

SOMMAIRE

Liste des tableaux	ii
Liste des graphiques.....	iii
Liste des acronymes	iv
Avant propos.....	v
Résumé analytique	vi
I. Introduction.....	1
II. Perspectives théoriques sur le lien croissance - taux de change réel	3
<i>II.1. Notion de taux de change réel</i>	<i>3</i>
<i>II.2. La croissance économique et les fondamentaux du taux de change réel.....</i>	<i>4</i>
II.1.1 Les fondamentaux du taux de change réel :	5
II.1.2. Un modèle macroéconomique du taux de change réel d'équilibre :	8
<i>II.2. Les effets du taux de change réel sur la croissance économique.....</i>	<i>13</i>
II.2.1. Effets directs - le canal de la productivité :	13
II.2.2. Effets sur la demande – le canal du commerce extérieur :	15
II.2.3. Effets sur l'accumulation - le canal de l'investissement privé :	16
II.2.4. Effets sur l'accumulation – le canal de l'IDE :	17
II.2.5. Modèle de croissance économique avec taux de change réel :.....	19
<i>II.3. Modèle macroéconomique synthétique simple.....</i>	<i>22</i>
III. Analyse empirique du lien croissance - taux de change réel pour le cas de Madagascar.....	26
<i>III.1 Méthodologie et spécification économétrique</i>	<i>26</i>
<i>III.2 Présentation des données</i>	<i>28</i>
<i>III.3 Analyse de stationnarité des séries.....</i>	<i>30</i>
<i>III.4 Les résultats du SVAR et analyse des réponses impulsionnelles.....</i>	<i>32</i>
<i>III.5 Analyse de cointégration et les résultats du VECM</i>	<i>38</i>
<i>III.6 Analyse des canaux indirects de transmission</i>	<i>44</i>
<i>III.7 Analyse de causalité et analyse de décomposition des variances.....</i>	<i>46</i>
<i>III.8 Implications en termes de politique économique</i>	<i>50</i>
<i>III.9 Les limites de l'analyse empirique</i>	<i>51</i>
IV. Conclusion	53
Bibliographie.....	55
Annexes	58

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 :	Résultats des tests de stationnarité sur les séries	31
Tableau 2 :	Tableau de sélection du nombre de retards ou Lag à introduire dans le modèle SVAR selon le LR-test ou les critères d'information FPE, AIC, HQIC et SBIC.....	33
Tableau 3 :	Résultats de l'estimation de la forme réduite du modèle SVAR.....	34
Tableau 4 :	Résultats des contraintes de court terme du modèle SVAR (estimation de la matrice B).	35
Tableau 5 :	Tableau de sélection du nombre de retards ou Lag à introduire dans le modèle VECM selon le LR-test ou les critères d'information FPE, AIC, HQIC et SBIC.....	39
Tableau 6 :	Résumé du test de cointégration de Johansen : le nombre de relation de cointégration selon le type présumé de la structure des données.	39
Tableau 7 :	Sélection du type de structure à adopter pour le modèle VECM selon les critères d'information AIC, HQIC et SBIC.	40
Tableau 8 :	Résultats de l'estimation de la relation de long terme du VECM.....	40
Tableau 9 :	Résultats de l'estimation du modèle de court terme du VECM.....	42
Tableau 10 :	Estimation de l'équation de croissance pour l'analyse des canaux indirects de transmission.	45
Tableau 11 :	Résultats de l'estimation du coefficient du taux de change réel pour chaque variable de transmission.....	45
Tableau 12 :	Test de granger standard sur les séries du PIB réel et du taux de change réel en différence	47
Tableau 13 :	Causalité entre PIB réel et taux de change réel à travers le modèle SVAR.....	47
Tableau 14 :	Causalité à court terme entre PIB réel et taux de change réel à travers le modèle VECM.....	47
Tableau 15 :	Causalité à moyen et long terme entre PIB réel et taux de change réel selon le test de Toda Yamamoto.	48

LISTE DES GRAPHIQUES

Graphique 1 : Aperçu de l'évolution des variables d'étude sur la période d'observation.....	30
Graphique 2 : Fonction de réponses impulsionnelles du PIB réel en différence par rapport au REER en différence et vice versa (Modèle SVAR).....	36
Graphique 3 : Fonction de réponses impulsionnelles du PIB réel par rapport au REER et vice versa (Modèle SVAR).....	37
Graphique 4 : Fonction de réponses impulsionnelles du PIB réel par rapport au REER et vice versa (Modèle VECM).....	42
Graphique 5 : Décomposition de la variance du PIB et du REER (Modèle SVAR).....	48
Graphique 6 : Décomposition de la variance du PIB et du REER (Modèle VECM).....	49

LISTE DES ACRONYMES

AIC	Akaike Information Critérium
BCM	Banque Centrale de Madagascar
FMI	Fonds Monétaire International
FPE	Final Prediction Error
HQIC	Hannan Quinn Information Criterium
IDE	Investissement Direct Etranger
INSEE	Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques de la France
INSTAT	Institut National de la Statistique de Madagascar
LL	Log Likelihood
LR	Likelihood Ratio
NFAR	Avoirs extérieurs nets réels
NFARD	NFAR en différence première
PIB	Produit Intérieur Brut
PIBR	PIB réel
PIBRD	PIB réel en différence première
PNB	Produit National Brut
PPA	Parité du Pouvoir d'Achat
REER	Real Effective Exchange Rate
REERD	Real Effective Exchange Rate en différence première
SBIC	Schwarz Bayesian Information Criterium
SVAR	Structural Vector Auto Regresif model
SVECM	Structural Vector Error Correction Model
TXIR	Taux d'intérêt réel
TXRD	TXIR en différence première
VAR	Vecteur Auto Regressif
VECM	Vector Error Correction Model

AVANT PROPOS

Le présent travail s'inscrit dans le cadre de la préparation du Diplôme d'Etude Approfondie en sciences économiques du Département d'Economie de l'Université d'Antananarivo. Après avoir suivi des cours théoriques consistants, chaque étudiant doit préparer et présenter des mémoires pour témoigner de leur capacité à appliquer leurs acquis théoriques et à faire des études concrètes. Dans notre cas, ce travail constitue notre grand mémoire.

Par la présente occasion, nous voulons adresser nos vifs et sincères remerciements, avant tout à notre seigneur Dieu tout puissant de tout ce qu'Il nous a donné depuis toujours jusqu'à ce moment et ce qu'Il nous donnera dans l'avenir, ensuite au Professeur Ravelomanana Mamy Raoul qui est notre encadreur, aux techniciens de la Direction des Etudes de la Banque Centrale et aussi ceux de l'INSTAT d'avoir bien voulu nous procurer les séries de données macroéconomiques et enfin, à tous ceux qui de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce document.

RESUME ANALYTIQUE

Cette étude a pour objet principal d'explorer et d'analyser les interactions qui peuvent exister entre le taux de change réel et la croissance économique. Sur le plan empirique, elle examine le cas de Madagascar. En fait, l'idée de l'analyse part du fait que dans la plupart des cas notamment celui de Madagascar, les études ne concernent que le processus de formation du taux de change réel d'équilibre. L'étude essaye d'examiner alors les éventuels effets que peuvent avoir l'évolution du taux de change réel sur la croissance économique en plus du fait que la production en volume fait partie des fondamentaux du taux de change réel d'équilibre.

Sur le plan théorique, les analyses sont faites à travers la revue de la littérature et sur le plan empirique, elle est réalisée à partir de l'utilisation d'outils économétriques avancés en examinant le cas de Madagascar.

En ce qui concerne particulièrement l'analyse empirique, pour rendre l'étude plus robuste, deux techniques économétriques à savoir une modélisation SVAR et une modélisation VECM sont utilisées pour explorer et déterminer la nature des interactions entre le taux de change réel et la croissance économique tout en faisant la comparaison des résultats de chaque modèle. D'autre part, la technique de régression simple est aussi utilisée pour analyser les différents canaux de transmission des effets de l'évolution du change réel vers la croissance économique. Enfin, pour boucler l'étude empirique, le test de non-causalité de Granger est mise en œuvre pour déterminer les sens de causalité qui prévaut statistiquement entre le taux de change réel et le PIB réel pour le cas de Madagascar.

Comme résultats, le modèle SVAR permet de conclure qu'un choc positif sur le PIB réel c'est-à-dire la croissance économique, conduit à l'appréciation du taux de change réel que ce soit à court ou à moyen et long terme pour le cas de Madagascar. A court terme, cet état de fait peut être expliqué par le fait que la croissance à Madagascar se réalise à la suite d'une augmentation plus vite de l'exportation en volume et/ou en valeur par rapport aux importations. A moyen et long terme, le changement dans la structure des exportations qui touchent de plus en plus les produits d'exportation dits « non traditionnels » qui sont plus compétitifs sur le marché international, exerce une pression à la hausse du change réel. Ces résultats concordent avec ceux relatés par d'autres travaux empiriques spécifiques au cas de Madagascar.

Si l'on considère le sens inverse, le modèle SVAR montre que pour le cas de Madagascar, un choc positif sur le niveau du change réel ou une appréciation réelle de la monnaie malagasy affecte négativement le niveau réel de la production. L'appréciation du taux de change réel induit donc une croissance négative sur le court, le moyen et le long terme. L'analyse des canaux de transmission des effets du change réel sur la croissance économique permet d'apporter des renseignements plus détaillés sur ce phénomène.

Concernant les résultats du modèle VECM, ils confirment exactement le fait qu'un choc positif sur le PIB réel c'est-à-dire la croissance économique a comme impact une appréciation du taux de change réel surtout sur le moyen et long terme. Mais concernant les effets potentiels de l'évolution du taux de change réel sur la croissance économique, le modèle VECM ne confirme pas les résultats du modèle SVAR même s'il ne montre pas un résultat tout à fait opposé. En fait, selon le modèle VECM, le taux de change réel n'a aucun impact significatif sur le niveau du PIB réel. Il est utile de mentionner que le modèle VECM a l'avantage d'intégrer la relation de cointégration qui existe entre les variables étudiées mais il n'intègre pas l'approche structurelle que le modèle SVAR possède.

Une analyse supplémentaire sur les canaux indirects a permis d'apporter un éclaircissement sur les résultats divergents des deux modèles concernant l'effet du taux de change réel sur la croissance économique. A travers cette analyse supplémentaire, il s'avère que des variables jouent effectivement de canal de transmission de l'effet du change réel sur la croissance économique pour le cas de Madagascar. Il s'agit de l'exportation et des IDE. Même au travers ces variables, les effets du change réel sur la production en volume sont de signe opposé. Mais, en termes d'importance des effets, les résultats montrent que les effets à travers les exportations sont plus prépondérants. Dans ce sens, l'analyse des canaux indirects supportent plus les résultats du modèle SVAR selon lesquels, l'appréciation du taux de change affecte négativement le volume de la production pour le cas de Madagascar.

Enfin, la mise en œuvre des tests de causalité de Granger permet de conclure que le sens de causalité entre le taux de change réel et la croissance économique pour le cas de Madagascar qui prévaut statistiquement, parte du PIB réel vers le taux de change réel. Ainsi, malgré les résultats donnés par les deux modèles économétriques sur les interactivités entre taux de change réel et croissance économique pour Madagascar, c'est plutôt le niveau réel des activités économiques qui exercent des pressions sur le niveau du taux de change réel.

I. INTRODUCTION

Dans le cas d'une économie ouverte, les facteurs externes liés aux échanges et transactions externes agissent aussi bien sur l'équilibre macroéconomique interne que sur le rythme de croissance de l'économie. Et dans ce cadre, le taux de change (nominal ou réel) constitue l'une des variables clefs qui conditionnent aussi bien l'équilibre externe que l'équilibre interne de l'économie. La fluctuation du taux de change dans le cadre d'un régime de change flottant, peut avoir des effets néfastes sur l'équilibre macroéconomique interne (inflation – chômage), sur le niveau des activités économiques et la croissance et vis versa.

La maîtrise du comportement conjoint du taux de change et du niveau des activités, à court terme, à moyen et long terme, est primordiale pour un pays en voie de développement comme Madagascar. Elle permet de donner des orientations en matière de politique de stabilisation (politique monétaire, politiques budgétaires) qui tiennent compte de l'équilibre externe (soutenabilité des paiements externes et compétitivité externe), de l'équilibre interne (moins d'inflation et hausse de l'emploi) et la croissance (soutenabilité du niveau des activités à moyen terme).

L'objet principal de la présente étude est de déterminer et d'explorer les interrelations qui peuvent exister entre le taux de change réel et le niveau des activités économiques pour le cas de Madagascar. Jusqu'ici, la plupart des travaux effectués par d'autres chercheurs sur le cas de Madagascar ne concernent que le processus de formation du taux de change réel d'équilibre¹ en prenant le niveau du PIB réel comme une variable explicative de l'évolution du taux de change réel. Or, il se peut que l'inverse soit aussi valable et que l'évolution du taux de change réel affecte la croissance économique. Notre étude essaye alors d'apporter des éléments de réflexion supplémentaires dans ce sens aussi bien sur le plan théorique que sur le plan empirique en prenant le cas de Madagascar.

Ainsi, en terme d'approche globale, la problématique posée par notre étude sera traitée à deux niveaux : sur le plan théorique et sur le plan empirique (cas de Madagascar). L'analyse théorique sera faite à travers une revue de la littérature. Et l'analyse empirique utilisera les éléments de réflexion mis en exergue par l'analyse théorique.

¹ Il s'agit par exemple des travaux de *Cady* (2003), ceux d'*Ambroise, Koffie et Laurence* (2005) et de *Randimbiarisoa* (2005).

De façon plus précise, la revue de littérature permettra de présenter et de cerner les différents modèles théoriques qui traitent des relations entre taux de change réel, production et croissance (théorie de la parité du pouvoir d'achat, effet Balassa-Samuelson, théorie du taux de change réel d'équilibre fondamental, la théorie néo classique de croissance et convergence conditionnée avec prise en compte du taux de change réel, etc.). Dans la mesure du possible, un modèle synthétique sera tiré de ces différents modèles théoriques.

Après, les enseignements des modèles théoriques seront par la suite, utilisés pour l'estimation empiriquement sur les données macroéconomiques de Madagascar par des procédés économétriques avancées pour faire le diagnostic des relations entre taux de change réel et croissance économique. En fait, pour rendre l'étude empirique plus robuste, on utilisera deux techniques économétriques notamment l'estimation à partir d'un modèle SVAR (Structural Vector Auto Regressif) et la modélisation VECM (Vector Error Corection Model) que l'on comparera, par la suite, les résultats et leur robustesse.

Et à partir des résultats de l'estimation, on pourra procéder à l'analyse de la sensibilité de l'activité économique aux fluctuations du taux de change réel, à l'analyse de l'efficacité des politiques de stabilisation pour le cas de Madagascar et proposer par la suite des nouvelles orientations de politique économique qui tiennent compte des résultats de l'analyse à partir des résultats du modèle.

Compte tenu de toutes ces considérations, notre étude se structure en deux grandes parties. La première partie traite exclusivement de l'analyse théorique. La deuxième partie quant à elle se focalise sur l'analyse empirique et du cas de Madagascar.

II. PERSPECTIVES THEORIQUES SUR LE LIEN CROISSANCE - TAUX DE CHANGE REEL

L'objectif de cette partie de notre étude est d'analyser, sur le plan théorique, les liens potentiels qui peuvent exister entre la croissance économique et le taux de change réel à travers la revue de la littérature. Premièrement, nous essayons de présenter le concept de taux de change réel selon les définitions offertes par la littérature. Deuxièmement, nous présentons une revue de la littérature sur la potentielle participation de la croissance économique sur la formation du taux de change réel d'équilibre. Troisièmement, nous analysons les canaux par lesquels le taux de change réel peut influencer la croissance économique selon la littérature. Et enfin, dans la section quatre de cette partie, nous présentons un modèle macroéconomique synthétique et récapitulatif des enseignements théoriques analysés lors des trois premières sections. Ce modèle sera à la base de notre évaluation empirique sur le cas de Madagascar.

II.1. Notion de taux de change réel

Zoly et al (1996) donne une revue assez complète des théories qui sont à l'origine des différents concepts et définitions du taux de change réel. En fait, il existe deux principales approches qui donnent deux définitions distinctes du taux de change réel que l'on rencontre dans la littérature.

La première approche est une approche d'équilibre général. Dans cette première approche, l'économie est divisée en deux secteurs distincts ; celui des biens échangeables (c'est-à-dire ceux qui font l'objet d'échange international) et celui des biens non échangeables ou quelque fois appelé aussi secteur des biens protégés. Le taux de change réel est tout simplement défini dans cette approche d'équilibre général comme le prix relatif des biens échangeables par rapport aux biens non échangeables. Si P_{ne} désigne l'indice de prix des biens non échangeables et P_e celui des biens échangeables, le taux de change réel q est alors

défini par $q = \frac{P_e}{P_{ne}}$. L'on ne perçoit alors pas tout de suite le fait qu'il s'agit d'un taux de change. Mais, il s'agit bien d'un taux de change puisque P_e est une fonction de l'indice de prix étranger et du taux de change nominal. Ici, le taux de change réel rend compte de l'allocation des ressources entre le secteur des biens échangeables et celui des biens non échangeables. Une appréciation du taux de change réel (diminution de q) reflète une demande

excessive à l'égard des biens non échangeables qui entraîne la réallocation des ressources vers ce secteur.

La deuxième approche est plutôt macroéconomique. Le taux de change réel y est défini comme un indicateur de compétitivité globale d'un pays qui conditionne son équilibre extérieur. Le taux de change réel est alors le rapport d'un indice global de prix étranger à un

indice global de prix domestique, exprimé tous deux dans une monnaie commune : $q = \frac{s \cdot P^*}{P}$,

avec P^* , l'indice global de prix étranger, p l'indice global de prix domestique et s le taux de change nominal. Ici, le taux de change réel conditionne plus l'orientation de la demande vers la production domestique ou étrangère. Une appréciation du taux de change s'accompagne plutôt de la réorientation de la demande vers la production domestique.

Ces deux définitions du taux de change réel sont aussi bien, l'une et l'autre, utilisées dans la littérature. Parfois même, certains chercheurs les combinent dans leurs travaux de recherches. Notre étude, dans sa démarche plus macroéconomique, adopte le concept du taux de change réel comme un indice de compétitivité globale du pays qui conditionne son équilibre extérieur et qui peut avoir des influences sur la croissance économique.

II.2. La croissance économique et les fondamentaux du taux de change réel

Dans cette section, nous analyserons les déterminants du taux de change réel d'équilibre à travers la revue de quelques travaux empiriques et théoriques sur ce cadre. Nous évoquerons la place de la croissance économique parmi les fondamentaux du taux de change réel. Notre analyse se basera sur les travaux de Hansen et Roeger (2000), de Cœurduacier (2002), de Federici et Gandolfo (2001) et Briones (2001).

Nous examinons d'abord tous les fondamentaux du change réel, y compris la croissance de l'output, et nous présentons après un modèle macroéconomique du taux de change réel d'équilibre.

II.1.1 Les fondamentaux du taux de change réel :

La littérature permet d'identifier cinq principaux fondamentaux du taux de change réel. Il s'agit de l'effet Balassa-Samuelson, des flux de capitaux et la position extérieure, le choc de demande, la politique monétaire et la croissance de l'output ou la croissance économique. Malgré le fait que c'est l'effet de la croissance économique qui intéresse le plus notre étude, nous présentons tous les déterminants du taux de change réel pour avoir une vision complète sur le processus de formation du taux de change réel d'équilibre dans l'analyse.

Effet Balassa-Samuelson

L'effet Balassa-Samuelson s'apparente au fait que pour les pays en voie de développement le taux de change réel a tendance à s'apprécier. Le modèle de Balassa et Samuelson (1964) distingue le secteur des biens non échangeables et le secteur des biens échangeables. Il suppose aussi la validité du principe de la parité du pouvoir d'achat (PPA)¹. Le modèle constate qu'un pays émergent se caractérise par une croissance de la productivité du travail dans le secteur des biens échangeables plus forte que les pays développés alors que la croissance de la productivité du travail dans le secteur des biens non échangeables évolue avec le même rythme dans les deux types de pays. Cela est dû au processus de rattrapage des pays émergents. La loi du prix unique (PPA) est valide pour les biens échangés en raison de la concurrence internationale mais elle ne l'est pas pour les biens non échangés. Du fait de l'accroissement plus fort de la productivité du travail dans le secteur des biens échangeables, le prix des biens non échangeables s'accroît plus vite dans le pays émergent. Il en est de même pour le niveau général des prix du pays émergent relativement à celui du pays développé. Le taux de change du pays émergent tend alors à s'apprécier dans ces conditions. Ainsi, l'effet Balassa-Samuelson met en exergue le fait que la tendance de long terme de l'évolution du taux de change réel d'un pays dépend de la différence de productivité du pays et celle du reste du monde et dans le cas d'un pays émergent, le taux de change réel a tendance à s'apprécier.

¹ La PPA tend, en fait, à instaurer la loi du prix unique au niveau international. Les biens domestiques et étrangers ont les mêmes prix lorsque ceux-ci sont exprimés en une monnaie commune. La PPA repose sur des hypothèses telles que la loi du prix unique, les préférences sont identiques dans chaque pays et les marchés ne sont pas segmentés.

Stock d'actifs nets étrangers et position extérieure nette

L'effet Balassa-Samuelson évoque effectivement des déterminants réels du taux de change réel pour un pays en voie de développement. Mais il s'avère insuffisant puisqu'il n'aborde pas les questions du stock d'actifs nets étrangers et de la dette extérieure qui ne sont pas sans impact sur le niveau d'équilibre du taux de change réel. Pour financer leur développement, les pays en voie de développement ont besoin des capitaux étrangers qui se solde parfois par un niveau d'endettement extérieur assez conséquent. La question de soutenabilité de la dette externe se pose dans la mesure où le paiement des intérêts de la dette extérieure nécessite d'autres capitaux étrangers tant que le pays est en situation de déficit commercial. Pour que l'endettement externe soit soutenable, il faut que la compétitivité externe du pays soit suffisante pour rendre soutenable les déficits courants enregistrés à long terme. En réaction à la pression créée par les flux des capitaux, l'endettement externe et le paiement des services de la dette, le taux de change réel doit être déprécié afin maintenir la compétitivité extérieure et améliorer la balance commerciale. Ainsi, Lane et Milesi-Feretti (2000) montre empiriquement l'effet négatif des détentions d'actifs étrangers et la position extérieure nette d'un pays sur le taux de change réel (Cœurdacier (2002)). Un pays plus endetté aura un taux de change qui se déprécie. La pression exercée par les paiements des services de la dette se traduit par un effet richesse négatif dans le pays. Pour compenser cet effet richesse négatif, l'offre de travail augmente et les prix diminuent relativement par rapport à l'étranger et le taux de change réel se déprécie.

