

# Analyse de l'impact des variations de prix des produits énergétiques importés sur les prix intérieurs au Togo

P'lanam Germain FAROUH\*, Bata Malouwa BAKE\*\*  
et Sinam Hippolyte TOKI\*\*\*

Cet article examine l'impact des variations des prix des produits énergétiques importés sur les prix intérieurs au Togo. L'étude repose sur un tableau entrées-sorties, élaboré à partir des données des comptes nationaux du Togo de 2019 et utilise une approche élargie du modèle d'entrées-sorties classique de Leontief. Pour enrichir l'analyse, des fonctions de coût plus flexibles, telles que les fonctions Cobb-Douglas et CES, sont intégrées afin de mieux capturer les possibilités de substitution entre les intrants. L'approche de cette étude s'inspire des travaux de Sancho (1992) dans son article « *Multiplier Analysis with Flexible Cost Functions* ». Deux scénarios ont été considérés : une substitution totale, où les entreprises peuvent substituer les produits sans limite, et une substitution partielle, où une contrainte est introduite sur les quantités substituables. Les résultats révèlent globalement une sensibilité variable des prix intérieurs aux hausses des prix des produits énergétiques importés notamment pétroliers et de l'électricité. Une augmentation de 10 % des prix des produits pétroliers entraîne une hausse d'environ 0,46 % des prix à la production et de près de 0,35 % des prix à la consommation, le secteur industriel étant le plus affecté. Une hausse de 10 % des prix de l'électricité importée a un effet plus modéré, augmentant les prix à la production de près de 0,12 % et les prix à la consommation d'environ 0,13 %.

*This article examines the impact of fluctuations in imported energy prices on domestic prices in Togo. The study is based on an Input-Output Table constructed from Togo's 2019 national accounts data and uses an expanded approach to the classic Leontief input-output model. To enrich the analysis, more flexible cost functions, such as Cobb-Douglas and CES, are integrated to better capture the substitution possibilities between inputs. The approach of this study is inspired by Sancho's work in his article "Multiplier Analysis with Flexible Cost Functions". Two scenarios were considered: full substitution, where firms can substitute products without limits, and partial substitution, where a constraint is introduced on the quantities that can be substituted. The overall results reveal a variable sensitivity of domestic prices to increases in imported oil and electricity prices. A 10% increase in oil prices leads to an approximate 0.46% rise in production prices and a 0.35% increase in consumer prices, with the industrial sector being the most affected. A 10% increase in imported electricity prices has a more moderate effect, raising production prices by around 0.12% and consumer prices by about 0.13%.*

Mots clé : Variation des prix, produits énergétiques, modèle entrées-sorties, fonctions de coût, substitution des facteurs de production.

Keywords: Price variation, energy products, Input-Output Model, cost functions, substitution of production factors.

\* Ingénieur statisticien économiste, chargé des comptes nationaux et des synthèses économiques au département des Politiques économiques et de la Fiscalité intérieure à la Commission de l'Union économique et monétaire ouest africaine (UEMOA).

\*\* Ingénieur statisticien économiste, comptable national à l'Institut national de la statistique des études économiques et démographiques (Inseed) du Togo.

\*\*\* Ingénieur statisticien économiste, chargé des statistiques et du suivi évaluation à l'Autorité de régulation de la commande publique (Arcop) du Togo.

## 1. Introduction

L'énergie est un moteur du développement des pays. En effet, elle favorise les investissements, les innovations et la création de nouvelles industries, qui impulsent l'emploi, la croissance et le bien-être économique des populations. Cette importance de l'énergie explique l'augmentation ininterrompue de la demande de consommation d'énergie<sup>1</sup>. Aucune économie ne peut donc se passer d'énergie si elle cherche à se développer.

Pour les pays non producteurs d'énergie ou producteurs insuffisants d'énergie, il devient urgent de trouver des sources d'approvisionnement afin d'assurer le bon fonctionnement des activités économiques. Cette dépendance aux fluctuations conjoncturelles et aux décisions stratégiques des pays exportateurs peut rendre les économies vulnérables. En effet, les différentes crises énergétiques que le monde a traversées ont montré que les prix domestiques étaient très sensibles au prix des importations d'énergie. Pour Axelle Arquie et Malte Thie, la crise énergétique de 2021-2022 a considérablement renchéri les coûts des entreprises, nourrissant une inflation née des contrecoups de la pandémie de Covid-19.

Cette situation s'est aggravée avec le conflit entre l'Ukraine et la Russie depuis février 2022. Les prix du gaz ont atteint des niveaux inégalés, entraînant des tarifs records de l'électricité sur certains marchés. Cette dépendance s'explique par le fait que l'électricité est une énergie secondaire, c'est-à-dire créée à partir d'une autre énergie dite primaire comme le gaz naturel. Les prix du pétrole ont atteint eux aussi leur plus haut niveau depuis 2008. La flambée des prix de l'énergie a largement contribué à l'accélération de l'inflation dans des proportions inédites, poussant des familles togolaises dans des situations précaires, forçant certaines usines à limiter voire arrêter leur production, et ralentissant la croissance économique à tel point que les perspectives de certains pays entrevoient de sévères récessions. Déjà dans les années 1970<sup>2</sup>, les crises pétrolières avaient montré que les prix intérieurs pouvaient être extrêmement sensibles aux prix des importations d'énergie dans les pays disposant de faibles ressources énergétiques (Maria Llop, 2020).

Au Togo, au début de l'année 2024, la Compagnie Énergie Électrique du Togo (CEET<sup>3</sup>) a été confrontée à une crise énergétique entraînant le délestage du courant à certaines périodes des journées dans tout le pays. Cette situation est principalement due au manque d'approvisionnement en gaz naturel. Pour faire face à la crise énergétique, la CEET a mis en place un plan de gestion du délestage de l'énergie électrique entre le 19 mai et le 08 août 2024 sur tout le territoire. Comme on pouvait s'y attendre, ce plan de délestage a eu des effets néfastes sur les activités économiques du pays notamment celles des petits commerçants et des artisans<sup>4</sup>. Même si le problème a depuis été résolu, cette crise montre à quel point l'économie togolaise, très dépendante de l'extérieur pour son approvisionnement en énergie, est vulnérable.

Pour mesurer l'impact des prix des importations d'énergie sur les prix domestiques, le modèle entrées-sorties (MES) de prix a été largement utilisé par les économistes. La raison est que les modèles MES sont relativement faciles à utiliser et à interpréter et peuvent être adaptés pour évaluer les questions économiques et environnementales dans les économies à petite échelle. Cet article a pour objectif d'évaluer, au moyen de cet outil, dans quelle mesure les chocs de coûts dans les prix des importations d'énergie modifient les prix intérieurs en fonction du scénario de substitution considéré. Le modèle utilisé est celui développé par Sancho en 1992 dans son article « *Multiplier Analysis with Flexible Cost Functions* » auquel nous avons apporté quelques modifications liées aux hypothèses sur le degré de substituabilité des intrants primaires dans l'économie togolaise.

Le reste de l'article se présente comme suit. La deuxième section présente et évalue la documentation sur les modèles MES de prix, dans le but de les situer par rapport aux recherches antérieures ou à l'information existante. La troisième section aborde la méthodologie utilisée pour l'atteinte des objectifs et la quatrième section présente les résultats des différentes analyses. La dernière section est consacrée à la conclusion et aux implications en matière de politiques publiques.

<sup>3</sup> C'est la compagnie togolaise chargée d'assurer le service public de distribution et de vente de l'énergie électrique sur l'ensemble du territoire national.

<sup>4</sup> <https://www.dw.com/fr/lexasperation-des-togolais-face-aux-coupures-delectricite/a-69250263#:~:text=%22D'abord%2C%20vous%20perdez,%2C%20ensuite%20vos%20affaires%20baissent.%22&text=Les%20d%C3%A9lestages%20perturbent%20donc%20beaucoup,Nous%20vivons%20difficilement%20les%20d%C3%A9lestages.>

<sup>1</sup> World Energy Balances, 2024

<sup>2</sup> Le premier choc pétrolier s'est produit après la guerre de Kippour en 1973 et le deuxième choc pétrolier survenu en 1979 a été causé par les effets combinés de la révolution iranienne et de la guerre Iran-Irak.

## 2. Revue de la littérature

Les fluctuations des prix des produits importés, en particulier des produits pétroliers et de l'électricité, peuvent avoir des effets considérables sur l'économie d'un pays. Différents modèles économiques sont utilisés dans la littérature pour analyser ces impacts. Cette revue de littérature examine les principaux modèles utilisés pour analyser ces effets et explique pourquoi les modèles entrées-sorties, ainsi que les fonctions de minimisation des coûts de Cobb-Douglas et de « Constant Elasticity of Substitution » (CES), sont particulièrement pertinents pour cette analyse.

### 2.1. Modèles pour analyser les effets économiques des changements de prix

#### 2.1.1. Modèles économétriques

Les modèles économétriques utilisent des techniques statistiques pour estimer les relations économiques à partir de données historiques. Ils sont utiles pour prédire les impacts futurs basés sur les tendances passées et pour tester des hypothèses économiques. Selon Greene (2012), les modèles économétriques peuvent capturer les effets directs et indirects des variations de prix en utilisant des séries temporelles et des données de panel. Stock et Watson (2007), dans « Introduction to Econometrics », discutent également de l'application des modèles économétriques aux variations de prix. Ils soulignent l'importance des modèles de séries temporelles pour analyser les chocs de prix et leurs impacts sur les variables macroéconomiques.

#### 2.1.2. Modèles d'équilibre général calculable (MEGC)

Les MEGC sont utilisés pour analyser les impacts économiques des changements de politiques ou des chocs exogènes en intégrant les comportements de maximisation des agents économiques et les interactions entre les marchés. Ces modèles prennent en compte les ajustements sur les marchés du travail et du capital, les politiques fiscales et les échanges internationaux. Selon Dixon et Parmenter (1996), les MEGC peuvent capturer les effets à long terme des chocs de prix en modélisant les interactions dynamiques entre les différents marchés et agents économiques.

#### 2.1.3. Approches de Baqae et Farhi

Les approches proposées par Baqae et Farhi constituent une avancée par rapport aux cadres traditionnels. En effet, ils intègrent une structure multi-sectorielle détaillée, permettant de capturer les interdépendances complexes entre les secteurs ainsi que l'ajustement dynamique des intrants en

fonction des variations de prix. Elles permettent d'analyser les effets non linéaires des chocs de prix et les interactions indirectes qui peuvent amplifier ou atténuer ces impacts.

