

## **Consommation d'essence au Bénin et différentiel de prix entre les secteurs formel et informel : une analyse à partir du modèle à seuil de Hansen.**

**Vincent J.M. KIKI\***, **Aristide MEDENON**, **Rodrigue Sèdjro C. DOSSOU-CADJA**,  
*Ecole Nationale d'Economie Appliquée et de Management (ENEAM), Université d'Abomey-Calavi (UAC), E-mail: jmvincentkiki@yahoo.fr*

**Résumé :** Le marché pétrolier béninois fait l'objet depuis les années 1980 d'un parallélisme de distribution des produits pétroliers qui se traduit par la coexistence et le fonctionnement simultané d'un marché officiel incarné par les stations d'essence et d'un marché parallèle caractérisé par les étalages d'essence aux abords des rues. Pour s'approvisionner, le consommateur d'essence en fonction de certains calculs de coût d'opportunité s'adresse à l'un ou l'autre des deux marchés. Ce papier analyse, à partir de l'estimation d'un modèle à régime, le seuil du différentiel de prix (prix formel-prix informel) qui détermine les deux comportements opposés du consommateur d'essence. Les estimations montrent que le consommateur d'essence n'est fidèle à la consommation de l'essence de contrebande que lorsque le prix informel est supérieur au prix officiel à la station d'au moins 15 FCFA. Dans le cas contraire, il s'attache inconditionnellement à une consommation dans les stations-services.

**Mots clés :** *marché parallèle – modèle à seuil – prix formel – seuil du différentiel de prix.*

### ***Fuel consumption in Benin and price differential between the formal and informal sectors: An analysis using Hansen's threshold model.***

**Abstract :** *The Benin petroleum market is subject to parallel petroleum products distribution since the years 1980 area expressed by the coexistence and simultaneous functioning of an official market embodied by the oil stations and a parallel market embodied by oil stalls-place of sale round the corner. To stock up on, the petrol consumer according to some quick accounts of opportunity cost, apply to one or other of the two markets. This paper analyzes from the estimation of a threshold model, the point of the differential price (formal price – informal price) which defines the two opposite's behaviors of petrol consumer. The results show that the petrol consumer is faithful to the consumption of the smuggling petrol when the differential price "formal price - informal price" exceeds the point of: " minus fifteen francs CFA" (" -15 francs CFA"). In the contrary, he gets unconditionally attached to stock up with the petrol stations.*

**Keywords:** *parallel petroleum products distribution – threshold model – formal price – point of the differential price*

**JEL Classification:** *D12 - K42 - L11 - O24*

Received for publication: 20140821. Final revision accepted for publication: 20160625

\* Corresponding author.

## 1. Introduction

L'analyse du paysage socio-économique du Bénin révèle à l'instar de beaucoup d'autres pays en Afrique, une prédominance de l'économie informelle en termes d'emploi et de création de revenus (Ale, 2011). Au Bénin, la volonté d'organiser le secteur informel afin qu'il contribue au Budget Général de l'Etat est manifeste et se traduit par des études et la mise en œuvre de programmes et politiques remarquables. Mais, force est de constater que le secteur informel, qui absorbe environ 95% des entreprises du pays, reste prédominant et occasionne d'importants manques à gagner pour l'Etat (CES, 2011). De 2006 à 2010, le secteur informel a contribué à hauteur de 67,7% en moyenne par an à la formation du PIB, mais il ne contribue que de 1% en moyenne par an aux recettes fiscales (CES, 2011).

En examinant la situation des relations commerciales du Bénin avec le reste du monde, les résultats d'une étude du Laboratoire d'Analyse Régionale et d'Expertise Sociale (LARES, 1998) sur l'estimation des importations de produits nigériens au Bénin faisaient du Nigeria le premier partenaire commercial du pays au regard de l'importance des flux commerciaux officiels et informels en provenance de ce pays et du reste du monde.

L'un des principaux aboutissants des relations commerciales informelles entre le Nigeria et le Bénin est le trafic illicite des produits pétroliers. Selon le LARES (2005), ce sont les relations socio-culturelles très anciennes entre les deux pays qui ont favorisé la naissance de ce trafic.

Dès lors, le commerce de l'essence de contrebande est l'une des activités du secteur informel béninois les plus difficiles à appréhender, et ayant de lourds impacts sur l'économie nationale.

Cette activité retient de plus en plus l'attention au plus haut niveau des gouvernants qui jusque ici, sans succès, ont tenté de l'évacuer de la sphère économique. De nombreuses études dont les travaux du LARES en 2005 et en 2011, se sont intéressées à l'analyse de l'ampleur de cette activité.

Le présent article s'inscrit dans la problématique du secteur informel béninois du commerce de l'essence de contrebande dans le but d'apporter une valeur ajoutée aux efforts de recherches dans le domaine, surtout en ce qui concerne l'attitude du consommateur au regard des prix de l'essence d'un secteur à l'autre. A partir de quel différentiel de prix (prix à la station – prix de l'essence de contrebande), le consommateur d'essence décide-t-il d'abandonner l'essence de rue pour s'approvisionner à la station ? Une bonne réponse à cette question aux moyens d'outils scientifiques est susceptible d'impulser une avancée dans la recherche des pistes de sortie de crise du marché pétrolier béninois. C'est là un aspect marquant l'intérêt et l'originalité de la présente recherche.

C'est à partir du modèle à seuil endogène de Hansen (2000), que sera identifié le seuil de basculement de l'informel vers le formel des consommateurs de carburant de contrebande.

La suite de l'article est organisée de la façon suivante. La deuxième section présente une synthèse des différents travaux sur le commerce parallèle de l'essence. Cette section fournit également, les fondements théoriques de l'approche par seuil du différentiel de prix entre les marchés officiel et parallèle du comportement du consommateur d'essence. Dans la troisième section sont présentées les données et les variables de l'étude. La quatrième section présente la spécification du modèle d'analyse et la méthodologie d'estimation. Les résultats de l'estimation sont présentés et analysés dans la cinquième section. La sixième section discute les principales conclusions qui se dégagent de l'étude.

## 2. Le marché parallèle de l'essence au Bénin dans la littérature

Il ressort des différentes études que le secteur informel du commerce de l'essence au Bénin est composé de plusieurs types d'acteurs. On peut citer les exportateurs nigériens, les importateurs béninois qui sont de hauts responsables de l'appareil politico-administratif tant au Nigeria qu'au Bénin et positionnés tout au début de la chaîne de commercialisation. Il y a aussi les grossistes, les semi-grossistes ; les détaillants ; et les intermédiaires ou agents d'approvisionnement (les automobilistes, les motards, les piroguiers) (LARES, 2005).

On note également que le secteur de l'essence informel au Bénin est pourvoyeur d'emploi pour les sans-emplois notamment les femmes et les enfants (LARES, 2005 ; ONG-Action Sociale, 2006 ; Ale, 2011). Aussi, certaines études révèlent-elles que le secteur informel a un **impact négatif** sur :

- ✓ **la fiscalité** : selon le LARES (2005), le manque à gagner pour l'Etat en matière fiscale est d'environ 20 milliards de FCFA chaque année en moyenne.
- ✓ **l'émergence du secteur informel** avec la forte concurrence qu'il fait aux compagnies pétrolières et ses prix<sup>1</sup> très bas qui attirent l'essentiel des clients et provoquent la mévente dans les rangs des essenceries officielles. (LARES, 2005 ; Adjin et Gbenou, 2009 ; Doutetien, 2012)

Le Fonds Monétaire International (FMI, 2012) montre que les prix proposés par le secteur informel de l'essence au Bénin sont en lien direct avec ceux en vigueur sur le marché officiel nigérien de l'essence, qui sont relativement bas à cause des subventions de l'Etat nigérien pour le pétrole. La subvention nigérienne favorise fortement les prix concurrentiels de l'essence de contrebande au Bénin. Cette situation donne aux importateurs frauduleux béninois, un avantage concurrentiel de prix sur le marché de l'essence au Bénin.

