5. Les élasticités prix des intrants

Les élasticités-prix directes et croisées des demandes conditionnelles des facteurs de production sont données par la formule suivante :

$$\varepsilon_{ij} = \frac{\gamma_{ij} + S_i S_j}{S_i}, \quad i = 1, \dots, n, \quad \text{avec } i \neq j$$

$$\varepsilon_{ii} = \frac{\gamma_{ii} + S_i^2 - S_i}{S_i}, \quad i = 1, \dots, n, \quad \text{avec } i = j \quad (13)$$

Les élasticités-prix directes permettent de mesurer la sensibilité de la demande du facteur considéré suite à un changement de son propre prix. Celles croisées permettent de quantifier les relations économiques que les facteurs de production entretiennent entre eux.

Tableau 4 : Elasticités prix des demandes de facteurs

	Bois de feu	Sorgho rouge	Eau	Travail
Bois de feu	-0,26241			
Sorgho rouge	0,17672	-0,07257		
Travail	0,04845	-0,00864	-0,22905	
Eau	0,03723	-0,02054	-0,00047	-0,00857

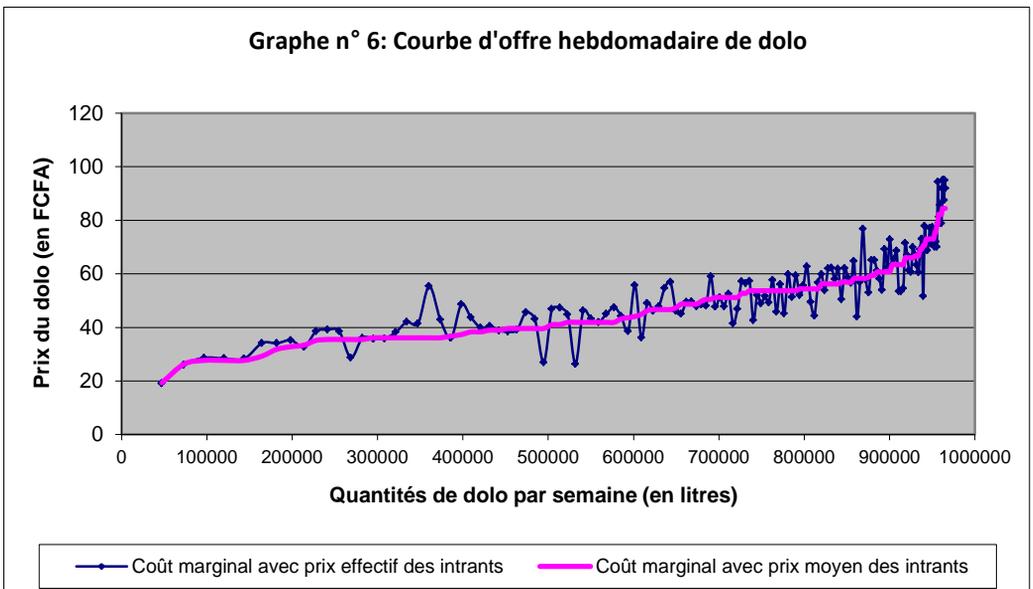
Source : Analyse des données d'enquêtes

De tous les facteurs, c'est encore le bois de feu qui se révèle le plus sensible au changement de son propre prix. Une hausse de 1% entraînera une baisse de la demande de 0,26%. On constate que le mil germé dont la part de coût est dominante se révèle avoir une élasticité prix propre assez faible (0,07%). Les élasticité de prix croisés avec le bois de feu sont positives, la plus marquée étant celle reliant bois de feu et mil germé. Une hausse du prix de ces facteurs conduira à un accroissement de la demande de bois de feu. S'agissant du mil germé, la relation de substituabilité technique avec le bois, observée ci-dessus trouve ici sa concrétisation. Pour les deux autres facteurs, les coefficients très faibles n'autorisent pas de commentaire spécifique.