#### 2.1.4. Modèles entrées-sorties (MES)

Les MES, développés par Wassily Leontief, permettent de tracer les relations entre différents secteurs d'une économie en fonction des flux de biens et de services. Ces modèles montrent comment une perturbation dans un secteur (comme une hausse des prix des produits pétroliers et de l'électricité) se propage à travers l'économie, affectant les coûts de production. Selon Leontief (1986), les tableaux entrées-sorties peuvent capturer les interdépendances sectorielles et évaluer les effets multiplicateurs des chocs de prix sur l'économie.

Une étude de Miller et Blair (2009) utilise un MES pour analyser les effets des variations des prix de l'énergie sur l'économie américaine. Ils montrent que les hausses des prix des produits pétroliers augmentent les coûts de production dans plusieurs secteurs, entraînant une augmentation des prix des biens et services finaux et une réduction de la demande globale. Przybyliński et Gorzałczyński (2020) utilisent un modèle de coûts entrées-sorties pour identifier les processus d'inflation, démontrant comment les variations de prix dans certains secteurs peuvent se propager à travers l'économie. Leur étude se concentre sur l'application d'un modèle de prix entrées-sorties pour analyser les mécanismes d'inflation dans une économie.

Les MES traditionnels ne tenant pas compte de la capacité des entreprises à substituer les intrants face aux variations de prix, des chercheurs ont combiné ces modèles avec des fonctions de minimisation des coûts pour une analyse plus précise.

Sancho (1992) propose une analyse des multiplicateurs en utilisant des fonctions de coût flexibles, permettant d'examiner plus en détail comment les variations de prix affectent les coûts de production dans différents secteurs économiques. En intégrant des fonctions de coût flexibles dans le cadre des MES, Sancho parvient à estimer des multiplicateurs de coûts plus précis, capturant ainsi les effets de substitution entre les différents intrants. Cette approche est essentielle pour analyser les réactions des entreprises face aux fluctuations des prix des intrants.

Llop (2020) étudie les coûts d'importation d'énergie dans le modèle de prix entrées-sorties flexible développé par Sancho (1992), offrant ainsi une perspective plus nuancée sur les impacts des hausses des prix de l'énergie dans une économie ouverte. Cette approche permet de mieux comprendre comment les variations des

coûts d'importation d'énergie influencent les prix de production et de consommation, soulignant l'importance de la structure des coûts d'importation et des interconnexions sectorielles.

## 2.2. Pourquoi les modèles entrées-sorties (MES) ?

Dans le cadre de cet article, ce sont les modèles entrées-sorties qui seront implémentés. En effet les MES sont relativement simples à comprendre et à utiliser par rapport aux MEGC, ce qui les rend accessibles pour les analyses préliminaires. Ils fournissent une vue claire des interconnexions sectorielles et permettent d'identifier rapidement les secteurs les plus affectés par les changements de prix. Selon Miller et Blair (2009), cette simplicité rend les MES particulièrement adaptés pour des analyses de court terme et pour des évaluations rapides des impacts économiques des chocs de prix.

Pour un cadre plus robuste permettant de faire une analyse plus complète des impacts économiques des variations des prix des produits importés, il est pertinent de coupler les modèles entrées-sorties avec les fonctions de minimisation des coûts de Cobb-Douglas ou CES. Ces outils permettent d'évaluer les effets des changements des prix des produits pétroliers et de l'électricité sur les coûts de production tout en prenant en compte la flexibilité des réponses des entreprises face à ces chocs.

## 3. Méthodologie

Comme précisé dans la section précédente, le modèle retenu dans cet article pour mesurer l'impact d'un changement de prix des produits énergétiques importés sur les prix domestiques au Togo est le modèle entrée-sortie et plus spécifiquement un *modèle entrée-sortie de prix*. Dans sa forme la plus élémentaire, un MES consiste en un système d'équations linéaires, dont chacune décrit la distribution du produit d'une industrie locale ou d'un produit importé dans l'ensemble de l'économie. Pour son déploiement, un MES a besoin d'un tableau entrée-sortie (TES).

Le TES est une matrice statistique qui met en relation les flux de production, de consommation et d'investissement au sein des pays, ainsi que les flux d'échanges avec l'extérieur. Les TES possèdent des propriétés algébriques qui les rendent particulièrement adaptés à des analyses permettant de réaliser des études d'impact telles que des estimations des effets de la variation des prix relatifs, des besoins en main d'œuvre et en capital pour répondre à l'évolution des niveaux de production, des conséquences des changements dans les schémas de demande, etc.

### 3.1. Construction du TES

La construction du TES a suivi trois étapes essentielles :

- la transformation du tableau des emplois à prix d'acquisition en tableau emploi à prix de base ;
- l'estimation des tableaux des emplois de produits importés et de produits issus de la production intérieure ;
- la transformation des tableaux asymétriques des ressources et des emplois aux prix de base en tableaux entrées-sorties symétriques produit x produit (total, importations et production intérieure).

Pour la construction du TES, les données des comptes nationaux de l'année 2019 du Togo ont été utilisées. La structure cible du TES que nous construisons est présentée dans l'annexe 1.

#### 3.1.1. La transformation du tableau des emplois à prix d'acquisition en tableau emploi à prix de base

Le calcul du tableau des emplois aux prix de base consiste à affecter les impôts nets des subventions sur les produits, les marges de commerce et les marges de transport à la consommation intermédiaire (CI) et à la demande finale (consommation finale et formation brute de capital fixe) et ensuite à déduire les premiers des emplois aux prix d'acquisition et à déplacer les secondes vers les produits « commerce et transport ».

La construction de ce tableau pour le Togo est relativement aisée puisque l'Institut national de la statistique et des études économiques et démographiques (Inseed) utilise l'application ERETES<sup>5</sup> pour l'élaboration des comptes nationaux. Cet outil permet de disposer des emplois à prix de base, des impôts nets des subventions sur les produits, des marges de commerce et des marges de transport pour chaque produit échangé sur le marché. Cependant pour la consommation intermédiaire, les composantes du prix de base ne sont pas ventilées par branche d'activité. Pour obtenir la ventilation des consommations intermédiaires à prix de base suivant les branches d'activité, la structure des CI du tableau des emplois à prix d'acquisition a été utilisée.

#### 3.1.2. Le calcul des tableaux des emplois de produits importés et de produits issus de la production nationale

Pour estimer le tableau des emplois de produits importés, l'idéal aurait été d'exploiter les données

<sup>5</sup> Pour Equilibre ressources-emplois et tableau emplois-sorties : application développée par l'Insee et Eurostat et mise à disposition de 25 pays pour l'élaboration des comptes nationaux

détaillées d'importations et d'exportations de biens par entreprise. Mais ne disposant pas de cette base de données, nous avons utilisé une autre méthode pour déterminer l'utilisation qui est faite des produits importés dans l'économie togolaise. Rappelons dans notre cas qu'il était possible de procéder à une simple distribution proportionnelle des importations sur chaque ligne du tableau des emplois comme le font certaines études. Mais la limite de cette méthode est qu'elle suppose que les utilisateurs aient recours à la production domestique et aux importations dans la même proportion que ce qui est disponible pour chaque produit dans l'économie.

Dans le cadre de cet article, nous proposons une nouvelle approche pour l'estimation du tableau des emplois des produits importés. Nous aurons recours à la table de passage entre la nomenclature du Système harmonisé (SH 2017) et la classification Broad Economic Categories (BEC Rev5) pour l'estimation du tableau des emplois de produits importés. Le BEC est une classification qui regroupe les biens importés transportables en fonction de leur principale utilisation finale au sens du SCN2008 (Consommation intermédiaire, consommation finale et formation brute de capital fixe). Le système des BEC est défini en fonction du système de classification type pour le commerce international. Lorsqu'un produit de la nomenclature du Système harmonisé (SH 2017) a plusieurs utilisations finales, la table de passage élaborée par la **Division statistique des Nations unies**<sup>6</sup> entre la nomenclature SH et la nomenclature BEC propose une clé de répartition pour chacune des utilisations finales.

En ce qui concerne les services, une simple distribution proportionnelle des importations sur chaque ligne du tableau des emplois a été utilisée comme méthode pour un grand nombre d'entre eux. Pour les services importés de santé, d'éducation et de loisirs, la consommation finale (CF) a été privilégiée comme utilisation finale. Les variations de stocks étant constituées à la fois à partir de la production locale et des importations, elles ont été réparties proportionnellement entre la production locale et les importations. Les consommations intermédiaires en produits importés à prix de base suivant les branches d'activités sont obtenues en utilisant la structure des consommations intermédiaires du tableau des emplois à prix d'acquisition.

Le tableau des produits issus de la production nationale est obtenu en déduisant du tableau des emplois à prix de base (production nationale et importation) le tableau des emplois de produits importés.

<sup>6</sup> Disponible sur : <https://unstats.un.org/unsd/classifications/Econ>

### 3.1.3. La symétrisation des tableaux asymétriques des ressources et des emplois

Dans les comptes nationaux, les tableaux des ressources emplois sont établis sur base de branches d'activité hétérogènes, c'est-à-dire des branches d'activité dont la production comprend plusieurs types de produits (le produit principal et un ou plusieurs produits secondaires). Cependant, le calcul de TES requiert des branches d'activité homogènes. La symétrisation consiste donc à homogénéiser les tableaux des ressources et des emplois en transférant, pour chaque produit, toutes les productions secondaires et les intrants (consommations intermédiaires et valeur ajoutée brute) y afférents vers la colonne de la branche d'activité où ces produits représentent une production principale.

Il existe quatre méthodes de base de symétrisation d'un TES fondées sur des hypothèses qui portent sur la technologie de production et la structure de vente<sup>7</sup>. Les hypothèses liées à la technologie de production sont les plus utilisées et se répartissent en deux catégories :

- L'hypothèse d'une technologie unique par produit (commodity technology) : dans ce cas, on fait l'hypothèse qu'un produit a toujours la même structure d'intrants, quelle que soit la branche dans laquelle il est produit (comme produit principal ou secondaire).
- L'hypothèse d'une technologie unique par branche (industry technology) : cette hypothèse implique que tous les produits générés par une branche ont la même structure d'intrants, à savoir celle de la branche même.