Suite à la crise du marché de l'essence au Nigéria (baisse des subventions gouvernementales au prix de l'essence) en Janvier 2012, l'étude du Fonds Monétaire International (FMI, 2012) a analysé l'impact de ce choc extérieur sur l'économie béninoise. Il en ressort principalement que le choc de janvier 2012 a entraîné au Bénin une hausse de l'ordre de 3 points de pourcentage du niveau général des prix et une

---

<sup>1</sup> En effet, les prix de l'essence de contrebande sont généralement inférieurs aux prix proposés par les stations-services.

perte de croissance économique estimé à 0,6 point la croissance de l'économie béninoise.

En définitive, toutes ces études se sont intéressées à divers aspects du secteur informel de l'essence au Bénin. Néanmoins, Il convient de souligner que la question de détermination du seuil de différentiel à partir duquel le consommateur d'essence préfère s'approvisionner dans le secteur formel reste non encore abordée jusque-là et constitue à n'en point douter une originalité pertinente de la présente recherche.

Ainsi, tenant compte du commerce de l'essence au Bénin, la question de détermination du différentiel de prix entre le formel et l'informel à partir duquel le consommateur préfère s'approvisionner dans le secteur formel, revient à la détermination de l'élasticité de la demande informelle d'essence par rapport à la différence de prix entre les secteurs formel et informel. Pour le LARES (2005, p76), *"le différentiel de prix entre le marché officiel et le marché parallèle de l'essence résulte des disparités de politiques économiques entre le Bénin et le Nigeria, et détermine les échanges informels d'hydrocarbures dans les deux pays"*. Entre août 2000 et septembre 2004, (exception faite de juillet 2003), le différentiel de prix au Bénin est compris entre 37 FCFA/Litre et 149 FCFA/Litre et a favorisé la croissance de la consommation de l'essence de contrebande sur la période (LARES, 2005).

Cependant, la demande informelle d'essence représentée par la consommation informelle globale d'essence<sup>2</sup> n'est pas seulement fonction du différentiel de prix. En effet, le niveau de couverture du pays en stations-services est aussi très déterminant (ONG-Action Sociale, 2006 ; LARES, 2005, 2011 ; Adjin et Gbenou, 2009). Ce niveau de couverture est très faible avec une répartition très inégale des stations à travers le territoire national. En 2011, alors que les départements de l'Atlantique, du Borgou et du Littoral viennent en tête avec respectivement 51, 46 et 44 stations et mini stations-service fonctionnelles, les départements de l'Ouémé et du plateau ferment la marche avec respectivement 9 stations et 1 station, (LARES et SONACOP, 2011). En effet, les départements de l'Ouémé et du Plateau comportent des zones frontalières avec le Nigéria, zones où on a parfois du mal à distinguer Béninois et Nigériens. Quant aux départements du Littoral (Cotonou) et de l'Atlantique, ils sont plutôt limités au Sud par l'océan Atlantique et n'ont aucun contact direct avec le Nigeria, même si le Littoral est limité à l'Est par le département de l'Ouémé. Enfin, le département du Borgou est situé au Nord-Est du Bénin sans aucun contact avec la mer, mais avec d'importantes villes frontalières avec le Nigéria. Ces chiffres rapportés aux résultats du 4<sup>ème</sup> Recensement Général de la Population et de l'Habitation (RGPH 4) donnent environ 4 stations pour 100.000 habitants dans l'Atacora et dans le Borgou, 6 stations pour 100.000 habitants à Cotonou et 1 seule station pour tous les 624.000 habitants du Plateau. Toutes choses égales par ailleurs, ces chiffres traduisent le temps que doit être obligé de perdre globalement le consommateur d'essence ainsi que la distance qu'il doit parcourir s'il décide de s'approvisionner dans une station-service au cas où il y aurait une pression

---

<sup>2</sup> Cette consommation est estimée par le LARES (2005) de 1998 à 2004

sur la demande d'essence dans les stations. Cette situation réduit la demande formelle puisqu'il y a toujours un étalage de produits pétroliers informels « à côté ».

Ces relations pertinentes entre demande informelle de carburant et différentiel de prix d'une part et, demande informelle de carburant et taux de couverture des stations-service d'autre part, permettent de soupçonner l'existence d'une relation non linéaire entre ces différentes variables. En effet, le consommateur informel peut être indifférent à l'arbitrage de la différence de prix entre les secteurs formel et informel parce qu'il n'est pas prêt à perdre du temps dans une station-service. Ce faisant, il pourrait continuer à s'approvisionner dans le secteur informel où les achats se font rapidement. Il y a aussi le fait que l'essence formelle à la station n'est pas visible à l'œil nu pour permettre l'appréciation de sa qualité. On n'est pas non plus certain que la quantité livrée à la station par le pompiste est conforme à la norme (Le litre livré correspond-il réellement aux cent centilitres ?). Les étalages du secteur informel ont par contre l'avantage de ne pas être sujets à ces genres de doutes à propos de la qualité et de la quantité. Si par exemple l'essence est trouble, on peut déjà le percevoir à travers la bouteille. Toutefois, il y a un risque d'incendie très élevé à propos de l'essence de contrebande depuis l'étape de stockage jusqu'à celle de la distribution. Il faut également noter le fait que les opérations de transvasement peuvent générer certaines conséquences comme les risques de maladie (Doutetien, 2012), et l'échappement du gaz qui pourrait altérer la qualité du carburant à la combustion. Cet échappement de gaz justifie entre autres le qualificatif d'« essence frelatée » (ou essence « kpayo » en patois), utilisé par nombre de Béninois.

Pour traiter la question de l'élasticité de la demande informelle par rapport au différentiel de prix, l'option faite est de recourir à une modélisation non linéaire. Cela justifie notre choix pour les modèles à effet de seuil, qui sont une catégorie de modèle non linéaire adapté à ces questions.

### **3. Données et Variables de l'étude**

#### **3.1. Les données**

La recherche documentaire a été complétée par une étude des documents administratifs des compagnies pétrolières telles que : la SONACOP (Société Nationale de Commercialisation de Produits pétroliers au Bénin), ORYX et TOTAL.

**La collecte de données a été complétée avec des entretiens avec des personnes ressources** du LARES, de l'INSAE, de la DGTT, de la DGAE, du PNUD, de la DGCI, de la SONACOP, des compagnies pétrolières ORYX et TOTAL. D'autres entretiens ont eu lieu avec certains détaillants informels d'essence à Cotonou et à Porto-Novo, des gérants de station d'essence à Cotonou, et aussi quelques consommateurs d'essence.

De façon spécifique, les données de l'étude sont fortement inspirées des résultats des études du LARES de 2005 et de 2011<sup>3</sup> autour de la question du marché informel de l'essence au Bénin. Les résultats des éditions de 1992, de 2002 et de 2013 du

---

<sup>3</sup> Pour 2011, le LARES était en coopération avec la SONACOP.