Chocs de demande

Les composantes de la demande peuvent influencer aussi l'évolution du taux de change réel. En effet, les effets de richesse qui suivent les modifications au niveau des revenus des agents ou les effets d'une politique budgétaire/fiscale expansionniste modifient l'allocation intersectorielle des ressources. Cela agit sur les prix sectoriels relatifs et modifient donc le taux de change réel. Certains auteurs ont même démontré qu'en général, l'élasticité de la demande des biens non échangeables par rapport au revenu est supérieure à l'unité. Donc, toute modification de la structure des revenus de l'agent influent directement sur le taux de change réel par le fait que cela accroît la demande relative des biens non échangeables. Il en est de même que dans la plupart des cas, les dépenses publiques se font sur des biens non

échangeables (Cœurducier (2002)). Les chocs positifs de la demande renchérissent relativement les biens non échangeables et le taux de change réel s'apprécie.

Hansen et Roeger (2000) fournit une autre explication de l'effet de la politique budgétaire ou fiscale sur le taux de change réel. Un accroissement du déficit public peut aussi se solder plus sur une dépréciation du taux de change réel. Certes, l'accroissement du déficit public augmente la demande intérieure qui à son tour exerce une pression à la hausse du taux d'intérêt domestique. L'accroissement du taux d'intérêt domestique attire les capitaux extérieurs et cela se solde par l'appréciation du taux de change réel. Mais cela n'est que le début du processus. En effet, les flux entrants de capitaux étrangers cesseront lorsque sur le marché des capitaux, le taux d'intérêt domestique espéré couplé avec les effets anticipés de la future dépréciation du taux de change s'aligne avec le taux d'intérêt international. Or à ce stade, le niveau du taux de change réel est assez haut à tel point que la balance courante n'est pas soutenable du fait du déficit commercial. Cela sera accompagné inévitablement par une baisse des avoirs extérieurs nets qui réduiront d'un côté la demande domestique et d'un autre provoqueront la dépréciation du taux de change. Le niveau du taux de change réel restera alors plus bas pour être compatible avec la perte des avoirs extérieurs. Finalement, l'accroissement initial du déficit public peut se solder par une dépréciation du taux de change réel.

Politique monétaire

Cœurducier (2002) montre que la politique monétaire permet l'ajustement du taux de change réel sur son sentier d'équilibre. En effet, dans la plupart des cas, les pays en voie de développement, pour pouvoir soutenir sa balance des paiements, doivent entretenir des entrées permanentes des capitaux étrangers ou d'éviter que ces capitaux étrangers ressortent. Du fait des instabilités macroéconomiques courantes dans le cas des économies en voie de développement, ces dernières sont obligées d'offrir des primes de risque positifs quant au niveau de leur taux d'intérêt domestique par rapport au niveau du taux d'intérêt international à travers leur politique monétaire. Or la rentrée des flux de capitaux peut apprécier le taux de change réel. Coeurducier (2002) a pu vérifier empiriquement ce constat sur 11 pays émergents en adoptant une analyse en données de panel. Il faut préciser que le niveau de stock d'actifs nets étrangers qui est négatif pour les pays endetté exerce une pression à la baisse sur le taux de change réel. La rentrée des flux de capitaux apprécie plutôt le taux de change réel.

La croissance économique et les chocs de productivité

La croissance économique et les chocs de productivité ne sont pas sans effets sur le niveau du taux de change réel d'équilibre. Hansen et Roeger (2000) ainsi que Federici et Gandolfo (2001) démontre l'effet négatif de la croissance économique et les chocs de productivité sur le taux de change réel. La croissance économique s'accompagne donc en général d'une dépréciation du taux de change réel. La principale raison en est que l'accroissement du PIB s'accompagne d'un accroissement de la demande d'importation plus vite que la demande d'exportation. Il y a donc une tendance vers le déficit commercial sur le plan extérieur et cela pousse à la dépréciation du taux de change réel pour que ce déficit soit soutenable.

Toutefois, Briones (2001) démontre aussi que la croissance économique peut avoir comme effet l'appréciation du taux de change réel d'équilibre surtout si cette croissance provient de l'amélioration ou de l'augmentation du capital humain. En effet, l'augmentation et l'amélioration du capital humain affectent beaucoup plus le secteur des biens non échangeables qui est en général plus intensif en capital humain. Ce qui amène donc l'appréciation du taux de change réel.

Par ailleurs, l'effet Balassa-Samuelson peut être considéré comme un choc de productivité qui se produit de façon plus importante dans le secteur des biens échangeables pour les pays en voie de développement. L'effet Balassa-Samuelson peut donc être considéré comme un aperçu des effets de la croissance économique sur le taux de change réel. L'effet d'un choc de productivité dans le secteur des biens non échangeables s'apparente plus aux effets mis en exergue par Briones (2001) c'est-à-dire l'appréciation du taux de change réel suite aux chocs de productivité.

II.1.2. Un modèle macroéconomique du taux de change réel d'équilibre :

Nous présentons ici un modèle dynamique du taux de change réel développé par Coeurdacier (2002) mais dont la spécification de la fonction de la balance commerciale a été modifiée à la manière de Federici et Gandolfo (2001) et de Hansen et Roeger (2000). Ce

modèle illustre, dans certaines mesures, les déterminants du taux de change analysés au niveau de la sous section II.1.1.

Comme hypothèses, le modèle suppose que le monde est composé de deux pays. Chaque économie est composée de deux secteurs ; celui des biens non échangeables (indiqué de ne) et celui des biens échangeables (indiqué de e). Le taux de change réel est défini comme le prix relatif en monnaie domestique des biens domestiques et étrangers d'un panier de biens de consommation.

L'équation du taux de change réel s'écrit comme la suivante¹ :

$$q = p - (s - p^*)$$

Où p est l'indice de prix des biens domestiques et p* celui des biens étrangers. s est le taux de change nominal. La hausse de q correspond à une appréciation du taux de change réel. L'indice de prix est une somme pondérée des indices de prix des biens non échangeables, des biens échangeables et des biens importés.

$$p = (1 - \alpha_{ne} - \alpha_e)p_e + \alpha_{ne}p_{ne} + \alpha_e(s + p_e^*)$$

$$p^* = (1 - \alpha_{ne}^* - \alpha_e^*)p_e^* + \alpha_{ne}^*p_{ne}^* + \alpha_e^*(p_e - s)$$

On suppose que $\alpha_{ne}^* = \alpha_{ne}$, la part des biens non échangeables est la même dans chaque pays. On obtient alors :

$$q = (1 - \alpha_e - \alpha_e^*)q_x + \alpha_{ne}q_i$$

Où

$q_x = [p_e - (s + p_e^*)]$: le prix relatif des biens échangeables domestiques et étrangers.

$q_i = [(p_{ne} - p_e) - (p_{ne}^* - p_e^*)]$: le prix relatif des biens non échangeables et échangeables entre pays.

Pour l'équilibre externe du modèle, le solde de la balance courante s'écrit de la manière suivante comme somme de la balance commerciale et de la balance des revenus :

¹ Toutes les équations du modèle sont écrites en logarithmique.

$$ca = x_n + r^* \times f = \frac{df}{dt}$$

Où x_n est le solde de la balance commerciale ou l'exportation nette, r^* le taux d'intérêt international et f le stock d'actifs internationaux. On suppose que la balance commerciale est donnée par l'équation suivante¹ :

$$x_n = -\gamma q_x + \beta(y^* - y)$$

Où y^* est PIB étranger et y le PIB domestique. Ainsi donc :

$$\dot{f} = -\gamma q_x + \beta(y^* - y) + r^* \times f$$

L'**équilibre externe** est assuré par le fait que le déficit du compte courant est financé par des capitaux internationaux. On obtient alors l'équation suivante :

$$ka = \eta(F - f) + \mu(r - r_l) = ca$$

Où F est le stock désiré d'actifs internationaux et $(r - r_l)$ l'écart entre les taux d'intérêt réels de court terme et de long terme.

F résume les perceptions des investisseurs étrangers sur le pays y compris leurs anticipations. F désigne alors le niveau d'endettement jugé soutenable par les investisseurs étrangers pour le pays (*Coerdacier* (2002)). La décision des investisseurs de prêter ou non au pays dépend du niveau de F relativement à f . Ainsi, l'accumulation d'actifs internationaux dépend de son niveau par rapport à F et aussi du différentiel de taux d'intérêt réel.

Le modèle suppose que le taux d'intérêt réel de long terme est égal au taux d'intérêt international. Lorsque $f < F$ et $r = r^*$, les investisseurs ne prêtent plus au pays car le niveau d'endettement n'est plus jugé soutenable. Il est clair que pour les pays débiteurs comme le cas des pays en voie de développement, F est inférieur à zéro.

Par ailleurs, le modèle suppose une relation de parité des taux d'intérêt non couverte et d'une prime de risque positive soutenue par la politique monétaire du pays. On a alors la relation suivante :

¹ C'est là que nous introduisons la spécification de la balance commerciale comme l'on la rencontre chez *Federçi et Gandolfo* (2001) ainsi que chez *Hansen et Roeger* (2000). Il s'agit de la prise en compte du niveau de PIB domestique et du PIB étranger dans la spécification comme dans le cas du modèle de *Thirlwall* (1979).

$$r - r^* = -E\left(\frac{dq}{dt}\right) + \varepsilon$$

Pour ce qui est de l'équilibre interne, il y a déséquilibre interne lorsqu'il y a un excès de demande dans le secteur de biens non échangeables. Cet excès de la demande est causé soit par un différentiel de productivité entre le secteur des biens échangeables et non échangeables, soit par un choc de demande (choc de dépenses publiques par exemple). Les excès de la demande provoquent une réallocation des ressources entre les secteurs pour un niveau de prix relatif donné. Les excès de demande sont donc modélisés comme une proportion de l'écart des prix relatifs par rapport au différentiel de productivité ou de choc de demande. Toutefois, les excès de demande peuvent aussi être provoqués par un déficit commercial qui traduit tout simplement le surplus de la demande par rapport à la production domestique. Le modèle utilise alors l'équation suivante pour l'excès de demande domestique :

$$d_{ne} = -\alpha_{ne}x_n + \theta[k - (p_{ne} - p_e)] + \lambda[z - (p_{ne} - p_e)]$$

Où k désigne le différentiel de productivité et z la variable captant le choc de demande. θ et λ désignent les coefficients de proportionnalité qui provoquent les excès de la demande. Pour le pays étranger, on a aussi l'équation de l'excès de la demande suivante en supposant que les coefficients de proportionnalité sont identiques :

$$d_{ne}^* = \alpha_{ne}x_n + \theta[k^* - (p_{ne}^* - p_e^*)] + \lambda[z^* - (p_{ne}^* - p_e^*)]$$

Pour la résolution dynamique du modèle, il faut préciser que les excès de demande de biens non échangeables s'ajustent par une hausse relative du prix des biens non échangeables. Le modèle suppose que la vitesse d'ajustement est la même à l'intérieur et à l'étranger. On a alors les égalités suivantes :

$$(\dot{p}_{ne} - \dot{p}_e) = \rho d_{ne}$$

$$(\dot{p}_{ne}^* - \dot{p}_e^*) = \rho d_{ne}^*$$

Par ailleurs, on a $E\left(\frac{dq}{dt}\right) = \frac{dq}{dt}$ puisque l'on est en environnement certain. La résolution du modèle aboutit au système dynamique par rapport à (q_x, q_i, f) suivant avec $\Delta k = k - k^*$ et $\Delta z = z - z^*$:

$$\frac{dq_x}{dt} = \frac{(1 - 2\rho\mu\alpha_{ne}^2)[\gamma q_x - \beta(y^* - y)] + \rho\mu\alpha_{ne}(\theta + \lambda)q_i - \rho\mu\alpha_{ne}\theta\Delta k - \rho\mu\alpha_{ne}\lambda\Delta z + \mu\varepsilon + \eta F - (r^* + \eta)f}{\mu(1 - \alpha_e - \alpha_e^*)}$$

$$\frac{dq_i}{dt} = \rho[2\alpha_{ne}(\gamma q_x - \beta(y^* - y)) - (\theta - \lambda)q_i + \theta\Delta k + \lambda\Delta z]$$

$$\frac{df}{dt} = -\gamma q_x + \beta(y^* - y) + r^* \times f$$

La résolution du système dynamique donne les niveaux d'équilibre pour

$\frac{dq_x}{dt} = \frac{dq_i}{dt} = \frac{df}{dt} = 0$. On a alors les résultats suivants :

$$\hat{q}_x = \frac{\beta(y^* - y) + r^* \hat{f}}{\gamma}$$

$$\hat{q}_i = \frac{2\alpha_{ne}r^* \hat{f} + \theta\Delta k + \lambda\Delta z}{\theta + \lambda}$$

$$\hat{f} = F + \frac{\mu\varepsilon}{\eta}$$

Ce qui nous donne alors le niveau d'équilibre du taux de change réel suivant :

$$\hat{q} = (1 - \alpha_e - \alpha_e^*)\frac{\beta}{\gamma}(y^* - y) + \left[(1 - \alpha_e - \alpha_e^*)\frac{r^*}{\gamma} + \frac{2\alpha_{ne}^2 r^*}{\gamma} \right] \left(F + \frac{\mu\varepsilon}{\eta} \right) + \frac{\alpha_{ne}\theta}{\theta + \lambda}\Delta k + \frac{\alpha_{ne}\lambda}{\theta + \lambda}\Delta z \quad (1)$$

Commentaire :

Nous notons ici spécifiquement l'impact négatif de la croissance économique sur le niveau d'équilibre du taux de change réel. Par ailleurs, on remarque aussi l'effet négatif du niveau d'endettement ($F < 0$) sur le taux de change réel. Il en est de même de l'effet positif d'une prime positive de risque (ε) sur le taux d'intérêt réel. Δk et Δz représentent respectivement l'effet Balassa-Samuelson et le choc de la demande.

L'équation (1) ci-dessus illustre bien la détermination du taux de change réel d'équilibre en fonction de ses fondamentaux en particulier le niveau de l'output (y). Il est, toutefois, utile de noter que la dérivation de cette équation découle de deux conditions essentielles : les conditions de l'équilibre interne et les conditions de l'équilibre externe. L'équilibre extérieur est relatif au fait que le taux de change réel s'ajuste pour que le niveau

d'endettement soit soutenable à terme avec la balance commerciale. L'équilibre interne est le fait que le taux de change réel s'ajuste pour que le niveau de stock d'actifs étrangers du pays soit compatible avec l'équilibre entre la demande et l'output sur le plan domestique (Hansen et Roeger (2000)). Ce sont plus les équations relatives à ces deux conditions d'équilibres (interne et externe) que nous utilisons, plus bas, dans le modèle final qui servira de base à l'évaluation empirique.

II.2. Les effets du taux de change réel sur la croissance économique

Nous proposons de faire, dans cette section, une revue des quelques travaux théoriques et empiriques qui analysent et retracent les canaux de transmission des effets du taux de change réel sur la croissance économique sur le court, moyen et long terme. Les principaux canaux de transmission sont exposés et à la fin, un modèle de croissance économique qui prend en compte les effets du taux de change réel est présenté. Dans ce cadre, nous reprenons principalement les modèles développés par *Welfens et Monnet* (2004).

II.2.1. Effets directs - le canal de la productivité :

Le modèle de Corden (1984) sur le « syndrome hollandais » permet d'appréhender les effets du taux de change réel sur la croissance économique. En effet, selon ce modèle les fluctuations du taux de change réel s'accompagne d'un changement de structure qui affecte la productivité de l'économie et la croissance. Le modèle part de la division de l'économie en trois secteurs : un secteur en boum, un secteur des autres biens commercialisés et un secteur des biens non commercialisés. Le modèle met exergue en fait deux effets d'un boum exogène qui se produit au niveau d'un secteur donné. Il s'agit de l'effet de réallocation des ressources et l'effet de demande. Pour l'effet de demande, si l'accroissement du revenu total issu du boum est utilisé en grande partie pour l'achat des biens non commercialisés, l'excédent de demande qui en résulte dans ce secteur conduit à l'accroissement du prix relatif des biens non commercialisés et donc du taux de change réel. Cette appréciation du taux de change réel mine la compétitivité du pays sur le plan extérieur et freine l'expansion du secteur des biens commercialisés. Cet effet de demande s'accompagne d'un effet de réallocation des ressources. En effet, les facteurs travaux et capitaux sont attirés vers le secteur en boum et le secteur des biens non commercialisés au détriment du secteur des biens commercialisés qui exerce le plus

d'effet d'entraînement sur l'ensemble de l'économie. Il s'en suit alors un changement de structure de l'économie et une perte globale en termes de productivité. Le modèle de Corden part de l'idée d'un boum exogène qui touche un secteur de l'économie. Mais, il met clairement en évidence qu'une appréciation du taux de change réel peut exercer une pression négative sur la productivité d'une économie en agissant sur les possibles réallocations des ressources en faveur du secteur des biens non commercialisés. En plus, l'appréciation du change réel peut avoir des effets d'inertie puisqu'une fois les effets du boum terminé, les dépréciations qui s'en suivent peuvent ne pas être suffisantes pour renverser la tendance causée par les appréciations (Diallo (2006)).

En outre, les fluctuations du taux de change peuvent amener à l'inefficience et l'inefficacité des choix d'affectation des investissements et donc une mauvaise réallocation des ressources qui est à la base de la faiblesse de la productivité de l'économie (Diallo (2006)).

Toutefois, un scénario inverse est aussi possible selon Welfens et Monnet (2004). En effet, la pression constante sur les prix causés par l'appréciation du change réel incite les opérateurs notamment les exportateurs à améliorer le niveau de qualité et le niveau technologique des produits pour pouvoir exploiter toutes possibilités par le marché. Dans ce sens, l'appréciation du change réel conduit à l'amélioration de la productivité de l'économie.

Par ailleurs, on peut aussi analyser les effets des incertitudes liés aux fluctuations du change réel sur les exportations et sur l'ensemble de la production de l'économie. Il s'agit aussi des effets que peuvent avoir le taux de change réel sur la croissance sans toutefois passer par la productivité. En fait, les incertitudes qui tournent autour de l'évolution du change réel affectent négativement les exportations. La principale raison en est qu'avec l'aversion au risque qui subsiste au niveau d'un exportateur, celui-ci réduit sa production face à l'accroissement des incertitudes au niveau de l'évolution du change réel. Ce raisonnement peut s'étendre au niveau de l'ensemble du secteur privé y compris les entreprises non exportatrices dans le cas où les coûts de production des entreprises sont plus libellés en différentes devises étrangères que leurs recettes. Ainsi de par leurs coûts de production ou leurs emprunts financiers en devises étrangères, les entreprises non exportatrices font face aussi au risque de change (Grier (2002)).

En somme, les effets du taux de change réel sur la croissance de l'output à travers la productivité est donc ambiguë selon ces raisonnements. Toutefois, suivant le fait que l'appréciation du taux de change réel crée plus d'incertitude (Grier (2002)), nous pouvons en déduire que, plus vraisemblablement, l'appréciation du taux de change réel exerce plus une pression à la baisse de la croissance de l'output non seulement à travers la baisse de la productivité ou de l'inefficience des investissements mais aussi en agissant directement sur le niveau même de l'output par les incertitudes qu'elle crée.

II.2.2. Effets sur la demande – le canal du commerce extérieur :

Comme il a été développé initialement par Thirlwall (1979), le taux de change réel agit aussi bien sur le volume des exportations que sur le volume des importations. Les principaux effets du taux de change réel sur l'exportation et l'importation sont les suivants (Welfens et Monnet (2004)) :

- Une appréciation du taux de change réel freine la dynamique des exportations en augmentant le prix relatif des biens exportés sur le marché extérieur.
- Une appréciation du taux de change réel tend à renforcer la croissance du volume des importations en les rendant relativement moins chers sur le marché intérieur.

En reprenant les hypothèses sur les élasticités-prix comme chez le modèle de Thirlwall (1979), la balance commerciale ou l'exportation nette est ainsi une fonction négative du taux de change réel. Toutefois, il faut noter que pour l'explication de l'exportation nette, en plus du taux de change réel, le produit national et le produit du reste du monde sont aussi à prendre en compte avec : si \widehat{X} l'exportation nette, q le taux de change réel, alors $\partial \widehat{X} / \partial q < 0$, si Y le produit national, alors $\partial \widehat{X} / \partial Y < 0$, si Y^* la demande étrangère, alors $\partial \widehat{X} / \partial Y^* > 0$.

Ainsi, une dépréciation réelle du change permet de stimuler la croissance économique à travers l'accroissement de la demande extérieure des produits exportés et en accroissant la demande intérieure en stoppant les importations. Toutefois, une dépréciation du taux de change réelle peut aussi freiner la croissance économique en ayant des effets à la hausse des coûts de production des entreprises à travers la hausse des prix des importations selon le degré de dépendance des entreprises aux matières premières importées (Grier (2002)).

II.2.3. Effets sur l'accumulation - le canal de l'investissement privé :

La variable « investissement privé » fait partie des variables clés qui déterminent la croissance économique. La volatilité du taux de change réel peut affecter l'investissement qui se répercute sur la croissance économique. Nous proposons ici une synthèse des travaux de *Servén* (2002) et *Lafrance et Tessier* (2000) sur les effets du taux de change réel sur l'investissement privé.

La volatilité du taux de change réel affecte l'investissement en créant de l'incertitude considérable aussi bien sur la profitabilité des investissements que sur les coûts des biens de capital lorsque ces derniers proviennent en grande partie de l'importation comme le cas des pays en voie de développement.

En environnement incertain, les agents investisseurs relient toujours les recettes marginales espérées avec les variables touchées par l'incertitude notamment le prix ou la quantité de la demande. Dans certains cas, pour les agents neutres au risque en situation de concurrence parfaite, la hausse de l'incertitude sur les prix peut stimuler la hausse du niveau de stock de capital désiré et donc l'investissement¹ (Hartman (1972), Abel (1983)). Une appréciation du taux de change réel peut s'accompagner d'une stimulation de l'investissement et donc de la croissance économique.

Dans le modèle de Dixit et Pindyck (1994), la décision que les agents doivent prendre concerne non seulement le fait d'investir ou non mais aussi quand investir. Du fait de l'irréversibilité de la plupart des investissements fixes, les coûts d'ajustement (coûts d'acquisition et d'installation) des investissements sont asymétriques ; plus importants pour les bas niveaux d'investissements et plus faibles pour les hauts niveaux d'investissements. Liée à l'existence de l'incertitude sur les prix, cette situation induit une zone d'inactivité des agents en termes d'investissements. L'investissement est opéré seulement si la différence entre le profit espéré et les coûts d'ajustement est supérieure au seuil supérieur de la zone d'inactivité. L'investissement est même abandonné si cette différence est inférieure au seuil inférieur de la zone d'inactivité. A l'intérieur de la zone d'inactivité, les agents préfèrent attendre et retardent leur décision d'investissements. La raison en est que de peur de se

¹ Si le revenu marginal du capital est convexe par rapport au prix, alors l'accroissement en moyenne des prix dû à l'incertitude accroît l'espérance de gain d'une unité supplémentaire de capital (inégalité de Jensen) et stimule par la suite l'investissement.

retrouver avec trop de stock de capital inutilisé, même si les profits espérés sont supérieurs aux coûts d'ajustement, les agents préfèrent attendre pour être sûrs que la situation n'est pas transitoire et qu'elle ne se transforme pas en leur défaveur. Ainsi, même si les perturbations causées par la volatilité du taux de change réel peuvent accroître la profitabilité des investissements, elles peuvent amener les agents à l'arrêt des activités d'investissements et cela peut réduire l'investissement agrégé.