L'hypothèse d'une technologie unique par branche est utilisée pour l'élaboration du TES de type produit X produit. L'article fait appel à des méthodes purement mathématiques. Définissons les éléments suivants :

- $n$  le nombre de produits/branches
- $M(n \times n)$  la matrice de production (produit par industrie), la partie de la matrice d'offre décrivant la production nationale
- $U(n \times n)$  la matrice des emplois intermédiaires (produit par industrie)
- $YC(n \times 1)$  la matrice des emplois finals

<sup>7</sup> Méthodes développées dans le *Eurostat Manual of Supply, Use and Input-Output Tables* (Chapitre 8 - Transformation of supply and use tables to symmetric input-output tables) et dans le *Handbook Of Input-Output Table Compilation And Analysis* Chapitre 4 Converting Supply And Use Tables Into A Symmetric I/O Table: Treatment Of Secondary Products ».

- $g(1 \times n)$  le vecteur ligne de la production des branches
- $q(n \times 1)$  le vecteur colonne de la production des produits
- $\hat{g}(n \times n)$  la matrice diagonale de la production des branches
- $\hat{q}(n \times n)$  la matrice diagonale de la production en produits
- $TX(1 \times n)$  le vecteur ligne des impôts et taxes des entrées intermédiaires des branches
- $VA(1 \times n)$  le vecteur ligne des valeurs ajoutées des branches

Les matrices

$$\hat{g}(n \times n) = \begin{pmatrix} g_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & g_2 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & g_n \end{pmatrix} \text{ et } \hat{q}(n \times n) = \begin{pmatrix} q_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & q_2 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & q_n \end{pmatrix}$$

sont obtenues à partir des vecteurs

$$g' = \begin{pmatrix} g_1 \\ g_2 \\ \vdots \\ g_n \end{pmatrix} \text{ et } q = \begin{pmatrix} q_1 \\ q_2 \\ \vdots \\ q_n \end{pmatrix}$$

Où  $g_i$  (respectivement  $q_i$ ),  $i = 1, \dots, n$  est la production de la branche  $i$  (respectivement production en produit  $i$ ).

Définissons :

$$B = U \hat{g}^{-1} \quad (3.1)$$

$$D = M \hat{q}^{-1} \quad (3.2)$$

Partons de la relation de base en comptabilité nationale qui s'écrit comme suit :

$$q = Bg' + YC \quad (3.3)$$

Cette relation exprime l'égalité comptable entre les ressources et les emplois dans l'économie.

Nous pouvons écrire aussi :

$$g' = Dq \quad (3.4)$$

En remplaçant (3.4) dans (3.3) on obtient :

$$q = BDq + YC \quad (3.5)$$

La nouvelle matrice des entrées intermédiaires correspondant à la matrice de production  $\hat{q}(n \times n)$  est donc :

$$U_{new} = BDq \quad (3.6)$$

Les nouvelles matrices des impôts et taxes sur les entrées intermédiaires des branches et de la valeur ajoutée des branches sont obtenues à partir des formules suivantes :

$$TX_{new} = TX \times \hat{g}^{-1} \times D \times q \quad (3.7)$$

$$VA_{new} = VA \times \hat{g}^{-1} \times D \times q \quad (3.8)$$

### 3.2. Le modèle entrées-sorties de prix avec possibilités de substitution

La méthodologie en ce qui concerne le modèle entrées-sorties de prix est une extension des travaux de Sancho (1992)<sup>8</sup> pour prendre en compte plus de deux intrants primaires. En effet, son article « **Multiplier Analysis with Flexible Cost Functions** » considère les intrants travail et capital pour mesurer l'impact d'une variation exogène des prix de la rémunération du facteur travail. Cet article cependant, considère en plus des facteurs travail et capital, les importations comme intrants primaires afin d'analyser les chocs liés aux prix des produits importés. Il fait le choix de ne présenter que les expressions de l'extension du modèle de Sancho sans reprendre les expressions de bases de ses travaux<sup>9</sup>.

#### 3.2.1. Coefficient technologique fixe : modèle entrée-sortie prix de Leontief

Dans le modèle de base de Leontief, il n'y a pas de possibilités de substitutions entre les éléments qui constituent le coût de production. La relation de base du modèle de Leontief en notation matricielle se présente comme suit :

$$\begin{aligned} p &= E'p + F'q \\ p &= (I - E')^{-1} F'q \\ p &= [(I - E')^{-1}]' F'q \end{aligned} \quad (3.9)$$

Dans l'expression<sup>10</sup> ci-dessus :

- $p(n \times 1)$  est le vecteur colonne prix des produits issus de l'activité de production
- $E(n \times n)$  est la matrice des coefficients techniques des entrées intermédiaires en produits locaux
- $q(m \times 1)$  le vecteur colonne des prix des facteurs primaires
- $F(m \times n)$  est la matrice des coefficients des facteurs primaires
- $(I - E)^{-1}(n \times n)$  est la matrice de Leontief

Les matrices  $E(n \times n)$  et  $F(m \times n)$  sont obtenues de la façon suivante :

$$\begin{aligned} E &= U_{local} \hat{g}^{-1} \\ F &= C \hat{g}^{-1} \end{aligned}$$

<sup>8</sup> *Multiplier Analysis with Flexible Cost Functions*, Sancho (1992)

<sup>9</sup> Pour des détails sur le modèle de Sancho consulter son article en bibliographie.

<sup>10</sup> L'article a opté pour cette notation afin d'être cohérent avec les notations de la section sur la symétrisation du TES.

Où  $U_{local}$  et  $C$  sont respectivement la matrice des entrées intermédiaires en produits locaux et la matrice des autres intrants primaires. Soit  $U_{importé}$  ( $n \times n$ ) la matrice des entrées intermédiaires en produits importés et  $V$  [ $(m-n) \times n$ ] la matrice des autres intrants primaires. Dans le cadre de notre article la matrice  $V$  [ $(m-n) \times n$ ] est constituée des vecteurs lignes de dimensions ( $1 \times n$ ) suivants :

- Impôts et taxes sur les importations ;
- Autres impôts nets sur les produits ;
- Impôts nets sur la production
- Rémunérations des salariés et
- Excédent brut d'exploitation

La dimension de la matrice  $V$  est donc de ( $5 \times n$ ).

$$C[(n+5) \times n] = \begin{pmatrix} U_{importé} \\ V \end{pmatrix}$$

La structure des matrices  $E$  ( $n \times n$ ) et  $F$  [ $(n+5) \times n$ ] étant fixes, les effets de transmission des prix reflétés dans le modèle ci-dessus ne permettent pas un ajustement des proportions d'intrants primaires dans l'optique d'une réduction des coûts de production. En d'autres termes, dans le modèle de base de Leontief, les producteurs acceptent les prix comme ils se présentent et les répercutent sur le prix des produits finis sans chercher à minimiser leurs coûts de production.

### 3.2.2. Coefficient technologique flexible : fonction de type Cobb-Douglas des intrants primaires

Dans la réalité, face à une variation des prix relatifs, les producteurs ont la possibilité de modifier la combinaison optimale d'intrants primaires. Cette hypothèse nous permet de passer du modèle linéaire de Leontief qui interdit toute substitution d'intrants à un modèle non linéaire qui offre cette possibilité.

Si la possibilité de substitution des intrants est acquise, alors la matrice  $F$  n'est plus constante c'est-à-dire qu'elle sera sensible au prix des intrants primaires. Nous pouvons donc réécrire l'équation (3.8) sous la forme suivante :

$$p = [(I-E)^{-1}]' F'q + [(I-E)^{-1}]' \overline{TX}'$$

Dans cette équation  $F$  est de dimension [ $(n+2) \times n$ ] et  $\overline{TX}$  de dimension ( $3 \times n$ ).

$$p = [(I-E)^{-1}]' G'q + [(I-E)^{-1}]' H'q + [(I-E)^{-1}]' \overline{TX}' \quad (3.10)$$

avec  $F = G + H$  et  $H = \Psi \times F$ . La matrice  $\Psi$  est une matrice de dimension [ $(n+2) \times n$ ] des proportions des quantités des intrants qui ne peuvent pas être substitués. Soit  $\psi_{ij}$  un élément de la matrice  $\Psi$  tel que  $\psi_{ij} = 0$  si  $i \neq j$ . La matrice  $H$  représente donc

les quantités d'intrants incompressibles c'est-à-dire qui ne peuvent pas être substitués et  $G$  la part des quantités d'intrants qui peuvent être substituées. Ce qui implique que  $G = (I - \Psi) \times F$ . Les matrices  $G$ ,  $H$  et  $F$  sont de dimensions [ $(n+2) \times n$ ] ( $n$  produits importés et les deux facteurs de production) et  $\overline{TX}$  la matrice des taux d'imposition de dimension ( $3 \times n$ ). Les coefficients des matrices  $H$  et  $\overline{TX}$  sont fixes donc indépendants de quelque prix que ce soit. En effet les impôts ne peuvent se substituer aux autres intrants et il a aussi été défini une quantité d'intrants incompressible. La matrice  $G$  est quant à elle substituable donc dépendante du vecteur des prix des intrants.

L'expression (3.9) peut être réécrite sous la forme :

$$p = [(I-E)^{-1}]' G'q + [(I-E)^{-1}]' \overline{H}'q + [(I-E)^{-1}]' \overline{TX}' \quad (3.11)$$

Pour la production d'une unité<sup>11</sup>  $i=1, \dots, n$ , la quantité d'intrants primaires substituables est fixe. Cependant, les combinaisons d'intrants (importations intermédiaires et facteurs de production) sont variables. L'expression (3.11) peut donc être réécrite de la façon suivante :

$$p = [(I-E)^{-1}]' \widehat{W}C(1/q) + [(I-E)^{-1}]' \overline{H}'q + [(I-E)^{-1}]' \overline{TX}' \quad (3.12)$$

Dans cette expression  $\widehat{W}$  est une matrice diagonale de dimension ( $n \times n$ ) des coefficients  $w_i$  qui représente la quantité d'intrants substituables nécessaire à la production d'une unité  $i=1, \dots, n$ . Quant à  $C(1/q)$ , c'est un vecteur de dimension ( $n \times 1$ ) contenant les éléments des coûts unitaires des intrants substituables nécessaires à la production de chaque produit  $i=1, \dots, n$ . L'expression  $[(I-E)^{-1}]' \widehat{W}C(1/q)$  est le résultat d'un problème d'optimisation puisqu'elle permet aux producteurs de minimiser leurs coûts de production.

