



**Commission économique des Nations unies pour l'Afrique
(CEA)/
Institut des Nations unies pour le développement
économique et la planification (IDEP)**

**Titre du cours : Modélisation macroéconomique pour
le développement durable**

**MODULE V : APPLICATION DE L'APPROCHE
MACROECONOMETRIQUE A L'AIDE D'UNE
PUBLICATION DU FMI**

Professeur Sylvain H. Boko

2025

Table des matières

1. Introduction.....	3
2. Objectifs du module	3
3. Résultats attendus de l'apprentissage.....	3
4. Le cadre du modèle	4
4.1. Demande globale.....	4
4.1.1. Composantes de la demande globale	5
4.2. Offre globale.....	6
4.3. Le marché monétaire	7
4.4. Récapitulation des équations comportementales	8
5. Méthodologie et résultats	9
5.1.1. Méthodes d'estimation	9
5.1.2. Résultats de l'estimation	9
5.1.3. Interprétation et analyse des résultats.....	11
6. Résumé graphique des concepts étudiés	12
6.1. Demande globale (DG)	12
6.2. Offre globale (AS)	13
6.3. L'équilibre général	14
7. Conclusion	14
Références	15

1. Introduction

Ce module présente les résultats de l'application de la méthodologie macro-économétrique à des données réelles. L'exemple est basé sur une publication de 1990 *des Staff Papers du FMI* intitulée **"A Macroeconometric Model for Developing Countries"**, rédigée par Nadeem U. Haque, Kajal Lahiri et Peter J. Montiel

Le document développe un modèle macroéconomique basé sur certaines des méthodologies théoriques étudiées dans ce cours, qui est estimé à l'aide de données provenant de 31 pays en voie de développement. Le document donne également l'occasion aux apprenants d'examiner comment l'offre et la demande de l'économie interagissent, à la fois au niveau structurel et au niveau de l'estimation de la régression.

Ce document vise à produire des estimations "représentatives" des pays en développement sur les paramètres macroéconomiques qui peuvent être importants pour la politique, en utilisant un ensemble de données uniformes pour un groupe relativement important de pays et des techniques empiriques appropriées.

La méthodologie consiste à construire un modèle macroéconomique relativement simple en utilisant "des spécifications largement acceptées par les pays en développement pour les relations comportementales clés".

2. Objectifs du module

Les objectifs clés de ce module sont les suivants

- i. Comprendre l'application des méthodologies macro-économétriques
- ii. Analyser des modèles macroéconomiques pour les pays en développement
- iii. Évaluer l'interaction entre l'offre et la demande dans l'économie
- iv. Identifier les paramètres macroéconomiques clés de la

3. Résultats attendus de l'apprentissage

Les résultats attendus de l'apprentissage sont les suivants

1. Capacité à comprendre comment les modèles macro-économétriques sont appliqués aux données du monde réel.
2. Mieux comprendre la construction et l'estimation des modèles macroéconomiques
3. Comprendre comment la demande et l'offre interagissent au niveau structurel et au niveau de l'estimation de la régression.
4. Identifier et comprendre l'importance des paramètres macroéconomiques qui sont cruciaux pour l'élaboration des politiques dans les pays en développement.

4. Le cadre du modèle

L'article développe un modèle de type Mundell-Flemming, avec un bien produit localement et consommé à la fois dans le pays et à l'étranger, et un bien importé. La spécification permet l'existence de contrôles des capitaux, tout en permettant de tester empiriquement le degré de mobilité effective des capitaux. La méthodologie divise le cadre du modèle en descriptions de la demande globale, de l'offre globale, du marché monétaire et du secteur public.

4.1. Demande globale

La demande globale pour la production nationale est modélisée comme la somme de la consommation, de l'investissement, des dépenses publiques et de la balance commerciale, comme suit :

$$Y_t = C_t + I_t + G_t + (X_t - \frac{e_t P_t^*}{P_t} Z_t) = AD_t \quad (1)$$

où,

Y_t = PIBR

C_t = dépenses réelles de consommation privée

I_t = dépenses intérieures brutes d'investissement en termes réels

G_t = dépenses publiques réelles

X_t = exportations réelles

e_t = le taux de change nominal (prix de la monnaie étrangère en monnaie nationale)