Dans le cas d'un agent averse au risque, l'incertitude sur le taux de change réel a un impact indépendant vraisemblablement plus négatif sur les décisions d'investissements (Zeira (1990)). Par ailleurs, le taux de change réel affecte aussi l'investissement par ses effets sur les coûts des biens de capital importés ou par ses effets sur l'environnement concurrentiel. Dans le cas des agents investisseurs averses au risque une appréciation du taux de change induira plus une compression des investissements.

Suivant ces exposés théoriques, nous pouvons retenir trois points sur les potentiels effets du taux de change réel sur la croissance économique à travers l'investissement. Premièrement, la volatilité du taux de change réel affecte négativement l'investissement donc la croissance économique. Deuxièmement, l'appréciation du taux de change réel peut être bénéfique pour la croissance car cela encourage l'investissement dans le cas des agents neutres au risque. Troisièmement, toutefois, dans le cas des agents averses au risque, l'appréciation du taux de change réel exerce une pression négative sur la croissance économique.

II.2.4. Effets sur l'accumulation – le canal de l'IDE :

Les agents investisseurs étrangers ont, en fait, le choix entre procéder à l'Investissement Direct Etranger (IDE) ou tout simplement recourir à l'exportation pour servir le marché extérieur. S'ils procèdent à l'IDE, ils contribuent à l'accroissement net du stock de capital du pays d'accueil et aussi au progrès technologique de ce dernier et cela stimule la croissance économique.

Dunning (1988) a énuméré les trois conditions qui motivent les investisseurs étrangers à procéder à l'IDE : (i) les entreprises d'investissements directs étrangers doivent avoir des avantages propres par rapport aux autres entreprises, (ii) l'utilisation de ses avantages doit

être plus rentable pour l'entreprise que de les céder ou de les laisser à d'autres entreprises indépendantes, et (iii) aussi, l'utilisation de ces avantages doit être plus bénéfique pour l'entreprise en les combinant avec les facteurs et inputs locaux que de recourir exclusivement à l'exportation pour servir le marché extérieur. Aizenman (1992, 1994) a ainsi élaboré un modèle où un agent producteur neutre au risque peut diversifier sur le plan international pour accroître la flexibilité de sa production en réponse aux chocs qui peuvent se produire sous les conditions de la libre entrée. Il montre ainsi qu'un régime de change fixe est plus attractif pour les IDEs que le régime de change flexible aussi bien pour les chocs nominaux que pour les chocs réels. Le taux de change fixe est meilleur quant à l'isolement du niveau des salaires réels et de celui de la production aux chocs monétaires et il est associé avec un niveau de profit espéré élevé. Par contre en cas de chocs sur la productivité, le change flexible amène à une situation de faible volatilité de l'emploi et un faible niveau de profit espéré car le taux de change s'ajuste pour amortir les chocs. Ainsi, selon le modèle d'Aizenman (1992, 1994), plus de volatilité du niveau du taux de change réel est associé à un faible niveau de flux d'IDEs et donc moins de croissance économique.

Toutefois, l'IDE peut être considéré aussi comme une forme de diversification internationale de portefeuille si l'on se place du côté de l'investisseur. La décision d'investir dépend alors du risque et du rendement relatif de chaque investissement. Si l'on adopte alors l'approche du marché imparfait, le risque de change et la variation du taux de change réel peuvent être considérés comme variables explicatives « proxy » pour les IDEs. Ainsi, Froot et Stein (1991) avance qu'en situation d'information incomplète, le financement extérieur devient plus coûteux que le financement intérieur. Cela amène à une situation où les effets de richesse dus aux variations du taux de change réel peuvent influencer l'IDE. En baissant le niveau de richesse relatif des agents locaux, une dépréciation réelle de la monnaie locale peut amener à l'acquisition extérieure des avoirs locaux. Selon le modèle de Froot et Stein (1991), la dépréciation réelle du taux de change réel s'associe donc à un niveau d'IDE plus élevé.

En résumé, nous pouvons retenir qu'à travers les IDE, plus de volatilité du taux de change réel est moins bénéfique à la croissance économique. Dans le même cadre, qu'une appréciation du taux de change réel a aussi comme impact le ralentissement de la croissance économique.

II.2.5. Modèle de croissance économique avec taux de change réel :

Pour illustrer, les effets du taux de change réel sur la croissance économiques selon les exposés théoriques des sections II.2.1 à II.2.4 dans un cadre plus formel, nous présentons ici un modèle de croissance qui prend en compte le taux de change réel. Nous reprenons, en fait, un modèle développé par Welfens et Monnet (2004), avec certaines modifications, qui lui-même est une variante du modèle néoclassique de Solow qui prend en compte les investissements directs étrangers. Toutefois, nous essayons d'introduire aussi les autres canaux par lesquels les effets du taux de change réel sur la croissance économique passent. Les équations du modèle sont les suivantes.

Nous partons d'une fonction de production classique type Cobb-Douglas combinant le capital physique (K_t) et le travail qualifié (H_t) avec pris en compte du progrès technologique (A_t) renforçant le travail qualifié :

$$Y_t = K_t^\beta (A_t H_t)^{1-\beta}$$

Avec,

$H_t = e^{vu} L_t$ et $L_t = (1-u)N_t$ où L_t est le travail de base, N_t la population active et u la fraction du temps consacré à l'éducation.

En considérant les IDEs, on doit distinguer le PIB du PNB. On suppose que la fraction du capital détenu par les étrangers est une fraction b_1 du PIB. Une fraction b_2 des bénéfices du secteur privé est réinvestie. Le flux d'IDE annuel est supposé être une fraction b_3 du PIB. Les paramètres b_1 et b_3 sont des fonctions du taux de change réel que nous notons q avec $\partial b_1 / \partial q < 0$ et $\partial b_3 / \partial q < 0$ en suivant les principes de *Froot-Stein*.

On a pour le PNB en faisant allusion à l'indice temporel,

$$Z = Y - b_1 \beta Y$$

Ici, la proportion b_1 indique les profits des investissements IDE qui sont prélevés par les investisseurs étrangers.

L'épargne intérieure sera

$$S = s(\dots)Z$$

Comme l'investissement domestique est aussi sous l'influence du taux de change réel, on suppose que l'épargne domestique s'ajuste aussi à cette influence sur le marché financier à l'équilibre. On suppose alors que $s = s(r, q)$ avec $\partial s / \partial q < 0$.

Sur le sentier de la croissance équilibré, l'investissement intérieur sera

$$I = S + b_2\beta Y + b_3Y$$

L'équation d'accumulation sera alors (δ est le taux de dépréciation du capital physique) :

$$\partial K + \delta K = I$$

On a alors

$$\partial K = [s(1 - b_1\beta) + b_2\beta + b_3]Y - \delta K$$

On pose $y = \frac{Y}{L}$, $\hat{y} = \frac{Y}{AH}$, et $k = \frac{K}{AH}$, on a alors

$$\partial k = \partial K / AH - k(a + n)$$

Où a est le taux de croissance du progrès technique et n celui du travail.

Par la suite, on obtient

$$\partial k = [s(1 - b_1\beta) + b_2\beta + b_3]k^\beta - (a + n + \delta)k$$

Sur le sentier de croissance équilibrée, on doit avoir $\partial k = 0$. Cela nous permet d'avoir le niveau d'équilibre de k

$$\tilde{k} = \left[\frac{[s(1 - b_1\beta) + b_2\beta + b_3]}{(a + n + \delta)} \right]^{\frac{1}{1-\beta}}$$

Ce qui nous donne

$$\hat{y} = \left[\frac{[s(1 - b_1\beta) + b_2\beta + b_3]}{(a + n + \delta)} \right]^{\frac{\beta}{1-\beta}}$$

D'où

$$y = \left[\frac{[s(1 - b_1\beta) + b_2\beta + b_3]}{(a + n + \delta)} \right]^{\frac{\beta}{1-\beta}} . h.A$$

En passant au log, on obtient

$$\ln y = \frac{\beta}{1-\beta} \ln[s(1 - b_1\beta) + b_2\beta + b_3] - \frac{\beta}{1-\beta} \ln(a + n + \delta) + \ln h + \ln A$$

En posant $A_t = A_0 e^{at-q}$, on a, en mettant, en évidence le taux de change réel q , l'équation de la croissance ;

$$\ln y = \frac{\beta}{1-\beta} \ln[s(q)(1 - b_1(q)\beta) + b_2\beta + b_3(q)] - \frac{\beta}{1-\beta} \ln(a + n + \delta) + \ln h + \ln A_0 + at - q \quad (2)$$

Commentaire :

Le taux de change réel agit sur la croissance économique directement à travers la productivité totale des facteurs. En posant $A_t = A_0 e^{at-q}$, nous supposons qu'au cours du temps, le taux de change réel agit négativement sur la productivité suivant l'exposé théorique au niveau de la section II.2.1. L'équation (2) montre bien alors qu'à travers le canal de la productivité, une appréciation du taux de change réel (un accroissement de q) tend à réduire la croissance de l'output en ralentissant la croissance de la productivité. On enregistre alors sur ce point un effet négatif du taux de change réel sur la croissance économique. Toutefois, le niveau initial de productivité A_0 et le coefficient temporel a sont exogènes par rapport à q dans le modèle. Des chocs exogènes peuvent donc apparaître au niveau de ces paramètres.

Le taux de change réel affecte indirectement la croissance économique à travers l'investissement domestique et l'investissement direct étranger. Une appréciation du taux de

change réel tend, en général, à réduire la croissance économique en agissant négativement sur le niveau d'investissement (domestique et étranger direct). Cette situation est l'illustration des discussions sur les effets du taux de change réel sur l'investissement au niveau de la section II.2.3 et II.2.4. Toutefois, l'appréciation du taux de change réel peut être bénéfique à la croissance économique à travers le stock d'IDE car cela réduit les profits issus du stock d'IDE qui sort vers l'étranger et augmentant ainsi l'épargne disponible et l'investissement.

L'équation (2) ci-dessus constitue notre équation d'offre et elle fera partie des équations qui caractérisent notre modèle synthétique à la base de l'évaluation empirique. Toutefois, l'on négligera l'effet du capital humain et l'équation d'offre sera sujette à un choc d'offre qui incorporera, en fait, le choc technologique et le choc de productivité lié au capital humain. Par ailleurs, il est utile de préciser que l'équation (2) ne prend pas en compte l'effet du taux de change réel à travers le canal de la demande. Ce dernier sera pris en compte d'une autre façon dans notre modèle synthétique final.

II.3. Modèle macroéconomique synthétique simple

Nous présentons ici un modèle macroéconomique simple d'une économie ouverte qui récapitule, synthétise et complète le cadre théorique du lien entre le taux de change réel et la croissance économique. Le modèle que l'on présente ici est un essai de description de l'économie à l'état stationnaire à travers le temps. Il part du modèle simple d'offre agrégée et de demande agrégée (modèle AS-AD) présenté depuis Blanchard et Quah (1989) repris et augmenté par d'autres chercheurs tels que Dolado et Jemino (1997). Le modèle AS-AD décrit l'état stationnaire à travers deux équations ; une équation d'offre agrégée et une équation de demande agrégée. L'équilibre de l'économie se situe à l'intersection de ces deux équations mais elles ne font que décrire les comportements qui régissent l'économie ainsi que son équilibre. La littérature économique présente plusieurs manières de spécification des équations du modèle AS-AD. De même, la littérature présente d'autres modèles largement compliqués que le modèle AS-AD mais la spécification retenue dépend des objectifs d'analyse et de recherche.

Notre objectif d'analyse consiste à spécifier et estimer la relation potentielle qui existe entre la dynamique du taux de change réel et celle du taux de croissance. Comme il est vu à travers les sections II.1 et II.2, il existe une interaction potentielle entre ces deux grandeurs

économiques. Nous essayons alors de présenter cette interaction à travers un modèle décrivant les comportements de l'économie similaire à celui de Blanchard et Quah (1989). Nous reprenons alors les deux équations décrivant l'offre agrégée et la demande agrégée que nous complétons avec deux autres équations à la base de la formation du taux de change réel d'équilibre que l'on rencontre chez Hansen et Roeger (2000) et Coeurdacier (2002).

Pour notre modèle, les équations décrivant la dynamique de l'économie sont alors les suivantes :

$$\Delta y = a_0 + a_1 \Delta q + a_2 \Delta r + \varepsilon^T, \quad a_1 < 0 \text{ et } a_2 < 0 \quad (3a)$$

$$\Delta r = b_0 + b_1 \Delta y + b_2 \Delta q + \varepsilon^d, \quad b_1 < 0 \text{ et } b_2 > 0 \quad (3b)$$

$$\Delta q = c_0 + c_1 \Delta y + c_2 \Delta f + c_3 \Delta r + \varepsilon^q, \quad c_1 < 0 \text{ et } c_2, c_3 > 0 \quad (3c)$$

$$\Delta f = d_0 + d_1 \Delta y + d_2 \Delta q + \varepsilon^f, \quad d_1 < 0, \quad d_2 > 0 \text{ et } d_2 \neq c_2 \quad (3d)$$

Où Δy , Δr , Δq et Δf sont respectivement le taux de croissance économique, la croissance du taux d'intérêt réel, la variation du taux de change réel et la variation des avoirs extérieurs nets du pays. ε^T , ε^d , ε^q et ε^f sont respectivement le choc technologique, le choc sur la demande, le choc propre du taux de change réel et le choc sur les avoirs extérieurs nets.

L'équation (3a) désigne l'équation de l'offre agrégée. Dans notre modèle, cette équation sera une version simplifiée de l'équation (2) de la section II.2. L'offre agrégée est négativement liée au taux d'intérêt réel. Cela du fait que le taux d'intérêt réel compresse le stock de capital et donc la croissance économique. Cette spécification est similaire à celle de Fielding et Shields (2000). Selon les enseignements de la section II.2, nous introduisons le taux de change réel dans l'équation de l'offre agrégée et nous supposons le taux de change réel affecte négativement l'offre agrégée. Cette spécification quant à elle, se rencontre aussi chez Buncic et Melecky (2006). L'offre agrégée subit un choc exogène qui est la combinaison du choc technologique et de celui du capital humain.

L'équation (3b) est l'équation de la demande agrégée. Il s'agit de l'équation habituelle de la courbe IS (équilibre Investissement - Epargne). Nous reprenons aussi les spécifications de Fielding et Shields (2000) qui présente l'équation de la demande agrégée sous sa forme inverse. L'équation met en exergue plutôt l'évolution du taux d'intérêt réel qui agit sur la demande agrégée. Nous avons introduit explicitement le taux de change réel dans l'équation

car celui-ci agit sur la demande agrégée à travers la balance commerciale. La demande agrégée est sujette à un choc exogène dit choc de la demande.

L'équation (3c) est celle récapitulant les conditions imposées par l'équilibre interne dans la formation du taux de change réel d'équilibre. Elle met en exergue l'évolution du taux de change réel en fonction de ses déterminants dont le principal est la quantité d'avoirs extérieurs nets mais aussi d'autres variables notamment la croissance économique et le taux d'intérêt réel. On suppose que la croissance économique agit négativement sur le niveau du taux de change réel. Cette équation est issue d'un cadre macroéconomique développé par Hansen et Roeger (2000) et Coeurdacier (2002) comme il est développé de façon simple et succincte dans la section II.1. Le taux de change réel subit un choc exogène propre à sa dynamique.

L'équation (3d) complète notre modèle. Il s'agit de l'équation récapitulant les conditions imposées par l'équilibre externe dans la formation du taux de change réel d'équilibre. Elle met en exergue plutôt la dynamique de l'évolution de l'avoir extérieur net. Cette équation est aussi issue du modèle du taux de change réel d'équilibre développé par Hansen et Roeger (2000) et Coeurdacier (2002). Un choc exogène affecte aussi l'évolution des avoirs extérieurs nets.

Notre modèle ainsi développé met en exergue le fait que les variables dans leur dynamique s'interagissent entre elles. Particulièrement, le taux de croissance économique peut être influencé par la dynamique du taux de change réel et inversement la croissance économique peut agir sur le niveau d'équilibre du taux de change réel.

Il est utile de rappeler que notre objectif est d'analyser le lien entre croissance et taux de change réel. Sur le plan théorique la section II.1 analyse la participation de la croissance économique sur la formation du taux de change réel d'équilibre. D'autre part, la section II.2 analyse les canaux de l'influence du taux de change réel sur la croissance économique. Tout cela est présenté dans un cadre macroéconomique plus complet au niveau de cette section. Ceci termine alors nos perspectives théoriques sur le lien entre taux de change réel et croissance économique.

La seconde partie de l'étude consiste à analyser empiriquement le lien entre taux de change réel et croissance économique pour le cas de Madagascar. Les méthodes d'analyse

choisies sont celles qui permettent d'analyser l'interactivité entre les variables macro économiques comme il est décrit par notre modèle théorique ci-dessus développé.

III. ANALYSE EMPIRIQUE DU LIEN CROISSANCE - TAUX DE CHANGE REEL POUR LE CAS DE MADAGASCAR

L'objectif de cette partie de notre étude est d'analyser, cette fois, sur le plan empirique les interrelations qui existent entre la croissance économique et le taux de change réel en prenant le cas de Madagascar. Dans un premier temps, nous présentons la méthodologie adoptée pour cette analyse empirique. Ensuite, nous présentons les données utilisées. Par la suite, nous exposons les résultats sur l'analyse de la stationnarité des séries. Après cela, nous présentons les résultats obtenus en utilisant une approche SVAR suivis par les résultats obtenus en utilisant plutôt une approche VECM. Ces résultats seront par la suite suivis par l'analyse de causalité entre la croissance économique et le taux de change réel pour le cas de Madagascar. Et en complément, une analyse des canaux indirects de transmission des effets du taux de change réel sur la croissance économique sera aussi faite après l'analyse de causalité. A l'avant dernière section de cette partie, les implications en termes de politique économique des résultats d'analyse seront présentées. Enfin, les limites de l'analyse seront exposées dans la dernière section.

III.1 Méthodologie et spécification économétrique

Dans le but d'explorer de façon empirique les liens qui peuvent exister entre la croissance économique et le taux de change réel pour le cas de Madagascar, notre démarche d'analyse se repose sur la succession des quatre approches suivantes :

1. Analyse de stationnarité des séries.
2. Approche par un modèle vectoriel autorégressif structurel (SVAR).
3. Approche par un modèle vectoriel à correction d'erreur (VECM).
4. Analyse de causalité au sens de Granger.

L'issue de notre analyse théorique à travers la revue de la littérature suggère de prendre en compte un système de quatre variables composées du niveau réel de l'activité économique capturée à travers le PIB réel, du taux d'intérêt réel, du taux de change réel et des avoirs extérieurs nets réels. Le fait de vouloir modéliser un système de variables nécessite alors une approche par un modèle vectoriel.

Une méthodologie utilisant un modèle vectoriel autorégressif ou modèle VAR est alors plus adaptée à notre étude. En effet, dans un modèle VAR, toutes les variables sont considérées comme endogènes. Ce qui permet de capter les relations complexes qui peuvent exister entre les variables économiques. Un modèle VAR est adéquat pour traiter la dynamique des variables. Toutefois, le modèle VAR est souvent considéré comme ne se reposant sur aucunes théories économiques et que souvent les effets propres de chaque variable n'est pas directement observable à travers ces types de modèle du fait des corrélations qui peuvent exister entre les erreurs du modèle. Le modèle VAR structurel ou SVAR permet de palier à ces problèmes en ajoutant quelques restrictions issues d'une identification basée sur les théories économiques au modèle VAR. De cette manière, on élimine les corrélations entre les erreurs et les effets propres d'une variable sur les autres variables du système étudié sont alors interprétables à travers un modèle SVAR tout en gardant les avantages du modèle VAR. D'où, l'utilisation de la méthodologie SVAR, en premier lieu, pour la réalisation de notre étude empirique. Une attention particulière sera portée sur les effets propres de la croissance économique sur le taux de change réel et aussi les effets propres du taux de change réel sur l'évolution du niveau réel de l'activité économique pour analyser les relations entre ces deux variables pour le cas de Madagascar.

D'autre part, comme il est possible que des relations de long termes peuvent exister dans le système de variables que nous étudions, nous devons aussi procéder à une analyse de cointégration et essayer de tenir compte ces relations de long termes dans l'analyse à travers un modèle vectoriel à correction d'erreur ou modèle VECM. Ainsi, en second lieu, selon les résultats de l'analyse de cointégration, nous appliquerons une approche par un modèle VECM. Les interrelations qui existent entre la croissance économique et le taux de change réel seront analysées à travers les équations de long terme et à travers le modèle VECM tout entier. Les résultats seront comparés à ceux obtenus à travers le modèle SVAR.

La mise en œuvre des deux approches mentionnées ci-dessus nous permet d'explorer, sur le plan empirique, pour le cas de Madagascar, les impacts sur l'une et l'autre de la croissance économique et du taux de change réel. L'analyse des effets propres permet d'apprécier l'intensité de la relation causale qui existe entre les deux variables à travers le temps. Il en est de même pour les signes de la relation. Par contre, ces deux approches ne nous permettent pas d'explorer le sens de la causalité qui existe entre les deux variables. Or, le sens de la causalité constitue un élément essentiel dans notre analyse des liens qui peuvent exister

entre la croissance économique et le taux de change étant donné que les théories économiques nous renseignent sur des nombreux scénarios de relations qui peuvent exister entre ces deux concepts. Pour parachever notre démarche, en troisième lieu, nous procéderons à une analyse de causalité entre la croissance économique et le taux de change réel pour le cas de Madagascar. Toutefois, toutes ces approches doivent être précédées par l'analyse de stationnarité des séries de données. Cette toute première étape de notre démarche répond tout simplement à des considérations techniques statistiques et économétriques. Des tests statistiques classiques seront mises en œuvre à ce niveau et aucunes interprétations économiques ne seront fournies.

En ce qui concerne les détails techniques sur la spécification économétrique et la spécification statistique liées à chaque approche et test statistique cités ci-dessus, ils sont présentés en annexe du présent document.

III.2 Présentation des données

L'objectif de l'étude étant d'explorer les liens entre la croissance économique et le taux de change réel aux vues de notre exposé théorique pour le cas de Madagascar à travers la dynamique d'un système de variables, les variables principales de l'analyse sont alors constitués de quatre séries : le PIB réel (PIBR), le taux d'intérêt réel (TXIR), le taux de change réel (REER) et les avoirs extérieurs nets réels (NFAR). Toutefois, pour les besoins de l'analyse et pour la construction de ses variables principales, d'autres séries sont aussi utilisées notamment, les importations et exportations de Madagascar ainsi que la balance courante, les séries sur les créations des établissements formels à Madagascar, l'investissement (privé, public et total), les investissements étrangers, quelques séries sur la masse monétaire, l'indice des prix à la consommation et la série des dépenses publiques en terme réel.