Supposons que les importations et les facteurs de productions (travail et capital) sont combinés par le biais d'une fonction de type Cobb-Douglas :

$$w_i = \beta_i \prod_{j=1}^{n+2} b_{ji}^{\alpha_{ji}} \quad (3.13)$$

avec  $\sum_{j=1}^{n+2} \alpha_{ji} = 1$

Les coefficients  $b_{ji}$  représentent les quantités nécessaires d'intrants substituables nécessaires à la production d'une unité  $i=1, \dots, n$  ( $n$  produits d'importation à des fins de consommation intermédiaire et 2 facteurs de production). Pour une production  $i=1, \dots, n$ ,  $\alpha_{ji}$  représente la part fixe des coûts de l'intrant  $j=1, \dots, n+2$  dans le coût total des intrants substituables. C'est-à-dire que

<sup>11</sup> Ici il s'agit d'une unité monétaire.

$$\alpha_{ji} = \frac{q_j \times b_{ji}}{\sum_{j=1}^{n+2} q_j \times b_{ji}}$$

Le problème de minimisation des coûts se présente comme suit :

$$\begin{cases} \text{Min} \sum_{j=1}^{n+2} q_j \times b_{ji} \\ \text{sc} \\ w_i = \beta_i \prod_{j=1}^{n+2} b_{ji}^{\alpha_{ji}} \end{cases}$$

La condition de premier<sup>12</sup> ordre nous permet d'obtenir la fonction de coût de type Cobb-Douglas :

$$c_i(w_i / q) = A_i \prod_{j=1}^{n+2} q_j^{\alpha_{ji}} \times w_i \quad (3.14)$$

Avec

$$A_i = \frac{1}{\beta_i} \prod_{j=1}^{n+2} \alpha_{ji}^{-\alpha_{ji}}$$

De l'expression (3.14), est déduit le coût unitaire d'intrants substituables nécessaire à la production d'une unité i.

$$c_i(1 / q) = A_i \prod_{j=1}^{n+2} q_j^{\alpha_{ji}} \quad (3.15)$$

Les paramètres ( $\alpha_{ji}$ ,  $\beta_i$  et  $A_i$ ) seront calibrés à partir des données de la période de référence contenues dans le TES en supposant qu'à cette période  $q_j = 1$  pour tout j.  $\beta_i$  est déduit de l'équation (3.13)

$$\beta_i = \frac{w_i}{\prod_{j=1}^{n+2} b_{ji}^{\alpha_{ji}}}$$

Une fois tous ces paramètres calculés, la fonction Cobb-Douglas de coût peut être utilisée pour l'analyse de l'impact des prix.

### 3.2.3. Coefficient technologique flexible : fonction de type CES des intrants primaires

Si on suppose que les importations et les facteurs de production (travail et capital) sont combinés par le biais d'une fonction de type CES alors l'équation (3.13) peut être réécrite sous la forme :

$$w_i = \mu_i \left[ (a_{1i} d_{1i})^\rho + (a_{2i} d_{2i})^\rho \right]^{\frac{1}{\rho}} \quad (3.16)$$

$a_{1i}$  et  $a_{2i}$  sont des paramètres de productivité. Et  $\rho = \frac{1+\sigma}{\sigma}$  où  $\sigma$  est l'élasticité de substitution entre l'ensemble des intrants importés et le groupe des facteurs travail et capital. Vu la complexité de la fonction CES les « n+2 » intrants substituables qui prévalaient dans la fonction de type Cobb-Douglas ont été utilisés pour former deux groupes d'intrants : les intrants importés et les intrants de facteurs de production (travail et capital).

$d_{1i} = \sum_{j=1}^n b_{ji}$  pour les n premiers intrants représentant les produits importés et  $d_{2i} = \sum_{j=n+1}^{n+2} b_{ji}$  pour les deux

derniers intrants correspondant aux facteurs travail et capital.

Le vecteur de prix lié à ces deux quantités  $d_{1i}$  et  $d_{2i}$  que nous notons  $t_{1i}$  et  $t_{2i}$  sont obtenus de la façon suivante :

$$t_{1i} = \frac{\sum_{j=1}^n q_j b_{ji}}{\sum_{j=1}^n b_{ji}} \quad t_{2i} = \frac{\sum_{j=n+1}^{n+2} q_j b_{ji}}{\sum_{j=n+1}^{n+2} b_{ji}}$$

Le problème de minimisation se présente comme suit :

$$\begin{cases} \text{Min} \sum_{k=1}^2 t_{ki} \times d_{ki} \\ \text{sc} \\ w_i^\rho = \mu_i^\rho \left[ (a_{1i} d_{1i})^\rho + (a_{2i} d_{2i})^\rho \right] \end{cases}$$

La condition de premier ordre<sup>13</sup> nous permet d'obtenir la fonction de coût de type CES :

$$c_i(w_i / t_i) = \left[ \left( \frac{t_{1i}}{\mu_i a_{1i}} \right)^\tau + \left( \frac{t_{2i}}{\mu_i a_{2i}} \right)^\tau \right]^{\frac{1}{\tau}} w_i \quad (3.17)$$

avec  $\tau = \frac{\rho}{\rho-1}$ .

L'application du lemme de Shepard qui dispose que la dérivée de la fonction de dépense par rapport à un prix est égale à la demande hicksienne du bien correspondant permet d'écrire :

$$\frac{\delta c_i(w_i / t_i)}{\delta t_{ki}} = d_{ki} = c_i(w_i / t_i) \frac{\left( \frac{t_{ki}}{\mu_i a_{ki}} \right)^{\tau-1} \frac{1}{\mu_i a_{ki}}}{\left( \frac{t_{1i}}{\mu_i a_{1i}} \right)^\tau + \left( \frac{t_{2i}}{\mu_i a_{2i}} \right)^\tau} \quad (3.18)$$

Définissons maintenant  $s_{ki}$  la part des coûts de l'intrant  $k \in \{1,2\}$  dans le coût total des intrants substituables.

$$s_{ki} = \frac{t_{ki} d_{ki}}{c_i(w_i / t_i)} \quad (3.19)$$

En remplaçant (3.18) dans (3.19), nous obtenons :

$$s_{ki}^{1/\tau} = \frac{t_{ki}}{\mu_i a_{ki}} c_i(1 / t_i)^{-1} \quad (3.20)$$

A partir de (3.20) nous pouvons écrire

$$\frac{\mu_i a_{1i}}{\mu_i a_{2i}} = \frac{t_{1i}}{t_{2i}} \left( \frac{s_{2i}}{s_{1i}} \right)^{1/\tau} \quad (3.21)$$

Les données du TES qui représentent l'année de référence seront utilisées pour le calibrage des paramètres liés à la fonction CES. En année de référence, les prix des intrants sont fixés à 1 donc de (3.17) on peut déduire

$$c_i(1 / q) = (\mu_i a_{1i})^{-\tau} + (\mu_i a_{2i})^{-\tau} = 1 \quad (3.22)$$

<sup>12</sup> Démonstration en annexe

<sup>13</sup> Démonstration en annexe

Le calibrage des paramètres  $a_{i_i}$  et  $a_{2_i}$  est réalisé en résolvant les équations (3.21) et (3.22). Dans le processus de résolution de ce système d'équation pour le calibrage des paramètres nous voyons que le paramètre  $\mu_i$  n'y joue aucun rôle. On peut donc considérer  $\mu_i=1$ . Cependant les données du TES ne permettent pas le calcul du paramètre  $\tau$  (ou l'élasticité de substitution  $\sigma$ ). Ainsi pour compléter la spécification de la fonction CES, l'élasticité de substitution  $\sigma$  sera donnée de façon exogène.

## 4. Résultats des simulations pour le Togo

L'analyse théorique présentée ci-dessus est mise en œuvre pour l'économie togolaise. Les simulations sont effectuées sur les données du tableau entrées-sorties produit par produit construit à cet effet sur la base des tableaux des emplois et des ressources des comptes nationaux annuels de 2019. Les produits sont agrégés en 35 groupes. Il est question de déterminer les effets sur les prix des biens et services domestiques, d'une augmentation exogène de 10 % des prix des produits énergétiques qui sont fortement importés au Togo notamment les produits pétroliers et l'électricité.

Les résultats sont produits en distinguant le cas d'une substitution totale (tableaux 2 et 4) de celui d'une substitution partielle (tableaux 3 et 5). Dans le premier cas, les entreprises ayant la possibilité d'opérer des substitutions du produit importé pour lequel le prix augmente n'ont aucune limite quant à la quantité substituable. Dans le cas de la substitution partielle, une contrainte est introduite sur la quantité substituable, celle que l'entreprise ne peut dépasser dans ses possibilités de substitution. Cette contrainte se justifie par le fait que certains

produits importés peuvent être peu ou pas substituables du fait de leur importance dans le processus de production ou de l'absence de substituts dans l'économie.

Les résultats présentés fournissent, pour chaque cas et chaque modèle, la variation en pourcentage des prix de chaque produit de la nomenclature traduisant l'évolution des prix avant et après la simulation d'une augmentation exogène du prix des produits énergétiques. Les tableaux présentent également le prix moyen à la production sur l'ensemble des biens et services produits localement et leur prix moyen à la consommation.

### 4.1. Effets d'une augmentation du prix des produits pétroliers importés

Les produits pétroliers sont essentiellement importés. Dans le TES issu des statistiques des comptes nationaux du Togo, les produits pétroliers, composés de l'essence, du gazole, du gaz butane et des autres produits pétroliers sont inclus dans le même groupe que les produits chimiques ; il s'agit du groupe des "produits du raffinage et de la cokéfaction et produits chimiques". La simulation est donc réalisée en deux étapes. Dans la première étape, l'effet d'une augmentation exogène de 10 % des prix des produits pétroliers importés sur le prix moyen des importations de l'ensemble des "produits du raffinage et de la cokéfaction et produits chimiques" est calculé. Ainsi, des données d'importations issues des comptes nationaux, il ressort qu'une augmentation de 10 % du prix des produits pétroliers importés entraînerait, toutes choses égales par ailleurs, une augmentation de 5,07 % du prix moyen d'importation de l'ensemble des produits pétroliers et chimiques (tableau 1). En deuxième étape, l'effet ainsi obtenu en pourcentage est utilisé pour la simulation avec les différents modèles.