Z_t = importations réelles mesurées en unités du bien étranger

P_t^* = le prix en devises des importations

P_t = le prix intérieur de la production nationale

$\frac{e_t P_t^*}{P_t}$ = taux de change réel

4.1.1. Composantes de la demande globale

Les composantes de la demande globale sont spécifiées comme suit :

Fonction de consommation

La consommation est modélisée comme une fonction de son propre décalage, du taux d'intérêt réel national, du revenu disponible et du revenu disponible retardé comme suit :

$$\log C_t = \alpha_0 + \alpha_1 r_t + \alpha_2 \log C_{t-1} + \alpha_3 \log Y_t^d + \alpha_4 \log Y_{t-1}^d \quad (2)$$

où,

r_t = le taux d'intérêt réel national

Y_t^d = le revenu disponible réel, défini comme étant le PIB plus les gains sur les actifs nets détenus à l'étranger, moins les intérêts payés sur la dette intérieure et les impôts, et les $\alpha_{(i)}$ sont des coefficients à estimer.

Fonction d'investissement

L'investissement est défini comme une fonction du taux d'intérêt réel, de la production réelle et du stock de capital en début de période. Ainsi :

$$I_t = k_0 + k_1 r_t + k_2 Y_t + k'_t K_{t-1} \quad (3)$$

Toutefois, au moment de la publication de l'article, les auteurs ont identifié un problème de disponibilité des données sur le stock de capital pour les pays en développement. En réponse, le document applique la technique de différenciation à l'équation (3) afin d'éliminer la nécessité de la présence du stock de capital dans l'équation d'investissement, ce qui donne :

$$I_t = k_1 (r_t - r_{t-1}) + k_2 (Y_t - Y_{t-1}) + k_3 I_{t-1} \quad (5)$$

Fonction d'exportation

Le document considère les exportations comme une fonction du taux de change réel, du revenu étranger et de son propre décalage. On suppose que les exportations sont positivement liées à la fois au taux de change réel (tel que défini) et au revenu étranger. La variable retardée reflète l'hypothèse d'un ajustement partiel.

Les exportations sont donc modélisées comme suit :

$$\log X_t = \tau_0 + \tau_1 \log \frac{eP_t^*}{P_t} + \tau_2 \log Y_t^* + \tau_3 \log X_{t-1} \quad (6)$$

où toutes les variables sont définies comme ci-dessus, sauf :

Y_t^* = revenu étranger réel

$\tau_0 \dots \tau_3$ sont les coefficients du modèle à estimer

Importations Fonction

Les importations réelles sont supposées être liées négativement au taux de change réel et positivement à la production intérieure réelle. L'équation des importations s'exprime alors comme suit :

$$\log Z_t = \delta_0 + \delta_1 \log \frac{eP_t^*}{P_t} + \delta_2 \log Y_t + \delta_3 \log \frac{R_{t-1}}{P_{t-1}^* Z_{t-1}} + \delta_4 \log Z_{t-1} \quad (7)$$

où toutes les variables sont exprimées comme précédemment, à l'exception de R_t qui est la valeur en devises des réserves internationales.

Dans l'équation (7), l'expression $\frac{R_{t-1}}{P_{t-1}^* Z_{t-1}}$ est le **ratio réserves-importations retardé d'une période**, utilisé pour capturer le phénomène de la disponibilité restreinte des devises dans les pays en développement, conduisant fréquemment à l'imposition de contrôles des importations et de rationnement des devises, et agissant comme une contrainte sur les importations dans les pays en développement. En outre, un terme d'importation retardé est inclus dans l'équation estimée comme une approximation du comportement d'ajustement partiel qui peut être observé dans les importations.

Les équations 1 à 7 représentent la demande globale de l'économie. L'offre globale est abordée ci-après.

4.2. Offre globale

Du côté de l'offre globale, la fonction de production prend une forme Cobb-Douglas et s'exprime comme suit :

$$Y_t = \theta_0 K^{\theta_1} L^{\theta_2} \quad (8)$$

En utilisant la différenciation et les substitutions, et en tenant compte des ajustements retardés et du progrès technique dans le temps, la fonction d'offre globale de l'économie, exprimée en termes par habitant, est modélisée comme suit :

$$\log \left(\frac{Y}{L} \right)_t = \theta'_0 + \theta_1 (K'_t - \log L_t) + g t + \theta_3 \log \left(\frac{Y}{L} \right)_{t-1} \quad (9)$$

où,

K_t = Stock de capital

L_t = Emploi

$\theta_{(i)}$ s et g sont des coefficients à estimer.