Les séries des données utilisées dans l'analyse sont trimestrielles allant du premier trimestre de l'année 1980 jusqu'au dernier trimestre de l'année 2006, soit exactement 108 observations. Cette taille d'échantillon est donc assez large pour écarter l'hypothèse de l'échantillon de petite taille. Les principales sources des données sont l'Institut National de la Statistique (INSTAT), la Banque Centrale de Madagascar (BCM) et la base des données du Fonds Monétaire International (FMI). Parfois, une seule source ne suffit pas pour construire

les séries. Des recoupements ont été faits. D'autre part, certaines séries ne sont disponibles que sous format annuel. Des techniques statistiques sont alors mises en œuvre pour les trimestrialiser. Des techniques statistiques sont aussi utilisées pour l'imputation des quelques observations manquantes au niveau de certaines séries.

Voici les quatre principales variables de l'étude avec leur mode de construction :

Le PIB réel (PIBR) : cette variable est utilisée pour capturer l'évolution réelle du niveau de l'activité économique et la dynamique de la croissance économique. Les données sont celles de l'INSTAT et de la base des données du FMI. La série est annuelle à l'origine mais elle a été trimestrialisée à l'aide de la méthode de l'étalonnage-calage-lissage¹ en utilisant d'autres données telles les créations d'établissements formels, les importations, les exportations. Le PIB réel est obtenu en corrigeant le PIB nominal par un déflateur issu de la série des indices des prix de l'INSTAT.

Le taux d'intérêt réel (TXIR) : cette variable est utilisée pour capturer les chocs sur la demande. Certaines séries mensuelles notamment le taux de base, le taux du marché monétaire, le taux sur les dépôts, le taux sur les prêts ont été utilisées pour la construction de la série du taux d'intérêt. Certaines valeurs manquantes ont été observées sur les séries mais elles ont été imputées par la méthode de régression en utilisant d'autres séries telles que la monnaie et les quasi-monnaies et les investissements. Ici, le taux retenu est la moyenne des séries des taux et l'inflation a été prise en compte pour avoir sa valeur en terme réel. Les données utilisées sont celles de la BCM et de la base des données du FMI.

L'indice du taux de change effectif réel (REER) : cette variable est sensée captée la dynamique du taux de change réel. Elle est élaborée et disponible au niveau de la BCM. Cette série est construite avec l'indice du taux de change nominal qui est présentée sous forme « cotation à la certaine »

¹ Méthode élaborée et utilisée par l'INSEE (Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques) en France pour l'élaboration des comptes trimestriels (voir INSEE méthodes dans www.insee.fr).

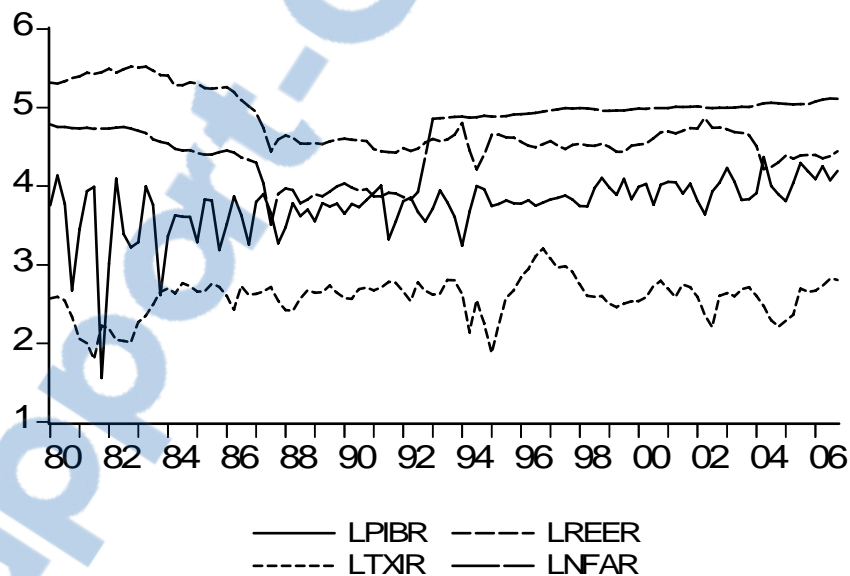
et le différentiel d'inflation entre Madagascar et le reste du Monde. Un accroissement de l'indice signifie donc une appréciation du change réel.

L'avoir extérieur net réel (NFAR) : cette variable capte la dynamique de la position extérieure nette du pays vis-à-vis du reste du monde. Les données utilisées pour la construction de cette variable sont celles de la BCM et de la base des données du FMI. L'inflation issue des indices des prix a été utilisée pour avoir la valeur en terme réelle de la variable.

Selon les outils d'analyse économétrique utilisés, ces variables seront introduites dans les modèles soit en niveau, soit en logarithme et soit en différence première.

Voici une figure qui expose l'évolution de chacune des variables d'étude sur notre période d'observation. Les variables sont présentées sous forme logarithme (les noms des variables en logarithme sont précédés de la lettre « L »).

Graphique 1 : Aperçu de l'évolution des variables d'étude sur la période d'observation



Source : nos propres calculs

III.3 Analyse de stationnarité des séries

Lors d'une analyse des séries temporelles, l'analyse de stationnarité des séries s'impose du fait que les régressions économétriques faites sur des séries non stationnaires peuvent être trompeuses. En effet, ces régressions présentent des propriétés statistiques non

satisfaisantes. En particulier, pour un modèle VAR, c'est la stationnarité des séries qui garantit la convergence et la normalité asymptotique des paramètres estimés du modèle.

Dans le cadre de notre étude, trois types de tests de stationnarité sont appliqués : l'ADF test, le PP test et le KPSS test¹. Chacun de ces tests possède leurs propres avantages et inconvénients. Nous les utilisons conjointement ici de façon à avoir plus de certitude sur les caractéristiques des séries à analyser. Les résultats de la mise en œuvre des tests sont consignés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 1 : Résultats des tests de stationnarité sur les séries

<i>Variable</i>	<i>Nature</i>	<i>Structure</i>	<i>ADF Test</i>	<i>PP Test</i>	<i>KPSS Test</i>
LPIBR	<i>En niveau</i>	Avec tendance	-13,508 (0,000)	-10,888 (0,000)	0,190* -
	<i>Différence première</i>	Aucune	-10,520 (0,000)	-21,604 (0,000)	0,064*** -
LTXIR	<i>En niveau</i>	Avec constante	-3,299 (0,017)	-3,545 (0,009)	0,122** -
	<i>Différence première</i>	Aucune	-10,085 (0,000)	-10,088 (0,000)	0,030*** -
LREER	<i>En niveau</i>	Aucune	-1,299 (0,178)	-1,034 (0,270)	0,782* -
	<i>Différence première</i>	Aucune	-8,984 (0,000)	-8,442 (0,000)	0,085*** -
LNFAR	<i>En niveau</i>	Avec tendance	-2,135 (0,521)	-1,965 (0,614)	0,185* -
	<i>Différence première</i>	Aucune	-8,092 (0,000)	-8,042 (0,000)	0,189*** -

Source : nos propres calculs.

Les p-values sont entre parenthèses.

* On rejette H_0 à 5% d'erreur → la série est non stationnaire.

** On rejette H_0 à 10% d'erreur → la série est non stationnaire.

*** On accepte H_0 → la série est stationnaire.

Il convient de noter que pour chacun type de test, la stratégie de mise en œuvre est que l'on teste les séries en faisant l'hypothèse qu'elles sont affectées de tendance linéaire. On vérifie alors la validité de cette hypothèse. Si la tendance est significative, on passe directement au test de stationnarité. Sinon, on modifie le modèle et on suppose que les séries sont seulement affectées d'une constante. On vérifie aussi la validité de cette supposition avant de passer au test de stationnarité. Sinon, on passe directement à ce test en admettant que les séries ne présentent ni constante ni tendance linéaire.

Si l'on considère toutes les variables de notre étude en niveau, on peut dire que pour le PIB réel le test ADF et le test PP donnent des p-values qui ne permettent en aucun cas

¹ Voir Annexe pour les détails sur les tests de stationnarité.

d'accepter l'hypothèse nulle de non stationnarité de la série testée. On peut être amené à dire cette série est stationnaire. Mais en fait, pour cette série, la tendance linéaire a été statistiquement significative donc le PIB réel est stationnaire mais autour de sa tendance et finalement cette série n'est pas du tout stationnaire à proprement parler. D'ailleurs, le test KPSS confirme la non stationnarité du PIB réel. Pour le taux d'intérêt réel, le test ADF permet de conclure qu'à 1% d'erreur, on n'a pas de raison de rejeter l'hypothèse nulle de non stationnarité de la série en question. Le test PP va aussi dans ce sens mais avec une p-value moins visible. L'on peut dire alors que notre série de taux d'intérêt réel est aussi non stationnaire et en plus elle n'est pas affectée d'une tendance. Le test de KPSS confirme ce résultat (à 10% d'erreur). Pour les séries sur le taux de change réel et les avoirs extérieurs nets, les résultats des trois types de test permettent largement de conclure pour la non stationnarité de ces séries. L'existence d'une tendance linéaire au sein de la dynamique des séries n'a été validée que pour la série des avoirs extérieurs nets. Toutes nos séries sont donc non stationnaires en niveau.

Pour le cas des séries qui sont en différence première, les résultats sont l'inverse de ceux des séries en niveau. Aucune structure (ni constante ni tendance linéaire) n'est plus détectée au niveau des séries en différence première. Et les résultats des trois types de test amènent sans exception à la conclusion de stationnarité des toutes les séries en différence première.

Ainsi, pour le cas de Madagascar, au vu de nos données, les séries sur le PIB réel, le taux d'intérêt réel, le taux de change réel et les avoirs extérieurs nets réels sont intégrées d'ordre unité ou $I(1)$ puisqu'elles sont non stationnaires en niveau mais deviennent toutes stationnaires en différence première.

III.4 Les résultats du SVAR et analyse des réponses impulsionnelles

Pour la modélisation SVAR, nous utilisons les séries en différence première du fait que nos variables d'étude sont $I(1)$ et que seules des séries stationnaires sont modélisables en VAR ou SVAR. D'autre part, pour la mise en œuvre des contraintes pour rendre le modèle structurel, nous optons pour les contraintes à court terme. En effet, nous travaillons sur des variables exprimées en terme réel d'où ce sont les effets contemporains des variables qui sont

susceptibles d'être contraints. Pour la simplification des contraintes, nous les imposons toutes sur la matrice des effets contemporains B (en posant $A = I_4$)¹ comme suit :

$$B = \begin{pmatrix} \text{NA} & 0 & \text{NA} & 0 \\ \text{NA} & \text{NA} & 0 & 0 \\ \text{NA} & \text{NA} & \text{NA} & \text{NA} \\ \text{NA} & 0 & 0 & \text{NA} \end{pmatrix}$$

L'indication « NA » (Not available) sur un élément de B signifie que ce dernier est libre (non contraint) et sa valeur dépend des résultats de l'estimation du modèle SVAR. Les éléments qui sont réduits à la valeur nulle traduisent les contraintes prises en compte. La matrice B ci-dessus signifie alors qu'on suppose que l'effet à très court terme du taux d'intérêt réel sur le niveau réel des activités est nul. Il en est de même sur les effets des avoirs extérieurs nets sur le niveau du Pib réel et sur le taux réel des intérêts, l'effet du change réel sur le taux réel des intérêts. Enfin, on suppose aussi la nullité de l'effet du change réel et du taux réel d'intérêt sur les avoirs extérieurs nets à très court terme.

Avant de procéder à l'estimation du modèle SVAR, on doit d'abord déterminer le nombre de retards des variables à introduire dans le modèle. Pour parvenir à cet objectif, nous utilisons un test statistique de sélection dit LR-test mais aussi des critères d'informations. Le nombre de retard choisi sera celui indiqué par le test et/ou celui qui minimise les critères d'information. Les résultats sont consignés dans le tableau suivant.

Tableau 2 : Tableau de sélection du nombre de retards ou Lag à introduire dans le modèle SVAR selon le LR-test ou les critères d'information FPE, AIC, HQIC et SBIC.

Lag	LL	LR	df	p-val	FPE	AIC	HQIC	SBIC
0	-1325,07				1,90E+06	25,8071	25,8486	25,9094*
1	-1303,26	43,61	16	0	1,70E+06	25,6944	25,9016	26,206
2	-1262,86	80,804	16	0	1,10E+06	25,2206	25,5936*	26,1414
3	-1239,89	45,932*	16	0	926537*	25,0853*	25,6241	26,4155
4	-1229,2	21,393	16	0,164	1,00E+06	25,1883	25,8928	26,9277

Source : nos propres calculs.

* Correspond à la ligne de retard ou Lag choisie selon le LR-test ou les critères d'information.

Au vu des résultats du tableau ci-dessus, le nombre de retard que nous utilisons pour le modèle est de trois (3). En effet, il s'agit du nombre de retards indiqué par le LR-test à 5% d'erreur et aussi par les deux (FPE, AIC) des quatre critères d'informations utilisés. En ce qui

¹ Voir les détails sur la spécification du modèle SVAR en annexe concernant les matrices A et B .

concerne l'estimation de la forme réduite du modèle nous avons le choix entre l'introduction d'une constante ou non. Finalement, à l'aide des critères d'information AIC et SC, nous optons pour le modèle sans constante qui minimise ces critères. Les résultats de l'estimation de la forme réduite (le VAR sous jacent) sont donnés par le tableau suivant :

Tableau 3 : Résultats de l'estimation de la forme réduite du modèle SVAR.

VARIABLES	PIBRD	TXIRD	REERD	NFARD
PIBRD(-1)	-0,588711 [-6,40945]	0,012774 [0,31148]	0,029349 [0,31595]	-0,030979 [-0,48142]
PIBRD(-2)	-0,74477 [-9,27460]	0,014639 [0,40829]	0,16959 [2,08820]	0,024058 [0,42763]
PIBRD(-3)	-0,463696 [-5,02636]	-0,051209 [-1,24326]	0,143641 [1,53956]	0,088391 [1,36761]
TXIRD(-1)	0,094708 [0,39498]	-0,356959 [-3,33432]	0,01262 [0,05204]	-0,192702 [-1,14713]
TXIRD(-2)	-0,111388 [-0,46332]	-0,359004 [-3,34453]	0,300162 [1,23451]	-0,039278 [-0,23320]
TXIRD(-3)	-0,024459 [-0,11872]	-0,200458 [-2,17914]	0,156012 [0,74872]	0,231913 [1,60666]
REERD(-1)	0,02184 [0,18660]	0,231594 [4,43168]	0,195521 [1,65172]	-0,11294 [-1,37729]
REERD(-2)	-0,225308 [-1,67845]	-0,047632 [-0,79474]	-0,024694 [-0,18190]	0,107203 [1,13991]
REERD(-3)	0,224007 [1,81897]	0,020878 [0,37972]	0,014454 [0,11605]	0,086724 [1,00516]
NFARD(-1)	0,01189 [0,07814]	-0,058313 [-0,85830]	0,20015 [1,30058]	0,504126 [4,72882]
NFARD(-2)	0,173931 [1,05591]	0,073464 [0,99890]	-0,110921 [-0,66583]	-0,175137 [-1,51761]
NFARD(-3)	-0,122326 [-0,80336]	-0,101326 [-1,49041]	0,09286 [0,60299]	0,019605 [0,18377]
R-squared	0,554607	0,412881	0,155665	0,260303
Adj, R-squared	0,501353	0,342682	0,054712	0,171861
Akaike information criterion	26,74803			
Schwarz criterion	27,96852			

Source : nos propres calculs.

Les t-stat des coefficients sont entre crochet ([]).

On remarque que les R^2 sont de niveau bas pour chacune des équations. Ceci est en fait, une des caractéristiques des modèles VAR. Par ailleurs, la plupart des coefficients estimés sont non statistiquement significatifs. Ceci est aussi une des caractéristiques des modèles VAR. Il convient toutefois d'observer une par une nos équations pour leur validité. On remarque tout d'abord, que PIB réel actuel est plus déterminé par ces propres valeurs

retardées (le coefficient du troisième retard est significatif) et par le troisième retard du taux de change réel. Pour le taux d'intérêt réel actuel, il est aussi plus déterminé par ses propres retards jusqu'au troisième et par le premier retard du taux de change réel. Le taux de change réel lui-même est déterminé par sa première valeur retardée et par le second retard du PIB réel. Enfin, les avoirs extérieurs nets sont déterminés par leurs propres premiers retards et par le troisième retard du taux d'intérêt réel. Ainsi, chacune des quatre équations a leur raison d'être dans le système et reflète bien l'interactivité entre les variables d'étude. Le modèle structurel est estimé en utilisant ces équations et les résultats sur la matrice B est la suivante :

Tableau 4 : Résultats des contraintes de court terme du modèle SVAR (estimation de la matrice B).

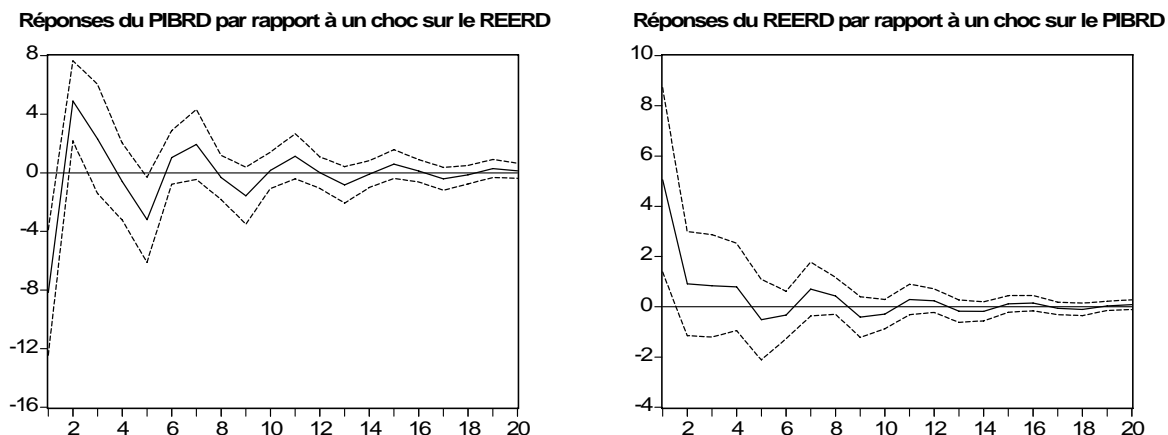
	PIBRD	TXIRD	REERD	NFARD
PIBRD	3,6994 [-0,4243]	0	-8,1643 [0,0001]	0
TXIRD	1,2390 [0,4306]	3,8053 [0,0000]	0	0
REERD	5,0510 [0,0005]	-4,9972 [0,1023]	4,3652 [0,2806]	3,5546 [0,0349]
NFARD	-0,9709 [0,4696]	0	0	6,2042 [0,0000]

Source : nos propres calculs.

Les p-value des coefficients estimés sont entre crochet ([]).

La finalisation de l'estimation du modèle SVAR s'achève avec l'estimation de la matrice B. D'après les résultats ci-dessus, les effets contemporains du PIB réel sur le taux de change réel et inversement sont tous statistiquement significatifs. Le PIB réel présente un impact positif à court terme sur le taux de change. La croissance économique induit une appréciation du taux de change réel. L'effet du taux de change réel immédiat sur le niveau du PIB réel est plutôt négatif. Ce qui signifie que l'appréciation du change réel est non favorable à la croissance économique. Cela découle de l'interprétation simple des coefficients estimés de la matrice B. Pour l'analyse de l'interactivité entre les variables, il est mieux d'utiliser les fonctions de réponses impulsionnelles en utilisant le modèle SVAR tout entier. Les fonctions de réponses du PIB réel par rapport au taux de change réel et vice versa sont exposés à travers les graphiques 2 et 3.

Graphique 2 : Fonction de réponses impulsionnelles du PIB réel en différence par rapport au REER en différence et vice versa (Modèle SVAR).



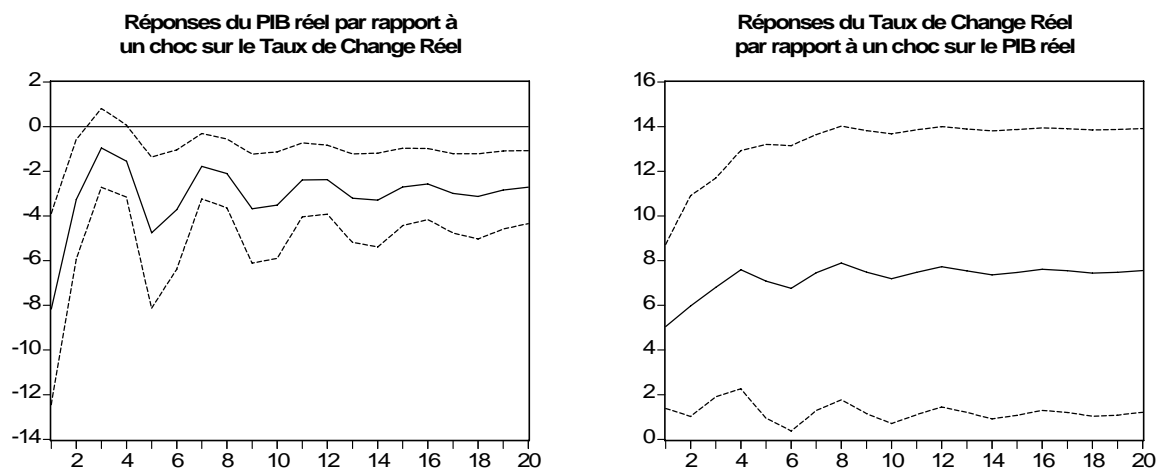
Source : nos propres calculs.

A l'aide du modèle SVAR que nous venons d'estimer, nous pouvons constater les deux faits suivants concernant l'interactivité entre croissance économique et taux de change réel.

Premièrement, pour la réaction du taux de change réel par rapport à la croissance économique ou à une hausse du niveau des activités économiques, on constate formellement à travers les graphiques 2 et 3 que la croissance économique conduit à l'appréciation du taux de change réel que ce soit à court ou à moyen et long terme pour le cas de Madagascar. A court terme, cet état de fait peut être expliqué par le fait que la croissance à Madagascar se réalise à la suite d'une augmentation plus vite de l'exportation en volume et/ou en valeur par rapport aux importations. Ce qui a comme effet direct l'appréciation du taux de change réel. Dans ce sens, le phénomène inverse à celui mis en exergue par Hansen et Roeger (2000) et Federici et Gandolfo (2001) semble prévaloir pour le cas de Madagascar. A moyen et long terme, on peut dégager un effet qui s'apparente à l'effet de Balassa – Samuelson dans la mesure où l'on perçoit un changement dans la structure des exportations qui touchent de plus en plus les produits d'exportation dits « non traditionnels » qui sont plus compétitifs sur le marché international. Cela signifie alors l'accroissement même lent de la productivité dans un secteur quelconque des biens exportables ou échangeables et met une pression à la hausse sur le taux de change réel sur le long terme. Par ailleurs, on constate aussi que ces résultats concordent avec ceux relatés par d'autres travaux empiriques spécifiques au cas de Madagascar notamment ceux de Cady (2003), Ambroise, Koffie et Laurence (2005) et Randimbiarisoa (2005) qui montrent l'effet positif de la croissance économique et de la productivité sur le

taux de change réel pour le cas malagasy en avançant comme explication l'impact des exportations¹.