Tableau 1

**Impact d'une augmentation de 10 % des produits pétroliers sur le groupe des produits du raffinage et de la cokéfaction et produits chimiques**

Produits	Part en %	Prix initial	
		(indice de prix en année de référence)	Prix final
<b>Produits du raffinage et de la cokéfaction (Produits pétroliers)</b>	50,7	1	<b>1,1</b>
<b>Produits azotés et engrais</b>	3,4	1	1
<b>Autres produits chimiques de base</b>	29,6	1	1
<b>Savons, détergents, produits d'entretien, de toilette et parfums</b>	3,9	1	1
<b>Produits agrochimiques, peintures, vernis, adjuvants et encres pour imprimerie</b>	1,6	1	1
<b>Fibres artificielles ou synthétiques et autres produits chimiques</b>	10,8	1	1
<b>Produits du raffinage et de la cokéfaction et produits chimiques</b>		1	1,0507
<b>Taux de variation du prix de l'ensemble (en %)</b>			<b>5,07</b>

Source : Calcul des auteurs

Les tableaux 2 et 3 présentent les impacts d'une hausse des prix des produits pétroliers importés, après les deux étapes de simulation respectivement pour des possibilités de substitution sans limite et une substitution partielle. Tous les biens et services produits par les entreprises du territoire national connaissent des hausses de leurs prix, ce qui confirme qu'elles utilisent les produits pétroliers dans leur processus de production. Cela signifie que, selon le niveau d'utilisation des produits du pétrole importés comme consommation intermédiaire dans le processus de leur production, les entreprises prennent en compte le nouveau coût pour fixer les nouveaux prix de leurs produits.

Pour la fonction de coût de Leontief, l'impact sur le prix des "produits du raffinage et de la cokéfaction et produits chimiques" localement produits est de 1,07 %. Les résultats révèlent aussi que les produits du travail du caoutchouc et du plastique constituent le groupe qui subit la plus forte augmentation de prix, soit 2,51 %. Les autres produits dont les prix ont subi une augmentation relativement importante sont l'électricité distribuée (1,28 %), les produits des autres industries manufacturières (1,27 %), les produits pharmaceutiques (1,16 %). L'analyse montre que les produits dont les prix sont les plus impactés sont les biens pour lesquels les "produits du raffinage et de la cokéfaction et produits chimiques" constituent une matière première à l'instar de ceux susmentionnés.

Dans la réalité et si l'on ne raisonne pas sur le court terme, à la suite d'une hausse des prix des produits pétroliers, les entreprises peuvent ajuster leur combinaison optimale des facteurs et des produits importés en opérant des substitutions. En prenant en compte cette possibilité avec les fonctions de coût de type Cobb-Douglas et CES, et en supposant que cette possibilité n'est pas contrainte (possibilité non limitée en termes de quantité à substituer), les impacts sur les prix des produits sont effectifs, mais demeurent moindres que ceux obtenus avec la technologie à coefficients fixes de Leontief. En effet, les produits dont les prix ont principalement augmenté restent les produits du travail du caoutchouc et du plastique. L'impact pour ce groupe a atteint 2,49 % pour la fonction Cobb-Douglas, 2,45 % pour la fonction CES d'élasticité de substitution  $\sigma = -2$ .

Il faut remarquer que quel que soit le produit, la fonction CES donne des impacts plus élevés pour une élasticité de substitution fixée à 1,5 que lorsque celle-ci vaut 2. La fonction de Leontief estime naturellement des impacts des prix plus élevés puisque les entreprises conservent la même structure des coûts avant et après l'augmentation des prix des produits pétroliers importés. Le niveau des impacts est, en effet, fonction de l'élasticité de

substitution et des éléments qui interviennent dans la substitution.

Dans nos simulations, les prix des services spéciaux des ménages ne sont pas affectés par les chocs sur les produits énergétiques. En effet, la production des services spéciaux des ménages est égale aux rémunérations versées par les ménages à leurs employés.

Pour l'ensemble des produits de l'économie, les prix de la production intérieure augmenteraient d'environ 0,46 % (fonction Cobb-Douglas) pour une hausse de 10 % du prix des produits pétroliers. L'augmentation des prix à la production entraîne, en conséquence, une augmentation des prix d'acquisition de ces mêmes produits pour la consommation finale des ménages. En moyenne, ces derniers achèteraient les produits à des prix renchérissés de 0,35 % environ. Mais ce sont les prix d'acquisition des produits du secteur industriel (secteur secondaire) qui connaissent un choc plus important (0,52 % pour Cobb-Douglas) que celui subi par les produits du secteur des services (0,30 %) et ceux du secteur primaire (0,16 %). Ce résultat confirme la place des produits pétroliers dans les coûts de production des branches industrielles relativement aux autres secteurs d'activité. Les produits pétroliers constituent, en effet, un intrant indispensable et prépondérant dans le secteur industriel qui en est le plus gros demandeur comparativement aux secteurs primaire et tertiaire.

En supposant que les entreprises ayant la possibilité de faire une substitution ne peuvent le faire que dans la limite d'une proportion de 10 % des produits pétroliers importés (tableau 3), les impacts restent dans les mêmes ordres entre les produits, d'une part, et entre les différents types de fonctions de coûts (Leontief, Cobb-Douglas et CES), d'autre part. Mais cette contrainte, réduisant les possibilités de substitution, accroît les impacts sur les prix pour les fonctions Cobb-Douglas et CES en les rapprochant de ceux d'une structure fixe des coûts (Leontief).

#### **4.2. Effets d'une augmentation du prix de l'électricité importée**

L'économie togolaise dépend dans une proportion non moindre de l'importation de l'électricité, notamment du Nigéria et du Ghana. Selon les rapports de l'autorité de régulation du secteur de l'électricité au Togo (ARSE), sur la période 2019-2022, la part des importations dans les ressources totales d'électricité (Importations et production) est passée de 64,52 % à 52,27 %. Les prix des biens et services produits localement peuvent être influencés par les prix de l'électricité compte tenu de son importance dans les processus de production.

Tableau 2

**Impacts d'une augmentation de 10 % des prix des produits pétroliers importés, substitution sans contrainte pour Cobb-Douglas et CES**

Produits	Variation en % des prix après simulation			
	Modèle prix de Leontief	Cobb-Douglas	CES Sigma=-1,5	CES Sigma=-2
PRODUITS DE L'AGRICULTURE	0,18	0,18	0,18	0,17
PRODUITS DE L'ELEVAGE ET DE LA CHASSE	0,11	0,10	0,10	0,10
PRODUITS DE LA SYLVICULTURE, DE L'EXPLOITATION FORESTIÈRE ET SERVICES DE SOUTIEN	0,12	0,12	0,12	0,11
PRODUITS DE LA PÊCHE ET DE L'AQUACULTURE	0,05	0,04	0,04	0,04
PRODUITS DES INDUSTRIES EXTRACTIVES	0,70	0,69	0,70	0,67
PRODUITS ALIMENTAIRES	0,19	0,18	0,19	0,18
BOISSONS	0,33	0,33	0,33	0,32
PRODUITS A BASE DE TABAC	0,06	0,06	0,06	0,06
PRODUITS TEXTILES, ARTICLES D'HABILLEMENT, EN CUIR ET ARTICLES DE VOYAGE ET CHAUSSURES	0,18	0,18	0,18	0,17
PRODUITS EN BOIS, EN PAPIER OU EN CARTON, TRAVAUX D'IMPRIMERIE ET DE REPRODUCTION D'ENREGISTREMENTS	0,79	0,77	0,78	0,75
PRODUITS DU RAFFINAGE ET DE LA COKÉFACTION ET PRODUITS CHIMIQUES	1,07	1,05	1,06	1,01
PRODUITS PHARMACEUTIQUES	1,16	1,14	1,15	1,09
PRODUITS DU TRAVAIL DU CAOUTCHOUC ET DU PLASTIQUE	2,51	2,49	2,51	2,45
MATERIAUX DE CONSTRUCTION	0,95	0,93	0,95	0,92
PRODUITS MÉTALLURGIQUES ET DE FONDERIE	0,37	0,36	0,37	0,35
MACHINES, MATERIELS ET EQUIPEMENTS DIVERS	0,39	0,38	0,38	0,37
PRODUITS DES AUTRES INDUSTRIES MANUFACTURIERES	1,27	1,25	1,26	1,21
REPARATION ET INSTALLATION DE MACHINES ET D'EQUIPEMENTS PROFESSIONNELS	1,04	1,02	1,03	1,00
ÉLECTRICITÉ ET GAZ	1,28	1,26	1,28	1,24
TRAVAUX DE PRODUCTION ET DISTRIBUTION D'EAU, ASSAINISSEMENT, TRAITEMENT DES DECHETS ET DEPOLLUTION	0,14	0,13	0,14	0,13
TRAVAUX DE CONSTRUCTION	0,66	0,64	0,65	0,64
VENTE	0,40	0,39	0,40	0,38
SERVICES DE TRANSPORTS, ENTREPOSAGE	0,92	0,90	0,91	0,86
SERVICES D'HEBERGEMENT ET DE RESTAURATION	0,25	0,24	0,24	0,24
SERVICES D'INFORMATION ET DE COMMUNICATION	0,31	0,30	0,31	0,30
SERVICES FINANCIERS ET D'ASSURANCE	0,27	0,26	0,26	0,25
SERVICES IMMOBILIERS	0,05	0,05	0,05	0,05
SERVICES SPECIALISES, SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES	0,48	0,47	0,48	0,46
SERVICES DE SOUTIEN ET DE BUREAU	0,54	0,53	0,54	0,52
SERVICES D'ADMINISTRATION PUBLIQUE	0,44	0,43	0,44	0,42
SERVICES D'ENSEIGNEMENT	0,13	0,13	0,13	0,13
SERVICES DE SANTÉ HUMAINE ET D'ACTION SOCIALE	0,30	0,29	0,30	0,29
SERVICES ARTISTIQUES, SPORTIFS ET RECREATIFS	0,15	0,15	0,15	0,15
AUTRES SERVICES N.C.A.	0,44	0,43	0,44	0,42
SERVICES SPECIAUX DES MÉNAGES	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>PRODUCTION</b>	<b>0,47</b>	<b>0,46</b>	<b>0,47</b>	<b>0,45</b>
<b>CONSOMMATION FINALE DES MENAGES</b>	<b>0,36</b>	<b>0,35</b>	<b>0,35</b>	<b>0,34</b>
<b>CONSOMMATION FINALE DES MENAGES EN PRODUITS DU PRIMAIRE</b>	<b>0,16</b>	<b>0,16</b>	<b>0,16</b>	<b>0,15</b>
<b>CONSOMMATION FINALE DES MENAGES EN PRODUITS DU SECONDAIRE</b>	<b>0,53</b>	<b>0,52</b>	<b>0,52</b>	<b>0,51</b>
<b>CONSOMMATION FINALE DES MENAGES EN PRODUITS DU TERTIAIRE</b>	<b>0,31</b>	<b>0,30</b>	<b>0,31</b>	<b>0,30</b>