4.3. Le marché monétaire

L'offre de monnaie (M) dans l'économie se compose des réserves (R) et du crédit intérieur, ce dernier étant noté DC et s'exprimant mathématiquement comme suit

$$M_t = e_t R_t + DC_t \quad (10)$$

On suppose également que la demande de monnaie est liée négativement au taux d'intérêt nominal et positivement au niveau de revenu, un mécanisme d'ajustement partiel étant introduit pour tenir compte des réponses décalées. L'équilibre du marché monétaire s'exprime donc comme suit :

$$\log\left(\frac{M_t}{P_t}\right) = \beta_0 + \beta_1 i_t + \beta_2 \log Y_t + \beta_3 \log Y_{t-1} + \beta_4 \log \frac{M_{t-1}}{P_{t-1}} \quad (11)$$

Détermination du taux d'intérêt nominal

L'un des traits distinctifs de l'étude est l'accent mis sur la détermination du taux d'intérêt nominal national dans le modèle, ce qui permet de tester le degré effectif de mobilité des capitaux dans l'économie. Selon les auteurs, si les capitaux sont parfaitement mobiles, comme on le suppose souvent dans les modèles de petites économies ouvertes, les taux d'intérêt nominaux sont déterminés par la **condition de parité** d'intérêt qui assimile le taux d'intérêt nominal national à la somme du taux nominal en vigueur à l'étranger et de la variation attendue de la valeur de la monnaie nationale (**parité d'intérêt non couverte**). En revanche, dans une économie totalement fermée, les taux d'intérêt nominaux n'ont aucun lien avec les taux extérieurs et sont déterminés uniquement sur les marchés intérieurs.

Le document réconcilie ces deux cas extrêmes de détermination des taux d'intérêt en proposant une combinaison linéaire des deux comme suit :

$$i_t = \varphi \left(i^* + \frac{E_t e_{t+1} - e_t}{e_t} \right) + (1 - \varphi) \tilde{i}_t \quad (12)$$

où,

$E_t e_{t+1}$ = l'anticipation au moment t du taux de change à la période $t + 1$

\tilde{i}_t = le taux d'intérêt qui prévaudrait si le compte de capital était fermé

φ = un indice de mobilité du capital compris entre zéro et un. Lorsque $\varphi = 1$, cela signifie que le taux d'intérêt national est déterminé par la condition de parité d'intérêt non couverte et

correspond donc à une mobilité parfaite des capitaux. Lorsque $\varphi = 0$, le taux d'intérêt domestique est \tilde{i}_t , c'est-à-dire le taux qui apparaîtrait dans le cas d'un compte de capital complètement fermé.

Détermination du taux d'intérêt réel

Les fonctions de consommation et d'investissement dépendent toutes deux du taux d'intérêt réel r . Ce dernier est déterminé en fonction du taux d'intérêt nominal à partir de l'équation (12) comme suit :

$$r_t = i_t - \frac{E_t P_{t+1} - P_t}{P_t} \quad (13)$$

L'équation (13) indique que le taux d'intérêt réel est la différence entre le taux d'intérêt nominal normal et le taux d'inflation attendu.

Traitement des anticipations

Le modèle adopte une hypothèse d'espérance rationnelle, ce qui signifie que les anticipations à terme utilisent toutes les informations disponibles, y compris la structure du modèle. Cela suggère que les erreurs de prédiction doivent être aléatoires et non systématiques. Par conséquent, le prix futur $P_{i,t+1}$ est exprimé comme une fonction de sa valeur anticipée au moment t , plus une erreur aléatoire, comme suit :

$$P_{i,t+1} = E_t P_{i,t+1} + \varepsilon_{i,t+1}$$

où E_t est l'opérateur d'espérance et $\varepsilon_{i,t+1}$ est un terme de perturbation aléatoire non corrélé en série.

4.4. Récapitulation des équations comportementales

Le tableau 1 récapitule les 7 équations à estimer dans le modèle.