IV. Les résultats pour le secteur de la production de dolo à Ouagadougou

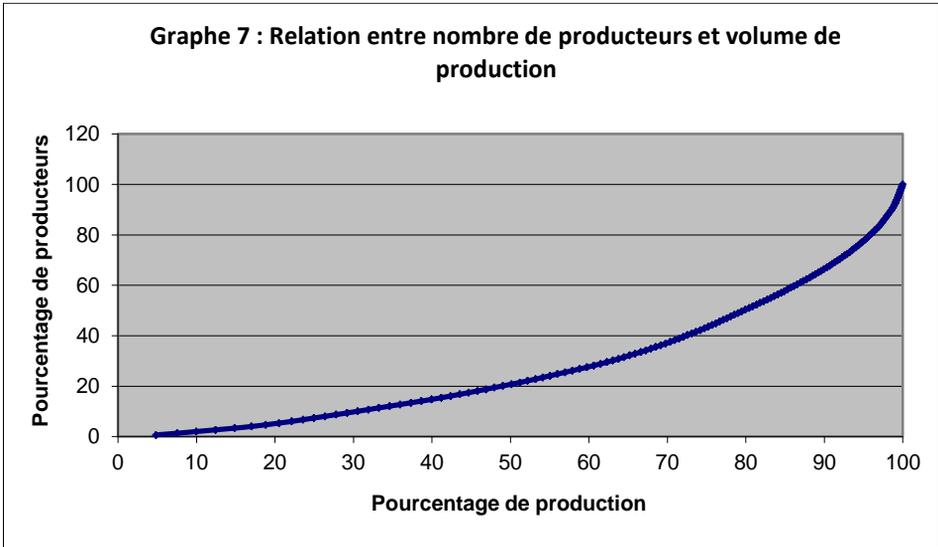
4.1. La fonction d'offre de dolo

La production totale par semaine de l'échantillon enquêté est de 142021 litres pour 149 dolotières. La procédure d'échantillonnage nous permet de supposer ces échantillons représentatifs. On peut alors estimer la production totale de dolo pour la ville de Ouagadougou assurée par 1013 dolotières à : $142021 * (1013/149) = 965\,550$ litres. Pour établir la courbe d'offre, nous agrégerons les productions selon les niveaux de coût marginal en affectant chaque production de l'échantillon du coefficient multiplicatif (1013/149). Le graphe n° 6 restitue cette courbe d'offre.



Source : Analyse des données d'enquêtes

Un examen des effectifs de producteurs selon leur capacité de production montre qu'un assez petit nombre de dolotières assurent une part très significative de la production. Le graphe n° 7 décrit cette situation.



Source : Analyse des données d'enquêtes

On observe que 50% de la production sont assurés par 20% des dolotières, et que 50% des dolotières approvisionnent 80% du marché. Cette relative concentration est à prendre en compte dans toute politique visant à favoriser une limitation de l'usage du bois de feu.