Graphique 3 : Fonction de réponses impulsionnelles du PIB réel par rapport au REER et vice versa (Modèle SVAR).



Source : nos propres calculs.

Deuxièmement, pour la réaction du niveau des activités économiques et de la croissance économique par rapport au taux de change réel, deux cas de figure s'illustrent (voir les graphiques 2 et 3). Selon le modèle SVAR, à court terme, pour le cas de Madagascar, l'appréciation du taux de change réel provoque immédiatement une croissance négative et une baisse du niveau du PIB réel dès le premier trimestre. Mais après, on assiste à un redressement graduelle de la situation avec une élévation du niveau du PIB réel. Et on se retrouve même avec une croissance positive au niveau du troisième trimestre après le choc initial sur le taux de change réel. Toutefois, la tendance se renverse à partir du quatrième trimestre. On assiste à nouveau une baisse de la croissance et du niveau du PIB réel. Et le cycle s'arrête cinq trimestres après l'appréciation initiale du taux de change réel. A moyen et long terme, le cycle se répète mais son amplitude s'estompe avec le temps de sorte qu'à moyen et long terme l'effet en termes de croissance économique s'annule mais il convient de remarquer que le niveau de long terme du PIB réel est nettement plus bas que son niveau initial. Finalement, l'appréciation du taux de change réel a causé une baisse permanente du niveau des activités économiques ou une croissance négative.

Le résultat du modèle SVAR selon lequel, l'appréciation du change réel entraîne une croissance négative ou une contraction du niveau des activités économiques est généralement en concordance avec les résultats prévus par les travaux théoriques exposés au niveau du

¹ Voir les travaux de Randimbiarisoa (2005), Banque Centrale de Madagascar.

chapitre sur la revue de la littérature. A court terme, l'explication la plus plausible de l'effet du taux de change réel sur la croissance économique pour le cas de Madagascar semble être le canal de transmission par le commerce extérieur comme dans le modèle de Thirlwall (1979). En effet, comme une appréciation du taux de change réel se traduit par une contraction des exportations nettes et donc de la demande globale, cela se traduit par une baisse immédiate du niveau des activités économiques. Toutefois, il se peut que l'investissement intérieur joue aussi un rôle important à travers la demande globale en réagissant négativement à une appréciation du change réel suivant les exposés de Grier (2002). Par contre, à moyen et long terme, malgré le cycle de court terme, l'appréciation du taux de change réel a suscité un changement de comportement au niveau des exportateurs et des investisseurs locaux et/ou étrangers. Et désormais, ces derniers révisent à la baisse leur stratégie de production pour les exportateurs et les niveaux des investissements (locaux et étrangers) pour les investisseurs de sorte que sur le long terme, on assiste à une baisse du niveau des activités économiques. Dans ce cas, tous les canaux de transmission des effets du change réel sur le niveau des activités peuvent jouer un rôle comme dans le cas du modèle de Corden (1984) sur le changement de structure, le modèle de Grier (2002) sur le changement de comportement, le modèle de Dixit et Pindyck (1994) sur les investissements et le modèle de Froot et Stein (1991) sur les IDE d'autant plus qu'une appréciation du taux de change réel s'accompagne d'une incertitude plus importante (Grier (2002)). Toutefois, dans la section sur l'analyse des canaux indirects de transmission, on essaye d'apporter plus de réponses sur l'importance de chacune de ces canaux de transmission.

III.5 Analyse de cointégration et les résultats du VECM

Pour la modélisation VECM, nous utilisons les séries en niveau et en plus sous forme logarithmique pour pouvoir interpréter les coefficients estimés en termes d'élasticité. Il faut noter que l'analyse économétrique à partir d'un modèle VECM est fondée dans notre cas parce que nos séries sont intégrées d'ordre 1 ou $I(1)$ donc éventuellement elles peuvent être cointégrées. C'est la raison d'être du test de cointégration que nous appliquons et par la suite les relations de long terme qui peuvent exister entre les variables sont mises en exergue et une analyse des fonctions de réponse impulsionnelles est faite à l'aide du modèle VECM. Toutefois, comme dans le cas du modèle SVAR, on commence par déterminer le nombre de

retards à introduire dans le modèle. Voici le tableau de sélection du retard à l'aide d'un test statistique et à l'aide de certains critères d'informations.

Tableau 5 : Tableau de sélection du nombre de retards ou Lag à introduire dans le modèle VECM selon le LR-test ou les critères d'information FPE, AIC, HQIC et SBIC.

Lag	LL	LR	df	p-val	FPE	AIC	HQIC	SBIC
0	205,935				2,30E-07	-3,92107	-3,87962	-3,81875*
1	220,447	29,024	16	0,024	2,40E-07	-3,89217	-3,68496	-3,38058
2	274,065	107,24	16	0	1,20E-07	-4,62263	-4,24964*	-3,70175
3	297,460	46,789*	16	0	1,0e-07*	-4,76622*	-4,22746	-3,43606
4	304,613	14,306	16	0,576	1,20E-07	-4,59443	-3,8899	-2,85499

Source : nos propres calculs.

* Correspond à la ligne de retard ou Lag choisie selon le LR-test ou les critères d'information.

Comme le cas du modèle SVAR, le nombre de retards que le test statistique et les critères d'information suggèrent est de trois. Après cela, on peut passer au test de cointégration ou de détermination du nombre des relations de long terme qui peuvent exister entre les variables. Voici le résumé des résultats du test de Johansen.

Tableau 6 : Résumé du test de cointégration de Johansen : le nombre de relation de cointégration selon le type présumé de la structure des données.

Type de tendance	Aucune	Aucune	Linéaire	Linéaire	Quadratique
Type de test	Sans constante	Avec constante	Avec constante	Avec constante	Avec constante
	Sans tendance	Sans tendance	Sans tendance	Avec tendance	Avec tendance
Trace Test	1	1	1	1	1
MEV Test	1	1	1	1	1

Source : nos propres calculs.

MEV : Maximum Eigen Value.

Selon les résultats du test de Johansen, quelque soit la structure que l'on suppose exister au niveau des données, la conclusion du test ne s'écarte pas de l'existence d'une seule relation de cointégration ou d'une relation de long terme entre nos variables d'études. Il convient alors de procéder à l'estimation de cette relation de long terme. Toutefois, pour l'adéquation du modèle VECM, il est maintenant nécessaire de faire la sélection de la structure des données à retenir dans le modèle. Pour la sélection de la structure, nous utilisons une fois de plus les critères d'informations statistiques notamment l'AIC, le HQIC et le SBIC.

Tableau 7 : Sélection du type de structure à adopter pour le modèle VECM selon les critères d'information AIC, HQIC et SBIC.

Type de tendance	Aucune	Aucune	Linéaire	Linéaire	Quadratique
	Sans constante Sans tendance	Avec constante Sans tendance	Avec constante Sans tendance	Avec constante Avec tendance	Avec constante Avec tendance
AIC	-4,734918	-4,862114	-4,833736	-5,091168*	-5,045159
HQIC	-4,335469	-4,452423	-4,393319	-4,640509*	-4,563773
SBIC	-3,749161	-3,851081	-3,746876	-3,979032*	-3,857196

Source : nos propres calculs.

**correspond à la structure des données sélectionnée selon le critère d'information.*

Le tableau 7 ci-dessus montre que la structure adéquate du modèle VECM à mettre en œuvre est celle comportant une tendance linéaire au niveau de la relation de long terme et comportant seulement un terme constant au niveau de la correction d'erreur. Dans ce cadre, voici finalement les résultats de l'estimation de la relation de long terme qui existe entre nos variables concernant le cas de Madagascar.

Tableau 8 : Résultats de l'estimation de la relation de long terme du VECM.

Beta	Coef.	Std. Err.	z	P>|z|	[95% Conf. Interval]	
LPIBR	1	.	.	.	.	.
LTXIR	-0,1180944	0,0637211	-1,85	0,064	-0,2429854	0,0067966
LREER	-0,0234353	0,0786172	-0,3	0,766	-0,1775222	0,1306517
LN FAR	0,0839742	0,0534981	1,57	0,116	-0,0208801	0,1888284
Trend	-0,0076577	0,001154	-6,64	0	-0,0099195	-0,0053958
Cons	-3,323012	.	.	.	.	.

Source : nos propres calculs.

Identification : le vecteur beta est juste-identifié, la méthode de normalisation de Johansen a été utilisée.

Dans l'estimation de la relation de long terme, le coefficient du PIB réel est normalisé à 1. Les coefficients des autres variables sont alors calculés par rapport à celui du PIB réel. En termes d'interprétation économique de la relation de long terme, il s'agit de déterminer et d'analyser ce que reflète la relation estimée. En fait dans notre cas, on peut dire qu'il s'agit de l'équation de croissance de long terme. Et comme résultats, voici l'écriture de la relation de long terme avec les coefficients estimés :

Selon les résultats de l'estimation économétrique (tableau 8), on a :

$$ecm_t = LPIBR_t - 0,118LTXIR_t - 0,023LREER_t + 0,084LN FAR_t - 0,008t - 3,323$$

D'où, l'équation de la relation de long terme suivante :

$$LPIBR_t = 0,118LTXIR_t + 0,023LREER_t - 0,084LN FAR_t + 0,008t + 3,323 + ecm_t \quad (4)$$

Selon la relation de long terme estimé à partir du modèle VECM, on peut dégager trois points. Premièrement, l'équation montre que dans le cas malagasy, le taux d'intérêt réel semble influencer positivement la croissance économique (le signe du coefficient de LTXIR est positif). Or l'intuition s'attend plus à une relation négative entre ces deux variables du fait que la hausse du taux d'intérêt réel agit négativement sur l'investissement. Mais dans le cas de Madagascar, il faut noter que le niveau de l'épargne est structurellement bas. Un accroissement du taux d'intérêt réel s'associe alors avec un niveau d'épargne plus élevé et donc un niveau de possibilité d'investissement plus élevé aussi. Deuxièmement, on constate aussi que le coefficient de la variable temporelle est positif. Ceci dénote l'effet positif sur la croissance des autres variables non considérées dans notre modèle. Finalement, en ce qui concerne la relation entre le niveau des activités et le taux de change réel qui fait l'objet de notre étude, le modèle VECM montre un coefficient positif mais non significativement différent de « zéro » pour le taux de change réel dans l'équation de croissance. De là, on peut affirmer alors que pour le cas de Madagascar, le taux de change réel n'a que des effets statistiquement non significatifs sur la croissance économique sur le long terme. Selon le modèle VECM, une éventuelle appréciation ou dépréciation du change réel n'affecte pas le niveau réel des activités. Toutefois, si l'on refait l'estimation de l'équation de long terme en prenant le taux de change comme variable à expliquer, on obtient un coefficient positif et largement différent de « zéro » au niveau du PIB réel. Dans ce contexte alors, on note une influence significativement positive de la croissance économique sur le niveau du taux de change réel. L'accroissement réel du niveau des activités entraîne à long terme une appréciation du change réel dans le cas de Madagascar. Cet aspect de l'étude sera vu au niveau de l'analyse des fonctions de réponses impulsionnelles puisque la relation de long terme est présentée, dans notre cas, sous forme d'équation de croissance de long terme. Cela du fait que seul au niveau de l'équation du PIB qu'on détecte un coefficient de rappel (coefficient relatif à l'équation de long terme) significativement différent de « zéro » et de signe négatif dans le modèle de court terme ou le modèle à correction d'erreur (tableau 9).

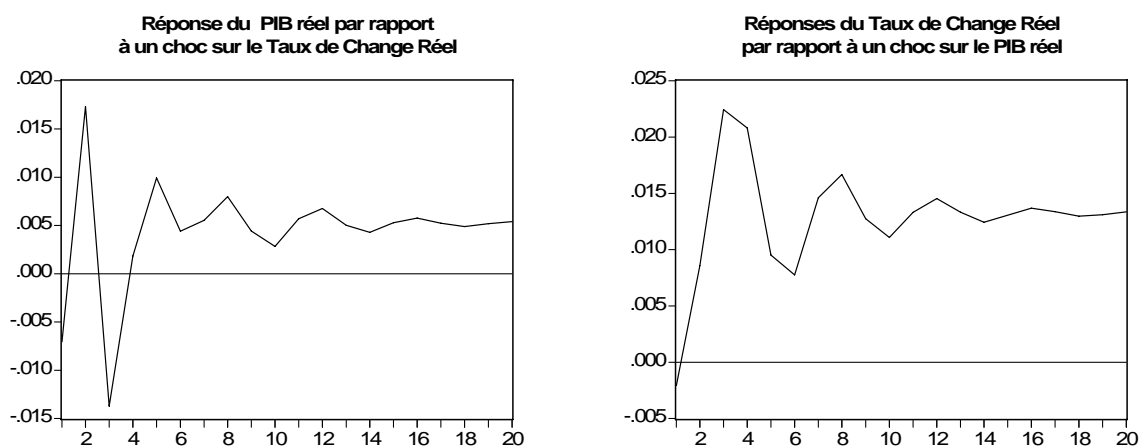
Tableau 9 : Résultats de l'estimation du modèle de court terme du VECM.

Correction d'erreur	D(LPIBR)	D(LTX)	D(LREER)	D(LNFAR)
CointEq1	-1,83884 [-9,86379]	0,263151 [2,58510]	0,118596 [1,92327]	0,014808 [0,19228]
D(LPIBR(-1))	0,721746 [5,80193]	-0,124194 [-1,82835]	-0,071593 [-1,73992]	-0,035909 [-0,69877]
D(LPIBR(-2))	0,130107 [1,35629]	-0,064804 [-1,23717]	-0,029717 [-0,93654]	-0,014043 [-0,35437]
D(LTXR(-1))	0,006763 [0,04229]	0,14464 [1,65645]	0,075378 [1,42506]	0,034317 [0,51948]
D(LTX(-2))	-0,235275 [-1,48507]	-0,061198 [-0,70743]	-0,033518 [-0,63962]	0,033911 [0,51814]
D(LREER(-1))	0,192686 [0,58433]	-0,596905 [-3,31504]	0,247862 [2,27244]	-0,095693 [-0,70248]
D(LREER(-2))	-0,208747 [-0,63863]	1,065586 [5,97020]	-0,321631 [-2,97479]	0,03636 [0,26927]
D(LNFAR(-1))	-0,064155 [-0,23420]	0,177523 [1,18682]	0,021594 [0,23832]	0,299222 [2,64419]
D(LNFAR(-2))	0,238901 [0,87526]	-0,208127 [-1,39644]	0,05862 [0,64930]	-0,153459 [-1,36100]
C	0,003437 [0,14375]	0,007131 [0,54616]	-0,009527 [-1,20454]	0,002277 [0,23047]

Source : nos propres calculs.

Les t-stat des coefficients sont entre crochet ([]).

Les graphiques sur les fonctions de réponses impulsionnelles sont les suivantes pour la modélisation VECM de la relation entre le taux de change réel et le niveau des activités économiques pour le cas des données sur Madagascar.

Graphique 4 : Fonction de réponses impulsionnelles du PIB réel par rapport au REER et vice versa (Modèle VECM).

Source : nos propres calculs.

Tout d'abord, pour la représentation graphique des fonctions de réponses impulsionnelles dans le cadre d'un VECM, il est pour le moment impossible de faire le test sur la significativité des éléments des fonctions contrairement au cas du modèle SVAR. Les courbes des réponses ne sont donc pas accompagnées des autres courbes en pointillé indiquant les limites de la significativité (où l'intervalle de confiance). L'analyse sera alors faite en faisant attention sur cet aspect et on priorise le moyen et le long terme. Les fluctuations de court terme ne seront pas analysées.

Ainsi, en ce qui concerne l'impact de la croissance économique sur le niveau du taux de change réel, l'analyse de la fonction de réponse du taux de change réel à partir d'un modèle VECM montre qu'à moyen et long terme, le taux de change réel s'apprécie significativement à la suite d'un choc positif sur le PIB réel ou tout simplement à la suite d'une croissance économique. Ce constat a été déjà évoqué aussi lors de l'analyse de la relation de long terme. Par ailleurs, ce résultat confirme celui du modèle SVAR sur les effets positifs de la croissance économique sur le niveau du taux de change réel. L'utilisation du modèle SVAR et du modèle VECM nous permet donc de conclure dans notre analyse que dans le cas de Madagascar, toute croissance économique se solde par une appréciation du niveau du change réel. Comme il a déjà été évoqué lors de la section précédente, cette conclusion est aussi conforme à celle relatée par les autres études empiriques sur le cas de Madagascar notamment ceux de *Cady (2003)*, *Ambroise, Koffie et Laurence (2005)* et *Randimbarisoa (2005)*.

En ce qui concerne les impacts du taux de change réel sur la croissance économique, à première vue, la fonction de réponse du PIB montre un effet positif à moyen et long terme. Toutefois, il faut constater que cet effet reste très bas en niveau et l'on se pose la question sur sa significativité statistique. D'ailleurs, l'analyse de la relation de long terme apporte un élément de réponse en confirmant que l'effet d'une appréciation (ou dépréciation) du taux de change réel sur le niveau des activités économiques reste nul ou non statistiquement significatif. D'autre part, si l'on compare les résultats des deux modèles utilisés (SVAR et VECM), on constate qu'ils ne sont pas concordants mais non totalement opposés. En effet, si le modèle VECM indique un impact non significatif de l'évolution du taux de change réel sur le niveau du PIB pour le cas de Madagascar, le modèle SVAR quant à lui montre un impact significatif et de signe négatif. Mais l'analyse des canaux indirects de transmission des effets

du change réel sur le niveau du PIB permettra aussi d'apporter plus d'éclaircissements sur ce sujet.

III.6 Analyse des canaux indirects de transmission

A travers deux modèles différents (SVAR et VECM), nous avons essayé de déterminer et caractériser de façon compacte le lien qui peut exister entre le taux de change réel et la croissance économique en considérant de façon simultanée un système de variables macro-économiques clés identifiées selon la revue de la littérature théorique faite. Toutefois, cette même revue de la littérature théorique a permis de voir que certains canaux indirects de transmission peuvent jouer des rôles importants dans le processus d'impact de l'évolution du niveau de taux de change réel sur le niveau du PIB réel. Certes, l'utilisation d'outil de modélisation comme le SVAR ou le VECM sur le système de variables identifiées, inclut déjà implicitement ces canaux indirects dans leur processus. Mais, pour le complément d'analyse, il est utile d'apporter un diagnostic sur chaque élément des canaux indirects. Cela constitue l'objet de cette section.

Les canaux indirects de transmission de l'impact de l'évolution du taux de change réel sur la croissance économique considérés dans notre étude sont l'exportation (exp_t), l'importation (imp_t), la balance courante (ca_t), l'investissement (inv_t) et l'investissement direct étranger (ide_t). Ces variables peuvent agir sur la croissance économique tout en réagissant à une évolution du taux de change réel. Pour réaliser le diagnostic de chaque canal de transmission, nous allons d'abord estimer dans un premier temps une équation de croissance économique très simple de type :

$$\ln pibreel_t = \alpha_1 \ln imp_t + \alpha_2 \ln exp_t + \alpha_3 \ln inv_t + \alpha_4 \ln ide_t + \alpha_5 ca_t + \alpha_6 t + c + \varepsilon_t \quad (5)$$

Dans un deuxième temps, chaque variable de transmission est régressée sur le taux de change réel ($reer_t$) dans une équation de type :

$$\ln canal_t = \beta_1 \ln reer_t + \beta_2 t + c + \xi_t \quad (6)$$

Ces équations sont estimées de façon simple par moindres carrés ordinaires (MCO) mais en utilisant la méthode robuste de détermination des variances des estimateurs pour éliminer les problèmes d'hétéroscédasticité et de corrélation au niveau des termes d'erreur. Les résultats de l'estimation de l'équation simple de croissance sont les suivants :

Tableau 10 : Estimation de l'équation de croissance pour l'analyse des canaux indirects de transmission.

Canal	Coef.	Robust Std. Err.	t	P>t	[95% Conf. Interval]
Ln(imp)	-0,1047	0,0887	-1,18	0,242	-0,2820 0,0725
Ln(exp)	0,1399	0,0549	2,55	0,013	0,0302 0,2496
Ln(inv)	0,2911	0,0567	5,14	0,000	0,1779 0,4043
Ln(ide)	-0,0255	0,0122	-2,08	0,041	-0,0499 -0,0010
CA	-0,0003	0,0002	-1,38	0,173	-0,0006 0,0001
Trend	-0,0089	0,0024	-3,76	0,000	-0,0136 -0,0041
Constante	3,7646	0,1607	23,43	0,000	3,4437 4,0855

Source : nos propres calculs.

Au vu de ces résultats, on constate donc que les seules variables de transmission qui agissent significativement sur la croissance économique sont l'exportation, l'investissement et l'IDE avec un seuil d'erreur de 5% pour le cas de Madagascar. Le signe de l'influence de chaque variable de transmission est conforme au signe attendu sauf pour le cas de l'IDE. Les exportations et les investissements agissent positivement et de façon significative sur le niveau du PIB réel. Par contre, les IDE semblent agir négativement sur la croissance économique. Ceci peut s'expliquer par le fait que les fruits des grands investissements financés par des IDE dans la grande île ne sont pas encore traduits en tant que croissance économique. Toutefois, il se peut aussi que le rapatriement des bénéfices liés aux IDE vers les pays investisseurs pèse énormément sur l'économie. Le tableau suivant apporte les résultats de l'estimation de chaque équation relative à chaque variable de transmission.

Tableau 11 : Résultats de l'estimation du coefficient du taux de change réel pour chaque variable de transmission.

Canal	Coef.	Robust Std. Err.	t	P>|t|	[95% Conf. Interval]
Exportations	-0,5804	0,1321	-4,39	0,000	-0,8424 -0,3184
Investissements	0,0911	0,1627	0,56	0,577	-0,2315 0,4138
IDE	-1,5153	0,1330	-11,40	0,000	-1,7805 -1,2501

Source : nos propres calculs.