Source : Calcul des auteurs

Tableau 3

**Impacts d'une augmentation de 10 % des prix des produits pétroliers importés, substitution partielle à 10 % des quantités (Cobb-Douglas et CES)**

Produits	Variation en % des prix après simulation			
	Modèle prix de Leontief	Cobb-Douglas	CES Sigma=-1,5	CES Sigma=-2
PRODUITS DE L'AGRICULTURE	0,18	0,18	0,18	0,18
PRODUITS DE L'ELEVAGE ET DE LA CHASSE	0,11	0,11	0,11	0,11
PRODUITS DE LA SYLVICULTURE, DE L'EXPLOITATION FORESTIÈRE ET SERVICES DE SOUTIEN	0,12	0,12	0,12	0,12
PRODUITS DE LA PÊCHE ET DE L'AQUACULTURE	0,05	0,04	0,05	0,04
PRODUITS DES INDUSTRIES EXTRACTIVES	0,70	0,70	0,70	0,70
PRODUITS ALIMENTAIRES	0,19	0,19	0,19	0,19
BOISSONS	0,33	0,33	0,33	0,33
PRODUITS A BASE DE TABAC	0,06	0,06	0,06	0,06
PRODUITS TEXTILES, ARTICLES D'HABILLEMENT, EN CUIR ET ARTICLES DE VOYAGE ET CHAUSSURES	0,18	0,18	0,18	0,18
PRODUITS EN BOIS, EN PAPIER OU EN CARTON, TRAVAUX D'IMPRIMERIE ET DE REPRODUCTION D'ENREGISTREMENTS	0,79	0,79	0,79	0,79
PRODUITS DU RAFFINAGE ET DE LA COKÉFACTION ET PRODUITS CHIMIQUES	1,07	1,06	1,06	1,06
PRODUITS PHARMACEUTIQUES	1,16	1,15	1,16	1,15
PRODUITS DU TRAVAIL DU CAOUTCHOUC ET DU PLASTIQUE	2,51	2,51	2,51	2,51
MATERIAUX DE CONSTRUCTION	0,95	0,95	0,95	0,95
PRODUITS MÉTALLURGIQUES ET DE FONDERIE	0,37	0,37	0,37	0,37
MACHINES, MATERIELS ET EQUIPEMENTS DIVERS	0,39	0,38	0,39	0,38
PRODUITS DES AUTRES INDUSTRIES MANUFACTURIERES	1,27	1,27	1,27	1,27
REPARATION ET INSTALLATION DE MACHINES ET D'EQUIPEMENTS PROFESSIONNELS	1,04	1,03	1,04	1,04
ÉLECTRICITÉ ET GAZ	1,28	1,28	1,28	1,28
TRAVAUX DE PRODUCTION ET DISTRIBUTION D'EAU, ASSAINISSEMENT, TRAITEMENT DES DECHETS ET DEPOLLUTION	0,14	0,14	0,14	0,14
TRAVAUX DE CONSTRUCTION	0,66	0,66	0,66	0,66
VENTE	0,40	0,40	0,40	0,40
SERVICES DE TRANSPORTS, ENTREPOSAGE	0,92	0,92	0,92	0,91
SERVICES D'HEBERGEMENT ET DE RESTAURATION	0,25	0,24	0,25	0,24
SERVICES D'INFORMATION ET DE COMMUNICATION	0,31	0,31	0,31	0,31
SERVICES FINANCIERS ET D'ASSURANCE	0,27	0,27	0,27	0,27
SERVICES IMMOBILIERS	0,05	0,05	0,05	0,05
SERVICES SPECIALISES, SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES	0,48	0,48	0,48	0,48
SERVICES DE SOUTIEN ET DE BUREAU	0,54	0,54	0,54	0,54
SERVICES D'ADMINISTRATION PUBLIQUE	0,44	0,44	0,44	0,44
SERVICES D'ENSEIGNEMENT	0,13	0,13	0,13	0,13
SERVICES DE SANTÉ HUMAINE ET D'ACTION SOCIALE	0,30	0,30	0,30	0,30
SERVICES ARTISTIQUES, SPORTIFS ET RECREATIFS	0,15	0,15	0,15	0,15
AUTRES SERVICES N.C.A.	0,44	0,44	0,44	0,44
SERVICES SPECIAUX DES MÉNAGES	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>PRODUCTION</b>	<b>0,47</b>	<b>0,47</b>	<b>0,47</b>	<b>0,47</b>
<b>CONSOMMATION FINALE DES MENAGES</b>	<b>0,36</b>	<b>0,36</b>	<b>0,36</b>	<b>0,36</b>
<b>CONSOMMATION FINALE DES MENAGES EN PRODUITS DU PRIMAIRE</b>	<b>0,16</b>	<b>0,16</b>	<b>0,16</b>	<b>0,16</b>
<b>CONSOMMATION FINALE DES MENAGES EN PRODUITS DU SECONDAIRE</b>	<b>0,53</b>	<b>0,52</b>	<b>0,52</b>	<b>0,52</b>
<b>CONSOMMATION FINALE DES MENAGES EN PRODUITS DU TERTIAIRE</b>	<b>0,31</b>	<b>0,31</b>	<b>0,31</b>	<b>0,31</b>

Source : Calcul des auteurs

Tableau 4

**Impacts d'une augmentation de 10 % des prix l'électricité importé, substitution sans contrainte pour Cobb-Douglas et CES**

Produits	Variation en % des prix après simulation			
	Modèle prix de Leontief	Cobb-Douglas	CES Sigma=-1,5	CES Sigma=-2
PRODUITS DE L'AGRICULTURE	0,01	0,01	0,01	0,01
PRODUITS DE L'ELEVAGE ET DE LA CHASSE	0,02	0,02	0,02	0,02
PRODUITS DE LA SYLVICULTURE, DE L'EXPLOITATION FORESTIÈRE ET SERVICES DE SOUTIEN	0,02	0,02	0,02	0,02
PRODUITS DE LA PÊCHE ET DE L'AQUACULTURE	0,01	0,01	0,01	0,01
PRODUITS DES INDUSTRIES EXTRACTIVES	0,26	0,25	0,26	0,25
PRODUITS ALIMENTAIRES	0,06	0,06	0,06	0,06
BOISSONS	0,11	0,11	0,11	0,11
PRODUITS A BASE DE TABAC	0,02	0,02	0,02	0,02
PRODUITS TEXTILES, ARTICLES D'HABILLEMENT, EN CUIR ET ARTICLES DE VOYAGE ET CHAUSSURES	0,12	0,12	0,12	0,12
PRODUITS EN BOIS, EN PAPIER OU EN CARTON, TRAVAUX D'IMPRIMERIE ET DE REPRODUCTION D'ENREGISTREMENTS	0,14	0,13	0,14	0,14
PRODUITS DU RAFFINAGE ET DE LA COKÉFACTION ET PRODUITS CHIMIQUES	0,06	0,06	0,06	0,06
PRODUITS PHARMACEUTIQUES	0,04	0,04	0,04	0,04
PRODUITS DU TRAVAIL DU CAOUTCHOUC ET DU PLASTIQUE	0,13	0,13	0,13	0,13
MATERIAUX DE CONSTRUCTION	0,19	0,19	0,19	0,19
PRODUITS MÉTALLURGIQUES ET DE FONDERIE	0,12	0,12	0,12	0,12
MACHINES, MATERIELS ET EQUIPEMENTS DIVERS	0,11	0,10	0,11	0,11
PRODUITS DES AUTRES INDUSTRIES MANUFACTURIERES	0,07	0,07	0,07	0,07
REPARATION ET INSTALLATION DE MACHINES ET D'EQUIPEMENTS PROFESSIONNELS	0,11	0,11	0,11	0,11
ÉLECTRICITÉ ET GAZ	1,11	1,07	1,11	1,08
TRAVAUX DE PRODUCTION ET DISTRIBUTION D'EAU, ASSAINISSEMENT, TRAITEMENT DES DECHETS ET DEPOLLUTION	0,11	0,11	0,11	0,11
TRAVAUX DE CONSTRUCTION	0,12	0,12	0,12	0,12
VENTE	0,18	0,17	0,18	0,17
SERVICES DE TRANSPORTS, ENTREPOSAGE	0,07	0,07	0,07	0,07
SERVICES D'HEBERGEMENT ET DE RESTAURATION	0,13	0,12	0,13	0,13
SERVICES D'INFORMATION ET DE COMMUNICATION	0,14	0,13	0,14	0,14
SERVICES FINANCIERS ET D'ASSURANCE	0,12	0,12	0,12	0,12
SERVICES IMMOBILIERS	0,01	0,01	0,01	0,01
SERVICES SPECIALISES, SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES	0,17	0,16	0,17	0,16
SERVICES DE SOUTIEN ET DE BUREAU	0,08	0,08	0,08	0,08
SERVICES D'ADMINISTRATION PUBLIQUE	0,14	0,13	0,14	0,14
SERVICES D'ENSEIGNEMENT	0,07	0,07	0,07	0,07
SERVICES DE SANTÉ HUMAINE ET D'ACTION SOCIALE	0,14	0,13	0,14	0,14
SERVICES ARTISTIQUES, SPORTIFS ET RECREATIFS	0,07	0,07	0,07	0,07
AUTRES SERVICES N.C.A.	0,13	0,13	0,13	0,13
SERVICES SPECIAUX DES MÉNAGES	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>PRODUCTION</b>	<b>0,13</b>	<b>0,12</b>	<b>0,13</b>	<b>0,12</b>
<b>CONSOMMATION FINALE DES MENAGES</b>	<b>0,13</b>	<b>0,13</b>	<b>0,13</b>	<b>0,13</b>
<b>CONSOMMATION FINALE DES MENAGES EN PRODUITS DU PRIMAIRE</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>
<b>CONSOMMATION FINALE DES MENAGES EN PRODUITS DU SECONDAIRE</b>	<b>0,23</b>	<b>0,23</b>	<b>0,23</b>	<b>0,23</b>
<b>CONSOMMATION FINALE DES MENAGES EN PRODUITS DU TERTIAIRE</b>	<b>0,11</b>	<b>0,11</b>	<b>0,11</b>	<b>0,11</b>