Tableau 1. Equations comportementales du modèle (à estimer)

Consommation	
$\log C_t = \alpha_0 + \alpha_1 r_t + \alpha_2 \log C_{t-1} + \alpha_3 \log Y_t^d + \alpha_4 \log Y_{t-1}^d$	(2)
Investissement	
$I_t = k_1(r_t - r_{t-1}) + k_2(Y_t - Y_{t-1}) + k_3 I_{t-1}$	(5)
Exportations	
$\log X_t = \tau_0 + \tau_1 \log \frac{e P_t^*}{P_t} + \tau_2 \log Y_t^* + \tau_3 \log X_{t-1}$	(6)
Importations	

$$\log Z_t = \delta_0 + \delta_1 \log \frac{e_t P_t^*}{P_t} + \delta_2 \log Y_t + \delta_3 \log \frac{R_{t-1}}{P_{t-1}^* Z_{t-1}} + \delta_4 \log Z_{t-1} \quad (7)$$

Fonction de production

$$\log \left(\frac{Y}{L} \right)_t = \theta'_0 + \theta_1 (K'_t - \log L_t) + g t + \theta_3 \log \left(\frac{Y}{L} \right)_{t-1} \quad (9)$$

Demande de monnaie

$$\log \left(\frac{M_t}{P_t} \right) = \beta_0 + \beta_1 i_t + \beta_2 \log Y_t + \beta_3 \log Y_{t-1} + \beta_4 \log \frac{M_{t-1}}{P_{t-1}} \quad (11)$$

Taux d'intérêt nominal

$$i_t = \varphi \left(i^* + \frac{E_t e_{t+1} - e_t}{e_t} \right) + (1 - \varphi) \tilde{i}_t \quad (12)$$

5. Méthodologie et résultats

5.1.1. Méthodes d'estimation

Le choix de la technique d'estimation s'est basé sur la caractérisation de l'hétérogénéité des pays par les composantes de la variance. Cela implique que les techniques d'estimation par moindres carrés généralisés (GLS) peuvent être utilisées pour estimer de manière cohérente les paramètres du modèle ainsi que les composantes de la variance du terme d'erreur aléatoire.

En outre, pour traiter la structure de la composante d'erreur de la variance du terme d'erreur aléatoire dans le modèle, des techniques d'estimation généralisées ont été mises en œuvre en utilisant les procédures des moindres carrés en deux étapes (2SLS) et des moindres carrés en trois étapes (3SLS)¹.

5.1.2. Résultats de l'estimation

Le tableau 2 présente les résultats de l'estimation du modèle.

Paramètres	Rapport t
Consommation	
$\alpha_0 = 0.047$	5.62*
$\alpha_1 = -0.076$	-4.08*
$\alpha_2 = 1.010$	96.28*
$\alpha_3 = 0.143$	3.64*

¹ Voir le document pour une description complète des procédures d'estimation

$$\alpha_4 = -0.149 \quad -4.23^*$$

$$\bar{R}^2 = 0.997$$

Investissement

$$k_0 = -0.226 \quad -6.81^*$$

$$k_1 = -0.113 \quad -4.03^*$$

$$k_2 = 0.196 \quad 9.74^*$$

$$k_3 = 0.809 \quad 44.94^*$$

$$\bar{R}^2 = 0.980$$

Paramètres	Rapport t
------------	-----------

$$\tau_1 = 0.050 \quad 2.05^*$$

$$\tau_2 = 0.084 \quad 1.78^*$$

$$\tau_3 = 0.925 \quad 1.78^*$$

$$\bar{R}^2 = 0.983$$

Importations

$$\delta_1 = -0.157 \quad -5.09^*$$

$$\delta_2 = 0.161 \quad 6.02^*$$

$$\delta_3 = 0.038 \quad 5.96^*$$

$$\delta_4 = 0.834 \quad 43.21^*$$

$$\bar{R}^2 = 0.977$$

Fonction de production

$$\theta_1 = 0.122 \quad 6.55^*$$

$$\theta_3 = 0.881 \quad 63.38^*$$

$$g = 0.141 \quad 6.49^*$$

$$\bar{R}^2 = 0.979$$

Demande de monnaie

$$\beta_0 = -0.146 \quad -4.36^*$$

$$\beta_1 = -0.038 \quad -1.27$$

$$\begin{aligned}\beta_2 &= 0.571 & 3.99^* \\ \beta_3 &= -0.397 & -2.79^* \\ \beta_4 &= 0.881 & 59.56^* \\ \bar{R}^2 &= 0.997\end{aligned}$$

Mobilité des capitaux

$$\varphi = 1.004 \quad 90.59^{**}$$

Note : un astérisque () indique une signification paramétrique au niveau de 5 % ; deux astérisques (**) indiquent une différence non significative par rapport à l'unité ; et \bar{R}^2 indique le coefficient de détermination corrigé pour les degrés de liberté*

5.1.3. Interprétation et analyse des résultats

Le document conclut que les résultats démontrent une forte adéquation entre le modèle et les données. Presque toutes les estimations présentent les signes attendus et une grande partie d'entre elles sont calculées avec une grande précision. Voici une analyse des résultats de l'estimation pour chaque équation comportementale.