Recensement Général de la Population et de l'Habitat (RGPH2, 3 et 4) ont été aussi exploités.

Les données consacrées à l'analyse économétrique faite dans cet article, initialement annuelles, couvrent la période de 1998 à 2012, ce qui fait 15 observations. Pour plus de pertinence du modèle économétrique, il a fallu procéder à une semestrialisation afin de disposer d'une trentaine d'observation. Cette semestrialisation a été réalisée à l'aide de l'algorithme de Goldstein et Khan (1976)<sup>4</sup>. Quant aux données de stock, elles ont été semestrialisées par la méthode de glissement moyen semestriel entre deux années<sup>5</sup>. Ces différents traitements d'épuration des données sont bien entendu susceptibles d'introduire un biais dans les résultats. Cependant, toutes choses égales par ailleurs, les estimations ont une marge d'erreur acceptable pour la qualité de l'analyse faite dans cet article.

### 3.2. Les variables de l'étude

Les variables utilisées dans les estimations économétriques sont inspirées de la littérature. Elles concernent successivement :

- *La marge brute par type d'acteurs MB* : C'est la valeur ajoutée brute en FCFA (ou revenu brut) agrégée des détaillants et semi-grossistes du commerce de l'essence de contrebande. Elle est déterminée par le LARES (2005). Cette variable donne une idée du pouvoir d'achat par type d'acteurs du commerce de l'essence de contrebande.

*La consommation de l'essence Informelle (CONSEI)* : C'est la quantité totale d'essence en litres desservie par le secteur informel au cours d'une année t. Cette variable a été obtenue par un traitement des estimations du LARES (2005) par rapport à la consommation globale d'essence, la consommation d'essence informelle, et la consommation officielle d'essence. Pour arriver à ses fins, le LARES (2005) a adopté une méthodologie qui s'appuie sur une démarche de type socioéconomique. Il s'agit notamment de l'exploitation de la documentation existante d'une part et sur un grand travail d'enquêtes de terrain d'autre part. Les enquêtes de terrain du LARES comportent deux volets : les discussions avec les différents acteurs de la filière et les observations de visu<sup>6</sup>, notamment dans les zones frontalières entre le Bénin et le Nigeria et certains principaux points de redistribution des produits pétroliers (grossistes, demi-grossistes et détaillants). Une actualisation de ces données a été faite par le LARES avec l'étude de 2011 réalisée en coopération avec la SONACOP. En effet, l'étude de 2011 s'inscrit dans la même logique méthodologique que celle de 2005 un peu comme pour actualiser les informations sorties en 2005. Ce faisant le vide de 2005 à 2010 n'a pas été totalement comblé par cette étude. Ce faisant, les données

---

<sup>4</sup> Voir Annexe 1

<sup>5</sup> Annexe 2.

<sup>6</sup> Ou encore observations directs ont été possible grâce à un dispositif que le LARES a mis en place depuis plusieurs années pour appréhender les flux de marchandises entre le Bénin et le Nigeria, et a réalisé deux études en 1992 et en 1994, sur le commerce parallèle des hydrocarbures entre le Bénin et le Nigeria (Lares, 2005)

utilisées sont issues de la juxtaposition des études de 2005 et de 2011. Le vide de données de 2005 à 2010 ainsi que 2012 a été comblé par les différents entretiens et la recherche documentaire. Surtout à propos de l'estimation des consommations d'essence, les données du LARES (2005) et du LARES et SONACOP (2011) pour la période d'étude de 2005 à 2012 ont été complétées.

*La consommation de l'essence officielle (CONSEO) :* C'est la quantité totale d'essence desservie par le secteur formel au cours d'une année  $t$ . Cette variable a été obtenue de la même façon que la variable CONSEI. Il est attendu que cette variable ait un effet négatif sur la consommation de l'essence de contrebande.

*Le taux de couverture des stations-service (TCS) :* Il renseigne sur la disponibilité de stations-service sur l'étendue du territoire national. Il est obtenu par le rapport entre le nombre de stations-service disponible à une année donnée sur l'effectif de la population<sup>7</sup> la même année. Il est calculé pour 100.000 habitants et devrait agir négativement sur la consommation de l'essence de contrebande.

*Le différentiel de prix (DIF) :* Il s'agit du différentiel de prix entre le marché officiel et le marché informel de l'essence au Bénin (*DIF*), utilisé comme variable de transition. Pour réduire la variabilité de ce différentiel, il a été divisé par 100. La formule de calcul est la suivante :

$$DIF = (\text{prix formel} - \text{prix informel})/100$$

- Les effectifs des voitures en circulation (*VC*) et des véhicules deux-roues à moteur en circulation (*MC*). Ces variables sont explicatives de la consommation d'essence dans le modèle.
- *L'effectif total des Acteurs (Eft) :* C'est l'effectif agrégé des détaillants, des semi-grossistes et des grossistes dans le circuit de commercialisation de l'essence de contrebande au Bénin. Il est estimé à partir des données du LARES (2005) et du LARES et SONACOP (2011).

---

<sup>7</sup> L'effectif de la population sur notre période d'étude (1998 à 2012) a été obtenu à l'INSAE à partir des RGPH2, 3 et 4. Une linéarisation des données de population de 1992, 2002 et 2013 a été faite avec DEMPROJ sous le logiciel Spectrum V.3.

## 4. Le Modèle

### 4.1. Aperçu théorique sur les modèles à seuil

Le modèle servant de base théorique à l'analyse faite dans ce papier est le modèle à seuil de Hansen (2000). Ce modèle est un prolongement du modèle précurseur des modèles à seuil de Goldfeld et Quandt (1972, cité par Uctum, 2007). Le modèle précurseur des modèles à seuil de Goldfeld et Quandt (1972, 1973, cité par Uctum, 2007) et le modèle à seuil de Hansen (2000) s'écrivent comme suit :

$$y_t = \beta_{it}x_{it} + \varepsilon_{it} \quad \text{si} \quad \alpha_{i-1} < s_t < \alpha_i, \quad i = 1, \dots, k$$

où  $y_t$  la variable endogène,  $x_{it}$  les variables exogènes,  $\beta_{it}$  les coefficients à estimer,  $s_t$  est une variable de seuil et les  $\alpha_i$  sont des seuils inconnus tels que  $\alpha_0 < \alpha_1 < \dots < \alpha_k$  (on pose par convention  $\alpha_0 = -\infty$  et  $\alpha_k = +\infty$ ). Les  $\varepsilon_{it}$  sont des bruits blancs normaux. Dans le cas le plus simple  $s_t$  est une variable identifiable exogène incluse dans les  $x_{it}$ , mais elle peut aussi prendre la forme d'une somme pondérée des variables exogènes  $x_{it}$  où les pondérations sont des paramètres inconnus à estimer.

Pour estimer ce modèle, les auteurs proposent de conditionner chaque régime  $i$  à un positionnement spécifique de  $s_t$  par rapport à l'ensemble des seuils ordonnés  $\alpha_j$  ( $j=1, \dots, k-1$ ). A chacun des seuils est alors associée une fonction binaire  $d_j(s_t)$  prenant la valeur zéro si  $s_t \leq \alpha_j$  et 1 sinon. Dans le cas primaire d'un unique seuil  $\alpha$ , et où la variable de seuil  $s_t$  est l'une des variables exogènes, le modèle à estimer de Hansen (2000) s'écrit :

$$y_t = \beta_{it}x_{it} + \delta_n d_j(s_t) + \varepsilon_{it} \quad \text{avec} \quad d_j(s_t) = \begin{cases} 1 & \text{si } s_t > \alpha \\ 0 & \text{si } s_t \leq \alpha \end{cases}$$

$\delta_n$  étant le coefficient à estimer de la variable de seuil  $s_t$ .