Source : Calcul des auteurs

Tableau 5

**Impacts d'une augmentation de 10 % des prix l'électricité importé, substitution partielle à 20 % des quantités (Cobb-Douglas et CES)**

Produits	Variation en % des prix après simulation			
	Modèle prix de Leontief	Cobb-Douglas	CES Sigma=-1,5	CES Sigma=-2
PRODUITS DE L'AGRICULTURE	0,01	0,01	0,01	0,01
PRODUITS DE L'ELEVAGE ET DE LA CHASSE	0,02	0,02	0,02	0,02
PRODUITS DE LA SYLVICULTURE, DE L'EXPLOITATION FORESTIÈRE ET SERVICES DE SOUTIEN	0,02	0,02	0,02	0,02
PRODUITS DE LA PÊCHE ET DE L'AQUACULTURE	0,01	0,01	0,01	0,01
PRODUITS DES INDUSTRIES EXTRACTIVES	0,26	0,26	0,26	0,26
PRODUITS ALIMENTAIRES	0,06	0,06	0,06	0,06
BOISSONS	0,11	0,11	0,11	0,11
PRODUITS A BASE DE TABAC	0,02	0,02	0,02	0,02
PRODUITS TEXTILES, ARTICLES D'HABILLEMENT, EN CUIR ET ARTICLES DE VOYAGE ET CHAUSSURES	0,12	0,12	0,12	0,12
PRODUITS EN BOIS, EN PAPIER OU EN CARTON, TRAVAUX D'IMPRIMERIE ET DE REPRODUCTION D'ENREGISTREMENTS	0,14	0,14	0,14	0,14
PRODUITS DU RAFFINAGE ET DE LA COKÉFACIION ET PRODUITS CHIMIQUES	0,06	0,06	0,06	0,06
PRODUITS PHARMACEUTIQUES	0,04	0,04	0,04	0,04
PRODUITS DU TRAVAIL DU CAOUTCHOUC ET DU PLASTIQUE	0,13	0,13	0,13	0,13
MATERIAUX DE CONSTRUCTION	0,19	0,19	0,19	0,19
PRODUITS MÉTALLURGIQUES ET DE FONDERIE	0,12	0,12	0,12	0,12
MACHINES, MATERIELS ET EQUIPEMENTS DIVERS	0,11	0,11	0,11	0,11
PRODUITS DES AUTRES INDUSTRIES MANUFACTURIERES	0,07	0,07	0,07	0,07
REPARATION ET INSTALLATION DE MACHINES ET D'EQUIPEMENTS PROFESSIONNELS	0,11	0,11	0,11	0,11
ÉLECTRICITÉ ET GAZ	1,11	1,10	1,11	1,11
TRAVAUX DE PRODUCTION ET DISTRIBUTION D'EAU, ASSAINISSEMENT, TRAITEMENT DES DECHETS ET DEPOLLUTION	0,11	0,11	0,11	0,11
TRAVAUX DE CONSTRUCTION	0,12	0,12	0,12	0,12
VENTE	0,18	0,18	0,18	0,18
SERVICES DE TRANSPORTS, ENTREPOSAGE	0,07	0,07	0,07	0,07
SERVICES D'HEBERGEMENT ET DE RESTAURATION	0,13	0,13	0,13	0,13
SERVICES D'INFORMATION ET DE COMMUNICATION	0,14	0,14	0,14	0,14
SERVICES FINANCIERS ET D'ASSURANCE	0,12	0,12	0,12	0,12
SERVICES IMMOBILIERS	0,01	0,01	0,01	0,01
SERVICES SPECIALISES, SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES	0,17	0,17	0,17	0,17
SERVICES DE SOUTIEN ET DE BUREAU	0,08	0,08	0,08	0,08
SERVICES D'ADMINISTRATION PUBLIQUE	0,14	0,14	0,14	0,14
SERVICES D'ENSEIGNEMENT	0,07	0,07	0,07	0,07
SERVICES DE SANTÉ HUMAINE ET D'ACTION SOCIALE	0,14	0,14	0,14	0,14
SERVICES ARTISTIQUES, SPORTIFS ET RECREATIFS	0,07	0,07	0,07	0,07
AUTRES SERVICES N.C.A.	0,13	0,13	0,13	0,13
SERVICES SPECIAUX DES MÉNAGES	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>PRODUCTION</b>	<b>0,13</b>	<b>0,13</b>	<b>0,13</b>	<b>0,13</b>
<b>CONSOMMATION FINALE DES MENAGES</b>	<b>0,13</b>	<b>0,13</b>	<b>0,13</b>	<b>0,13</b>
<b>CONSOMMATION FINALE DES MENAGES EN PRODUITS DU PRIMAIRE</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>
<b>CONSOMMATION FINALE DES MENAGES EN PRODUITS DU SECONDAIRE</b>	<b>0,23</b>	<b>0,23</b>	<b>0,23</b>	<b>0,23</b>
<b>CONSOMMATION FINALE DES MENAGES EN PRODUITS DU TERTIAIRE</b>	<b>0,11</b>	<b>0,11</b>	<b>0,11</b>	<b>0,11</b>

Source : Calcul des auteurs

Les résultats de la simulation suivant les différents modèles présentés dans les tableaux 4 et 5 montrent qu'une hausse de 10 % du prix de l'électricité importée occasionne des impacts assez différenciés sur les prix des produits. Avec l'hypothèse d'une structure fixe des coûts (fonction de Leontief), le prix de l'électricité produit localement et distribué connaît une hausse de 1,11 %, c'est l'impact le plus élevé. Les autres produits les plus touchés sont les produits des industries extractives (0,26 %), les matériaux de construction (0,19 %), les services de vente (0,18 %), les services spécialisés, scientifiques et techniques (0,17 %) et les services d'information et de communication (0,14 %). Les hypothèses des possibilités de substitution conduisent à des impacts plus modérés que dans le cas de Leontief.

Pour une substitution contrainte à 20 % (limite maximale de quantité substituable), le prix de l'électricité produite localement reste le plus impacté avec une augmentation du prix de production de 1,10 % pour la fonction Cobb-Douglas, 1,11 % pour la fonction CES. L'ensemble des biens et services produits localement connaît une augmentation moyenne des prix à la production de 0,13 % (Cobb-Douglas). Globalement, l'évolution moyenne des prix à la consommation des ménages (0,13 %) provient essentiellement de l'augmentation des prix d'acquisition des produits industriels (0,23 % pour Cobb-Douglas).

### 4.3. Discussion

Un important constat à relever est que les impacts d'une augmentation de 10 % du prix de l'électricité sont inférieurs à ceux d'une augmentation des prix des produits pétroliers de 10 %. Les prix intérieurs des produits sont donc plus sensibles aux prix des produits pétroliers importés qu'à ceux de l'électricité importée. La raison principale réside dans la substituabilité de ces produits importés, qui constituent des matières premières et des intrants indispensables dans l'économie. Plus le produit est substituable, plus les effets de l'augmentation de son prix seront amoindris, puisque les entreprises trouveront des alternatives pour maîtriser leurs coûts de production.

L'électricité est plus facilement substituable que les produits pétroliers. Les entreprises s'adaptent généralement plus facilement aux pénuries d'électricité, par exemple en produisant leur propre électricité grâce à des groupes électrogènes alimentés par les produits du pétrole. Au contraire, une pénurie de carburant de quelques heures crée de la psychose et ralentit fortement l'activité de production. Il faut aussi noter qu'il existe une meilleure maîtrise du prix de l'électricité par rapport à celui des produits du pétrole. La distribution de l'électricité au Togo est exclusivement assurée par une entreprise

publique (la Compagnie d'énergie électrique du Togo), dont les prix fixés par l'autorité publique ne varient que très rarement. Les prix des produits pétroliers, quoi que subventionnés, connaissent des variations plus fréquentes.

## 5. Conclusion

Dans cet article nous avons analysé l'impact que les prix des produits énergétiques importés peuvent avoir sur les prix intérieurs. L'analyse repose sur le modèle entrées-sorties classique des prix de Leontief, qui est étendue à d'autres spécifications des fonctions de coût à savoir les fonctions de coût de type Cobb-Douglas et de type CES permettant ainsi de prendre en compte les possibilités de substitution entre les biens importés et/ou entre les facteurs de production. Nous avons aussi introduit une contrainte permettant de limiter la quantité de produit substituable.

Les résultats des simulations sur l'économie togolaise montrent que les prix des produits intérieurs sont sensibles à des degrés divers aux prix des produits pétroliers et de l'électricité importés. En clair, une augmentation des prix des produits énergétiques importés entraîne une augmentation des prix des biens et services produits localement. L'ampleur de l'impact dépend du degré de lien entre le produit local et l'intrant énergétique importé, du degré de substituabilité entre les biens importés et/ou entre les facteurs de production et du niveau de la contrainte fixée sur le produit substituable.

Plus l'électricité ou les produits pétroliers jouent un rôle important dans le processus de production d'un produit en tant qu'intrant, plus le prix de ce produit est impacté. Au Togo, les processus de production de biens et services sont plus sensibles aux chocs sur les prix des produits pétroliers importés qu'aux chocs sur les prix de l'électricité importée pour une augmentation dans les mêmes proportions. De plus, les chocs sur les prix des produits énergétiques influencent plus les prix des produits de l'industrie que ceux des autres secteurs.