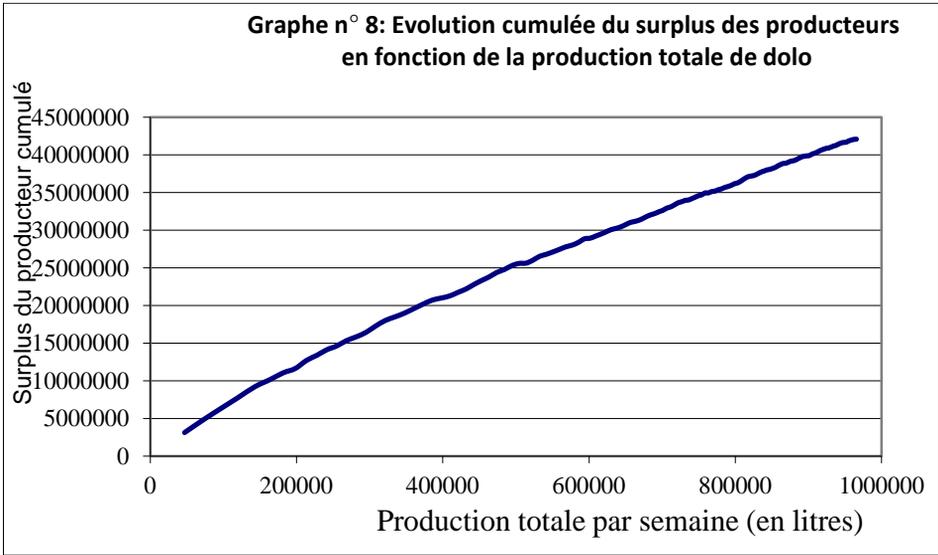
4.2. Le surplus total des producteurs

Le prix du litre de dolo est uniforme sur la ville de Ouagadougou. Il s'établit à 100 FCFA⁶. L'examen de la courbe d'offre et du niveau de prix 100 FCFA fait apparaître le surplus des producteurs. Dans la mesure où nous ne disposons pas d'informations individualisées sur les coûts fixes, nous calculerons non le profit, mais le surplus du producteur qui est la différence entre le chiffre d'affaire et le coût total variable.

Ici, le surplus total par semaine s'élève à 42,09 millions de FCFA. Soit 2188,72 millions de FCFA par an. On constate que cette activité est très rémunératrice.

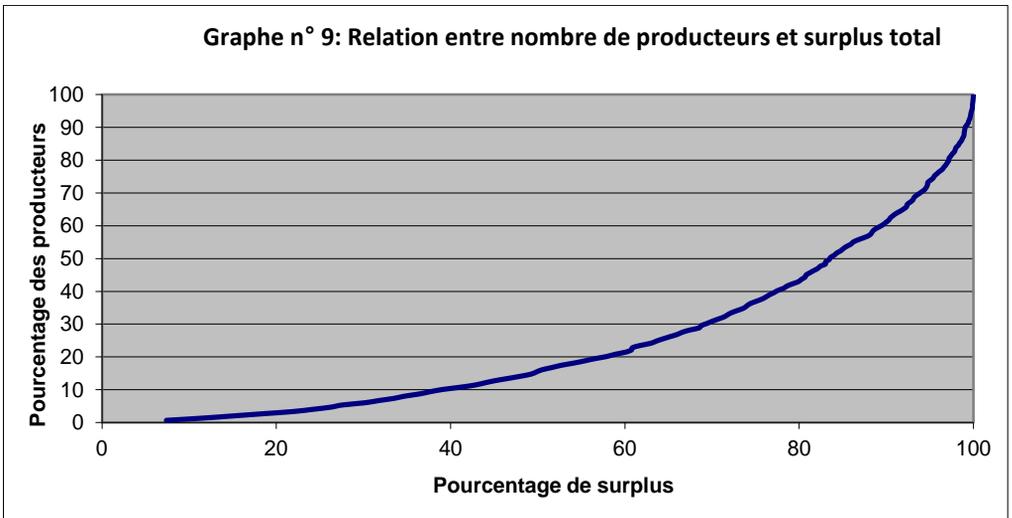
Le graphe n° 8 montre l'évolution du total du surplus des producteurs en fonction de la production totale.

⁶ En fait le dolo se consomme à la calebasse. Une calebasse a une contenance de 0,5 litre. Elle se vend 50 FCFA.



Source : Analyse des données d'enquêtes

La concentration dans la production, déjà observée, jointe à l'existence d'économies d'échelle contribue à amplifier la concentration dans la mobilisation du surplus des producteurs.



Source : Analyse des données d'enquêtes

Le graphe n° 9 laisse apparaître que près de 60% du surplus total sont mobilisés par 20% des producteurs.

4.3. Les fonctions de demande dérivée pour les facteurs de production

Le lemme de Shephard permet d'obtenir directement les fonctions de demande conditionnelles à partir de la fonction de coût. S'agissant de la demande de bois énergie, on aura ainsi :

$$Q_B(P_B, P_M, P_E, P_L, Y) = \frac{\partial CTV(P_B, P_M, P_E, P_L, Y)}{\partial P_B} \quad (14)$$

Si nous fixons les valeurs autres que le prix du bois à la moyenne de l'échantillon, la fonction de coût total variable devient :

