

Estimation d'un modèle à équations simultanée des variables macroéconomiques au Maroc

[Estimation of a simultaneous equations model of macroeconomic variables in Morocco]

Moulay El Mehdi Falloul¹ and Abdelali Saadallah²

¹Doctorant en économie et finance appliquée,
Université Hassan II Mohammedia,
Mohammedia, Maroc

²Docteur d'état en sciences,
Université Rabat Agdal,
Rabat, Agdal, Maroc

Copyright © 2014 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The objective of this paper is to estimate a model of simultaneous equations on macroeconomic data from 1980 to 2011. In fact economic phenomena of any complexity are described by a set of variables and their modeling requires in general more of a mathematical relationship, or equation, connecting these quantities, referred to as simultaneous equations models. There are endogenous variables, which are determined by the model, and the exogenous variables determined or fixed outside of it.

KEYWORDS: Simultaneous equations Model, consumption, investment, money supply, interest rate.

RESUME: L'objectif de cet article est d'estimer un modèle d'équations simultanées sur les données des statistiques Macroéconomiques de 1980 à 2011. En fait, les phénomènes économiques de quelque complexité sont décrits par un ensemble de variables, et leur modélisation requiert en général plus d'une relation, ou équation, reliant ces grandeurs, on parle alors de modèles à équations simultanées. On distingue les variables endogènes, qui sont déterminées par le modèle, et les variables exogènes déterminées ou fixées en dehors de celui-ci.

MOTS-CLEFS: Modèle à équations simultanées, la consommation, l'investissement, l'offre de monnaie, taux d'intérêt.

1 INTRODUCTION

Les phénomènes économiques de quelque complexité sont décrits par un ensemble de variables, et leur modélisation requiert en général plus d'une relation, ou équation, reliant ces grandeurs, on parle alors de modèles à équations simultanées. On distingue les variables endogènes, qui sont déterminées par le modèle, et les variables exogènes déterminées ou fixées en dehors de celui-ci [1].

La modélisation opère en trois phases:

- 1- la conception, c'est à dire l'écriture ou la spécification du modèle ;
- 2- l'estimation des équations du modèle, selon des techniques appropriées ;
- 3- la résolution du modèle, préalable à son emploi pour la simulation ou la prévision.

Naturellement, dans la réalité, les choses ne sont pas séquentielles et la mise au point d'un modèle opère par allers et retours entre les trois étapes ci-dessus.

Cependant, dans le cadre de ce travail, nous allons procéder par l'analyse exploratoire des données. Dans cette étape, il va s'agir d'étudier l'évolution et le comportement de nos variables dans le temps. Si elles sont non stationnaires, les stationnariser selon leurs types de non stationnarité.

Ensuite, nous allons identifier nos équations. Cette étape est nécessaire car elle nous permet de trouver la meilleure méthode d'estimation pour chacune des équations du modèle. Elle est par ailleurs suffisante parce que l'application aveugle de la méthode de moindres carrés ordinaires peut conduire à des résultats fallacieux dans la mesure où l'hypothèse de l'indépendance entre la variable explicative et l'erreur n'est pas respectée.

La troisième étape est l'estimation. On peut estimer les paramètres de la forme structurelle du modèle lorsque les équations sont exactement identifiées et sur-identifiées. On distingue les méthodes à information limitée et les méthodes à information complète. Les premières consistent à estimer le modèle équation par équation, sous l'hypothèse qu'il n'existe pas de corrélations entre les aléas des différentes équations. Les secondes considèrent le modèle dans sa globalité et estiment les paramètres sous l'hypothèse qu'il n'existe pas de corrélations entre les aléas inter-équations [2].

2 ANALYSE EXPLORATOIRE DES DONNEES

L'objectif de cette section est d'effectuer une analyse de l'impact du taux de change sur la croissance économique. Nous avons retenu un ensemble de variables qui reflète le contexte marocain. Ces variables sont : produit intérieur brut (Y), les importations des biens et services (M), les dépenses de la consommation administrations (G), les dépenses de la consommation des ménages (C), le taux du change (Txch), formation brute de capital fixe (I), prix de consommation (P), masse monétaire (M3), taux d'intérêt (r) et les exportations des biens et services (X). La base de donnée contient les variables en données annuelles de 1980 jusqu'à 2011 elles proviennent des sources des données de Bank al MAGHRIB.

2.1 EVOLUTION ET TENDANCES DES VARIABLES DU MODELE

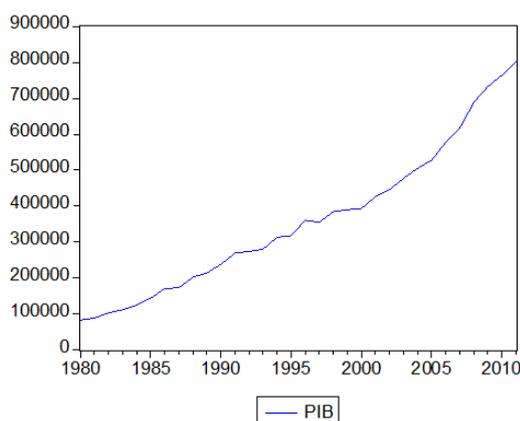


Fig. 1. L'évolution du produit intérieur brut entre 1980 et 2011

Le produit intérieur brut au Maroc est évalué d'une façon continue de 1980 jusqu'au 2011 ou il passe d'une valeur de 100 milliards de DH en 1980 à 800 milliard de DH en 2010. Cette performance est le résultat de l'augmentation de la valeur ajoutée du secteur primaire et de la bonne apparence du secteur non agricole.

Cette croissance devrait encore être principalement portée par la demande intérieure, que sont venues alimenter les augmentations de salaires et la hausse des investissements dans le logement social, les travaux publics et l'équipement industriel. Ce graphique montre clairement que le produit intérieur brut n'est pas stationnaire puisque qu'on constate une tendance ascendante.