Consommation

Les coefficients estimés de la fonction de consommation sont tous du signe attendu. Le coefficient du taux d'intérêt réel α_1 , est négatif et significatif, vérifiant une relation négative entre la consommation et le taux d'intérêt. Le coefficient de la consommation retardée α_2 , est proche de 1 et significatif, et le revenu disponible actuel est un prédicteur significatif de la consommation, avec une valeur positive et significative pour α_3 . Cependant, il faut noter que le coefficient du revenu disponible retardé, α_4 , est négatif et significatif.

Investissement

Comme prévu, le coefficient du taux d'intérêt réel, k_1 , est négatif et significatif. La croissance du revenu et l'investissement retardé ont un impact positif sur l'investissement actuel par le biais de k_2 et k_3 .

Commerce extérieur

Les résultats de l'estimation des exportations montrent une réaction significative des exportations aux changements de prix relatifs. Le coefficient du revenu étranger est positif et significatif, et il semble y avoir une certaine persistance dans le niveau des exportations, comme l'indique le coefficient des exportations retardées.

Les importations réagissent aux variations du taux de change réel avec une élasticité à court terme de -0,157 ; la croissance de l'économie nationale augmente les importations, avec une élasticité de

0,16 à court terme. Reflétant les contraintes de change, le coefficient du ratio réserves-importations retardé est significatif et positif.

Mobilité de la monnaie et des capitaux

Les coefficients de la fonction de demande de monnaie estimée sont tous significatifs et du signe attendu. Le document semble avoir fait une découverte surprenante dans la mesure où l'estimation de l'indice de mobilité du capital s'avère être non significativement différente de l'unité, ce qui suggère que le capital était très mobile pour les pays de l'échantillon au cours de la période étudiée. Ce résultat implique que les agents économiques trouvent facilement des moyens de contourner les obstacles officiels à la mobilité des capitaux.

Offre globale

Toutes les variables de la fonction d'offre (de production) agrégée estimée sont significatives et du bon signe. Le stock de capital par habitant affecte la production courante de manière significative et positive. Le coefficient de la variable dépendante retardée est invraisemblablement élevé, ce qui suggère la nécessité d'un examen plus approfondi de la forme fonctionnelle et des hypothèses.

6. Résumé graphique des concepts étudiés

6.1. Demande globale (DG)

L'application macroéconométrique présentée dans ce module est l'occasion de faire **la synthèse différents concepts étudiés** dans ce cours, en guise de conclusion.

La figure 1 illustre la dérivation de la demande globale à partir des dépenses globales, en introduisant la dimension des prix, où le concept de prix dans le contexte de la macroéconomie se rapporte au **niveau général des prix** dans l'économie et non aux prix de biens ou de services spécifiques

Plus précisément, la **demande globale** est dérivée comme étant à pente descendante en **raison des causes et effets** suivants **entre le prix et la production** :

- $\uparrow \text{Niveau des prix} \rightarrow \downarrow \text{AE} \rightarrow \downarrow \text{PIB(Y)}$

et

- $\downarrow \text{Niveau des prix} \rightarrow \uparrow \text{AE} \rightarrow \uparrow \text{PIB (Y)}$