On constate premièrement que pour le cas malagasy, les investissements ne réagissent pas de façon significative à une modification du niveau du taux de change réel. Finalement,

les investissements ne font donc pas partie des canaux indirects de transmission des effets du taux de change réel sur la croissance économique. Par contre, pour les exportations et les IDE, les effets du taux de change réel sont largement significatifs à 5% de seuil d'erreur. Pour le cas des exportations en particulier, les signes des effets de transmission sont parfaitement conformes à la théorie. Les exportations réagissent négativement à toute appréciation du change réel et cela entraîne la contraction du niveau des activités économiques comme dans le modèle de *Thirlwall* (1979) et selon les principes exposés par *Grier* (2002). Pour ce qui concerne les IDE, le signe de leur réaction face à une appréciation du change réel est aussi conforme à la théorie. En effet, selon les résultats au niveau du tableau 15, les IDE réagissent négativement à toute appréciation du taux de change réel comme dans le modèle de *Froot et Stein* (1991). Toutefois, l'impact des IDE sur la croissance économique est plutôt l'inverse de ce qui est attendu. Jusqu'ici, les données montrent un impact négatif des IDE sur le niveau du PIB pour le cas malagasy. Ainsi, à travers les IDE donc une appréciation du taux de change réel s'avère bénéfique à la croissance économique pour l'économie malagasy.

L'analyse a permis de détecter que seuls les exportations et les IDE qui transmettent les impacts de l'évolution du change réel parmi les canaux de transmission indirects pour le cas de Madagascar. A travers les exportations, une appréciation du change réel a comme effet de réduire le niveau des activités économiques et le niveau du PIB réel. Par contre, le même événement semble être bénéfique à la croissance économique si l'on considère cette fois les IDE. Toutefois, en termes d'importance, les résultats des estimations montrent que les effets de l'évolution du change réel à travers les exportations semblent être plus prépondérants selon les élasticités calculées. En faisant les liaisons avec les résultats des modèles SVAR et VECM, les résultats de l'analyse des canaux indirects de transmission ont tendance à conforter les résultats du SVAR selon lesquels, l'appréciation du taux de change réel a un impact négatif sur le niveau réel du PIB.

III.7 Analyse de causalité et analyse de décomposition des variances

Au cours des trois sections précédentes, l'analyse s'est focalisée sur la nature du lien qui peut exister entre le niveau des activités économiques et le taux de change réel en utilisant deux types de modélisation. Toutefois, dans ces modélisations, aucune attention n'a été portée sur le sens de la relation. Dans cette section, à l'aide d'un outil statistique notamment le test de causalité de Granger, nous essayons d'apporter des éléments d'analyse succincte sur le

sens de la causalité entre le PIB et le taux de change réel en complément des analyses déjà faites. Toujours dans ce sens, cette section aborde aussi l'analyse de la décomposition des variances pour pouvoir apprécier l'importance de la contribution mutuelle de chaque variable sur l'autre. Pour le test de causalité, afin de voir la robustesse des résultats, différents types de test sont appliqués aux données selon l'horizon et selon le modèle considéré.

Tableau 12 : Test de granger standard sur les séries du PIB réel et du taux de change réel en différence

Hypothèse nulle (H0)	Obs	F-stat	df	P-value	Conclusion sur H0
REERD ne cause pas PIBRD	104	1,30926	-	0,27584	On accepte H0
PIBRD ne cause pas REERD	104	2,33738	-	0,07839	On refuse H0

Source : nos propres calculs.

Tableau 13 : Causalité entre PIB réel et taux de change réel à travers le modèle SVAR

Hypothèse nulle (H0)	Obs	Chi-sq	df	P-value	Conclusion sur H0
REERD ne cause pas PIBRD	104	4,806932	3	0,1865	On accepte H0
PIBRD ne cause pas REERD	104	6,208114	3	0,1019	On refuse H0

Source : nos propres calculs.

Le test de granger standard est appliqué aux séries en différence première puisque ces dernières sont intégrées d'ordre 1. Il s'apparente plus donc à un test de causalité de court terme. Comme résultat, le test amène à accepter le fait que le taux de change réel ne cause pas le niveau du PIB. Mais, par contre, les données ne permettent pas d'accepter le fait que le PIB ne cause pas le taux de change réel selon le test de granger standard. Le sens de la causalité vient donc plus du PIB réel vers le taux de change réel selon ces premiers résultats. Si on applique le test de granger dans le cadre du modèle SVAR pour tenir compte de la structure des données, les résultats sont les mêmes que ceux obtenus à travers le test standard de granger. Le PIB réel cause donc le taux de change réel au sens de granger tandis que le taux de change réel ne cause pas le PIB réel au sens de granger. Il convient de noter que ces résultats ne sont valables qu'en prenant 10% comme seuil d'erreur des tests.

Tableau 14 : Causalité à court terme entre PIB réel et taux de change réel à travers le modèle VECM.

Hypothèse nulle (H0)	Obs	Chi-sq	df	P-value	Conclusion sur H0
REERD ne cause pas PIBRD	104	0,623640	2	0,7321	On accepte H0
PIBRD ne cause pas REERD	104	3,339409	2	0,1883	On accepte H0

Source : nos propres calculs.

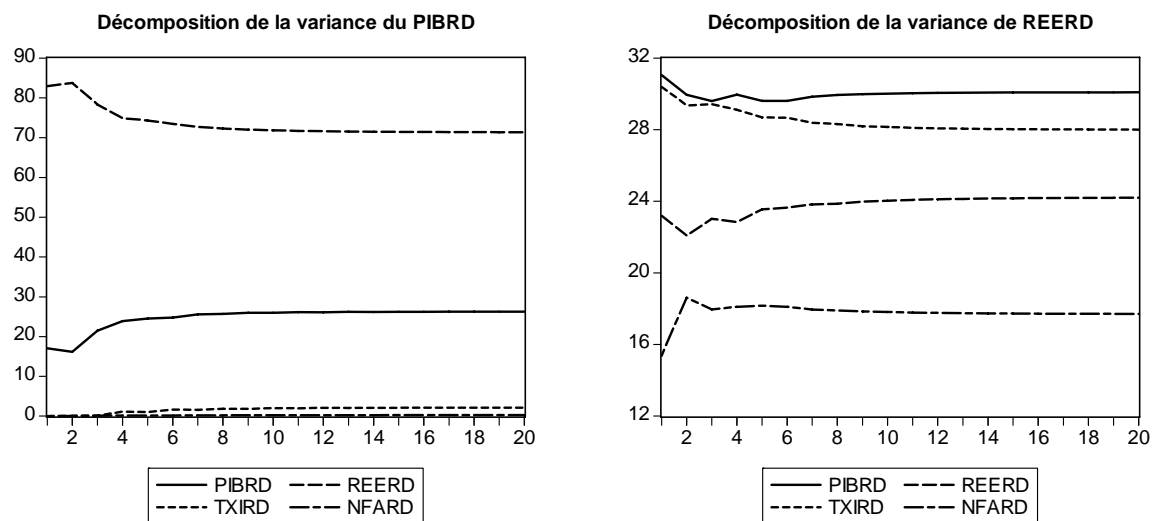
Tableau 15 : Causalité à moyen et long terme entre PIB réel et taux de change réel selon le test de Toda Yamamoto.

Hypothèse nulle (H0)	Obs	Chi-sq	df	P-value	Conclusion sur H0
REERD ne cause pas PIBRD	104	1,91	3	0,5918	On accepte H0
PIBRD ne cause pas REERD	104	6,97	3	0,0728	On refuse H0

Source : nos propres calculs.

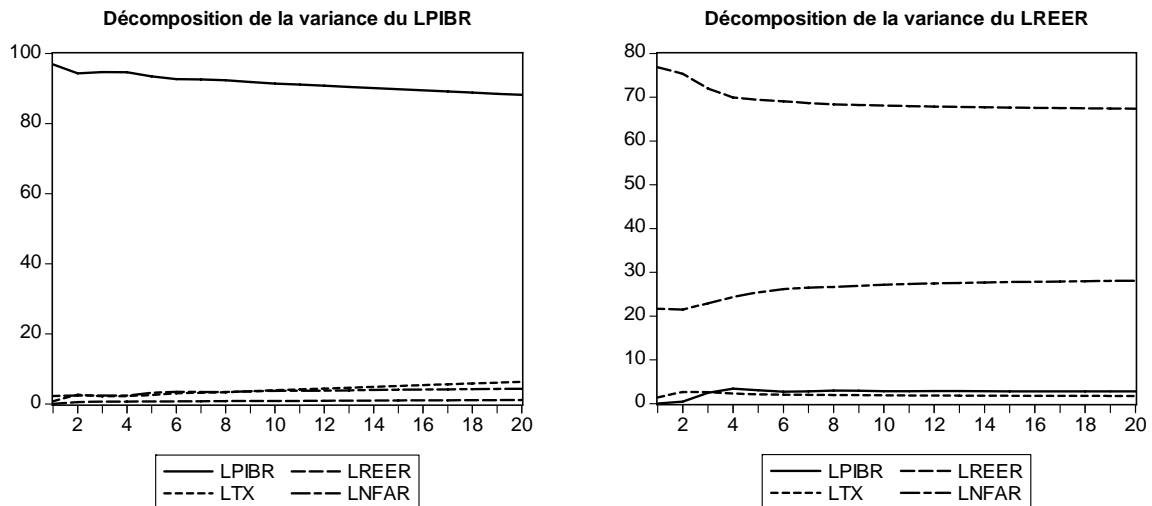
Si l'on prend cette fois, le modèle VECM, il permet d'effectuer un test de causalité de granger à court terme sur les séries étudiées. Les résultats de ce test sont différents des autres tests déjà appliqués dans la mesure où aucune causalité n'est détectée dans chacun des sens considérés. Le PIB réel ne cause pas le taux de change réel et inversement, le taux de change réel ne cause pas non plus le PIB réel à court terme selon ce dernier test. Par contre, à moyen et long terme, en appliquant le test Toda Yamamoto, on retrouve les résultats des trois premiers tests de causalité. Notamment, la causalité part du PIB réel vers le taux de change réel à moyen et long terme. Ces résultats ne tiennent aussi qu'en prenant 10% comme seuil d'erreur.

Graphique 5 : Décomposition de la variance du PIB et du REER (Modèle SVAR).



Source : nos propres calculs.

Graphique 6 : Décomposition de la variance du PIB et du REER (Modèle VECM).



Source : nos propres calculs.

Le deuxième objet de cette section traite de la décomposition des variances d'une variable suite à choc positif sur l'autre variable. L'analyse de la décomposition des variances permet de voir l'importance de la contribution d'un choc sur une variable sur les variations de l'autre à travers le temps. La décomposition des variances varie selon le type de modèle considéré. Ainsi, selon le modèle SVAR, la contribution du taux de change réel aux variances du PIB réel suite à une appréciation du taux de change réel. Cette contribution atteint plus de 70% de la variance totale du PIB réel. Après la contribution du taux de change réel, plus de 20% de la variance est attribuable aux valeurs passées du PIB réel lui-même. Quant à la décomposition de la variance du taux de change réel suite à un accroissement positif du niveau réel du volume des activités économiques, les contributions sont plus partagées entre les variables selon le modèle SVAR. Ainsi, la contribution du PIB réel à la variance du taux de change réel est de l'ordre de 30%. Les variations attribuables aux valeurs passées du taux de change réel sont évaluées à 24% de la variance totale du taux de change réel suite à choc positif sur le PIB réel.

Selon le modèle VECM, les contributions des autres variables sont beaucoup plus faibles suites aux chocs. Ce sont les effets propres de chaque variable qui prévalent en termes d'importance. Pour le cas de la variation du PIB réel, il faut noter que la contribution du taux de change réel est très faible (moins de 1%). Ce qui est logique du fait que selon ce modèle, l'évolution du taux de change réel n'affecte pas de façon significative l'évolution du PIB réel. Pour le cas de la variation du taux de change réel suite à un choc positif sur le niveau du PIB réel, l'importance de la variation attribuée à ce dernier est aussi assez faible (moins de 10%). La grande partie de la variation provient du taux de change réel lui-même à hauteur de 70%.

Ainsi, selon le modèle VECM, la croissance économique n'est pas affectée par une appréciation quelconque du taux de change réel. Mais la croissance économique entraîne une appréciation du taux de change réel. Toutefois, l'importance de la contribution aux variations du taux de change réel reste faible pour la croissance économique.

Ainsi, à l'issue de l'analyse de causalité et des décompositions des variances, on peut constater donc pour le cas de Madagascar, la causalité entre le niveau du PIB réel et du taux de change réel vient du côté du PIB selon les résultats des tests statistiques. Par ailleurs, selon le modèle SVAR, l'évolution du PIB réel contribue à hauteur de 30% de l'évolution du taux de change réel. Toutefois, si l'on considère le modèle VECM, cette contribution est plus faible de l'ordre de 10%.

III.8 Implications en termes de politique économique

Dans cette section, l'attention est portée de façon brève sur les implications en termes de politique économique des analyses faites. A court terme, on examine le cas des politiques budgétaires et monétaires. A long terme, on analyse les effets permanents de ces mêmes politiques de stabilisation et aussi les interventions nécessaires pour assurer la croissance économique.

Dans le cadre du régime de change flottant qui prévaut dans cadre malagasy, à court terme, un accroissement de la masse monétaire suite à une politique monétaire expansionniste aura un impact bénéfique en termes de croissance économique. En effet, l'accroissement de l'offre de monnaie agit directement sur le marché des actifs et exerce une pression sur le taux de change nominal en provoquant une dépréciation de la monnaie nationale. Comme en courte période, on observe une relative rigidité des prix donc la dépréciation nominale de la monnaie nationale se traduit par une dépréciation réelle. Selon les analyses déjà faites précédemment, cette dernière cause une pression à la hausse de la demande globale et donc de la production.

Par contre, à court terme, un accroissement du déficit budgétaire dans le cadre d'une politique budgétaire expansionniste présente des effets moins bénéfiques et plus incertains en termes de croissance économique. En effet, l'accroissement du déficit agit directement sur les marchés des biens et services en provoquant immédiatement un accroissement de la

production. Mais ce dernier effet s'accompagne d'une appréciation du taux de change nominal et réel à court terme qui agira en réduisant ou annulant l'effet en termes d'accroissement de la production lui-même. Dans ce cadre, la politique monétaire s'avère meilleure.

Toutefois, à long terme, un accroissement permanent de l'offre de monnaie ou un déficit public chronique aura comme effet une appréciation du taux de change réel tout en n'ayant aucun effet sur le niveau du PIB. En effet, les effets d'accroissement de la production initiale qu'il provoque seront accompagnés par des pressions inflationnistes et donc de l'appréciation réelle de la monnaie qui limitera ou réduira à son tour le niveau du PIB. Les politiques monétaires et budgétaires doivent être temporaires. Et sur le long terme, mieux vaut avoir un taux d'accroissement de l'offre de monnaie et un niveau du solde des finances publiques qui sont en concordance avec le rythme d'évolution de l'économie à long terme pour ne pas exercer des pressions qui provoquent l'appréciation du change réel. Pour le cas de Madagascar, à moyen et long terme, les politiques économiques doivent se concentrer sur les facteurs structurels qui favorisent les potentiels de croissance notamment l'accumulation de capital physique, l'amélioration générale du niveau de capital humain, l'augmentation des investissements en infrastructure et l'augmentation des investissements dans la recherche et développement pour induire des progrès techniques.

III.9 Les limites de l'analyse empirique

Malgré l'effort déployé pour rendre notre analyse empirique aussi scientifique que possible, il faut reconnaître qu'elle présente certaines limites. Ces limites se situent à deux niveaux : au niveau des données et au niveau de la méthodologie.

En ce qui concerne les données, malgré le fait qu'il s'agit des données macroéconomiques, il s'avère qu'il est extrêmement difficile de rassembler les données que nécessitent l'analyse notamment dans les pays en voie de développement comme Madagascar. Parfois, certaines séries n'existent pas. Parfois, si elles existent, elles restent incomplètes et l'on ne peut constituer les séries qu'à travers la compilation des données issues de différentes sources.

En ce qui concerne la méthodologie, on peut évoquer deux points. Premièrement, au niveau des analyses des canaux indirects de transmission, la méthodologie employée reste très simple et l'analyse reste très succincte dans la mesure où l'analyse de chaque canal de transmission peut constituer un thème de recherche à part entière.

Deuxièmement, il est possible de combiner l'analyse SVAR et l'analyse VECM en une seule méthodologie appelée SVECM ou « Structural Vector Error Correction Model ». Toutefois, les informations concernant cette méthodologie restent très restreintes et qu'elle ne figure pas encore dans les logiciels standards de traitement statistique et d'économétrie.

IV. CONCLUSION

Dans le cadre de cette étude, nous essayons d'explorer et d'analyser les interactions qui peuvent exister entre le taux de change réel et la croissance économique. L'étude a été réalisée sur le plan théorique à travers la revue de la littérature et surtout sur le plan empirique en examinant le cas de Madagascar à partir de l'utilisation d'outils économétriques avancés.

Sur le plan théorique, à travers la revue de la littérature, d'une part, on a pu constater que le niveau des activités économiques ou de la production fait partie des fondamentaux de l'évolution du taux de change réel d'équilibre à travers le temps. Ainsi, la littérature théorique et empirique montre que la croissance économique s'accompagne d'une appréciation du change réel ou une dépréciation réelle de la monnaie selon les contextes. D'autre part, la littérature montre aussi que l'évolution du taux de change réel peut avoir des effets significatifs sur la croissance économique ou l'évolution du niveau réel des activités économiques à court et long terme. Selon le contexte spécifique à chaque économie, les impacts de l'évolution du change réel sur le niveau du PIB réel peuvent être positifs ou négatifs. Les canaux de transmission indirects à prendre en compte pour les effets du change réel sur le PIB réel, sont le commerce extérieur, l'investissement local et les investissements étrangers.

Sur le plan empirique, en considérant le cas de Madagascar, l'utilisation de deux outils économétriques nous a permis d'avoir des résultats sur l'interrelation entre le taux de change réel et la croissance économique. Il s'agit d'un modèle SVAR et d'un modèle VECM. L'application de ces deux outils a permis de conclure que la croissance économique ou l'évolution positive du volume réel des activités économiques a comme impact une appréciation du change réel pour le cas de Madagascar. Ce résultat est tout à fait, en concordance avec les résultats d'autres études empiriques menés sur le cas de Madagascar.

Par contre, en ce qui concerne les effets potentiels de l'évolution du change réel sur la croissance économique, l'utilisation des deux outils économétriques donne des résultats empiriques non concordants mais pas totalement opposés. En effet, avec le modèle SVAR, on constate clairement que toute appréciation réelle de la monnaie malagasy induit une croissance négative du volume des activités économiques ou de la production. Par contre, selon le modèle VECM, le taux de change réel n'a aucun impact significatif sur l'économie malagasy surtout à long terme. Toutefois, une analyse supplémentaire sur les canaux indirects

a permis d'apporter un éclaircissement sur ce point. A travers cette analyse supplémentaire, on a pu constater que des variables jouent effectivement de canal de transmission de l'effet du change réel sur la croissance économique pour le cas de Madagascar. Il s'agit de l'exportation et des IDE. Même au travers ces variables, les effets du change réel sur la production en volume sont de signe opposé. Mais, en termes d'importance des effets, les résultats montrent que les effets à travers les exportations sont plus prépondérants. Dans ce sens, l'analyse des canaux indirects supportent plus les résultats du modèle SVAR selon lesquels, l'appréciation du taux de change affecte négativement le volume de la production pour le cas de Madagascar.

Pour le bouclage de l'analyse empirique, en plus de toutes ces analyses, la mise en œuvre des tests de causalité de Granger a permis de déterminer statistiquement, le sens de causalité entre le taux de change réel et la croissance économique pour le cas de Madagascar. Les tests concluent que généralement, pour le cas de Madagascar, le point de départ de la causalité entre le taux de change réel et le niveau du PIB réel est plutôt le PIB réel lui-même. Ainsi, malgré les résultats donnés par les deux modèles économétriques sur les interactivités entre taux de change réel et croissance économique pour Madagascar, le sens de causalité qui est statistiquement plus significatif est celui partant du PIB réel vers le niveau du taux de change réel.

Enfin, en dernier lieu, il importe de mentionner que notre analyse comporte des limites concernant l'insuffisance des données, l'aspect de certaines méthodologies comme le cas de l'analyse des canaux de transmissions. Justement, des études encore plus approfondies sont nécessaires pour l'analyse de chacun des canaux de transmission. D'autre part, les implications en termes de politique économique aussi peuvent faire le sujet d'analyse plus poussée pour éclairer les décideurs en termes de politique de stabilisation et de politique structurelle.

BIBLIOGRAPHIE

1. Agu C. C., Chukwu J. O. ; « Toda and Yamamoto tests between Bank-based financial deeping and economic growth in Nigeria », *European Journal of Social Sciences*, vol 7, n°2, 2008.
2. Bailliu J. et al. ; « Does exchange rate policy matter for growth ? », Banque du Canada, document de travail n°2002-17, 2002
3. Bishay S. ; « L'effet du désalignement du taux de change réel sur la croissance économique de l'Égypte (1969-1999). Est-ce que l'appréciation est un problème ? », Département des sciences économiques, Faculté des Arts et des Sciences, Université de Montréal, 2000.
4. Bourbonnais R. ; « Econométrie – Manuel et exercices corrigés », Dunod, Paris, 4^{ème} édition, 2002.
5. Briones I. ; « Théorie de la croissance et taux de change réel : une approche néoclassique », *Economie Internationale*, n°86, pages 49 à 75, CAIRN, 2002.
6. Chigira H., Yamamoto T. ; « The granger non-causality test in cointegrated vector autoregression », Institut of Economic Research, Hitotsubashi University, Japan, 2003.
7. Coeurdacier N. ; « Les taux de change réels d'équilibre dans les économies émergentes », Ecole d'Economie de Paris (PSE), 2002.
8. Devarajan et al. ; « Aid, Growth and real exchange rate dynamics », The world bank African region chief economist office and the south asia chief economist office, wps4480, 2008.
9. Diallo O. ; « Trois essais sur la croissance, la pauvreté et les propriétés cycliques de la politique budgétaire », Centre d'Etudes et de Recherches sur le Développement International (CERDI), Université d'Auvergne, 2006.
10. Domaç I., Shabsigh G. ; « Real exchange rate behavior and economic growth : evidence from Egypt, Jordan, Morocco and Tunisia », International Monetary Fund, Middle Eastern Department, working paper n°WP/99/40, 1999.
11. Federici D., Gandolfo G. ; « Endogenous growth in an open economy and the real exchange rate », Conference on EU fiscal and monetary institutions, University of Rome La Sapienza, 2001.
12. Gauthier C., Tessier D. ; « Supply shocks and real exchange rate : Canadian evidence », Banque du Canada, document de travail n°2002-31, 2002.