Par ailleurs, d'autres types de modèles à seuil sont à distinguer :

- ✓ les modèles autorégressifs à transition brutale ou modèles TAR (threshold autoregressive) introduits par Tong et Lim (1980, cité par Guironnet, 2005) ;
- ✓ les modèles SETAR<sup>8</sup> (« self-exciting threshold autoregressive ») qui sont le prolongement des modèles TAR ;
- ✓ les modèles à transition douce ou modèles STAR (« smooth transition autoregressive ») proposés par Chang et Tong (1986, cité par Uctum, 2007).

L'ensemble de ces modèles remet en cause la non stationnarité d'un processus établi dans un cadre linéaire. Par exemple, un processus peut suivre une marche aléatoire dans une zone centrale mais à contrario un comportement stable dans les zones extrêmes (Guironnet, 2005). Ainsi il est considéré dans le cadre des modèles à seuil, qu'une relation peut être non linéaire sur la période globale mais linéaire par sous

---

<sup>8</sup> On note aussi une transition brutale pour le passage d'un régime à un autre.

périodes (considérées comme les régimes qui sont déterminés par une variable de transition).

Les modèles TAR et SETAR supposent un passage brutal d'un régime à un autre c'est-à-dire que les individus n'ont pas eu le temps de se préparer à l'entrée dans le nouveau régime, tandis que les modèles STAR supposent un passage souple d'un régime à un autre (entrée progressive et douce dans chaque nouveau régime), (Guironnet, 2005). Dans ces modèles (TAR, SETAR et STAR), la variable de seuil (ou de transition entre les régimes) dépend des valeurs passées de la variable endogène (variable à expliquer) et les seuils sont déterminés de manière heuristique (Uctum, 2007). Ils sont une catégorie des modèles à seuil déterministe. Ces modèles ne sont donc pas adaptés à la présente étude car ici, la variable à seuil est connue et est exogène, il s'agit bien évidemment du différentiel de prix entre le formel et l'informel de l'essence au Bénin. C'est ce qui justifie ici, le choix du modèle de Hansen (2000).

#### 4.2. Spécification empirique du modèle

Le modèle estimé se spécifie de la façon suivante :

$$LCONSEI_t = C + \alpha_1 LCONSEO_t + \alpha_2 TCS_t + \alpha_3 LVC_t + \alpha_4 LMC_t + \alpha_5 TCN_t + \alpha_6 LMBDS_t + \alpha_7 LEft_t + \alpha_8 (D_0 \times RDIF_t) + \varepsilon_t \quad \text{avec} \quad (1)$$

$$D_0 = \begin{cases} 1 & \text{si } RDIF_t > \gamma \\ 0 & \text{si } RDIF_t \leq \gamma \end{cases}$$

La lettre L devant une variable traduit le logarithme népérien. *CONSEI* est la consommation de l'essence de contrebande, *CONSEO* est la consommation de l'essence sur le marché officiel, *TCS* est le taux de couverture des stations-service, *VC* et *MC* sont respectivement les effectifs de véhicules à deux roues (motos) et voitures en circulation. *TCN* est le taux de change de la monnaie nigériane par rapport au FCFA. La variable *MBDS*, représente la marge brute par litre d'un détaillant ou semi-grossiste informel de l'essence (en francs CFA). *Eft* est l'effectif total des acteurs (détaillants et semi-grossistes).

Le paramètre  $\gamma$  est le seuil éventuel du différentiel de prix (DIF), autour duquel le consommateur d'essence bascule du régime de consommation informelle vers celui des stations-service. Le terme d'erreur  $\varepsilon_t$  est un bruit blanc normal. La constante du modèle est *C*. La variable  $D_0$  est une variable indicatrice (variable dummy) associé au seuil  $\gamma$  pour indiquer les changements de régime de consommation (à l'image du modèle précurseur de Goldfeld et Quandt). Les paramètres des coefficients à estimer sont les  $\alpha_i, i = 1, \dots, 8$ . Ainsi, ces coefficients mesurent l'effet sur la consommation informelle d'essence, respectivement des variables explicatives selon que le différentiel de prix entre le formel et l'informel de l'essence au Bénin soit au-dessus ou en dessous du seuil déterminé.

L'équation (1) est une régression temporelle où les variables sont indexées par le temps. Elle indique deux régimes de la consommation informelle : un premier où les consommateurs d'essence s'approvisionnent beaucoup plus dans le secteur informel quel que soit le niveau du différentiel de prix (entre le marché officiel et le marché

informel de l'essence au Bénin), et un deuxième où les consommateurs sont plutôt orientés beaucoup plus vers les stations d'essence à partir d'un différentiel de prix  $\gamma$ .

#### 4.3. Estimation du seuil

- *Détermination du seuil et estimation du modèle à seuil*

La méthode d'estimation repose sur la méthodologie développée par Hansen (2000). Il s'agit d'une méthode de balayage suivant laquelle, l'équation de référence (2) est estimée pour différentes valeurs du seuil. En premier lieu, on estime le modèle par la méthode des moindres carrés ordinaires, pour plusieurs valeurs du seuil, ensuite, il faut choisir la valeur qui minimise la somme des carrés des résidus.

- *Test de la non linéarité globale du modèle en la valeur seuil optimale*

Après la détermination du seuil optimal et l'estimation du modèle à seuil (estimations des différents régimes), on teste sa "non linéarité" pour s'assurer qu'en la valeur seuil, la relation globale entre la variable endogène et les variables exogènes est effectivement non linéaire. On distingue deux grandes approches de test de spécification de la "non linéarité" dans le cas des modèles à seuil, (Zokoian, 1994). La première approche vise à tester la linéarité sans spécification précise de l'alternative. La deuxième approche concerne les tests de non linéarité développé par Tsay (1989) dans le cas des modèles autorégressifs à un seuil, et le test de linéarité de Saikkonen et Luukkonen (1988) fondé sur une statistique du multiplicateur de Lagrange. L'hypothèse nulle  $H_0$  de ces deux tests est "la linéarité".

Dans le cas du test de non linéarité de Tsay (1989), la statistique du test est

$$Q(m) = \frac{(\sum \hat{\varepsilon}_i^2 - \sum \hat{\varepsilon}_i^2)/(p + 1)}{\sum \hat{\varepsilon}_i^2/(N - b - 2p - 1)}$$

où  $b$  est le nombre d'observations utilisées pour initialiser les estimations récursives,  $N$  le nombre total d'observations. Les  $\hat{\varepsilon}_i^2$  sont les résidus standardisés du modèle du régime des  $m$  premières observations (les observations étant ordonnées), et  $\hat{\varepsilon}_i^2$  les résidus standardisés du modèle donnés par la régression des perturbations du modèle du régime des  $m$  premières observations sur la variable dépendante. Sous l'hypothèse nulle de la linéarité, la statistique  $Q(m)$  suit un Fisher à  $(m+1)$  et  $(N-b-2p-1)$  degrés de liberté. Suivant Tsay, on peut retenir  $b=(N/10)+p$  (Guironnet, 2005). On rejette  $H_0$  si la valeur calculée de  $Q(m)$  est inférieure à la valeur lue dans la table de Fisher.