Les possibilités accrues de faire des substitutions entre les intrants intermédiaires importés et entre les facteurs réduisent les impacts sur les prix des produits. Les secteurs d'activité qui ont plus de flexibilité dans la combinaison des intrants et des facteurs capital et travail peuvent limiter les effets, sur les prix des produits locaux, des chocs externes qui affectent les prix des produits énergétiques importés. Le défi pour les entreprises des économies comme celle du Togo réside dans la disponibilité de substituts à certains produits importés, comme les produits énergétiques, indispensables pour les processus de production.

Dans le contexte actuel marqué par des conflits politiques et territoriaux et des guerres économiques entre les grandes puissances dont les conséquences produisent des chocs considérables sur l’approvisionnement et les prix des matières premières, dont les produits énergétiques, l’économie togolaise gagnerait à diversifier davantage ses sources d’énergie afin de faire efficacement face à ces chocs externes. Les gouvernants et les acteurs économiques devraient donc poursuivre et intensifier les mesures et les politiques visant à encourager et faciliter cette diversification.

Sur le plan théorique, tout l’enjeu reste de pouvoir déterminer de manière précise le degré de flexibilité dans la combinaison des facteurs pour la production d’un bien ou service donné. La détermination de l’élasticité de substitution des facteurs ou des intrants pour évaluer ce degré de substituabilité dans la combinaison de ces facteurs et intrants demeure une question intéressante pour l’analyse d’une économie. Cette question peut être approchée empiriquement (Sancho, 1992), ou théoriquement, mais elle devrait être abordée avec beaucoup de prudence et en connaissance de cause (Cadoret et Renou, 1991).

### Bibliographie

- **Aiwen Zhao, Ruilin Li (2019)**. "The Influences of Energy Price Variation on the Prices of Other Industries: A Study Based on Input-Output Price Model". *Open Journal of Energy Efficiency*, 8, 35-51.
- **Department for Economic and Social Affairs – United Nations Statistics Division- (1999)**, "Handbook of input-output table compilation and analysis", *Studies in Methods: Handbook of National Accounting*
- **Dixon, P. B., & Parmenter, B. R. (1996)**. "Computable General Equilibrium Modelling for policy analysis and forecasting". Elsevier.
- **European commission (2008)**. "Eurostat Manual of Supply, Use and Input-Output Tables 2008 Edition", **Eurostat Methodologies and working papers**.
- **Greene, W. H. (2012)**. *Econometric Analysis*. Pearson Education.
- **International Energy Agency**. »**Comment la crise a commencé, comment les marchés de l’énergie impactent notre vie et ce que les gouvernements mettent en œuvre pour y remédier ?**». <https://www.iea.org/topics/global-energy-crisis?language=fr>
- **Koller, W., & Luptacik, M. (2012)**. "Measuring sectoral importance in the Austrian economy: an input-output application to agriculture." *Structural Change and Economic Dynamics*, 23(3), 227-238.
- **Leontief, W. (1986)**. *Input-output economics*. Oxford University Press.
- **Llop, M. (2020)**. "Importing Energy in a price-input-output model: effects on production and consumption." *Economic Systems Research*, 32(4), 508-522.
- **Miller, R. E., & Blair, P. D. (2009)**. *Input-Output analysis: foundations and extensions*. Cambridge University Press.
- **Przybyliński, M., & Gorzalczyński, R. (2020)**. "Input-output price model for inflation analysis." *Economic Modelling*, 87, 352-361.
- **Sancho, F. (1992)**. "Multipliers in a price model: integrated or unified?" *Economic Systems Research*, 4(1), 55-69.
- **Solow, R. M. (1956)**. "A contribution to the theory of economic growth." *Quarterly Journal of Economics*, 70(1), 65-94.
- **Stock, J. H., & Watson, M. W. (2007)**. *Introduction to econometrics*. Pearson/Addison-Wesley.

### Annexe 1 : Structure du TES du Togo (Exemple simplifié avec 3 produits et 3 branches d'activité)

	Consommation Intermédiaire (CI)			Demande finale				Production en Produit
	Branche (1)	Branche (2)	Branche (3)	CF	FBCF	VS	Exportation	
<b>Produits Locaux (au prix de base)</b>								
Produit (1)								P (1)
Produit (2)								P (2)
Produit (3)								P (3)
<b>Produits importés (CAF)</b>								
Produit (1)								
Produit (2)								
Produit (3)								
<b>Impôts sur les importations (IIMP)</b>								
IIMP_CI (1)		IIMP_CI (2)	IIMP_CI (3)	IIMP_CF	IIMP_FBCF	IIMP_VS	IIMP_Exp	
<b>Total Emploi à prix de base</b>								
CI_base (1)		CI_base (2)	CI_base (3)	CF_base	FBCF_base	VS_base	Exp_base	
<b>Autres impôts nets des subventions sur les produits (AINSP)</b>								
AINSP_CI (1)		AINSP_CI (2)	AINSP_CI (3)	AINSP_CF	AINSP_FBCF	AINSP_VS	AINSP_Exp	
<b>Total Emploi à prix d'acquisition</b>								
CI_acquisition (1)		CI_acquisition (2)	CI_acquisition (3)	CF_acquisition	FBCF_acquisition	VS_acquisition	Exp_acquisition	
<b>Valeur Ajoutée (VA)</b>								
VA (1)		VA (2)	VA (3)					
<b>Rémunération des salariés (RS)</b>								
RS (1)		RS (2)	RS (3)					
<b>Impôts nets sur la production (INP)</b>								
INP (1)		INP (2)	INP (3)					
<b>Excédent brut d'exploitation (EBE)</b>								
EBE (1)		EBE (2)	EBE (3)					
<b>Production branche</b>								
PB (1)		PB (2)	PB (3)					

#### Légende

Flux de biens et de services intermédiaires produits localement
Flux de biens et de services intermédiaires importés

Flux de biens et de services finals produits localement
Flux de biens et de services finals importés

## Annexe 2 : Démonstration de l'équation (3.14)

Pour démontrer cette équation, nous allons utiliser deux facteurs de production. Il nous faut donc montrer que, pour deux facteurs, la fonction de coût se présente comme suit :

$$c_i \left( \frac{w_i}{q'} \right) = \frac{1}{\beta_i} (\alpha_i)^{-\alpha_i} (1-\alpha_i)^{\alpha_i-1} q_1^{\alpha_i} q_2^{1-\alpha_i} w_i$$

Le système à résoudre devient donc :

$$\begin{cases} \min q_1 b_{1i} + q_2 b_{2i} \\ sc \\ w_i = \beta_i b_{1i}^{\alpha_i} b_{2i}^{1-\alpha_i} \end{cases}$$

Le calcul du Lagrangien se présente comme suit :

$$L_i = q_1 b_{1i} + q_2 b_{2i} + \lambda (w_i - \beta_i b_{1i}^{\alpha_i} b_{2i}^{1-\alpha_i})$$

Les conditions de premier ordre

$$\begin{aligned} \frac{\partial L_i}{\partial b_{1i}} &= q_1 - \lambda \alpha_i b_{1i}^{-1} w_i = 0 \\ \Rightarrow q_1 &= \lambda \alpha_i b_{1i}^{-1} w_i \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial L_i}{\partial b_{2i}} &= q_2 - \lambda (1-\alpha_i) b_{2i}^{-1} w_i = 0 \\ \Rightarrow q_2 &= \lambda (1-\alpha_i) b_{2i}^{-1} w_i \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial L_i}{\partial \lambda} &= w_i - \beta_i b_{1i}^{\alpha_i} b_{2i}^{1-\alpha_i} = 0 \\ \Rightarrow w_i &= \beta_i b_{1i}^{\alpha_i} b_{2i}^{1-\alpha_i} \end{aligned} \quad (3)$$

On divise (1) par (2) et on obtient le résultat suivant :

$$\begin{aligned} \frac{q_1}{q_2} &= \frac{\alpha_i}{b_{1i}} \times \frac{b_{2i}}{1-\alpha_i} \\ \Rightarrow b_{2i} &= b_{1i} \left[ \frac{(1-\alpha_i) q_1}{\alpha_i q_2} \right] \end{aligned} \quad (4)$$

On remplace l'équation (4) dans (3) ce qui nous permet d'obtenir la valeur de :

$$\widehat{b}_{1i} = \frac{1}{\beta_i} \left( \frac{1-\alpha_i}{\alpha_i} \right)^{\alpha_i-1} \left( \frac{q_1}{q_2} \right)^{\alpha_i-1} w_i \quad (5)$$

En remplaçant (5) dans (4) on trouve la valeur de :

$$\widehat{b}_{2i} = \frac{1}{\beta_i} \left( \frac{1-\alpha_i}{\alpha_i} \right)^{\alpha_i} \left( \frac{q_1}{q_2} \right)^{\alpha_i} w_i \quad (6)$$

Les quantités  $\widehat{b}_{1i}$  et  $\widehat{b}_{2i}$  sont les quantités optimales qui permettent aux producteurs de minimiser leurs coûts de production pour un vecteur de prix  $(q_1, q_2)$ . Le coût  $c_i \left( \frac{w_i}{q'} \right)$  des facteurs de productions nécessaires à la production du bien  $i$  s'écrit :

$$\begin{aligned} c_i \left( \frac{w_i}{q'} \right) &= q_1 \widehat{b}_{1i} + q_2 \widehat{b}_{2i} \\ c_i \left( \frac{w_i}{q'} \right) &= \frac{1}{\beta_i} (\alpha_i)^{-\alpha_i} (1-\alpha_i)^{\alpha_i-1} q_1^{\alpha_i} q_2^{1-\alpha_i} w_i \end{aligned} \quad (7)$$

### Annexe 3 : Démonstration de l'équation (3.17)

Il nous faut démontrer que

$$c_i(w_i / t_i) = \left[ \left( \frac{t_{1i}}{\mu_i a_{1i}} \right)^\tau + \left( \frac{t_{2i}}{\mu_i a_{2i}} \right)^\tau \right]^{\frac{1}{\tau}} w_i$$

A partir de la fonction de minimisation suivante

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Min} \sum_{k=1}^2 t_{ki} \times d_{ki} \\ \text{sc} \\ w_i^\rho = \mu_i^\rho \left[ (a_{1i} d_{1i})^\rho + (a_{2i} d_{2i})^\rho \right] \end{array} \right.$$

Le processus de démonstration est le même que celui de l'équation (3.14) à la seule différence qu'ici c'est la fonction de CES qui est utilisée.