13. Goldberg L., Kolstad C. ; « Foreign Direct Investment, Exchange rate variability and Demand uncertainty », National Bureau of Economic Research, working paper n°4815, 1994.
14. Grier K. B., Hernandez-Trillo F. ; « The real exchange rate process and its real effects : the cases of Mexico and the USA », Journal of applied economics, vol VII, n°I, 1-25p, 2004.
15. Hacker R. S., Hatemi-J A. ; « Test for causality between integrated variable using asymptotic and bootstrap distributions », Departement of statistics, Lund University, Sweden, 2003.
16. Hansen J., Roeger W. ; « Estimation of real equilibrium exchange rates », European Commission, Directorate General, Economic and Financial Affairs, Economic paper n°144, 2000.
17. Harberger A. C. ; « Economic growth and the real exchange rate : Revisiting the Balassa-Samuelson effect », Conference of The Higher School of Economics, Moscow, 2003.
18. Harris R. G. ; « Le taux de change peut-il influencer sur la productivité ? », Bank of Canada, Conference on revisiting the case for flexible exchange rates, 2000.
19. Jacobs J., Fan X. ; « Chicken or egg : Financial development and economic growth in China, 1992-2004 », CCSO working paper 2005, n°09, 2005.
20. Joly et al. ; « Le taux de change réel d'équilibre, une introduction », Document de travail n°96-06, Direction de la prévision, Ministère de l'économie et des finances, France, 1996.
21. Krugman P. R., Obstfeld M. ; « Economie Internationale », Nouveaux Horizons, De Boeck Université, 3^{ème} édition, 2001.
22. Lafrance R. et Tessier D. ; « Exchange rate variability and Investment in Canada », Bank of Canada, Conference on revisiting the case for flexible exchange rates, 2000.
23. Linzert T. ; « Sources of German unemployment : Evidence from a structural VAR », Institute of Applied macroeconomics, Department of economics, Johann Wolfgang Goethe-University Frankfurt, discussion paper n°01-41, 2000.
24. Mankiw G. N. ; « Macroéconomie », Nouveaux Horizons, De Boeck Université, 2^{ème} édition, 2001.
25. Maswana J-C ; « Granger non-causality test of the inflation-exchange rate in the Democratic Congo », Congo Economic Review, 2006.

26. Ofair R., Collins S. ; « Real exchange rate misalignments and growth », Georgetown University and The Brookings Institution, 1997.
27. Patterson et al. ; « Taux de change et politique monétaire », Direction Générale des Etudes, Parlement Européen, Document de travail n°ECON 120 FR, 2001.
28. Randimbarisoa O. E. ; « Processus de formation du taux de change à Madagascar », Ecole Nationale Supérieure de Statistique et d'Economie Appliquée (ENSEA), Direction des Etudes de la Banque Centrale de Madagascar (DET/BCM), 2005.
29. Rodrik D. ; « The real exchange rate and economic growth », JFK School of Government, Harvard University, Cambridge, 2007.
30. Servén L. ; « Real exchange rate uncertainty and private investment in developing countries », The World Bank, Latin America and the Caribbean region, Office of the chief economist, wps2823, 2002.
31. Shina et al. ; « Toda Yamamoto causality tests between per capita saving and per capita GDP for India », Munich Personal Repec Archive (MPRA), 2007.
32. Toulaboe D. ; « Real exchange rate misalignement and economic growth in developing countries », Southwestern Economic Review, n°2006-01, 2006.
33. Vasquez A. et al. ; « Balance of payments constrained growth model : evidence for Bolivia 1953-2003 », Munich Personal Repec Archive (MPRA), 2007.
34. Welfens J. J. P., Monnet J. ; « Impact of real exchange rate on trade, structural change and growth », CEPS Projects, Brussels, 2005.
35. Winker P., Maringer D. ; « Optimal Lag structure selection in VEC-Models », Departement of Economics, University of Erfurt, 2004.
36. Yamamoto T., Kurozumi E. ; « Test for Long run Granger non-causality in cointegrated systems », Institut of Economic Research, Hitotsubashi University, Japan, 2003

ANNEXES

Annexe 1 : Résultats des tests de cointégration

Johansen tests for cointegration							Number of obs =	105
Trend: none							Lags =	3
Sample: 1980q4 - 2006q4								
maximum rank	parms	LL	eigenvalue	trace statistic	5% critical value			
0	32	270,88642	.	.	43,9579	39,89		
1	39	287,58317	0,27242	0,27242	10,5644*	24,31		
2	44	291,02788	0,06351	0,06351	3,6750	12,53		
3	47	292,7093	0,03152	0,03152	0,3122	3,84		
4	48	292,86538	0,00297	0,00297				

maximum rank	parms	LL	eigenvalue	max statistic	5% critical value		
0	32	270,88642	.	.	33,3935	23,80	
1	39	287,58317	0,27242	0,27242	6,8894	17,89	
2	44	291,02788	0,06351	0,06351	3,3628	11,44	
3	47	292,7093	0,03152	0,03152	0,3122	3,84	
4	48	292,86538	0,00297	0,00297			

Source : nos propres calculs.

Johansen tests for cointegration							Number of obs =	105
Trend: rconstant							Lags =	3
Sample: 1980q4 - 2006q4								
maximum rank	parms	LL	eigenvalue	trace statistic	5% critical value			
0	32	270,88642	.	.	75,5635	53,12		
1	40	295,26097	0,37141	0,37141	26,8144*	34,91		
2	46	303,96796	0,15282	0,15282	9,4004	19,96		
3	50	306,99178	0,05597	0,05597	3,3528	9,42		
4	52	308,66818	0,03143	0,03143				

maximum rank	parms	LL	eigenvalue	max statistic	5% critical value		
0	32	270,88642	.	.	48,7491	28,14	
1	40	295,26097	0,37141	0,37141	17,4140	22,00	
2	46	303,96796	0,15282	0,15282	6,0476	15,67	
3	50	306,99178	0,05597	0,05597	3,3528	9,24	
4	52	308,66818	0,03143	0,03143			

Source : nos propres calculs.

Johansen tests for cointegration							Number of obs =	105
Trend: constant							Lags =	3
Sample: 1980q4 - 2006q4								
maximum rank	parms	LL	eigenvalue	trace statistic	5% critical value			
0	36	272,43345	.	.	72,4695	47,21		
1	43	296,77115	0,37097	0,37097	23,7941*	29,68		
2	48	305,47214	0,15273	0,15273	6,3921	15,41		
3	51	308,00393	0,04708	0,04708	1,3285	3,76		
4	52	308,66818	0,01257	0,01257				

maximum rank	parms	LL	eigenvalue	max statistic	5% critical value		
0	36	272,43345	.	.	48,6754	27,07	
1	43	296,77115	0,37097	0,37097	17,4020	20,97	
2	48	305,47214	0,15273	0,15273	5,0636	14,07	
3	51	308,00393	0,04708	0,04708	1,3285	3,76	
4	52	308,66818	0,01257	0,01257			

Source : nos propres calculs.

Johansen tests for cointegration							105
Trend: r-trend						Number of obs =	
Sample: 1980q4 - 2006q4						Lags = 3	
maximum rank	parms	LL	eigenvalue	trace statistic	5% critical value		
0	36	272,43345	.	.	108,2962	62,99	
1	44	311,28633	0,52291	.	30,5904*	42,44	
2	50	320,2473	0,15691	0,15691	12,6684	25,32	
3	54	324,35128	0,07519	0,07519	4,4605	12,25	
4	56	326,58153	0,04159	0,04159			

maximum rank	parms	LL	eigenvalue	max statistic	5% critical value	
0	36	272,43345	.	.	77,7058	31,46
1	44	311,28633	0,52291	0,52291	17,9220	25,54
2	50	320,2473	0,15691	0,15691	8,2080	18,96
3	54	324,35128	0,07519	0,07519	4,4605	12,52
4	56	326,58153	0,04159	0,04159		

Source : nos propres calculs.

Johansen tests for cointegration							105
Trend: trend						Number of obs =	
Sample: 1980q4 - 2006q4						Lags = 3	
maximum rank	parms	LL	eigenvalue	trace statistic	5% critical value		
0	40	273,09326	.	.	106,9765	54,64	
1	47	311,87084	0,52223	0,52223	29,4214*	34,55	
2	52	320,56123	0,15256	0,15256	12,0406	18,17	
3	55	324,65898	0,07508	0,07508	3,8451	3,74	
4	56	326,58153	0,03596	0,03596			

maximum rank	parms	LL	eigenvalue	max statistic	5% critical value	
0	40	273,09326	.	.	77,5552	30,33
1	47	311,87084	0,52223	0,52223	17,3808	23,78
2	52	320,56123	0,15256	0,15256	8,1955	16,87
3	55	324,65898	0,07508	0,07508	3,8451	3,74
4	56	326,58153	0,03596	0,03596		

Source : nos propres calculs.

Annexe 2 : Présentation du modèle vectoriel autorégressif structurel (SVAR)

La méthodologie SVAR¹ part de l'estimation d'un modèle VAR classique appelé « forme réduite » incluant suffisamment de retards pour capturer la dynamique des séries. Pour que l'interprétation de la dynamique du système étudié soit valable, la forme réduite a besoin d'être complétée par des contraintes supplémentaires issues d'une identification. En fait, la « forme réduite » pour laquelle les innovations sont corrélées sera transformée en une forme structurelle pour laquelle les innovations ne sont plus corrélées et sont interprétables économiquement.

¹ La présentation du modèle SVAR utilisée ici est tirée de l'introduction aux modèles VAR et SVAR de la documentation technique du logiciel de statistique STATA (voir : www.stata.com).

Un modèle VAR est un modèle dans lequel K variables sont spécifiées comme fonction linéaire des leurs P propres retards et des P retards des $K-1$ autres variables. En fait, un modèle vectoriel autorégressif d'ordre P ou VAR(P) s'écrit comme suit :

$$Y_t = v + A_1 Y_{t-1} + \dots + A_p Y_{t-p} + u_t \text{ avec } t \in \{-\infty, +\infty\} \quad (\text{a1})$$

Où

$Y_t = (y_{1t}, \dots, y_{Kt})'$ est $K \times 1$ vecteur des variables étudiées.

A_1, \dots, A_p sont des matrices $K \times K$ des coefficients du modèle.

v est un vecteur $K \times 1$ des constants.

u_t constitue le terme d'erreur du modèle qui est supposé être un bruit blanc, c'est-à-dire :

$$E(u_t) = 0$$

$$E(u_t u_t') = \Sigma \text{ non singulière, et}$$

$$E(u_t u_s) = 0 \quad \forall t \neq s$$

Le modèle VAR spécifié ci-dessus possède $K^2 \times p$ coefficients à estimer dans l'équation de Y_t et $K \times (K+1)/2$ éléments à estimer dans la matrice de covariance des erreurs Σ . Si le modèle VAR est stable, il peut être écrit d'une autre manière dite représentation canonique, à savoir :

$$Y_t = \mu + \sum_{i=0}^{\infty} \Phi_i u_{t-i} \quad (\text{a2})$$

Où μ est un vecteur $K \times 1$ de constants et les Φ_i sont des matrices $K \times K$ des coefficients du modèle. Cette nouvelle façon d'écrire le modèle montre bien la valeur actuelle de Y_t est entièrement déterminée par les valeurs des coefficients Φ_i et aussi des valeurs passées des termes d'erreurs $u_t, u_{t-1}, u_{t-2}, \dots$ qui sont appelés des chocs ou innovations du système. Un choc ou une innovation ou changement que subit le système Y_t à un instant précis aura des impacts sur ses valeurs futures à travers le temps. Au niveau d'une variable, un choc ou un changement que subit une variable à un instant quelconque du système

affectera les valeurs actuelles et futures des autres variables à travers le temps. L'intensité et le signe des impacts des chocs à chaque horizon temporel i sont donnés par les coefficients Φ_i . En d'autre terme, les Φ_i constituent les réponses impulsionnelles du système à un horizon i face à un choc que subit ce même système. Lors d'une modélisation type VAR, l'analyse des interrelations entre les variables est faite surtout à travers les fonctions de réponse impulsionnelle du modèle. D'autre part, la représentation canonique et la forme réduite sont liées et les valeurs des coefficients Φ_i sont déduites des celles des coefficients A_i de la forme réduite.

Toutefois, il convient de noter que les analyses que l'on peut faire avec le modèle VAR ne sont pas satisfaisantes dans le sens où les chocs ou innovations u_t sont corrélés entre eux et la matrice de covariance des erreurs Σ n'est pas forcément diagonale. Le changement au niveau d'une innovation implique aussi un changement au niveau des autres innovations. Cela signifie qu'à partir du modèle VAR, on ne peut pas obtenir les effets propres de chaque variable étudiée à travers les innovations. Aucune relations causales ne peuvent donc être analysées. Toutefois, supposons alors qu'on a une matrice P telle que $\Sigma = PP'$. On peut montrer alors que la quantité $P^{-1}u_t$ est de moyenne nulle et que $E\left\{P^{-1}u_t(P^{-1}u_t)'\right\} = I_K$. On peut alors écrire :

$$\begin{aligned} Y_t &= \mu + \sum_{s=0}^{\infty} \Phi_s PP^{-1}u_{t-s} \\ &= \mu + \sum_{s=0}^{\infty} \Theta_s P^{-1}u_{t-s} \\ Y_t &= \mu + \sum_{s=0}^{\infty} \Theta_s w_{t-s} \quad (\text{a3}) \end{aligned}$$

Où $\Theta_s = \Phi_s P$ et $w_t = P^{-1}u_t$. Si nous avons une telle matrice P alors les erreurs w_k sont mutuellement orthogonales et les Θ_s permettent d'avoir les effets propres des innovations. Ainsi, une interprétation causale est possible. La méthodologie SVAR fournit un cadre de travail qui permet d'estimer une classe de matrice P à partir d'un modèle VAR. Et une matrice P estimée pourra être utilisée pour calculer les fonctions de réponses impulsionnelles structurelles. L'estimation de la matrice P nécessite l'imposition de

contraintes supplémentaires au modèle. Il existe deux sortes de modèle SVAR selon la nature des contraintes imposées : SVAR basé sur des contraintes de court terme et SVAR avec des restrictions de long terme.

Un modèle SVAR avec des contraintes de court terme s'écrit comme suit :

$$A(I_K - A_1L - A_2L^2 - \dots - A_pL^p)Y_t = Au_t = Be_t \quad (\text{a4})$$

Où L est l'opérateur retard, A et B sont des matrices $K \times K$ de paramètres à estimer en plus de ceux du modèle VAR, u_t est le vecteur des innovations du modèle VAR et e_t est le vecteur des innovations/chocs structurels (orthogonalisés). Les contraintes de court terme qui sont tirées de la théorie économique sont placées sur les matrices A et B . Et pour que l'estimation aboutisse, il faut au moins $2K^2 - K(K+1)/2$ contraintes. Ici, on a $P_{ct} = A^{-1}B$. Cette transformation nous permet alors de faire des analyses d'effets propres et de réponses impulsionnelles à travers les chocs structurels e_t .

Un modèle SVAR avec des contraintes de long terme s'écrit plutôt comme suit :

$$(I_K - A_1L - A_2L^2 - \dots - A_pL^p)Y_t = Be_t \quad (\text{a5})$$

Si l'on pose $\bar{A} = (I_K - A_1L - A_2L^2 - \dots - A_pL^p)$ alors \bar{A}^{-1} représente les effets de long terme issus de la forme réduite (modèle VAR) et on peut écrire :

$$Y_t = \bar{A}^{-1}Be_t$$

$$Y_t = Ce_t \quad \text{où } C = \bar{A}^{-1}B$$

Ici, la matrice P_{lt} n'est autre que la matrice B . Et C est la matrice des effets de long terme des chocs/innovations structurelles e_t . Dans le cas du modèle de long terme, les contraintes sont placées sur C .

Annexe 3 : Présentation du modèle vectoriel à correction d'erreur (VECM)

Le point de départ de l'approche par un modèle vectoriel à correction d'erreur (VECM) est que si les séries ou variables composant le système étudié ne sont pas tous stationnaires, alors, il est probable qu'ils sont cointégrés. Il est alors possible que les variables du système présentent des relations de long terme. Nous devons tenir compte alors de ces relations de long terme dans notre modèle d'analyse au cas il en existe entre les variables étudiées. Une analyse de cointégration s'impose et le modèle à adopter est de type VECM.

Cointégration¹ :

La définition de la cointégration peut être vue comme ce qui suit. Si deux séries ou variables x_t et y_t sont intégrées d'ordre quelconque d c'est-à-dire $I(d)$ alors en général, la combinaison linéaire z_t telle que

$$z_t = x_t - ay_t$$

est aussi intégrée d'ordre d ou $I(d)$.

Toutefois, il est possible que z_t ne soit pas $I(d)$ mais $I(d-b)$ où b est un entier positif. Dans ce cas, on dit que x_t et y_t sont cointégrées. a est le paramètre de cointégration et le vecteur $[1, -a]$ est le vecteur de cointégration.

Le cas le plus fréquent correspond au cas $d=b=1$. Ainsi, deux séries non stationnaires ($I(1)$) sont cointégrées s'il existe une combinaison linéaire stationnaire ($I(0)$) des deux séries.

Sur le plan de l'analyse, l'idée à la base de la cointégration est qu'à court terme, x_t et y_t peuvent avoir une évolution divergente car elles sont toutes les deux non stationnaires. Mais, à long terme, elles évoluent ensemble. Il existe donc une relation stable à long terme entre x_t et y_t . Cette relation est appelée relation de cointégration ou relation de long terme.

¹ La définition utilisée ici est celle exposée par Lardic et Mignon dans « Econométrie des séries temporelles macroéconomiques et financières » (2001).

Dans le cas de x_t et y_t , comme mentionné ci-dessus, elle est donnée par $x_t = ay_t$ ou $z_t = 0$. A long terme, les mouvements similaires de x_t et y_t ont tendance à se compenser de sorte à obtenir une série stationnaire. z_t mesure donc l'ampleur du déséquilibre entre x_t et y_t et est appelé « erreur d'équilibre ».

Il convient de noter que pour le cas général d'un vecteur X_t composé par K variables ($K > 2$), il peut y avoir plusieurs relations de cointégration. S'il existe r (avec $r \leq K - 1$) vecteurs de cointégration indépendants, alors X_t est dit cointégré de rang r . r désigne le rang de cointégration.

Représentation à correction d'erreur¹ :

Pour les séries cointégrées, les modèles à correction d'erreur permettent de modéliser les ajustements qui conduisent à une situation d'équilibre de long terme. Ce sont des modèles dynamiques qui intègrent à la fois les évolutions de court terme et de long terme des variables.

Par ailleurs, pour confirmer le lien entre la cointégration et le modèle à correction d'erreur, le théorème de Granger (1981) stipule que les variables cointégrées peuvent être représentées sous la forme d'un modèle à correction d'erreur. La réciproque est aussi vraie. Si un vecteur X_t est généré par un modèle à correction d'erreur alors X_t est cointégré.

Pour un vecteur X_t cointégré, il peut s'écrire sous la forme d'une représentation en modèle vectoriel à correction d'erreur (VECM) comme ce qui suit :

$$A(L)\Delta X_t = -\gamma z_{t-1} + d(L)\varepsilon_t \quad (\text{a6})$$

Où ε_t est un bruit blanc, $A(0) = I$, $z_t = \alpha' X_t$ où α est le vecteur de cointégration et $\gamma \neq 0$.

La différence par rapport à un modèle VAR classique (en différence) réside dans la présence de 1 variable z_{t-1} qui s'établit en niveau. $-\gamma$ représente la force de rappel vers la

¹ La présentation du modèle VECM est celle fournie par Lardic et Mignon dans « Econométrie des séries temporelles macroéconomiques et financières » (2001).

cible de long terme, donnée par la relation de long terme. Le modèle à correction d'erreur permet alors d'intégrer les fluctuations de court terme (représentées par les variables en différence première) autour de l'équilibre de long terme (donné par la relation de long terme).

L'avantage du modèle VECM est qu'il exhibe les relations de long terme entre les variables et donc de rendre possible l'interprétation économique des ces relations de long terme. De plus, en faisant les analyses usuelles des fonctions de réponses impulsionnelles et de décomposition des variances, le VECM tient compte des relations de long terme entre les variables du système étudié.

Enfin, des procédures de test sont disponibles pour s'assurer que les séries étudiées sont vraiment cointégrées et de tester aussi le nombre des relations de cointégration qui existent entre les variables. On peut citer entre autres, la procédure d'analyse de cointégration de Johansen qui s'applique au cas vectoriel.

Annexe 4 : Présentation des tests de causalité

Pour l'analyse de causalité au niveau des variables d'étude, nous utilisons les techniques d'analyse de causalité au sens de Granger (1969). Nous utilisons le test de non causalité standard de Granger mais aussi le test de non causalité de court terme (Toda et Philips (1993)) et le test de non causalité de long terme (Toda et Yamamoto (1995)) qui traduisent en fait les tests type de non causalité de Granger dans le cas où les séries sont non stationnaires et cointégrées.

Le principe de base de l'analyse de causalité de Granger¹ est de tester si les valeurs retardées d'une variable aident à améliorer l'explication d'une autre variable à part les propres valeurs retardées de cette dernière. En fait, une variable x_t est la cause d'une variable y_t au sens de Granger, si la prédictibilité de y_t est améliorée lorsque l'information relative à x_t est introduite dans l'analyse de y_t elle-même. Soit alors un simple modèle VAR(P) pour un vecteur de n variables Y_t :

$$Y_t = A(L)Y_{t-1} + e_t \quad (\text{a7})$$

¹ Nous utilisons ici une présentation tirée de Fan, Jacobs et Lesink (2005).

Où $A(L)$ est un polynôme matriciel de degré p de l'opérateur retard L ($LY_t = Y_{t-1}$), $A(L) = A_0 + A_1L + A_2L^2 + \dots + A_pL^p$ et e_t le terme d'erreur. L'hypothèse nulle du test de non causalité de la première variable de Y_t sur les autres variables de ce même vecteur peut être reformulée comme un test de restrictions porté sur les éléments des matrices A , plus exactement, sur le premier élément de la deuxième ligne de toutes les matrices A_j doit être conjointement égal à zéro. Si l'on pose Y_{1t} la première variable de Y_t et Y_{2t} les autres variables restantes, alors on peut écrire les suivantes :

$$Y_t = \begin{bmatrix} Y_{1t} \\ Y_{2t} \end{bmatrix}, A_i = \begin{bmatrix} A_{i,11} & A_{i,12} \\ A_{i,21} & A_{i,22} \end{bmatrix}, i = 1, \dots, p \text{ et } e_t = \begin{bmatrix} e_{1t} \\ e_{2t} \end{bmatrix}$$

L'hypothèse nulle du test de non causalité au sens de Granger de Y_{1t} sur Y_{2t} est alors $A_{1,21} = A_{2,21} = \dots = A_{p,21} = 0$. Cette hypothèse nulle de non causalité peut alors être testée par un test de type Wald sur les coefficients estimés du modèle VAR.

Il convient de noter cependant que le test standard de non causalité de Granger nécessite la stationnarité des variables étudiées. Pour les séries non stationnaires et cointégrées, on peut utiliser deux autres tests de Granger augmentés pour le cas de court et pour le cas du long terme.

Pour le test de non causalité à court terme au sens de Granger, on peut utiliser celui proposé par Toda et Philips (1993) en utilisant un modèle VECM en réécrivant le modèle VAR comme suit en sachant que les séries sont cointégrées :

$$\Delta Y_t = -\alpha\beta'Y_{t-1} + \Theta(L)\Delta Y_{t-1} + u_t \text{ (a8)}$$

Avec $\Theta(L)$ un polynôme matriciel de degré $p-1$ du retard L . L'hypothèse nulle du test de non causalité à court terme de la première variable Y_{1t} de Y_t sur les autres variables Y_{2t} est basée sur le fait que le premier élément de la deuxième ligne des Θ_i , $i = 1, \dots, p-1$, est nul. Soit, $\Theta_{1,21} = \Theta_{2,21} = \dots = \Theta_{p-1,21} = 0$. Le test de Wald sur les coefficients estimés peut aussi être utilisé.