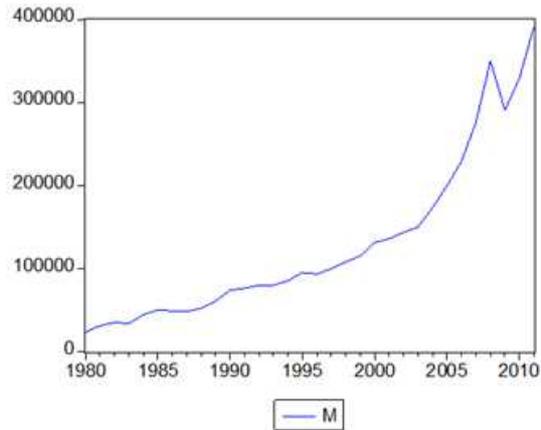


Fig. 2. L'évolution des importations des biens et services entre 1980 et 2011

En ce qui concerne les importations marocaines, on constate que cette évolution est caractérisée par une tendance haussière puisqu'elles sont devenues en 2008 soixante fois plus importantes qu'en 1980, passant d'une valeur de 40000 millions de DH en 1980 à 400000 millions de DH en 2010. En 2009, la valeur des importations a connu une légère diminution due à l'augmentation des prix de pétroles, chose qui est due à la crise et son impact sur le volume des échanges commerciaux, pour qu'elles reprennent ces évolutions après cette date

Ce graphique montre clairement que les importations marocaines ne sont pas stationnaires puisque qu'on constate une tendance ascendante

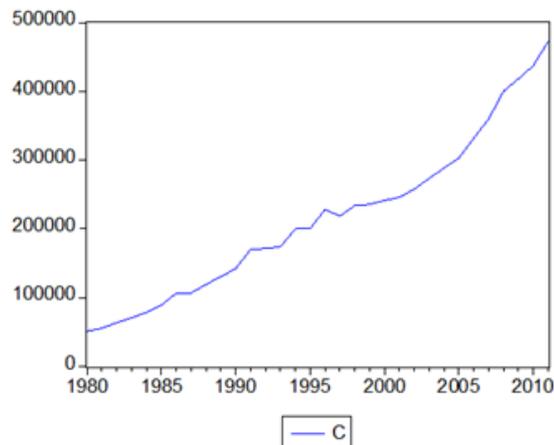


Fig. 3. L'évolution de la consommation finale des ménages entre 1980 et 2011

Pour l'ensemble de la période 1980-2011, la valeur moyenne annuelle des dépenses de consommation finale des ménages est presque de 300 milliards de DH. C'est en 2011 qu'elle a enregistré le plus haut niveau proche de 490 milliards de DH et c'est en 1980 qu'elle a enregistré le plus bas niveau (150 milliards de DH). Donc les dépenses de consommation finale ont évolué en 2011 presque trois fois par rapport à 1980. Ce graphique montre clairement que les dépenses de consommation finale des ménages marocaines ne sont pas stationnaires puisque qu'on constate une tendance ascendante.

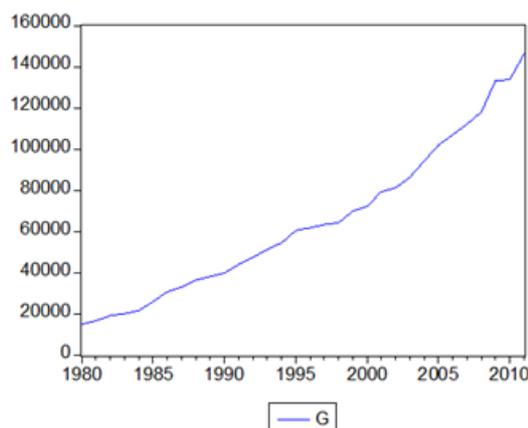


Fig. 4. L'évolution des dépenses gouvernementales entre 1980 et 2011

Pour l'ensemble de la période 1980-2011, la valeur moyenne annuelle des dépenses de consommation finale des administrations est presque de 90 milliards de DH. C'est en 2011 qu'elle a enregistré le plus haut niveau proche de 160 milliards de DH et c'est en 1980 qu'elle a enregistré le plus bas niveau (15 milliards de DH). Donc les dépenses de consommation finale des administrations ont évolué en 2011 presque onze fois par rapport à 1980. Cet accroissement des dépenses publiques est lié à la volonté du gouvernement d'atténuer l'impact de la crise mondiale. Ce graphique montre clairement que les dépenses de consommation finale des administrations marocaines ne sont pas stationnaires puisque qu'on constate une tendance ascendante.

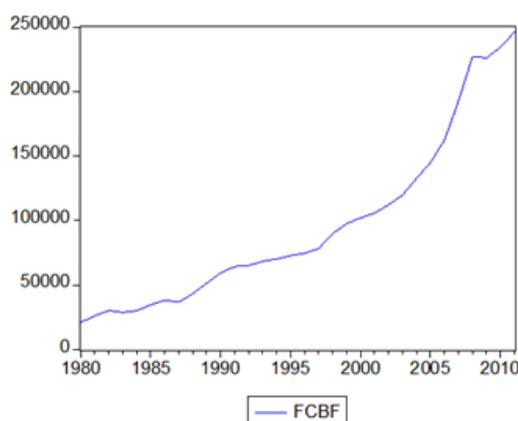


Fig. 5. L'évolution de la formation brute du capital fixe entre 1980 et 2011

Ce graphique montre clairement que les formations brutes de capital fixe marocaines ne sont pas stationnaires puisque qu'on constate une tendance ascendante. En ce qui concerne la formation brute de capital fixe, on constate que cette dernière est demeurée croissante jusqu'à l'année 1988 et à partir de 1989 elle a connu une augmentation jusqu'à l'année 2011. Cette hausse est expliquée par des investissements dans le logement social, les travaux publics et l'équipement industriel.

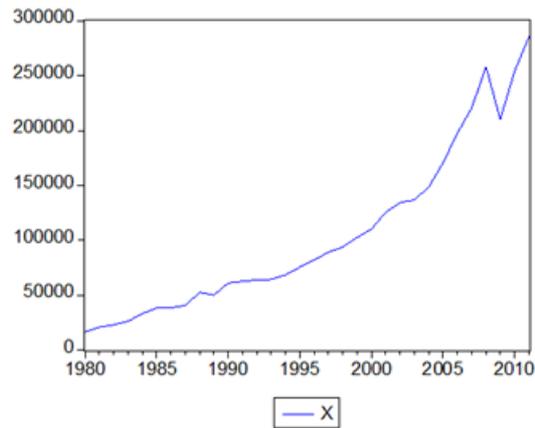


Fig. 6. L'évolution des exportations des biens et services entre 1980 et 2011

La valeur des exportations de biens et services a progressivement évolué au cours de la période étudiée sauf en 2009 où elle a significativement baissé. Ainsi a-t-elle passé d'une valeur de 30 milliards de DH en 1980 à 250 milliards de DH en 2008. Ceci s'explique, en grande partie, par la performance des phosphates qui ont participé en 2008 de 33% dans les exportations du Maroc. On remarque que le niveau des exportations a baissé en 2009, chose qui est due à la crise et son impact sur le volume des échanges commerciaux, pour qu'elles reprennent ces évolutions après cette date. Ce graphique montre clairement que les exportations de biens et services marocaines ne sont pas stationnaires puisque qu'on constate une tendance ascendante.