Figure 1

Deriving AD from AE

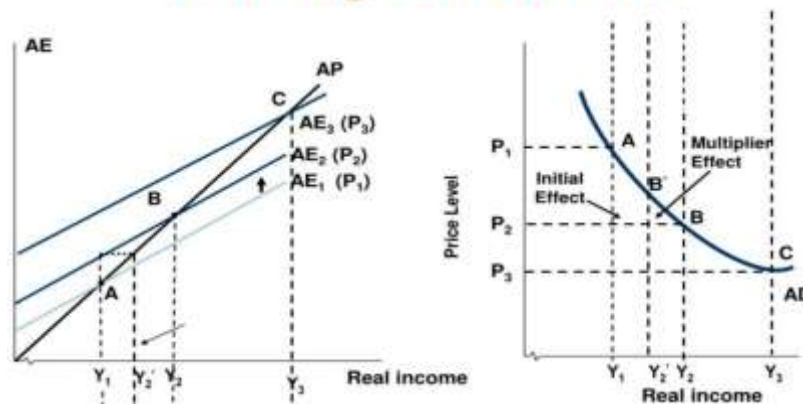
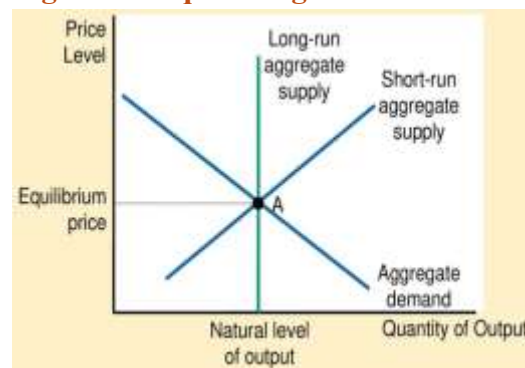


Figure 2 : Équilibre général



6.2. Offre globale (AS)

La figure 2 illustre les courbes d'offre globale à court terme (SRAS) et d'offre globale à long terme (LRAS). À court terme, la courbe SRAS est ascendante puisque :

- \uparrow Niveau des prix $\rightarrow \uparrow$ Profit $\rightarrow \uparrow$ PIB(Y)

et

- \downarrow Niveau des prix $\rightarrow \downarrow$ Profit $\rightarrow \downarrow$ PIB (Y)

Toutefois, il convient de noter que la courbe d'offre globale à long terme est une représentation, dans l'espace prix-production, des **possibilités de production** de l'économie (**niveau potentiel/naturel du PIB ou de la production**), compte tenu de ses niveaux actuels de ressources et de technologie. La courbe d'offre globale est donc une ligne verticale positionnée au niveau de la production potentielle (**Y***). La position souhaitée à long terme de l'économie est d'établir un équilibre compatible avec la LRAS.

Si l'économie peut se trouver dans un **équilibre à court terme** en **dessous du** niveau de production potentielle, **il n'est pas possible de l'établir au-dessus du** niveau de production potentielle sans changement de ressources ou de technologie. Ceci est cohérent avec notre discussion précédente sur le PPF.

6.3. L'équilibre général

La figure 2 représente également l'économie en équilibre général, où au point A, les équilibres à court terme et à long terme sont établis et cohérents entre eux. Ce point est cohérent avec le cadre macroéconométrique présenté dans ce module. On remarque que dans la figure 2, toutes les composantes de l'économie étudiée dans ce cours sont simultanément en équilibre, y compris le marché des biens et services, le marché monétaire et le secteur extérieur du côté de la demande, et la fonction de production agrégée du côté de l'offre.

7. Conclusion

Ce module vise à démontrer l'application de modèles macro-économétriques à des données réelles. Il s'appuie sur les résultats d'une étude menée par Nadeem U. Haque, Kajal Lahiri et Peter J. Montiel, présentés dans leur article de 1990 intitulé *"A Macroeconometric Model for Developing Countries"* (*Un modèle macroéconométrique pour les pays en développement*). Ce document présente un petit modèle macroéconomique fondé sur des concepts théoriques établis et estime ses paramètres à l'aide de données provenant de 31 pays en développement

Le module offre aux apprenants un aperçu de la construction et de l'estimation des modèles macroéconomiques en travaillant étape par étape sur le document. Le document sert d'exemple pratique pour ce cours, permettant de comprendre comment l'offre et la demande interagissent au niveau structurel et au niveau de l'estimation de la régression.

En outre, les résultats du document sélectionné aident à reconnaître et à comprendre l'importance des paramètres macroéconomiques qui sont essentiels pour l'élaboration des politiques dans les pays en développement. Les estimations et les statistiques de test indiquent que le modèle sert efficacement de cadre à l'analyse macroéconomique dans les pays en développement. Un exemple pratique est qu'en permettant de tester explicitement l'hypothèse de la mobilité des capitaux, les résultats empiriques révèlent de manière inattendue qu'en moyenne, les pays en développement ont fait preuve d'un degré significatif de mobilité des capitaux

Références

Haque, Nadeem U., Kajal Lahiri, et Peter J. Montiel, "*A Macroeconometric Model for Developing Countries*", *IMF Staff Papers*, 1990.