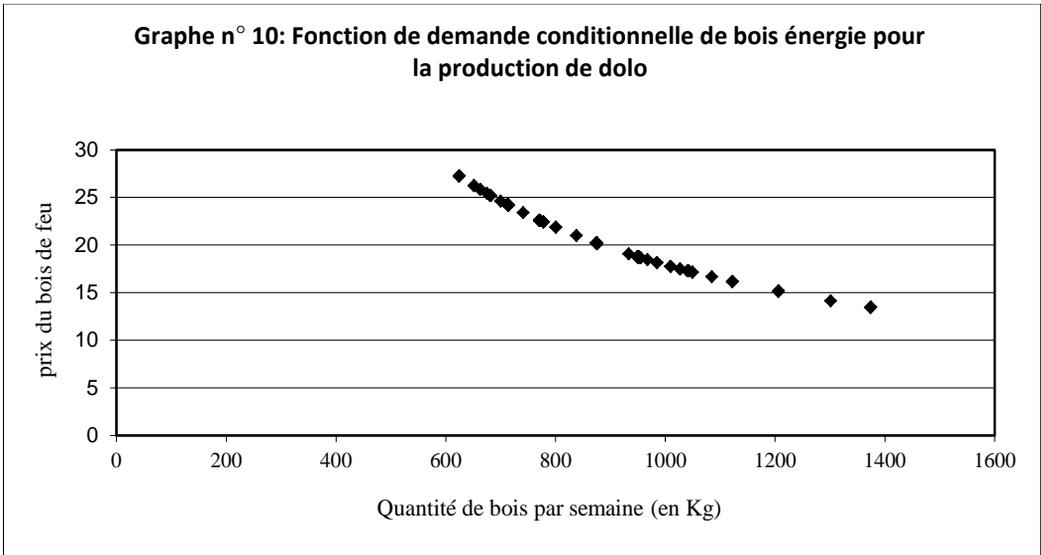
$$\ln(CTV) = \ln(\alpha_0) + \alpha_B \ln\left(\frac{P_B}{\bar{P}_B}\right) + 1/2\alpha_{BB} \left[\ln\left(\frac{P_B}{\bar{P}_B}\right) \right]^2 \quad (15)$$

Soit encore :

$$CTV = e^{\alpha_0} \left(\frac{P_B}{\bar{P}_B} \right)^{\alpha_B} e^{\left[1/2\alpha_{BB} \left(\ln\left(\frac{P_B}{\bar{P}_B}\right) \right)^2 \right]} \quad (16)$$

$$\frac{\partial CTV}{\partial P_B} = \left(\frac{e^{\alpha_0}}{\bar{P}_B^{\alpha_B}} \right) \left(\alpha_B - \alpha_{BB} \ln\left(\frac{P_B}{\bar{P}_B}\right) \right) P_B^{(\alpha_B-1)} e^{1/2\alpha_{BB} \left(\ln\left(\frac{P_B}{\bar{P}_B}\right) \right)^2} \quad (17)$$

En s'appuyant sur les prix du bois de feu acquittés par les dolotières de l'échantillon, on peut tracer la fonction de demande dérivée du bois pour la production de la bière de mil comme suit dans le graphe n° 10.



Source : Analyse des données d'enquêtes

L'examen de l'élasticité prix propre du bois-énergie $\epsilon_{BB} = -0,262$ confirme que la demande de bois n'est pas rigide, même si l'élasticité prix reste faible.

V. Éléments pour une réflexion sur un moindre usage du bois dans la production de dolo.

Nous développerons des réflexions uniquement pour ce qui concerne des actions visant les facteurs variables. Il faudrait les compléter par une action conjuguée sur les facteurs fixes.

5.1. Les effets d'une taxation du bois

Pour rétablir une vérité des prix de la ressource et pour obtenir des résultats vertueux en matière d'économie de ressource, de substitution de source d'énergie et d'incitation à accroître l'offre, il est souvent envisagé de s'appuyer sur la fiscalité à travers le réajustement de taxes ou redevances existantes, ou à travers la création de nouvelles taxes.