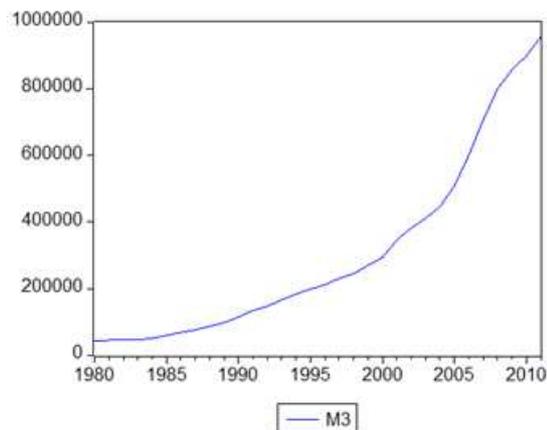


Fig. 7. L'évolution de la masse monétaire M3 entre 1980 et 2011

Ce graphique montre clairement que la masse monétaire n'est pas stationnaire puisque qu'on constate une tendance ascendante, en ce qui concerne la masse monétaire on constate que cette dernière a connu une augmentation continue jusqu'à l'année 2011.

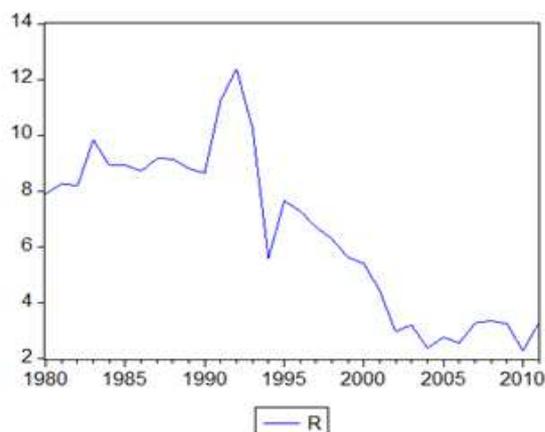


Fig. 8. L'évolution du taux d'intérêt entre 1980 et 2011

Ce graphique présente l'évolution de taux d'intérêt marocain durant la période 1983 jusqu'à 2011. Ce graphique montre clairement l'évolution du taux d'intérêt marocain par rapport à son niveau de l'année 1983 et de 2000.

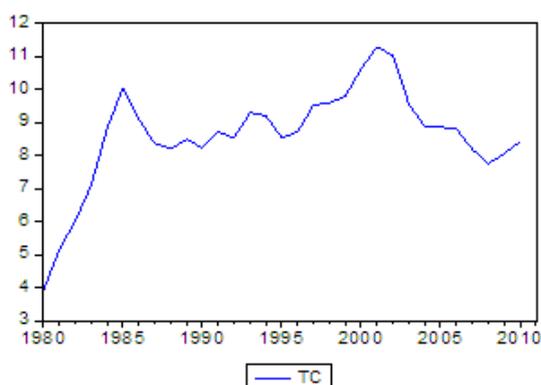


Fig. 9. L'évolution du taux de change entre 1980 et 2011

Ce graphique présente l'évolution du taux de change réel Marocaine durant la période 1980 jusqu'à 2011 montre clairement l'évolution du taux de change Réel Marocaine par rapport à son niveau de l'année 1980 et de l'an 2000. Il montre aussi la dépréciation du DH Marocain au cours de ces dernières années.

3 DETERMINATION DE L'ORDRE D'INTEGRATION DES VARIABLES

Depuis que l'économétrie a perçu, que la validité des estimations est tributaire de la stationnarité des variables ; il est recommandé de toujours commencer par chercher l'ordre d'intégration des variables dans tout travail d'économétrie.

Cela est d'autant plus important et pertinent dans la présente étude que les variables utilisées dans le modèle sont toutes des variables macro - économiques, qui d'ordinaire sont non stationnaires.

3.1 RÈGLE DE DÉCISION

La détermination de l'ordre d'intégration des variables est faite suivant les tests de racine unitaire. A ces tests, appliqués à l'aide du logiciel Eviews 6 (version 5) sont attachés des règles de décision précises permettant de se prononcer sur l'ordre d'intégration des variables.

Dans les différents tests appliqués ici, le nombre de retards retenus est celui correspondant au test pour lequel la statistique Akaike (Akaike info criterion) est la plus faible [2].

Le nombre de retards étant retenu sur la base de la statistique Akaike, la stationnarité de la variable est jugée à partir de la comparaison entre les statistiques ADF (Augmented Dickey Fuller test statistic) et critical value (Mackinnon Critical Values for rejection of Hypothesis of a unit root. c'est-à-dire la valeur critique Mackinnon).

L'alternative d'hypothèses qui se présente à l'issue du test est la suivante :

H0: racine unitaire ou non stationnarité.

H1 : non racine unitaire ou stationnarité.

Si $|ADF| < |Valeur\ Critique\ de\ Mackinnon|$ alors l'hypothèse H0 est acceptée. Par conséquent la série est non stationnaire.

Si $|ADF| > |Valeur\ Critique\ de\ Mackinnon|$ alors l'hypothèse H1 est acceptée. Cela traduit la stationnarité de la série.

Les tests sont appliqués à niveau, puis en différence, au cas où il y aurait présence de racine unitaire à ce premier stade. Eviews 6 fournit les résultats des fonctions d'autocorrélation simple (colonne AC) et partielle (colonne PAC), avec les correlogrammes respectifs. Vu dans le corrélogramme (voir annexe), les probabilités sont tous inférieure à 5%, ce qui veut dire que le bruit n'est pas blanc. A partir des tests de Dickey-Fuller nous allons examiner si les processus sont non stationnaires.