Quant au test de linéarité de Saikkonen et Luukkonen (1988), à partir de la statistique des auteurs autour du multiplicateur de Lagrange, Zokoian (1994), il propose trois statistiques de test fondé sur la vraisemblance, qui sont asymptotiquement équivalentes sous  $H_0$ . Ces statistiques sont les suivantes :

- (i)  $\xi_{ML} = \frac{1}{\hat{\sigma}^2} [\sum_{t=1}^T X_{t-1}^- \tilde{\varepsilon}_t]^2 [\sum_{t=1}^T X_{t-1}^2] [(\sum_{t=1}^T X_{t-1}^-) (\sum_{t=1}^T X_{t-1}^+)]^{-1}$
- (ii)  $\xi_{LM}^* = T \frac{v'Z (Z'Z)^{-1} Z'v}{v'v} = TR^2$  où  $R^2$  est le coefficient de détermination dans la régression de  $v$  sur  $Z$ .
- (iii)  $\tilde{\xi}_{ML} =$

$$\frac{1}{\hat{\sigma}^2} [\sum_{t=2}^T X_{t-2} \tilde{\varepsilon}_t]^2 [\sum_{t=2}^T X_{t-1}^2] \left[ (\sum_{t=2}^T X_{t-1}^2)^2 - (\sum_{t=2}^T X_{t-1} X_{t-2})^2 \right]^{-1}$$

$X_T = (X_0, \dots, X_T)$  est le vecteur des observations,  $v' = (\tilde{\varepsilon}_1, \dots, \tilde{\varepsilon}_T)$  est le vecteur des résidus coorespondant à l'estimation des paramètres  $\theta$  de la Log-vraissemblance de  $X_T$  et  $Z' = \begin{bmatrix} X_0^+ & \dots & X_{T-1}^+ \\ X_0^- & \dots & X_{T-1}^- \end{bmatrix}$  est le vecteur qui met en évidence le régime de chacune des T premières observations. Ces trois statistiques suivent chacune un  $\chi^2$  à un degré de liberté. Au seuil d'erreur  $\alpha$ , la région critique correspondant au test est  $W_T = \{\xi_{ML} \geq \chi_{1-\alpha(1)}^2\}$ .

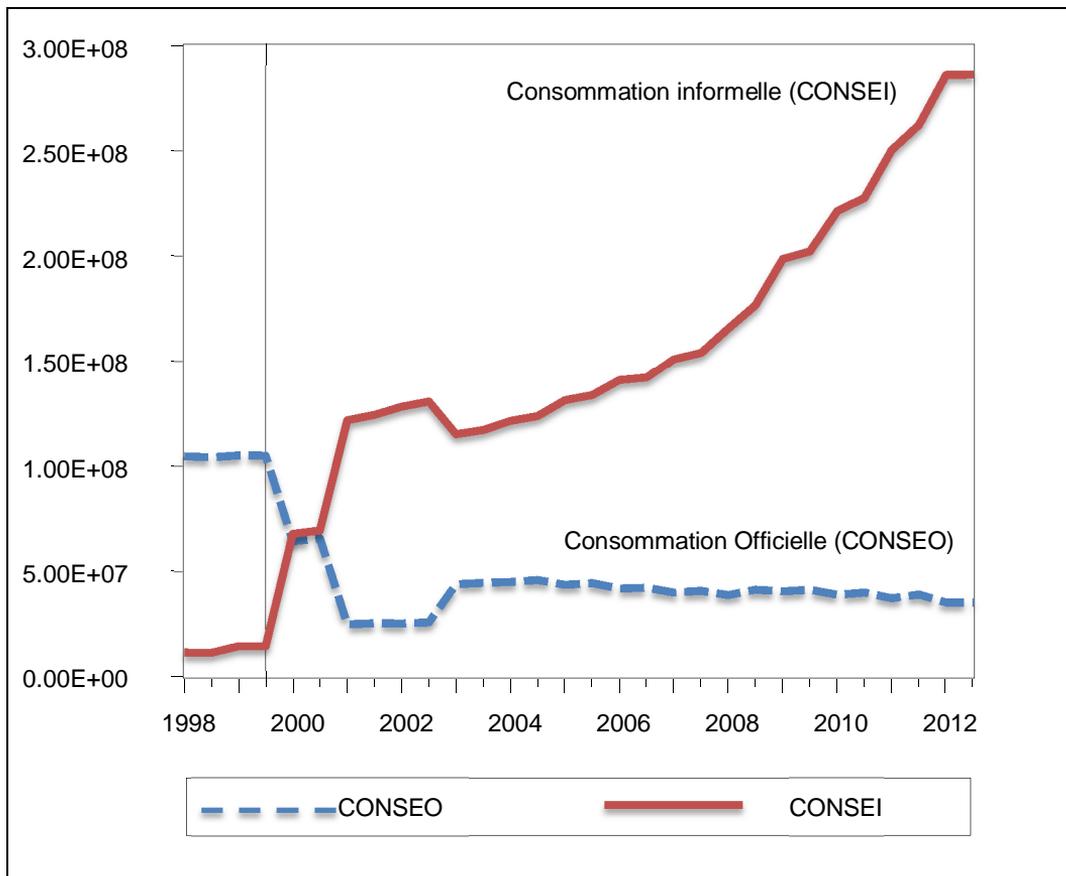
• **Test de significativité du seuil déterminé**

De façon pratique, la significativité du seuil de la variable de transition définissant les régimes est directement liée avec la significativité du coefficient estimé de cette variable dans l'un au moins des régimes linéaires du modèle global non linéaire. Ainsi, la valeur seuil est d'autant plus significative que le niveau de confiance de l'acceptation de l'hypothèse de significativité du coefficient estimé de la variable de seuil est élevé. L'hypothèse nulle de « non significativité» de la valeur seuil est acceptée lorsque la p-value du coefficient estimé de la variable de transition est supérieure au risque d'erreur retenu.

**5. Résultats des estimations et interprétations**

La figure 1 ci-dessous montre une forte corrélation négative entre les consommations officielle et informelle d'essence. Le coefficient de corrélation estimé est de -0,9. Ceci semble montrer une forte substituabilité entre l'essence vendu sur le marché officiel et celui vendu sur le marché informel.

**Graphique 1** : Evolution des consommations informelle et formelle d'essence au Bénin de 1998 à 2012 laissant et présomption de régimes de consommations d'essence



Source : Auteurs à partir des données du LARES, de la DGCI, de la DGTT.

Les tests de stationnarité ont révélé que, à part les variables LMBDS et LTCN qui sont stationnaires à niveau, et la variable LVC qui est intégrée d'ordre 2, toutes les autres variables du modèle sont intégrées d'ordre 1. Etant donné le nombre important de variables intégrées d'ordre 1, il a été réalisé le test de cointégration de Johansen (1991,1995) sur les variables intégrées de même ordre. Ce test a révélé qu'il n'y a aucune relation de cointégration entre les différentes variables. De même, le test de Farrar et Glauber a montré qu'il n'y a pas de multicolinéarité entre les variables.

Le modèle linéaire estimé est invalidé par les tests. Le seuil optimal déterminé pour le différentiel de prix est de "-15F CFA ". Ce seuil est significatif et la dynamique du modèle global à seuil est bien non linéaire.