On le sait, le prix de la ressource sur pied est en moyenne très faible et souvent inférieur au coût de reconstitution de la ressource. Une étude de la structure du prix du bois énergie vendu au détail montre que la part de fiscalité liée à la ressource elle-même (écotaxes et taxes liées à la réglementation des usages) représente 20,4% du prix. L'effectivité de cette taxation fait problème, notamment pour ce qui concerne les écotaxes. On peut estimer que 1167610 stères échappent aux écotaxes. Soit une perte de 1,051 milliard de FCFA. Ceci représente un pourcentage de 85% d'évitement. Puisque la filière approvisionnant les dolotières utilise de gros moyens motorisés (camions d'une capacité de 12 à 35 stères de bois) s'approvisionnant généralement dans les chantiers aménagés et à exploitation contrôlée, on supposera que le degré d'évitement est inférieur à celui observé sur l'ensemble de la filière bois-énergie à Ouagadougou, et ce taux d'évitement se situe à un niveau moyen de l'ordre de 50% pour la filière touchant les dolotières.

Hypothèse évitement = 50%

Ecotaxe = 20,4%.

S'il n'y a plus d'évitement, le prix moyen est x_2 .

p le prix du bois-énergie

H le pourcentage de hausse

$H \times 0,204 \times 2p = 1,25p$, aussi $h = 1,25 / 0,204 \times 2 = 3$

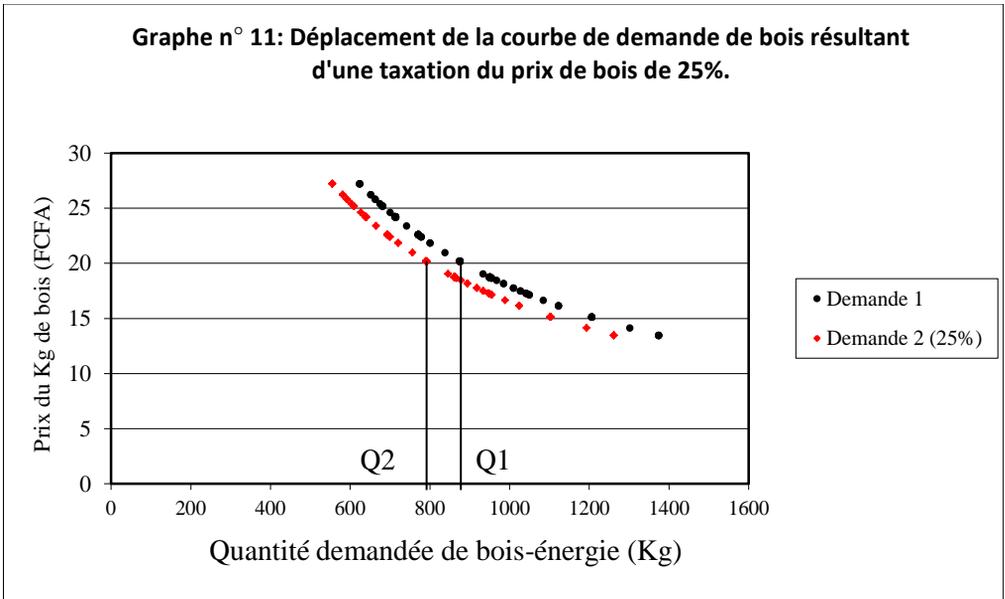
Un coefficient multiplicatif de 3, associé à une application généralisée conduit à une hausse du prix de bois de détail de 25%.

Nous allons montrer quels seraient les effets d'une telle hausse sur la consommation de bois de feu pour la production de dolo, sur la production de dolo elle-même et sur les producteurs.

5.1.1. Les effets sur la consommation de bois.

La demande conditionnelle de facteur bois va se trouver modifiée par le prix réévalué du bois. En partant de la fonction de demande dérivée de l'équation n° 17, on peut tracer le nouveau profil.

Le déplacement de la courbe de demande de bois résultant du changement des conditions d'offre de bois (taxation de 25% du prix) est donné par le graphe n° 11:



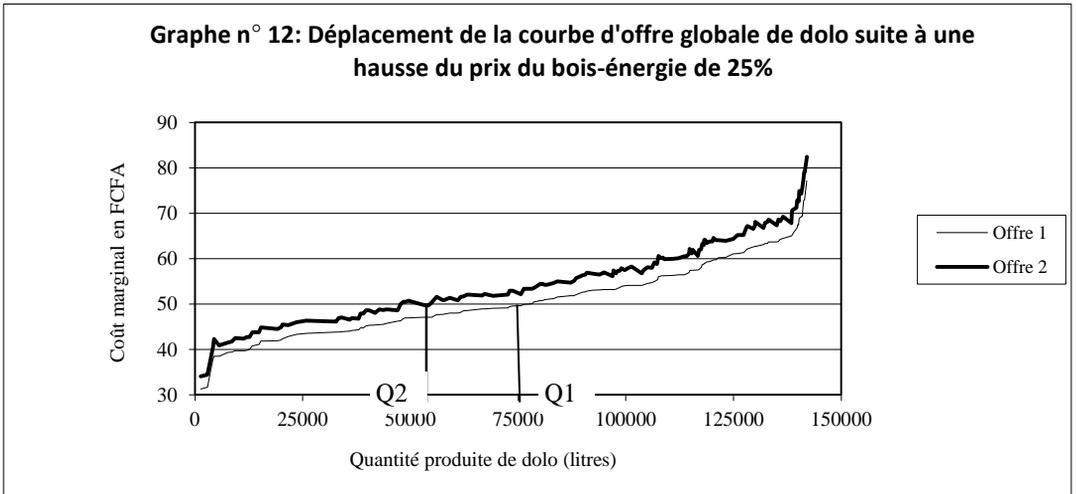
Source : Analyse des données d'enquêtes

Ce résultat est obtenu en posant que les prix des autres facteurs sont fixés à leur moyenne. On observe clairement un déplacement vers le bas de la demande dérivée de bois, signifiant que pour un même niveau de prix la quantité demandée de bois-énergie est toujours inférieure sur la courbée de demande perturbée que sur celle initiale. Pour un même niveau de prix, la quantité demandée est toujours inférieure de la courbe de demande perturbée à celle de la courbe de demande initiale ($Q2 < Q1$).

Nous allons calculer plus précisément la variation de la quantité consommée en prenant en compte les prix des facteurs pour chaque producteur. L'introduction d'une taxation du prix du bois de 25% va générer en moyenne et par dolotière une baisse hebdomadaire de la quantité demandée du bois-énergie de 85 kg, représentant l'économie hebdomadaire par dolotière de bois générée. A l'échelle globale de toutes les dolotières de cette ville, une économie annuelle du bois-énergie résultant de cette taxation sera de l'ordre d'un volume de 4 915 tonnes de bois-énergie.

5.1.2. Les effets sur l'activité des dolotières

Le graphe n° 12 donne le sens du déplacement de la courbe d'offre globale (agrégée) des dolotières suite à une hausse du prix du bois-énergie de 25%.



Source : Analyse des données d'enquêtes

La hausse du prix du bois va se traduire par un changement des conditions d'offre de dolo. On observe que cette hausse du prix du bois de feu va entraîner un déplacement vers le haut de la courbe d'offre pour refléter naturellement la hausse du coût marginal imputable à cette hausse de prix. Ce déplacement vers le haut de la courbe d'offre globale des dolotières traduit une baisse du profit de la dolotière puisque pour un même un niveau de production, le coût marginal est plus élevé pour l'offre 2. Cette baisse du profit de la dolotière est le reflet d'une perte de surplus de production de la dolotière imputable à la hausse du prix du bois-énergie.

La perte annuelle de surplus de production résultant d'une hausse du prix du bois-énergie de 25% pour l'ensemble des dolotières est donnée par la formule suivante :

$\Delta SP = \Sigma \text{surplus de production initial} - \Sigma \text{surplus de production avec hausse des prix}$

$$\Delta SP = (6\,191\,047 \text{ FCFA} - 5\,570\,158,5 \text{ FCFA}) \times (1013/149) \times 52$$

$$= 620\,888,5 \text{ FCFA} \times (1013/149) \times 52 = 219\,502\,836 \text{ FCFA}$$

Une perte annuelle de surplus de production de l'ordre de **219 502 836 FCFA** sera imputable à cette hausse de prix, pour un niveau annuel de production de **50 208 713 de litres de dolo** pour l'ensemble des dolotières de cette ville. Cette baisse de surplus va entraîner à moyen et long terme soit une baisse de la production du dolo et par conséquent une baisse de la demande du bois-énergie. Pour un même niveau de coût de marginal, le niveau de production du secteur sera toujours inférieur après la hausse des prix à celui initial ($Q_2 < Q_1$). Cette hausse pourrait également se traduire au niveau des dolotières par des comportements d'adaptation par des attitudes d'économie et de rationalisation de cette énergie, ou soit par des hausses de prix de revient du dolo pour

compenser la perte de surplus. Dans le dernier cas, c'est le consommateur qui paiera la hausse du prix du bois-énergie.