3.2 TESTS DE STATIONNARITE DE DICKEY FULLER AUGMENTED (ADF)

Une série chronologique est stationnaire si son espérance et sa variance restent inchangées dans le temps. En d'autres termes la série stationnaire ne comporte ni saisonnalité, ni tendance. Dickey et Fuller (1979 ; 1981) ont mis au point un test permettant non seulement de détecter l'existence d'une tendance mais aussi de déterminer la bonne manière de stationnariser une série [3].

Le test de racine unitaire indique l'ordre d'intégration des séries. Il en découle donc qu'une série est intégrée d'ordre 1 s'il convient de la différencier une fois avant de la stationnariser. Il est important de préciser que le choix porté sur le Dickey Fuller Augmented se justifie par le fait qu'il tient compte du nombre de retard. C'est le test qui tient compte de l'hypothèse qu'il n'y a aucune raison pour que, à priori ; l'erreur soit non corrélée. Mais les deux tests se font de la même manière, seules les tables statistiques diffèrent.

Par souci de synthèse et compte tenu du nombre important des tests appliqués, le tableau ci - dessous résume les résultats des tests de racine unitaire appliqués à l'ensemble des variables.

Tableau 1. Tests de stationnarité au seuil 5%

TEST DE STATIONNARITE (AU seuil de 5%)					
Variables	Stationnarité		Dickey-Fuller (ADF)		Probabilité
	oui/non	ordre d'intégration	Valeur des statistiques	Valeur critique	
PIB	oui	I(1)	-7.575008	-3.568379	0.0000
C	oui	I(1)	-5.971697	-2.963972	0.0000
FBCF	oui	I(1)	-5.480982	-2.967767	0.0001
G	oui	I(1)	-5.280405	-3.568379	0.0009
X	oui	I(0)	-3.873206	-3.562882	0.0256
M	oui	I(1)	-5.974294	-3.568379	0.0002
r	oui	I(1)	-6.387200	-2.963972	0.0000
M3	oui	I(2)	-6.046163	-3.574244	0.0001
Tc	oui	I(2)	-4.989376	-3.587527	0.0022

Il en découle que les six variables (C, M, FBCF, G, M3, Pib, Nx, Tc et R) sont non stationnaires à niveau (ne sont pas I(0)). Probablement ils sont intégrés d'ordre 1. L'examen de l'ordre d'intégration des variables se poursuit en différence première et pour les six variables dans un souci de lecture d'un même niveau d'intégration. Les deux variables (M3 et Tc) sont non stationnaires à niveau (ne sont pas I(1)). Ils sont intégrés d'ordre I(2).

Les résultats des tests de racine unitaire en différence secondaire montrent la stationnarité des variables, autorisant ainsi l'étude d'estimation d'un modèle d'équations simultanées à partir de ces variables.

En effet, pour les deux variables : $|ADF| > |Valeur Critique de Mackinnon|$ au seuil de 5%. Ce qui permet d'accepter l'hypothèse alternative H1 de stationnarité des variables correspondantes.

4 MODELE D'EQUATIONS SIMULTANEEES, IDENTIFICATION ET ESTIMATION

Dans cette partie on suppose qu'il n'y a pas de taux de change et que seul le taux d'intérêt qui inclut dans les équations. Comme nous l'avons précisé ci-haut, cette section consiste à présenter le modèle d'équations simultanées et l'identifier.

4.1 TESTS DE STATIONNARITE DE DICKEY FULLER AUGMENTED (ADF)

4.1.1 FORME STRUCTURELLE

Considérons le modèle macro-économique sous forme structurelle :

$$Y_t = C_t + I_t + G_t + N_x t \quad (E1)$$

$$C_t = a_0 + a_1 Y_t + u_{1t} \quad (E2)$$

$$I_t = \alpha_0 I_{(-1)} + \alpha_1 Y_t - \alpha_2 r_t + u_{2t} \quad (E3)$$

$$M = \beta_0 + \beta_1 Y_{(-1)} - \beta_2 r_t + u_{3t} \quad (E4)$$

$$r_t = b_0 + b_1 Txch + u_{4t} \quad (E5)$$

Ce modèle comporte cinq équations et dix variables économiques. La première équation est identité (aucun paramètre n'est à estimer).

Les variables exogènes sont les variables non expliquées par une relation.

- Les variables retardées : $I_{(-1)}$, $Y_{(-1)}$ et

- Les variables « véritablement exogène » solde de la balance commerciale, les dépenses gouvernementales G, Taux de change et $I_{(-1)}$

Les variables endogènes sont celles qui sont déterminées par une relation de comportement : Pib, Fbcf, Masse monétaire, consommation et taux d'intérêt.

Les éléments u_{1t} , u_{2t} , u_{3t} , u_{4t} désignent les perturbations aléatoires et l'indice «t» désigne la période de temps.

$a_0, a_1, \alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \beta_0, \beta_1, \beta_2, b_0, b_1$ sont des paramètres structurels.

On constate que des variables endogènes d'une équation apparaissent en tant que variables explicatives d'une autre équation. Ce double statut de certaines variables entraîne un biais dans les estimations des coefficients lorsque nous employons les MCO, équation par équation.

Ce modèle comporte cinq équations dont une identifiée (E1). En effet, cette équation, il n'y a aucun coefficient à estimer et par conséquent pas de terme aléatoire. L'équation (E2) est une fonction de consommation, l'équation (E3) est une fonction d'investissement, l'équation (E4) est relative à l'offre de monnaie et (E5) relative à la fonction de change.

4.1.2 FORME REDUITE

Nous allons donc chercher à transformer le modèle initial en un modèle où les variables endogènes ne sont exprimées qu'en fonction des variables exogènes.