**Tableau 1:** Estimation du modèle à seuil pour les deux régimes

	<b>Régime 1</b> <b>DIF ≤ 15 FCFA</b>	<b>Régime 2</b> <b>DIF &gt; 15 FCFA</b>
<i>Constante</i>	18,636 <sup>***</sup> (0,541)	18,789 <sup>***</sup> (0,422)
<i>DIF</i>	-0,011 <sup>ns</sup> (0,251)	0,077 <sup>***</sup> (1,329)
<i>LCONSEO</i>	-0,430 <sup>***</sup> (0,173)	-0,481 <sup>***</sup> (0,155)
<i>LEFT</i>	0,371 <sup>***</sup> (0,137)	0,102 <sup>ns</sup> (0,109)
<i>LMC</i>	-0,284 <sup>ns</sup> (0,421)	0,306 <sup>ns</sup> (0,386)
<i>LVC</i>	-0,175 <sup>*</sup> (0,095)	0,132 <sup>*</sup> (0,071)
<i>LMBDS</i>	0,351 <sup>***</sup> (0,102)	0,286 <sup>***</sup> (0,074)
<i>TCN</i>	-0,318 <sup>***</sup> (0,102)	-0,294 <sup>***</sup> (0,068)
<i>TCS</i>	-0,069 <sup>ns</sup> (0,049)	-0,069 <sup>ns</sup> (0,046)
<i>LCONSEI<sub>t-1</sub></i>	0,568 <sup>***</sup> (0,149)	
<b>R<sup>2</sup></b>	<b>0,925</b>	<b>0,969</b>
<b>R<sup>2</sup> ajusté</b>	<b>0,886</b>	<b>0,957</b>

Source : Estimations des auteurs

\*, \*\* et \*\*\* désignent respectivement la significativité du coefficient estimé aux seuils de 10%, 5% et 1%. <sup>ns</sup> traduit que le coefficient estimé est non significatif. Les chiffres entre parenthèses représentent les écarts-types estimés.

Les modèles des deux régimes sont globalement significatifs au seuil d'erreur de 1% ( $Prob(F\text{-statistic de Fisher}) < 0,01$  dans les deux cas). Le 1<sup>er</sup> régime (régime1) est celui où le différentiel de prix (prix formel-prix informel) est inférieur ou égal à "-15 FCFA" (régime en dessous du seuil). Autrement dit, dans ce régime, le prix informel est supérieur ou égal au prix officiel. Dans ce régime, le prix du litre d'essence dans les stations d'essence (secteur formel) est inférieur au prix du litre d'essence dans le secteur informel **d'au moins 15 francs CFA**.

Dans le 2<sup>ème</sup> régime, Les R<sup>2</sup> et R<sup>2</sup> ajusté du modèle sont très proches de 1 (respectivement 0,97 et 0,96).

Ceci témoigne que le pouvoir explicatif des variables explicatives dans le régime 2 est très élevé. Les variables explicatives expliquent en général très bien la consommation informelle dans le régime 2 (au-dessus du seuil). L'effectif total des acteurs, l'effectif des motos en circulation et le taux de couverture des stations d'essence sont les seules

variables non significatives dans ce régime. Les signes des coefficients estimés sont conformes aux signes attendus dans le régime 2.

Le coefficient de la valeur de la consommation informelle d'essence au semestre précédent est significatif au seuil de 1% (p-value = 0,0014) et positif. Aussi, remarque-t-on que toutes les autres variables explicatives sont significatives dans le modèle, sauf le différentiel de prix, les véhicules deux-roues à moteur (motos) en circulation et à la disponibilité des stations d'essence (TCS). Par ailleurs, les signes des coefficients estimés sont conformes aux signes attendus dans le régime 1.

Les deux processus distincts sont nommés respectivement « *consommateurs abonnés aux stations-services* » (régime 1) et « *consommateurs abonnés à l'essence de contrebande* » (régime 2).

La première phase de l'évolution de la série originelle détectée est synonyme d'un abonnement des consommateurs aux stations-services à cause du différentiel de prix significativement en faveur du secteur formel.

La deuxième phase quant à elle reflète une consommation de masse de l'essence de contrebande au détriment de celle du secteur formel. Cette phase est caractérisée par un différentiel de prix (prix formel-prix informel) qui excède la valeur de "**-15 francs CFA**". Ceci signifie que le prix dans l'informel dépasse de moins de 15 francs le prix officiel.

La non significativité de la disponibilité des stations-services (TCS) dans les deux régimes révèle que cette variable semble ne pas déterminer significativement le comportement du consommateur d'essence. Même s'il y a peu de stations-services, et que le consommateur sent une marge significative sur le litre pour un achat dans le formel, il est toujours prêt, à parcourir la distance nécessaire à la recherche d'une station-service. Ceci signifie que le consommateur est toujours attiré vers les stations dès qu'il y a une marge suffisante qu'il y gagne en matière de prix. Il faut tout de même reconnaître qu'il faudrait quand-même qu'il puisse trouver la station où s'approvisionner, même si ce facteur ne déterminait pas son choix *a priori*. Dans l'autre cas où c'est le secteur informel qui lui procure la marge bénéfique de prix, sa décision de consommer l'essence de contrebande est prise indépendamment du nombre de stations existant. Ceci pourrait justifier dans une certaine mesure la non significativité de la disponibilité des stations-services étant entendu que les étalages d'essence prolifèrent çà et là dans presque tous les coins de rue du pays.

Quant à la non significativité de l'effectif des motos en circulation dans les deux régimes, elle paraît peut-être paradoxale. En effet, logiquement, la consommation d'essence devrait dépendre de l'effectif des motos en circulation. Une étude particulière à ce sujet pourrait permettre de mieux comprendre ce résultat. Toutefois, cela pourrait se justifier par le fait que la consommation d'essence informelle des motos est minime par rapport à celle des voitures. En effet, l'effectif des voitures l'emporte largement sur celle des motos.

• **Régime 1: « vers une consommation de masse de l'essence proposée par les stations-services »**

Ce régime est caractérisé essentiellement par un prix de litre d'essence dans les stations d'essence inférieur à celui du secteur informel d'au moins 15 francs CFA. Le différentiel de prix significativement en faveur du secteur formel est rendu possible par : soit une diminution des subventions au prix de l'essence au Nigeria (cas de Janvier 2012), soit une hausse du taux de change du naira par rapport au francs CFA, ou soit par les deux effets combinés.

Au fur et à mesure que le niveau d'infériorité du prix de l'essence du secteur formel par rapport au secteur informel augmente, de nouveaux consommateurs informels s'abonnent aux stations-services.

Dans cette situation, les nouveaux véhicules qui entrent en circulation s'orientent vers les stations-services. Ils stimulent donc une augmentation de la consommation de l'essence officielle au détriment de l'essence informelle.