5.2. Eléments de conclusion

Ce travail a permis d'estimer la fonction de coût et d'en dériver les demandes conditionnelles de facteurs de production de la bière locale de sorgho rouge à Ouagadougou. Le calcul des élasticités de substitution technique des facteurs de production a permis de mettre en évidence les caractéristiques techniques de cette activité. Ces élasticités montrent une faible substituabilité des autres facteurs de production au bois-énergie. Par contre, elles font ressortir des liens de complémentarité entre l'eau et le bois énergie d'une part et le travail et les bois énergie d'autre part.

L'analyse de la relation entre les parts de coût et les quantités produites montre une baisse de la part de coût du bois-énergie avec les quantités produites. Ce résultat laisse ainsi présager des rendements d'échelle croissants pour cette activité. La formule de Giora Hanoch (1975) a permis de mettre en évidence une technologie de production du dolo à rendements d'échelle croissants avec un coefficient de rendement égal à 1,25. De plus, une représentation de la fonction de coût marginal montre une courbe décroissante confirmant la présence d'économies d'échelle.

Un examen de la concentration de la production du dolo et du surplus du producteur parmi les dolotières révèle une inégalité prononcée dans la répartition de la production et du surplus. Pendant que 50% de la production sont assurés par 20% des dolotières, 60% du surplus total revient à 20% des productrices. L'existence de quelques dolotières de grande taille qui produisent uniquement pour les grossistes s'accaparent la plus grande part du surplus.

Les différents indicateurs estimés permettent de simuler les effets d'une taxation du bois-énergie sur sa demande. Il en résulte une économie annuelle de 4 915 tonnes de bois-énergie réalisable sur cette activité avec une baisse annuelle du surplus des dolotières de l'ordre de 219 502 836 FCFA.

L'artisanat utilisateur du bois-énergie comme facteur de production représente 59% de la demande globale de Ouagadougou et regroupe un nombre restreint d'opérateurs (environ 10 000), et à ce titre, devrait être une cible privilégiée des politiques de gestion de la demande du bois-énergie. Vu l'inélasticité observée de la demande artisanale du bois-énergie par rapport au prix et le manque réel de substituts, une politique de taxation pure ne serait pas efficace. Par contre, l'aide à la mise en place d'équipements⁷ adaptés pourrait se révéler efficace. On pourrait imaginer un système du type de celui adopté par les agences de l'eau en France. On perçoit des redevances sur les artisans, et l'on utilise le montant de ces redevances pour subventionner l'acquisition de matériel plus performant et/ou la formation des artisans sur des techniques ou procédés de

⁷ Il faudrait cependant noter que la réduction des temps de cuisson et/ou la réalisation d'économie de bois-énergie pourrait provenir des procédés de production des artisans. Notre pensée est orientée vers le cas spécifique des dolotières où des recherches ont révélé la possibilité de réduire de façon assez considérable le temps de cuisson ou de préparation tout en obtenant de la meilleure bière.

production plus efficaces sur le plan de la consommation de bois. Ceci pourrait être mis en œuvre par une agence spécialisée qui gèrerait un fonds constitué par les redevances et le redistribuerait en fonction de l'élaboration de projets réalisant de réelles économies de bois énergie. Une telle agence spécialisée pourrait être l'Institut⁸ de Recherche en Sciences Appliquée et Technologique (I.R.S.A.T.). L'I.R.S.A.T. est en effet l'institut le mieux indiqué pour mener une telle opération au regard des réelles compétences dont il dispose dans ce domaine pour proposer ou évaluer techniquement et économiquement les projets y afférant. On pourrait demander une certaine participation financière aux bénéficiaires. Les dolotières devraient constituer une catégorie pilote d'artisans pour l'expérimentation d'une telle opération ou politique au regard de l'importance de leur coefficient de consommation.