Après substitution et remplacement des variables, les équations structurelles sont alors équivalentes aux équations réduites (les variables endogènes sont exprimées en fonction des seules variables exogènes)

(E5) Equilibre du marché des biens et services

$$Y_t = \frac{1}{1-a_1} + \frac{1}{1-a_1}(I+G+Nx+u_{1t})$$

$$Y_t = \frac{1}{1-a_1} + \frac{1}{1-a_1} I + \frac{1}{1-a_1} G + \frac{1}{1-a_1} Nx + \frac{1}{1-a_1} u_{1t}$$

$$Y_t = \pi_0 + \pi_1 I + \pi_2 G + \pi_3 Nx + \pi_4 u_{1t}$$

$$\text{Avec : } \pi_0 = \frac{1}{1-a_1}; \quad \pi_1 = \frac{1}{1-a_1}; \quad \pi_2 = \frac{1}{1-a_1} \quad \pi_3 = \frac{1}{1-a_1} \quad \text{et} \quad \pi_4 = \frac{1}{1-a_1}$$

(E6) Fonction de consommation

$$C_t = \frac{a_0+a_1(1-a_0)}{1-a_1} + \frac{a_1}{1-a_1} (I + G + Nx) + \frac{1}{1-a_1} u_{1t}$$

$$C_t = \frac{a_0+a_1(1-a_0)}{1-a_1} + \frac{a_1}{1-a_1} I + \frac{a_1}{1-a_1} G + \frac{a_1}{1-a_1} Nx + \frac{1}{1-a_1} u_{1t}$$

$$C_t = \pi_0 + \pi_1 I + \pi_2 G + \pi_3 Nx + \pi_4 u_{1t}$$

$$\text{Avec : } \pi_0 = \frac{a_0+a_1(1-a_0)}{1-a_1}; \quad \pi_1 = \frac{a_1}{1-a_1}; \quad \pi_2 = \frac{a_1}{1-a_1} \quad \pi_3 = \frac{a_1}{1-a_1} \quad \text{et} \quad \pi_4 = \frac{1}{1-a_1}$$

(E7) Fonction d'investissement

$$I_t = I_{(-1)} + \alpha_0 Y - \alpha_1 r_t + u_2$$

$$\text{Avec } Y_t = \frac{1}{1-a_1} + \frac{1}{1-a_1}(I+G+Nx+u_{1t})$$

On remplace y par sa valeur on obtient :

$$I_t = I_{(-1)} + \frac{\alpha_0}{1-a_1} + \frac{\alpha_0}{1-a_1} I + \frac{\alpha_0}{1-a_1} G + \frac{\alpha_0}{1-a_1} Nx - \alpha_1 r_t + \frac{1-a_1+\alpha_0}{1-a} u_t$$

$$\text{Avec : } \pi_0 = I_{(-1)} + \frac{\alpha_0}{1-a_1}; \quad \pi_1 = \frac{\alpha_0}{1-a_1}; \quad \pi_2 = \frac{\alpha_0}{1-a_1} \quad \pi_3 = \frac{\alpha_0}{1-a_1} \quad \text{et} \quad \pi_4 = \alpha_1$$

$$\text{et } \pi_5 = \frac{1-a_1+\alpha_0}{1-a}$$

(E8) Fonction offre de monnaie

$$M^o = \frac{\delta(b+I_0)}{1-a} + \frac{\delta}{1-a} GT + \frac{\delta}{1-a} NX - \left(\frac{\delta \cdot \alpha}{1-a} + \beta \right) R_t$$

$$M^o = \pi_0 + \pi_1 G + \pi_2 NX - \pi_3 R_t$$

$$\text{Avec : } \pi_0 = \frac{\delta(b+I_0)}{1-a}; \quad \pi_1 = \frac{\delta}{1-a}; \quad \pi_2 = \frac{\delta}{1-a}; \quad \pi_3 = \frac{\delta \cdot \alpha}{1-a} + \beta$$

4.1.3 TRANSFORMATION MATRICIELLE

On considère le système d'équation :

$$Y_t - C_t - I_t - G_t - NX_t = 0 \quad (E1)$$

$$C_t - a_0 - a_1 Y_t = u_{1t} \quad (E2)$$

$$I_t - I_{(-1)} - \alpha_0 Y_t + \alpha_1 r_t = u_{2t} \quad (E3)$$

$$M^o - \beta_0 - \beta_1 Y_t + \beta_2 R_t = u_{3t} \quad (E4)$$

$$r_t - b_0 - b_1 T_xch = u_{3t} \quad (E5)$$

A partir du système d'équations présenté ci-haut, nous allons isoler les termes du choc à droite du signe d'égalité. Le modèle devient :

Le modèle sous forme matricielle s'écrit :

$$\begin{pmatrix} 1 & -1 & -1 & 0 \\ -a_1 & 1 & 0 & 0 \\ -\alpha_0 & 0 & 1 & 0 \\ -\beta_1 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Y \\ C \\ I \\ M \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} -1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -a_0 \\ 0 & 0 & -\alpha_1 & -I_{(-1)} \\ 0 & 0 & -\beta_2 & -\beta_0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} G \\ NX \\ r \\ \mu \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ \mu_{1t} \\ \mu_{2t} \\ \mu_{3t} \end{pmatrix} \text{ soit } B Y + C X = u_i_t$$

Avec μ = vecteur unité

4.2 IDENTIFICATION

Condition d'ordre : $K - k \geq m - 1$

Condition de rang $\rho(A) \geq (M-1)(M-1) \Rightarrow$ ordre de la matrice.

M = nombre de variables endogènes dans le modèle

K = nombre de variables exogènes dans le modèle

m = nombre de variable endogène dans une équation

k = nombre de variables exogènes dans une équation

La condition de rang détermine si l'équation en question est identifiée ou non, alors que la condition d'ordre détermine si elle est exactement identifiée ou sur identifiée.

Condition de rang est déterminé par le rang de la matrice, qui devrait avoir une dimension $(M-1)$, où m est le nombre de variables endogènes.

Cette matrice est formée à partir des coefficients des variables (à la fois endogènes et exogènes) exclus de cette équation en particulier, mais inclus dans les autres équations du modèle.

Les conditions d'identification : Condition de rang et d'ordre

1. Si $K - k > m - 1$ et le rang de $\rho(A)$ est $M-1$ donc l'équation est sur identifié
2. Si $K - k = m - 1$ et le rang de $\rho(A)$ est $M-1$ alors l'équation est exactement identifié
3. Si $K - k \geq m - 1$ et le rang de $\rho(A)$ est inférieur à $M-1$ alors l'équation est sous identifiée
4. If $K - k \leq m - 1$ l'équation structurelle est non identifiée. Le rang de $\rho(A)$ est inférieur $M-1$ dans ce cas.