Toutes choses égales par ailleurs, une augmentation de 10% de la consommation officielle d'essence entraîne une diminution de 4,3% de la consommation d'essence de contrebande<sup>9</sup>. Par ailleurs, une hausse de la consommation d'essence sur le marché informel de 10% se traduit par une hausse de la consommation de ce produit de 5,6% la période suivante. En fait, les commerçants informels dans ce régime effectuent des ajustements dans leurs stratégies de vente au regard des tendances du marché. Grâce aux effets combinés du taux de change du naira (en dépréciation) par rapport au francs CFA et des subventions de l'Etat nigérian aux prix de l'essence, les commerçants informels d'essence au Bénin arrivent à conquérir une bonne partie de leurs clients. C'est pourquoi, toutes choses égales par ailleurs, toute diminution de 10% du taux de change du naira entraîne une hausse de 3,18% des ventes informelles d'essence au Bénin. En effet, la baisse du taux de change du naira par rapport au CFA s'interprète comme une diminution des prix à l'exportation des produits nigériens vers les pays ayant pour monnaie le franc "CFA" (comme le Bénin). Cette situation augmente donc le pouvoir d'importation (d'achat) des acteurs informels de l'essence de contrebande du Bénin (le Nigeria étant leur source d'approvisionnement). De plus, le prix de l'essence au Nigeria est subventionné. Cette subvention de l'essence au Nigeria est l'élément clé qui permet aux acteurs du secteur informel de maintenir une marge par rapport au secteur formel. Ainsi, une hausse de la marge des acteurs du secteur informel de 10% se traduit par une hausse de la consommation d'essence sur le marché de 3,51%. Cette situation se comprend bien puisque la hausse de la marge de ces acteurs est le reflet de conditions de marché à leur faveur par rapport au secteur formel.

**Régime 2 : « vers une consommation de masse de l'essence de contrebande »**

Dans ce régime, la grande majorité des consommateurs d'essence s'approvisionnent dans le secteur informel (positivité des coefficients des motos et voitures en

---

<sup>9</sup> Ces chiffres sont issus de la conversion logarithmique de l'équation (1), la consommation officielle d'essence étant significative dans le modèle au seuil de 1%.

circulation). Dans la pratique, au fur et à mesure que le différentiel de prix augmente en faveur du secteur informel, de nouveaux consommateurs s'abonnent à l'essence de contrebande (significativité positive du différentiel de prix). Selon les estimations du modèle, lorsque le différentiel de prix de l'essence entre les stations-services et le secteur informel dépasse le seuil de "-15 francs CFA", une augmentation de 1 point de ce différentiel de prix stimule une hausse de 0,08% de la consommation de l'essence de contrebande.

Une augmentation de 10% respectivement du nombre de véhicules deux-roues à moteur et des voitures en circulation entraîne respectivement une hausse de 3,06% et 1,32% du niveau de la consommation d'essence de contrebande.

Toutefois, dans ce second régime, une variation du taux de change du Naira a un effet moindre sur la variation correspondante de la consommation informelle d'essence comparativement au régime 1. Cela s'explique par le fait que dans le second régime, les consommateurs d'essence à fortiori sont dans l'informel. On note aussi que, dans le second régime, toute diminution de la consommation de l'essence officielle accélère plus rapidement la consommation de l'essence de contrebande (comparativement au régime 1). En effet, la baisse de 10% de la consommation officielle d'essence entraîne une hausse de 4,81% de l'essence de contrebande dans le second régime contre 4,3% dans le régime 1.

Enfin, on note aussi que pour le second régime, les détaillants de l'essence de contrebande améliorent leurs marges brutes de 10%, pour une augmentation de 2,86% du niveau de leurs ventes par litre.

## 6. Conclusion

Les données utilisées dans cet article sont semestrielles et portent sur la période de 1998 à 2012. L'objectif de cette recherche est de mettre en évidence le seuil critique du différentiel de prix (prix d'essence officielle – prix d'essence de contrebande) autour duquel gravitent les deux régimes du comportement du consommateur d'essence. Toutes les analyses précédentes révèlent implicitement le fait que, même lorsque les prix sont les mêmes dans les deux secteurs, les consommateurs préfèrent en général le secteur informel. Ils ne pensent d'ailleurs à s'en détourner que lorsque dans le secteur informel, le prix est plus élevé jusqu'à un seuil donné (celui de 15 francs CFA).

Ce résultat est particulièrement édifiant en ce sens qu'il prouve qu'il est possible d'agir sur certaines variables déterministes des prix officiels de l'essence pour provoquer des comportements libres du consommateur et qui soient favorables à l'abandon progressif de ce commerce illicite par de nombreux acteurs de ce secteur, comme les subventions de l'Etat par exemple. Mais tout cela devra être conditionné par une multiplication des stations-services capables de satisfaire la demande globale en carburant. Ces subventions accordées au secteur formel le rendraient justement plus fort face à la concurrence du secteur informel. Si alors l'objectif est atteint d'atrophier le secteur informel, voire de le faire disparaître, le chiffre d'affaires ainsi récupéré par le secteur formel, et qui justement est imposé, concourt à l'accroissement des ressources fiscales

de l'Etat. Dès lors se dissipe le questionnement à propos des sources de subventions. On pourrait par la suite progressivement réduire ces subventions, mais en prenant des dispositions plus rigoureuses, en tous cas dépourvus de tout laxisme ayant fait le lit à l'essence de contrebande au Bénin depuis les années 1979. Il faudrait donc pour l'instant penser une politique à la fois d'assainissement de ce commerce informel plutôt qu'une politique de lutte pour son éradication. Il ne serait non impertinent d'envisager une redynamisation des activités des stations-services à commencer par leur multiplication et une bonne répartition sur toute l'étendue du territoire national.

## 7. Références

- Adjin, P., et Gbénou, F., (2009).** Concurrence entre les compagnies pétrolières et la rue : analyses et perspectives. Mémoire de fin de formation, FASEG/UAC. 55p.
- Ale, A., (2011).** Economie Informelle et Emploi au Bénin : Cadre et Pratiques de l'Economie Informelle dans 03 secteurs d'activités à Cotonou. Coopération Union Européenne/ BIT. Programme Commerce et Emploi du BIT. 59p.
- Bourbonnais, R. (2006).** Logiciel Eviews. Université de Paris-Dauphine (janvier 2006). 25p.
- CAE, (2010).** Transport urbain moto au Bénin : analyse et politique. Rapport d'Enquête. Présidence de la République du Bénin. 62p.
- CES, (2011).** Le secteur informel au Bénin : problématique et perspectives de contribution à l'économie nationale. Rapport d'auto-saisine adopté par la Plénière en séance du 25 juillet 2011. 25p.
- Doutetien, H. (2012).** Commerce informel de l'essence frelatée : et si nous osions formaliser le « kpayo » ? *Hebdomadaire catholique, la Croix-Rouge du Bénin* (17 Août 2012) 53
- FMI, (2012).** Bénin : Impact des deux chocs extérieurs. 15p.
- Guironnet, J.-P. (2005).** Analyse cliométrique des cycles de croissance de l'éducation en France (1815-2003) : Vers un modèle à seuil autorégressif. Document de travail LAMETA (mai 2005). Version révisée (juillet 2005). 14p.
- Hansen, B. E. (2000).** Sample splitting and threshold estimation. *Econometrica*, Vol. 68, No. 3 (May, 2000), pp. 575-603.
- LARES (1998).** Estimation des importations de produits nigériens au Bénin, LARES-MCAC, 1998, 95p.
- LARES (2005).** Le trafic illicite des produits pétroliers entre le Bénin et le Nigeria : vice ou vertu pour l'économie béninoise. Série des échanges régionaux. Septembre 2005. 137p.