Pour le test de non causalité à long terme au sens de Granger, on peut utiliser la procédure proposée par Toda et Yamamoto (1995)¹. Le test repose aussi sur la mise en œuvre d'un modèle VAR directement sur les séries en niveau mais avec un nombre de retard augmenté du nombre maximum des relations de cointégration qui existe dans le système étudié. Si l'on désigne par p le nombre de retard standard à introduire dans le modèle VAR et r_{\max} le nombre des relations de cointégration (exploré à travers le test de cointégration de Johansen (1988)(1991)), le modèle VAR à estimer sera un modèle VAR($p + r_{\max}$). Le modèle est à estimer selon la méthode SURE (Seemingly UnRelated Equations) du fait que les séries sont non stationnaires. L'hypothèse nulle du test de non causalité sera la même que celle pour un test de Granger standard mais se limite au niveau des p retards seulement. Soit, l'hypothèse nulle $A_{1,21} = A_{2,21} = \dots = A_{p,21} = 0$ que l'on peut tester avec un test de type Wald. Il faut noter que le test Toda-Yamamoto est un test asymptotique et donc il faut mettre des réserves sur sa fiabilité pour les échantillons de taille faible. En cas d'échantillon de petite taille, il est recommandé de renforcer le test par des procédures de bootstrapping (Hacker et Hatemi (2003)).

Annexe 5 : Présentation des tests de stationnarité

De façon simple, une série est considérée comme non stationnaire si son espérance et sa variance se trouvent modifiées dans le temps. Une série y_t est plutôt considérée comme stationnaire si : $E(y_t) = E(y_{t+m}) = \mu \quad \forall t \quad \forall m$, la moyenne est indépendante du temps ; $\text{var}(y_t) < \infty \quad \forall t$, la variance est finie et indépendante du temps et $\text{cov}(y_t, y_{t+k}) = \gamma_k$, la covariance est aussi indépendante du temps. Il faut noter que la stationnarité d'une série implique qu'elle ne comporte ni tendance, ni saisonnalité et plus généralement, aucun facteur n'évoluant avec le temps.

Pour tester la stationnarité d'une série y_t , on suppose qu'elle suit un processus AR(1) : $y_t = \rho y_{t-1} + x_t' \delta + \varepsilon_t$ où x_t est un vecteur de variables exogènes facultatives qui peuvent être soit une constante soit une constante et une tendance linéaire, ρ et δ sont des

¹ Selon la présentation faite par Wong et Tang (2007) ou voir Hacker et Hatemi (2003) pour une discussion technique détaillée du test Toda-Yamamoto de la non causalité de Granger.

paramètres à estimer et ε_t est un bruit blanc. On démontre alors que y_t est non stationnaire si $|\rho| \geq 1$ et par contre, elle est stationnaire si $|\rho| < 1$. La stationnarité de y_t peut alors être évaluée en testant si la valeur absolue de ρ est strictement inférieure à l'unité.

Dans le cadre de cette étude, nous utilisons trois types de test¹ de stationnarité pour l'analyse des caractéristiques des séries ; le test de Dikey-Fuller augmenté (ADF test), le test de Philips Perron (PP test) et le test de Kwiatkowski, Phillips, Schmidt et Shin (KPSS test).

Le test ADF utilise le modèle
$$\Delta y_t = \alpha y_{t-1} + x_t' \delta + \sum_{i=1}^p \beta_i \Delta y_{t-i} + v_t$$
 où $\alpha = \rho - 1$. On teste alors l'hypothèse nulle de non stationnarité $H_0: \alpha = 0$ contre $H_1: \alpha < 0$. Il s'agit d'un test particulier sur le coefficient d'un modèle. Le test PP teste la même hypothèse nulle que le test ADF mais propose une amélioration statistique et non paramétrique de la statistique utilisée pour le test. Par contre, le « KPSS test » teste une hypothèse nulle de stationnarité de la série et propose une statistique convenable à cet effet.

¹ Ces trois types de test de stationnarité sont disponibles dans des logiciels standards de statistique et d'économétrie tels que EViews, STATA, etc.

Annexe 6 : Les données utilisées pour l'étude.

Temps	Etab	Exp	Imp	PIB	IPC	PIBreel	NFA	REER	TXIR	INV	IDE	MM	TXI	DEP	CA	TX
1980_1	1308	4,34	5,96	42,85	1,00	42,85	-13,33	204,00	13,74	7,79	0,00	27,61	13,74	6,06	-1,62	1,14
1980_2	1530	6,25	6,98	63,79	1,02	62,68	-17,28	201,25	13,51	8,72	0,00	29,62	13,75	5,99	-0,73	1,12
1980_3	1558	2,88	5,93	47,08	1,08	43,58	-18,70	207,74	12,70	7,40	0,00	32,49	13,72	5,86	-3,05	1,07
1980_4	1194	3,49	6,49	17,08	1,18	14,50	-22,00	215,45	11,66	7,61	0,00	33,31	13,73	5,66	-3,00	1,04
1981_1	1713	3,99	5,51	39,88	1,26	31,53	-24,11	220,24	11,60	6,14	0,00	35,30	14,67	5,39	-1,51	1,07
1981_2	2091	4,34	10,04	71,64	1,40	51,26	-25,41	230,91	10,86	10,31	0,00	33,68	15,18	5,71	-5,71	1,04
1981_3	2289	5,18	8,15	76,69	1,42	54,15	-28,02	227,47	10,70	7,96	0,00	36,09	15,16	6,61	-2,97	1,14
1981_4	1471	3,64	5,90	7,15	1,50	4,76	-29,34	232,98	10,08	5,26	0,00	39,47	15,15	8,11	-2,26	1,09
1982_1	1801	4,95	5,59	33,17	1,63	20,33	-31,69	243,54	9,28	4,57	0,00	42,51	15,13	10,20	-0,64	1,06
1982_2	2867	6,06	4,70	105,77	1,76	60,08	-31,36	231,55	9,09	3,52	0,00	44,06	16,00	11,73	1,36	1,08
1982_3	2166	4,89	6,48	57,14	1,93	29,58	-33,35	241,67	9,18	5,43	0,00	44,90	17,73	12,70	-1,59	1,07
1982_4	1819	5,64	12,95	50,56	2,02	25,06	-39,46	249,86	8,80	12,36	0,00	45,11	17,74	13,12	-7,31	1,13
1983_1	2221	5,61	7,58	56,87	2,13	26,73	-47,78	246,33	8,33	7,45	0,00	42,37	17,73	12,98	-1,97	1,12
1983_2	3077	6,72	8,06	119,63	2,19	54,55	-56,73	250,30	8,09	8,09	0,00	39,87	17,74	13,07	-1,34	1,14
1983_3	2694	6,06	7,69	94,99	2,21	43,06	-74,71	237,26	8,08	7,45	0,00	39,98	17,82	13,38	-1,63	1,17
1983_4	1470	7,16	10,02	30,81	2,25	13,70	-83,73	224,08	8,00	9,15	0,00	41,08	18,01	13,93	-2,85	1,16
1984_1	1797	8,49	8,79	68,07	2,36	28,90	-91,95	222,58	7,65	6,82	0,00	40,47	18,01	14,71	-0,30	1,13
1984_2	2006	8,44	7,79	88,20	2,34	37,64	-105,64	196,40	7,68	4,78	0,00	41,23	18,01	15,32	0,66	1,19
1984_3	1877	7,48	11,04	89,37	2,42	36,97	-113,57	196,90	7,45	7,17	0,00	45,76	18,01	15,78	-3,56	1,14
1984_4	1516	14,04	15,09	93,35	2,53	36,96	-117,84	204,48	7,13	10,45	0,00	49,89	18,02	16,07	-1,05	1,13
1985_1	1684	9,12	10,76	69,86	2,61	26,80	-130,11	200,57	6,91	5,26	0,00	48,88	18,01	16,20	-1,64	1,14
1985_2	2384	7,75	14,78	119,85	2,59	46,19	-133,84	189,67	6,62	9,14	0,00	48,54	17,17	16,25	-7,03	1,18
1985_3	2355	10,71	14,00	120,98	2,66	45,49	-136,45	188,92	6,46	8,70	0,00	53,36	17,17	16,21	-3,29	1,14
1985_4	1693	8,74	13,64	67,96	2,80	24,28	-136,66	190,01	6,13	9,25	0,00	57,07	17,17	16,10	-4,90	1,11
1986_1	2183	12,48	9,65	102,17	3,03	33,76	-141,79	192,76	5,66	6,65	0,00	59,78	17,14	15,91	2,83	1,08
1986_2	2780	8,57	13,25	140,35	2,93	47,88	-144,41	180,74	5,85	11,31	0,00	63,74	17,15	16,53	-4,68	1,21
1986_3	2558	7,79	12,55	115,95	3,08	37,60	-168,42	163,38	5,56	11,10	0,00	72,54	17,13	17,97	-4,76	1,11
1986_4	1945	13,70	12,24	82,29	3,16	26,01	-180,09	151,12	5,42	10,78	0,00	74,92	17,14	20,21	1,47	1,14
1987_1	2678	20,77	13,08	144,35	3,23	44,72	-191,35	139,87	5,31	11,16	0,00	73,26	17,14	23,27	7,70	1,15
1987_2	3053	14,26	17,95	160,45	3,25	49,37	-248,52	114,40	5,27	15,76	0,00	76,17	17,14	25,54	-3,69	1,16
1987_3	2748	12,96	17,01	134,74	3,48	38,70	-346,78	84,78	4,92	14,55	0,00	82,96	17,13	27,01	-4,05	1,09
1987_4	1852	22,80	16,58	109,10	4,13	26,40	-344,83	98,71	4,14	13,97	0,00	86,74	17,13	27,68	6,22	0,99
1988_1	2024	22,97	18,23	140,84	4,36	32,30	-348,73	104,11	3,93	15,63	0,00	85,64	17,12	27,56	4,74	1,11
1988_2	2541	19,88	23,41	194,73	4,42	44,07	-358,00	100,78	3,88	20,77	0,00	90,90	17,13	28,37	-3,53	1,16
1988_3	2006	15,55	26,82	165,67	4,44	37,30	-396,08	94,09	3,85	24,02	0,00	96,96	17,12	30,11	-11,27	1,17
1988_4	1752	18,62	33,95	186,12	4,58	40,61	-397,72	93,58	3,74	30,95	0,00	104,10	17,13	32,79	-15,32	1,14
1989_1	1626	24,80	21,21	164,12	4,70	34,94	-393,53	94,33	3,64	17,53	0,59	105,98	17,10	31,10	3,59	1,14
1989_2	1939	26,29	27,23	206,61	4,69	44,03	-398,35	93,31	3,65	23,71	0,90	113,40	17,11	41,82	-0,94	1,17
1989_3	1984	23,82	31,20	206,50	4,90	42,16	-401,74	96,36	3,49	28,28	1,18	123,86	17,11	36,02	-7,38	1,12
1989_4	1942	27,33	39,49	223,83	5,12	43,71	-402,10	98,64	3,28	37,74	1,44	134,11	16,79	49,30	-12,16	1,12
1990_1	2067	33,41	31,19	204,93	5,32	38,49	-407,20	99,96	3,26	30,76	1,66	140,02	17,35	26,52	2,22	1,13
1990_2	2474	22,08	44,49	232,16	5,33	43,52	-423,40	98,64	3,26	43,64	1,75	141,76	17,39	29,24	-22,41	1,17
1990_3	2224	20,90	46,83	226,62	5,43	41,76	-441,45	97,62	3,21	43,17	1,72	148,04	17,40	36,44	-25,93	1,15
1990_4	1908	30,37	47,37	257,06	5,61	45,81	-451,30	96,97	3,15	38,71	1,56	150,28	17,68	66,34	-17,00	1,14
1991_1	1838	27,08	49,81	287,16	5,73	50,11	-487,69	87,52	3,17	34,03	1,27	146,51	18,18	38,08	-22,73	1,16
1991_2	2056	30,83	41,84	316,19	5,75	54,97	-488,54	85,24	3,15	21,74	1,15	160,83	18,13	34,84	-11,01	1,18
1991_3	449	24,44	28,16	163,14	5,88	27,77	-486,11	84,26	3,10	6,65	1,19	182,20	18,19	18,96	-3,72	1,16
1991_4	549	29,46	37,32	216,22	6,19	34,93	-515,93	83,70	2,92	17,87	1,40	189,30	18,08	61,90	-7,86	1,12
1992_1	2001	25,65	37,20	297,97	6,62	45,03	-565,17	88,83	2,71	22,64	1,77	191,94	17,93	73,26	-11,55	1,10
1992_2	2268	23,76	39,45	305,41	6,46	47,25	-562,14	85,49	2,77	28,63	2,00	194,79	17,93	85,18	-15,69	1,21
1992_3	1826	26,08	40,59	267,65	6,80	39,38	-559,24	88,07	2,64	32,31	2,08	205,08	17,93	44,06	-14,51	1,12
1992_4	1414	27,87	49,57	247,59	7,10	34,86	-385,08	95,26	2,52	42,80	2,03	225,63	17,93	90,56	-21,70	1,13

Temps	Etab	Exp	Imp	PIB	IPC	PIBreel	NFA	REER	TXIR	INV	IDE	MM	TXI	DEP	CA	TX
1993_1	3108	21,94	44,69	302,76	7,35	41,19	-32,51	99,42	2,45	37,97	1,83	233,38	18,00	35,78	-22,75	1,14
1993_2	4549	21,06	44,72	373,79	7,22	51,81	-23,74	96,64	2,49	37,55	1,61	248,15	18,00	64,70	-23,66	1,20
1993_3	4189	22,58	42,11	325,02	7,31	44,45	-18,96	98,73	2,45	33,88	1,36	269,18	17,93	67,52	-19,53	1,16
1993_4	3155	34,21	48,01	288,62	7,80	36,99	-8,12	105,20	2,30	38,29	1,08	288,72	17,93	66,38	-13,80	1,11
1994_1	3367	22,46	40,33	233,49	9,10	25,64	-7,13	122,04	1,96	28,28	0,78	307,21	17,81	41,96	-17,87	1,01
1994_2	3783	45,17	53,64	362,98	9,16	39,65	-22,59	85,87	2,13	37,30	0,70	315,47	19,46	64,12	-8,47	1,19
1994_3	3918	86,57	79,56	573,34	10,50	54,61	-15,32	67,63	1,95	56,81	0,84	393,28	20,43	74,16	7,01	1,05
1994_4	3356	95,14	108,19	656,43	12,49	52,56	5,12	81,04	1,74	76,72	1,19	441,67	21,77	100,46	-13,05	1,02
1995_1	3378	63,74	103,18	572,71	13,53	42,33	-9,95	104,67	1,68	59,95	1,77	458,78	22,79	71,82	-39,44	1,13
1995_2	2793	68,66	121,87	635,00	14,58	43,55	-8,59	105,09	1,89	74,35	2,12	475,43	27,58	89,98	-53,21	1,18
1995_3	3014	76,94	126,19	732,31	16,11	45,47	2,09	101,43	1,78	81,11	2,25	507,80	28,67	80,02	-49,25	1,16
1995_4	2313	92,39	115,54	755,71	17,25	43,80	47,30	101,21	1,69	79,59	2,15	528,96	29,17	109,08	-23,15	1,21
1996_1	4087	69,66	86,07	793,85	18,14	43,77	63,34	95,85	1,55	65,89	1,82	507,56	28,13	63,10	-16,41	1,22
1996_2	3320	52,30	121,31	845,29	18,48	45,73	76,88	91,31	1,59	112,93	1,78	509,26	29,33	117,28	-69,01	1,27
1996_3	2650	45,68	108,05	775,22	18,23	42,53	104,64	89,52	1,43	105,31	2,04	542,86	26,03	127,12	-62,38	1,28
1996_4	2471	75,50	95,79	830,53	18,78	44,23	154,79	93,19	1,14	93,47	2,59	585,71	21,37	154,08	-20,29	1,18
1997_1	4108	44,65	109,12	889,81	19,28	46,15	186,88	96,69	0,99	102,51	3,43	616,15	19,03	111,58	-64,47	1,16
1997_2	3671	49,45	117,02	890,03	18,93	47,02	226,43	91,23	0,96	106,25	3,82	634,36	18,08	140,56	-67,57	1,20
1997_3	3225	66,63	125,30	921,47	18,96	48,60	270,44	87,46	0,87	110,63	3,77	673,66	16,50	152,12	-58,68	1,16
1997_4	3210	67,09	126,98	908,72	19,75	46,00	267,61	92,38	0,85	108,51	3,27	719,45	16,73	177,88	-59,89	1,12
1998_1	3233	43,44	141,27	859,45	20,25	42,44	288,73	93,31	0,66	119,49	2,33	713,26	13,45	142,50	-97,83	1,11
1998_2	3159	51,61	126,32	856,32	20,28	42,23	278,33	91,87	0,65	109,29	2,83	719,12	13,20	155,10	-74,70	1,13
1998_3	4005	68,34	144,16	1082,31	20,26	53,42	250,35	90,97	0,67	141,16	4,78	735,33	13,63	171,12	-75,82	1,14
1998_4	3650	100,40	146,32	1270,26	20,92	60,73	196,88	93,71	0,67	165,67	8,16	769,31	14,08	233,56	-45,91	1,10
1999_1	3524	55,89	100,26	1154,19	21,54	53,59	199,65	89,93	0,66	149,65	12,99	771,59	14,25	166,86	-44,37	1,11
1999_2	3422	53,88	63,67	1071,74	21,96	48,80	220,19	84,54	0,69	124,79	17,06	785,83	15,25	184,28	-9,79	1,13
1999_3	3301	89,53	154,82	1351,58	22,58	59,86	226,74	84,40	0,72	211,67	20,38	818,82	16,33	211,24	-65,28	1,13
1999_4	3012	77,80	156,35	1099,28	23,74	46,31	277,51	91,37	0,78	188,69	22,94	905,20	18,43	249,94	-78,54	1,13
2000_1	3446	192,15	222,67	1334,61	24,65	54,14	324,50	92,69	0,76	213,28	24,74	915,39	18,62	160,08	-30,52	1,14
2000_2	3284	251,53	254,76	1389,44	24,78	56,08	323,35	93,49	0,75	218,27	26,79	929,06	18,68	225,30	-3,23	1,18
2000_3	3292	174,54	251,73	1075,61	24,94	43,13	358,88	100,47	0,75	202,78	29,10	975,67	18,63	225,62	-77,20	1,18
2000_4	5123	235,55	261,52	1448,76	26,10	55,51	370,01	108,35	0,68	215,67	31,65	1056,69	17,79	317,00	-25,97	1,13
2001_1	2941	227,59	307,47	1572,55	27,22	57,77	396,02	109,35	0,59	280,75	34,45	1106,19	16,12	215,80	-79,88	1,11
2001_2	2940	182,19	274,37	1522,07	26,57	57,29	442,07	107,01	0,60	266,83	34,05	1169,69	15,95	267,94	-92,18	1,19
2001_3	3335	101,53	211,65	1326,10	26,67	49,71	437,45	110,68	0,56	224,30	30,46	1189,20	14,85	272,00	-110,12	1,14
2001_4	2567	74,49	259,52	1547,91	27,43	56,44	460,95	114,23	0,51	296,11	23,67	1300,28	14,08	291,44	-185,02	1,11
2002_1	948	61,74	154,98	1324,74	29,19	45,38	517,40	113,72	0,47	214,13	13,67	1338,90	13,83	113,04	-93,24	1,07
2002_2	1544	63,86	72,08	1270,50	33,32	38,13	496,83	129,82	0,41	143,48	5,71	1381,55	13,83	154,32	-8,22	1,00
2002_3	5024	43,67	112,42	1619,38	31,71	51,06	452,89	114,88	0,44	187,77	0,27	1348,71	13,91	202,48	-68,76	1,20
2002_4	3696	70,50	189,13	1793,75	31,45	57,03	461,00	115,10	0,44	258,41	0,36	1429,56	13,78	454,48	-118,63	1,15
2003_1	3372	189,05	252,34	2176,16	31,61	68,85	476,39	112,41	0,42	304,56	0,47	1457,88	13,16	251,44	-63,29	1,13
2003_2	3048	131,23	244,56	1786,28	30,86	57,88	476,71	108,51	0,44	272,69	0,52	1447,42	13,66	336,74	-113,33	1,16
2003_3	3433	62,52	245,55	1389,88	30,28	45,90	510,77	107,63	0,44	244,13	4,01	1467,13	13,48	282,64	-183,03	1,16
2003_4	2816	116,78	311,75	1426,32	30,79	46,32	505,35	104,50	0,43	276,43	10,94	1607,98	13,33	468,64	-194,97	1,11
2004_1	3672	142,77	431,34	1588,17	31,75	50,02	635,93	90,74	0,41	357,53	18,81	1658,11	13,08	404,48	-288,57	1,10
2004_2	4096	315,25	680,27	2672,69	33,83	79,00	806,89	67,82	0,42	591,37	24,32	1774,68	14,23	444,20	-365,02	1,07
2004_3	3377	166,79	621,72	1986,93	36,32	54,71	902,17	69,41	0,44	532,55	27,48	1843,46	15,93	498,90	-454,93	1,08
2004_4	3059	183,32	546,44	1907,81	38,74	49,25	912,69	73,91	0,47	477,54	28,27	1924,49	18,22	770,86	-363,12	1,11
2005_1	2660	150,98	478,18	1846,41	40,87	45,18	913,84	80,76	0,44	450,54	26,71	1975,08	17,96	479,35	-327,20	1,12
2005_2	2739	117,81	594,89	2283,02	40,11	56,92	860,75	77,49	0,46	611,00	32,52	1947,19	18,38	516,76	-477,08	1,21
2005_3	2530	147,91	802,31	3077,00	41,95	73,34	917,00	80,74	0,44	862,80	45,69	1941,66	18,58	489,76	-654,40	1,13
2005_4	3722	243,15	600,95	2888,77	43,70	66,10	950,08	81,33	0,45	696,66	66,23	2007,74	19,49	635,75	-357,80	1,15
2006_1	4466	198,01	563,83	2666,50	44,71	59,64	1212,48	81,15	0,44	696,85	94,13	2073,53	19,50	516,79	-365,82	1,17
2006_2	8176	268,16	587,37	3169,88	45,03	70,40	1411,22	77,60	0,43	749,37	115,06	2207,98	19,56	635,98	-319,21	1,19
2006_3	4298	210,64	592,29	2734,38	46,43	58,89	1553,68	79,96	0,43	773,41	129,02	2283,47	19,86	553,13	-381,65	1,16
2006_4	3415	257,11	732,01	3210,25	48,42	66,30	1591,72	85,28	0,41	925,37	135,99	2461,43	19,62	859,60	-474,90	1,15