4.2.1 L'EQUATION DE CONSOMMATION

$$C_t = b + a Y_t + u_{1t}$$

Selon La condition de rang : $K-k = 4$ et $m - 1 = 1$

Donc $K-k$ est supérieur à $m-1$: $(K-k > m-1)$

D'où, l'équation de consommation est sur-identifiée \rightarrow Par conséquent l'équation est estimé par la méthode DMC.

4.2.2 L'EQUATION D'INVESTISSEMENT

$$I_t - \alpha_0 I_{(-1)} - \alpha_1 Y_t + \alpha_2 r_t = u_{2t}$$

Selon La condition de rang : $K-k = 2$ et $m - 1 = 0$

Donc $K-k$ est supérieur à $m-1$: $(K-k > m-1)$

D'où, l'équation d'investissement est sur-identifiée \rightarrow Par conséquent l'équation est estimé par la méthode DMC.

4.2.3 L'EQUATION DE L'OFFRE DE MONNAIE

$$M - \beta_0 - \beta_1 Y_t + \beta_2 R_t = u_{3t}$$

Selon La condition de rang : $K-k = 3$ et $m - 1 = 2$

Donc $K-k$ est supérieur à $m-1$: ($K-k > m-1$)

D'où, l'équation est sur-identifiée → Par conséquent l'équation 4 est estimée par la méthode DMC.

4.2.4 L'EQUATION DU TAUX D'INTERET

$$r_t - b_0 - b_1 Txch = u_{3t}$$

Selon La condition de rang : $K-k = 3$ et $m - 1 = 0$

Donc $K-k$ est supérieur à $m-1$: ($K-k > m-1$)

D'où, l'équation est sur-identifiée → Par conséquent l'équation 5 est estimée par la méthode DMC

Les équations étant toutes sur-identifiées, il est licite d'estimer les coefficients de ce modèle à l'aide de la méthode des DMC.

4.3 ESTIMATION

Nous appliquons maintenant la méthode des DMC pour chacune des trois équations :

Les résultats des estimations sont fournis par Eviews.

4.3.1 ESTIMATION DES DIFFERENTES EQUATIONS DU MODELE

Tableau 2. Estimation de L'équation de consommation

Dependent Variable: DR				
Method: Least Squares				
Date: 06/12/13 Time: 23:32				
Sample (adjusted): 2 32				
Included observations: 31 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
Txch	-0.339730	0.180780	-1.879244	0.0703
C	2.826881	1.598843	1.768079	0.0876
R-squared	0.108558	Mean dependent var		-0.148826
Adjusted R-squared	0.077819	S.D. dependent var		1.282823
S.E. of regression	1.231898	Akaike info criterion		3.317331
Sum squared resid	44.00963	Schwarz criterion		3.409846
Log likelihood	-49.41862	F-statistic		3.531559
Durbin-Watson stat	2.200944	Prob(F-statistic)		0.070295

EQUATION DU MODELE :

$$C_t = 0.009 + 0.69 \cdot \log Pib$$

(1.333339) (3.319633) (.) = t de student

Avec $R^2 = 0.75$ DW=2.30 n=31

$R^2 = 0,75\%$ cela signifie que la variation de la consommation explique 75% de la variation de produit intérieur brut.

$F_{cal} > F_t$: on accepte l'hypothèse que les paramètres estimés de la régression ne sont pas tous nuls, donc le modèle est globalement significatif. et La variable explicative est globalement un effet significatif sur la consommation.

Dw =2.30 : la statistique de Durbin et Watson laisse augurer d'une 'autocorrélation des erreurs ce qui va être confirmé par la suite

Cette analyse repose sur la consommation globale, c'est donc une approche macroéconomique. La relation consommation / revenu est déterminée par la notion de propension moyenne à consommer.

On constate qu'il existe une relation significative entre le produit intérieur brut et la consommation des ménages : Lorsque le revenu augmente de 1% la consommation augmente de 69%. En d'autre terme, les ménages épargnent une part croissante de leur revenu au fur et à mesure que celui-ci s'accroît.

Tableau 3. Estimation de L'équation de l'investissement

Dependent Variable: LOGFBCF
 Method: Least Squares
 Date: 06/10/13 Time: 23:42
 Sample (adjusted): 2 32
 Included observations: 31 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LOGFBCF(-1)	0.770159	0.101127	7.615752	0.0000
LOGPIB	0.214225	0.091599	2.338728	0.0267
R	-0.003733	0.002293	-1.628539	0.1146
R-squared	0.991929	Mean dependent var		4.901746
Adjusted R-squared	0.991352	S.D. dependent var		0.294045
S.E. of regression	0.027344	Akaike info criterion		-4.268867
Sum squared resid	0.020936	Schwarz criterion		-4.130094
Log likelihood	69.16744	Durbin-Watson stat		1.190967

Equation du modèle :

$$FBCF = 0.770 FBCF_{(-1)} + 0.214 Pib - 0.0037 r$$

(7.615752) (2.338728) (-1.628539) (.) T.student

R²=0.99 n = 31 DW=1.190

Le coefficient de détermination R² égal à 0,99. Ceci signifie que 99% de l'investissement est expliquée par le modèle.

• **TEST DE STUDENT**

H0 :a1=0

H1 :a1#0

Tcal > Tth rejet de H0 il y a une relation statistiquement significative entre l'investissement et le produit intérieur brut .

H0 :a2=0

H1 :a2#0

Tcal <Tth accepte de H0, la relation entre investissement et taux d'intérêt n'est pas significative.

Dw =1.190: la statistique de Durbin et Watson laisse augurer d'une 'autocorrélation des erreurs ce qui va être confirmé par la suite.

Le tableau présente l'estimation de l'équation de l'investissement par les DMC. Ce tableau montre que le variable investissement est expliqué par le variable investissement de l'année précédente, le produit intérieur brut ainsi que le taux d'intérêt.

On constate que le taux d'intérêt agit négativement et qui est significative.