- LARES et SONACOP. (2011).** Etude du marché des produits pétroliers au Bénin, juillet 2011. 93p.
- ONG-Action Sociale (2006).** Commerce de l'essence frelatée : conséquences socio-économiques et stratégies de récupération des enfants et des jeunes dans la commune de Porto-Novo, rapport d'enquête (Mars 2006), 49 p.
- Saikkonen, P., et Luukkonen, R. (1988).** Lagrange Multiplier Tests for Testing Non Linearities in Time-Series Models. *Scandinavian Journal of Statistics*, 15. pp. 55-68.
- Tsay, R.S. (1989).** Testing and modelling threshold autoregressive processes. *Journal of the American Statistical Association*, 84 (405). pp 231-240.
- Uctum, R. (2007).** Econométrie des modèles à changement de régimes : un essai de synthèse. Article de la revue l'Actualité économique, vol. 83, n°4, 2007. pp. 447-482.
- Zokoian, J.-M. (1994).** Modèles autorégressifs à seuils multiples. *Annales d'Economie et de Statistique – N°36 - 1994.* pp. 24-44.

## 8. Annexes

### Annexe 1: Méthode de trimestrialisation de données de Goldstein et Kahn (1976) et méthode du glissement moyen semestriel

- **Méthode de trimestrialisation de données de Goldstein et Kahn (1976)**

Considérons  $x_{t-1}$ ,  $x_t$ ,  $x_{t+1}$  trois observations annuelles successives de la variable X. si la fonction quadratique qui passe par ces trois points (cf. **THEOREME D'EUCLIDE**) est telle que :

$$\int_0^1 (a \cdot s^2 + b \cdot s + c) ds = x_{t-1} \quad (1)$$

$$\int_1^2 (a \cdot s^2 + b \cdot s + c) ds = x_t \quad (2)$$

$$\int_2^3 (a \cdot s^2 + b \cdot s + c) ds = x_{t+1} \quad (3)$$

Alors, on peut déterminer les paramètres a, b et c, en calculant d'abord les intégrales de (1) à (3), puis en résolvant le système d'équation suivant :

$$\begin{cases} \frac{1}{3}a + \frac{1}{2}b + c = x_{t-1} \\ \frac{7}{3}a + \frac{3}{2}b + c = x_t \\ \frac{19}{3}a + \frac{5}{2}b + c = x_{t+1} \end{cases} \quad (4)$$

La résolution de ce système conduit au résultat suivant :

$$\begin{cases} a = \frac{1}{2}x_{t-1} - x_t + \frac{1}{2}x_{t+1} \\ b = -2x_{t-1} + 3x_t - x_{t+1} \\ c = \frac{11}{6}x_{t-1} - \frac{7}{6}x_t + \frac{1}{3}x_{t+1} \end{cases} \quad (5)$$

A partir des valeurs des paramètres de la fonction quadratique ainsi obtenue, les quatre observations trimestrielles de l'année  $t$  peuvent être calculées en utilisant les formules d'interpolation suivantes :

$$x_t^1 = \int_1^{1,25} (a \cdot s^2 + b \cdot s + c) ds \quad (6)$$

$$x_t^2 = \int_{1,25}^{1,50} (a \cdot s^2 + b \cdot s + c) ds \quad (7)$$

$$x_t^3 = \int_{1,50}^{1,75} (a \cdot s^2 + b \cdot s + c) ds \quad (8)$$

$$x_t^4 = \int_{1,75}^2 (a \cdot s^2 + b \cdot s + c) ds \quad (9)$$

Les calculs algébriques effectués sur les expressions (6) à (9) ci-dessus dans lesquelles l'on aurait au préalable remplacé les paramètres  $a$ ,  $b$  et  $c$  par leur expression de (5), conduisent enfin aux données d'interpolation trimestrielles suivantes :

$$x_t^1 = 0.05468x_{t-1} + 0.23438x_t - 0.039067x_{t+1} \quad (10)$$

$$x_t^2 = 0.00781x_{t-1} + 0.26563x_t - 0.02344x_{t+1} \quad (11)$$

$$x_t^3 = -0.02344x_{t-1} + 0.26562x_t + 0.00781x_{t+1} \quad (12)$$

$$x_t^4 = -0.03910x_{t-1} + 0.23437x_t + 0.05469x_{t+1} \quad (13)$$

La série trimestrielle obtenue peut être ramenée à une série annuelle par sommation des observations des quatre trimestres de chaque année. En effet, d'après **la relation de Chasles**, l'on a :

$$x_t^1 + x_t^2 + x_t^3 + x_t^4 = \int_1^2 (as^2 + bs + c) ds = x_t. \text{ Il reste à préciser que ce procédé ne s'applique qu'aux flux et pas aux stocks.}$$

### **Annexe 2 : Méthode du glissement moyen semestriel**

Considérons  $x_{t-1}$ ,  $x_t$ , deux observations annuelles successives de la variable  $X$ . si la variable  $X$  exprime un stock, et que ses observations des deux semestres sont inconnues, on les détermine de la façon suivante. La valeur  $X_t$  de  $x$  en  $t$  représente la valeur de  $X$  au deuxième semestre de l'année  $t$ . la valeur de  $X_t$  au 1<sup>er</sup> semestre de l'année  $t$ , se calcule de la manière suivante :  $((X_t - X_{t-1})/2) + X_{t-1}$  où  $(X_t - X_{t-1})/2$  représente l'évolution de  $X$  en glissement moyen semestriel entre  $t_{-1}$  et  $t$ . Cette statistique est très utilisée pour les estimations en statistique de transport.

**Annexe 3 : Matrice de corrélations entre les variables**

	RDIF	LCONSEI	LCONSEO	LEFT	LMC	LVC	MBDS	TCN	TCS
RDIF	1,00								
LCONSEI	<b>0,64</b>	<b>1,00</b>							
LCONSEO	-0,52	<b>-0,85</b>	1,00						
LEFT	0,64	<b>0,99</b>	-0,84	1,00					
LMC	0,57	<b>0,76</b>	-0,44	0,77	1,00				
LVC	0,63	<b>0,88</b>	-0,60	0,89	0,97	1,00			
MBDS	0,68	<b>0,65</b>	-0,33	0,64	0,71	0,73	1,00		
TCN	-0,58	<b>-0,91</b>	0,70	-0,93	-0,77	-0,88	-0,60	1,00	
TCS	-0,48	<b>-0,83</b>	0,93	-0,84	-0,40	-0,57	-0,32	0,77	1,00

*Source : Nos traitements dans Eviews 5.0 à partir des données du LARES, de la DGCI, de la DGT, de l'INSAE, de la BCEAO et de la DGAE.*

**Annexe 4 : Test de multicolinéarité**

- *Test de Farrar and Glauber*

Le test de Farrar and Glauber est le test le plus souvent utilisé pour détecter la multicolinéarité entre les variables d'une régression linéaire. L'hypothèse nulle est "la non multicolinéarité entre les variables". Pour l'effectuer sous le logiciel Eviews 5.0 est, on crée la matrice carrée de corrélation entre les variables explicatives (nommée "corr"). Ensuite, on exécute le programme suivant, l'estimation linéaire étant préalablement faite.

**Encadré A1 : Programme du test de multicolinéarité de Farrar and Glauber sous Eviews 5.0**

```

scalar dt = @det(corr)
scalar chie = -(@regobs-1-(2*@ncoef+5)/6)*log(dt)
scalar ndf = 0.5*@ncoef*(@ncoef-1)
if @chisq(chie,ndf) < 0.05 then scalar test2 = 0
else scalar test2 = 1
endif

```

*Source : Bourbonnais (2006).*

On rejette l'hypothèse nulle de "non multicolinéarité entre les variables" lorsque le résultat du test est : "scalar test = 1", et on l'accepte si "scalar test = 0".