⁸ L'Institut de Recherche en Sciences Appliquée et Technologique (IRSAT) est l'ex « Institut Burkinabé d'Énergie » qui a déjà expérimenté l'adaptation des foyers à gaz et étudié les rendements des foyers améliorés à bois de feu.

Références bibliographiques

- ANDERSON, D., (1996), «Energie et environnement : possibilités techniques et économiques », *Revue Finances & Développement*, Vol. 33, n°2, Paris
- BABIN G. F., WILLIS C. E., et ALLEN P. G. (1982), "Estimation of Substitution Possibilities between Water and Other Production Inputs", *American Agricultural Economics Association*, USA.
- BERNDT, E. (1991), "The practice of econometrics: classic and contemporary", Addison-Wesley Publishing Company, Reading.
- BERNDT, E. and CHRISTENSEN, L.R. (1973), "The translog function and the substitution of equipment, structures and labor in U.S. manufacturing, 1929-1968", *Journal of Econometrics*, 1, pp. 81-363.
- BOUSQUET Alain et IVALDI Michel (1998) , «An individual choice model of energy mix», *Resource and Energy Economics*, Santa Barbara, Elsevier, vol. 20(3), pp. 263-286.
- GREBENSTEIN C. R., et FIELD B. C. (1979), « Substitution for Water Inputs in U.S. Manufacturing», *Water Resources Research*, Vol. 15, No. 2., Pages 228-232, New York.
- GREENE H. Williams (1993), «*Econometric Analysis*», Macmillan Publishing Company; New York, USA.
- MAS-COLELL Andreu, WHINSTON Michael D., et GREEN Jerry R. (1995), « *Microeconomic theory* », Oxford University Press. New York.
- McELROY M. B., (1987), « Additive error models for production, cost and derived demand of share system. », *Journal of Politic Economics* n° 95, p. 737-757.
- NAIEF Al-Mutairi, NADEEM A. Burney, (2002), « Factor substitution, and economies of scale and utilisation in Kuwait's crude oil industry », *Energy Economics* n° 24, Elsevier, Pages 337-354, North-Holland.
- OUEDRAOGO Boukary, (2002). « Eléments Économiques pour la Gestion de l'Offre et de la Demande du Bois-énergie dans la région de Ouagadougou ». Thèse de Doctorat Unique, Université de Ouagadougou & Université Montesquieu-Bordeaux IV.
- OUEDRAOGO Marie-Michèle, (1974). « L'Approvisionnement de Ouagadougou en Produits Vivriers, en Eau et en Bois », Thèse de Doctorat de 3° Cycle, C.V.R.S. : Université Bordeaux III. 353 pages.
- PANAYOTOU Theodore et SUNGSUWAN Somthawin (1996) « *An econometric analysis of the causes of tropical deforestation : the case of Nordeast Thailand* » in K. BROWN and D. W. PEARCE (eds) *The Causes of Tropical Deforestation* , ULC Press. London, pp. 192-210.
- RPTES (2000), « Demande Artisanale du bois-énergie comme Facteur de Production : cas des dolotières, restaurateurs, grilleurs de viande, fondeurs de bronze et d'aluminium », Ouagadougou.
- SADOULET E. et DE JANVRY A., (1995), « *Quantitative Development Policy Analysis* », The Johns Hopkins Press Ltd, London.

TEEPLES Ronald et GLYER David, (1987) « Production Functions for Water Delivery Systems: Analysis and Estimation Using Dual Cost Function and Implicit Piece Specification », *Water Resources Research*, Vol. 23, No. 5., Pages 765-773, California.

URGA Giovanni et WALTERS Chris, (2003), « Dynamic translog and linear logit models :a factor demand analysis of interfuel substitution in US industrial energy demand », *Energy Economics* n°25, Issue 1, pages 1-21, Elsevier.

WOOLDRIDGE Jeffrey M. (2000), « *Introductory Econometrics : A Moderne Approach* », South-Western College Publishing, Michigan State University.

ZELLNER Arnold,(1962)., «An Efficient Method of Estimating Seemingly Unrelated Regression and Tests for aggregation Bias. », *Journal of the American Statistical Association*, n° 57, pp. 348-368.