Tableau 4. Estimation de L'équation de l'offre de monnaie

Dependent Variable: LOGM3
 Method: Least Squares
 Date: 06/11/13 Time: 23:37
 Sample (adjusted): 2 32
 Included observations: 31 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LOGPIB(-1)	1.300502	0.049722	26.15531	0.0000
R	-0.025101	0.004619	-5.434218	0.0000
C	-1.630232	0.295588	-5.515215	0.0000
R-squared	0.988112	Mean dependent var	5.312413	
Adjusted R-squared	0.987262	S.D. dependent var	0.423021	
S.E. of regression	0.047743	Akaike info criterion	-3.154218	
Sum squared resid	0.063822	Schwarz criterion	-3.015445	
Log likelihood	51.89038	F-statistic	1163.613	
Durbin-Watson stat	0.659367	Prob(F-statistic)	0.000000	

Equation du modèle:

$$M^o = 1.300 \log Pib - 0.025 \log R - 1.630232$$

$$(26.15531) \quad (-5.434218) \quad (-5.515215) \quad (.) \text{ T de student}$$

$$R^2 = 0.98 \quad DW = 0.65 \quad n = 31$$

Le coefficient de détermination R^2 égal à 0.98. Ceci signifie que 98% de l'offre de monnaie est expliquée par le modèle.

$F_{cal} > F_t$: on accepte l'hypothèse que les paramètres estimés de la régression ne sont pas tous nuls, donc le modèle est globalement significatif. et La variable explicative est globalement un effet significatif sur l'offre de monnaie.

• TEST DE STUDENT

$$H_0 : a_1 = 0$$

$$H_1 : a_1 \neq 0$$

$T_{cal} > T_{th}$ rejet de H_0 il y a une relation statistiquement significative entre l'offre de monnaie et le produit intérieur brut.

$$H_0 : a_2 = 0$$

$$H_1 : a_2 \neq 0$$

$T_{cal} < T_{th}$ accepte de H_0 la relation entre l'offre de monnaie et taux d'intérêt n'est pas significative.

$Dw = 0.65$ la statistique de Durbin et Watson laisse augurer d'une 'autocorrélation des erreurs ce qui va être confirmé par la suite

Le tableau suivant présente l'estimation de l'équation de l'offre de monnaie par les Two-Stage Least Squares. Ce tableau nous montre que seuls la variable explicative (produit intérieur brut de l'année précédente) est significatif. Ainsi, on peut conclure que pendant cette période de l'histoire économique marocaine, l'offre de monnaie est expliquée par cette variable.

Tableau 5. Estimation de L'équation du taux de change

Dependent Variable: DR
 Method: Least Squares
 Date: 06/12/13 Time: 23:32
 Sample (adjusted): 2 32
 Included observations: 31 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
Txch	-0.339730	0.180780	-1.879244	0.0703
C	2.826881	1.598843	1.768079	0.0876
R-squared	0.108558	Mean dependent var		-0.148826
Adjusted R-squared	0.077819	S.D. dependent var		1.282823
S.E. of regression	1.231898	Akaike info criterion		3.317331
Sum squared resid	44.00963	Schwarz criterion		3.409846
Log likelihood	-49.41862	F-statistic		3.531559
Durbin-Watson stat	2.200944	Prob(F-statistic)		0.070295

Equation du modèle:

$$r = 2.826 - 0.339 \text{ Txch}$$

(-1.879244) (1.768079) (.) T de student

Avec $R^2 = 0.108$ DW=2.200 n=31

Le coefficient de détermination R^2 égal 0.108 . Ceci signifie que 10,8% du taux de change est expliquée par le modèle.

$F_{cal} < F_t$: on rejete l'hypothèse que les paramètres estimés de la régression ne sont pas tous nuls, donc le modèle est globalement n'est pas significatif. et La variable explicative est globalement n'est pas un effet significatif sur le taux de change.

• **TEST DE STUDENT**

$H_0 : a_1 = 0$

$H_1 : a_1 \neq 0$

$T_{cal} < T_{th}$ accepte de H_0 la relation entre taux d'intérêt et taux de change n'est pas significative.

Dw=2.200 : la statistique de Durbin et Watson laisse augurer d'une autocorrélation des erreurs ce qui va être confirmé par la suite

Il existe bien une influence inverse du taux de change sur le taux d'intérêt, chaque augmentation du taux de change de 1%, diminue le taux d'internet de 39%.

Le tableau suivant présente l'estimation de l'équation taux d'intérêt par MCO. On constate que la variable taux de change agit négativement et qui n'est pas significatif.

4.3.2 TEST DE DURBIN WATSON (DW)

4.3.2.1 Les variables exprimées à la même période

Le test de Durbin Watson permet de détecter une auto- corrélation des erreurs d'ordre un. Il repose sur l'estimation d'un modèle autorégressif de premier ordre pour les résidus estimés[4].

Le test d'hypothèse est le suivant :

Ho : $\rho = 0$

H1 : $\rho \neq 0$

Où $\rho < 0$ ou $\rho > 0$, attention le seuil n'est alors pas le même.

Pour tester l'hypothèse nulle Ho, nous calculons la statistique de Durbin et Watson :

$$DW = \frac{\sum_{t=2}^n (e_t - X_{t-1})^2}{\sum_{i=1}^n e_i^2} \quad \text{Où } e_t \text{ sont les résidus de l'estimation du modèle.}$$

La statistique de Durbin Watson est comprise entre zéro et quatre. L'hypothèse nulle d'absence d'auto-corrélation des erreurs est acceptée lorsque la valeur de cette statistique est proche de deux.

Des valeurs critiques au seuil de 5% (resp. d_1 et d_2 , avec $d_1 > d_2$) ont été tabulées.

L'interprétation du test de Durbin Watson est alors la suivante :

1- si la valeur calculée de la statistique de DW est inférieure à la valeur tabulée d_1 alors il existe une auto-corrélation positive (ou $\rho > 0$)

2- si la valeur calculée de la statistique de DW est comprise entre d_2 et $4-d_2$, il n'est pas possible de rejeter l'hypothèse nulle d'absence d'auto-corrélation des résidus (ou $\rho = 0$). Cet intervalle est autrement dit l'intervalle pour lequel il n'existe pas d'auto-corrélation des erreurs.

3- si la valeur calculée de la statistique de DW est supérieure à la valeur tabulée $4-d_1$ alors il existe une auto-corrélation négative (ou $\rho < 0$).

4- Les autres situations correspondent à des zones d'indéterminations.

- **Le cas de l'équation de consommation**

DW = 2.30 avec $n = 31$ et $K = 1$

$d_1 = 1.36$ et $d_2 = 1.50$ donc $d_2 < DW < 4-d_2$

Donc on accepte l'hypothèse Ho : $\rho = 0$ il y a absence d'autocorrélation.

- **Le cas de l'équation du taux d'intérêt**

DW = 2.20 avec $n = 31$ et $K = 1$

$d_1 = 1.36$ et $d_2 = 1.50$ donc $d_2 < DW < 4-d_2$

Donc on accepte l'hypothèse Ho : $\rho = 0$ il y a absence d'autocorrélation.

4.3.2.1 Le modèle à décalage

- **Le cas de l'équation d'investissement**

Dans le cas des modèles à décalages peuvent inclure comme variables retardées aussi bien la variable endogène que les variables exogènes. Dans ce type de modèle autorégressif, le test de Durbin et Watson a une puissance réduite et est biaisé. C'est pourquoi il convient d'utiliser une autre statistique, celle du « h » de Durbin. La statistique utilisée est la suivante [5]:

$$h = \rho \sqrt{\frac{n}{1 - \sigma_{b1}^2}}$$

Avec $\rho = 1 - dw/2$ (dw est la statistique de Durbin et Watson calculée par le modèle)

n = nombre d'observation

σ_{b1}^2 = variance estimée du coefficient b_1 à partir du modèle.

Cette statistique h est distribuée de manière asymétrique comme une variable normale centrée réduite. Ainsi, il y a équivalence entre les deux tests d'hypothèse suivant :

$$H_0 : \rho = 0 \quad H_0 : h = 0$$

$$H_0 : \rho \neq 0 \quad H_1 : h \neq 0$$

Si $|h| \leq t^{\frac{\alpha}{2}}$, nous acceptons l'hypothèse nulle d'indépendance des erreurs.

($t^{\frac{\alpha}{2}}$ = valeur issue de la loi normale pour un test bilatéral au seuil de α).

Nous allons procéder à l'estimation par la méthode de Cochrane-Orcutt : donc le modèle en présence d'autocorrélation d'ordre 1

Tableau 6. Estimation de L'équation d'investissement

Dependent Variable: LOGFBCF
 Method: Least Squares
 Date: 06/06/13 Time: 09:54
 Sample (adjusted): 3 32
 Included observations: 30 after adjustments
 Convergence achieved after 7 iterations

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LOGFBCF(-1)	0.653323	0.145725	4.483247	0.0001
LOGPIB	0.320077	0.131680	2.430710	0.0223
r	-0.006162	0.003058	-2.015042	0.0543
AR(1)	0.418604	0.217906	1.921030	0.0658
R-squared	0.993802	Mean dependent var		4.917845
Adjusted R-squared	0.993087	S.D. dependent var		0.284836
S.E. of regression	0.023682	Akaike info criterion		-4.524629
Sum squared resid	0.014582	Schwarz criterion		-4.337803
Log likelihood	71.86944	Durbin-Watson stat		1.833201
Inverted AR Roots	.42			

Equation du modèle :

$$FBCF = 0.653323 FBCF(-1) + 0.320 Pib - 0.0061 r + [AR = 0.418]$$

$$(4.483247) \quad (2.430710) \quad (-2.015042) \quad (.) \text{ T.student}$$

Avec $R^2=0.99$ $n = 30$ $DW=1.83$

Au Maroc le taux d'intérêt est faible, théoriquement valable : quand on augmente le taux d'intérêt de 1%, l'investissement public augmente de 0.6% puisqu'il existe une partie publique qui est indépendante du taux d'intérêt.

Dans le cas marocain il y'a un impact de l'investissement retardé et le produit intérieur brut qui est le taux d'investissement.

Tableau 7. Estimation de L'équation de l'offre de monnaie

Dependent Variable: LOGM3
Method: Least Squares
Date: 06/07/13 Time: 06:54
Sample (adjusted): 3 32
Included observations: 30 after adjustments
Convergence achieved after 9 iterations

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LOGPIB(-1)	1.485632	0.083431	17.80662	0.0000
r	-0.012887	0.004537	-2.840310	0.0086
C	-2.737207	0.479554	-5.707822	0.0000
AR(1)	0.658138	0.106345	6.188720	0.0000
R-squared	0.994983	Mean dependent var	5.334506	
Adjusted R-squared	0.994404	S.D. dependent var	0.411661	
S.E. of regression	0.030794	Akaike info criterion	-3.999411	
Sum squared resid	0.024655	Schwarz criterion	-3.812584	
Log likelihood	63.99116	F-statistic	1718.827	
Durbin-Watson stat	2.325556	Prob(F-statistic)	0.000000	
Inverted AR Roots	.66			

Equation du modèle :

$$M = 1.485 \text{ Pib}(-1) - 0.0128 r - 2.737207 + [AR = 0.658]$$

(17.80662) (-2.840310) (-5.707822) (.) T.student

R²=0.99 n = 30 DW=2.32

5 CONCLUSION

Cette analyse repose sur la consommation globale, c'est donc une approche macroéconomique. La relation consommation / revenu est déterminée par la notion de propension moyenne à consommer. On constate qu'il existe une relation significative entre le produit intérieur brut et la consommation des ménages : Lorsque le revenu augmente de 1% la consommation augmente de 69%. En d'autre terme, les ménages épargnent une part croissante de leur revenu au fur et à mesure que celui-ci s'accroît. Au Maroc le taux d'intérêt est faible, théoriquement valable : quand on augmente le taux d'intérêt de 1%, l'investissement publique augmente de 0.6% puisqu'il existe une partie publique qui est indépendante du taux d'intérêt.

REFERENCES

- [1] D. Romer: Advanced Macroeconomics, 2nd edition. McGraw-Hill Book Co, 2001.
- [2] C. Brooks: Introductory Econometrics for Finance, 2nd edition. Cambridge University Press, 2008.
- [3] R. Bourbonnais : Économétrie, Manuel et exercices corrigés, 7^e édition. DUNOD, 2009.
- [4] H. Greene: Econometric Analysis, 1st edition .MacMillan, 2005.
- [5] I Cadoret et Al : Econométrie appliquée, 1^{ère} éd., De Boeck, Bruxelles, 2004.