



CEPII

**CENTRE
D'ÉTUDES PROSPECTIVES
ET D'INFORMATIONS
INTERNATIONALES**

N° 2009 – 27
Novembre

DOCUMENT DE TRAVAIL

Commerce et flux financiers internationaux : MIRAGE-D

André Lemelin

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier Yvan, David, Houssein et tous les membres de l'équipe de MIRAGE qui m'ont accueilli si chaleureusement et ont manifesté à mon égard une grande générosité scientifique. Je suis évidemment immensément redevable au CEPII et à Lionel Fontagné qui en était le Directeur au moment où j'y ai séjourné : sans les conditions extrêmement avantageuses qui m'ont été offertes, il m'aurait été impossible de mener à bien ce projet.

TABLE DES MATIÈRES

Remerciements	2
Non-technical summary	5
Abstract	6
Résumé non technique	7
Résumé court.....	8
1. Introduction.....	9
2. Le modèle MIRAGE-D	10
2.1. Les concepts de la comptabilité économique dans MIRAGE et MIRAGE-D	10
2.1.1. Concepts de la comptabilité de la balance des paiements	10
2.1.2. Relation entre la comptabilité de la balance des paiements et la comptabilité nationale	12
2.1.3. La balance des paiements dans MIRAGE	14
2.1.4. La balance des paiements dans MIRAGE-D	16
2.2. Survol de la structure de MIRAGE et de MIRAGE-D.....	19
2.3. Modèle d'allocation de portefeuille.....	20
2.3.1. Niveau 1 : Allocation de la richesse de l'agent entre actifs financiers et physiques	20
2.3.2. Niveau 2 : Structure financière : actif, passif et marge de crédit.....	26
2.3.3. Niveau 3 : Allocation des actifs financiers	29
2.3.4. Niveau 2 : Allocation des actifs physiques (titres de propriété du capital)	31
2.4. Demande d'investissements et mécanisme équilibre.....	35
2.4.1. Théorie de l'investissement du « Q » de Tobin.....	35
2.4.2. Modèle de Jung et Thorbecke (2001)	37
2.4.3. Modèle de demande d'investissements dans MIRAGE-D	38
2.4.4. Équilibrage de la demande d'actifs physiques et de la demande d'investissement par industrie et pays de destination.....	42
2.4.5. Synthèse : équations du bloc des investissements dans MIRAGE-D.....	53

3.	Simulations avec MIRAGE-D	56
3.1.	Application de MIRAGE-D	56
3.2.	Résultats de MIRAGE-D	57
3.3.	MIRAGE-D et MIRAGE	61
3.3.1.	Une version de MIRAGE adaptée aux comparaisons	61
3.3.2.	Comparaison	63
3.4.	L'importance de la demande d'investissements	66
3.5.	Sensibilité à la valeur des élasticités de substitution dans la gestion de portefeuille ...	68
4.	Conclusion	70
	Références	73
	Annexe 1 : Contrainte comptable de richesse	76
	Annexe 2 : Sources de données complémentaires	84
A2.1.	Données sur la position extérieure nette (<i>International Investment Position</i>).....	84
A2.2	Données de la balance des paiements.....	85
	Annexe 3 : Programme d'ajustement des données financières internationales	88
	Annexe 4 : Programme d'ajustement des données de la balance des paiements	93
	Liste des documents de travail du CEPII	99

TRADE AND CAPITAL FLOWS: MIRAGE-D**NON-TECHNICAL SUMMARY**

In the MIRAGE trade policy simulation model, country current account balances are kept constant relative to world GDP, at their base year values, for the whole simulation period. Such a specification imposes no limit to country international investment positions, which do not appear explicitly in the model anyway. That rather unrealistic hypothesis could have an influence on trade flows, and consequently on trade policy simulation results. The work presented here seeks to stimulate discussion on how the model could be modified in that respect, by proposing an explicit modelling of the financial domain and country international investment positions.

As a first step, economic accounting concepts corresponding to the MIRAGE variables were carefully examined using the Fifth edition of the International Monetary Fund's *Balance of Payments Manual*. On that basis, new variables were defined to represent the principal components of the International Investment Position (IIP). Each country or group of countries in the model is represented by a single economic agent. This agent distributes its wealth among assets following a portfolio allocation model (Decaluwé et Souissi, 1994; Souissi, 1994; Souissi et Decaluwé, 1997). Wealth is allocated in three stages. It is first distributed between physical assets (productive capital), and financial assets (net foreign loans). At the second stage, on one hand, physical assets are allocated to industries and countries, and, on the other hand, the respective levels of financial assets and liabilities are determined. Finally, financial assets are distributed among borrowing countries or groups of countries.

This work has also been an opportunity to explore a mechanism for allocating investment among industries and countries along the lines of Tobin's « q » theory of investment, which is different from the gravity model of the basic version of MIRAGE. Demand is confronted to the supply of investment financing, which is nothing else than the demand for physical assets (capital ownership titles) from the portfolio allocation model described above. The allocation of investment among industries and countries is determined by the supply-demand equilibrium.

These ideas were incorporated into a modified version of MIRAGE called MIRAGE-D (D for « Debt »). Simulations were run for a 5-industry, 14-country aggregation. In addition to the usual MIRAGE output, results include indicators of country IIPs. On the financial side, the deepening debtor position of the United States and the rise of China as dominant creditor stand out clearly. A comparison of results obtained with MIRAGE and MIRAGE-D shows moderate but significant differences. In MIRAGE-D, countries whose net IIP is negative or falling receive less investment, and the growth of their GDP is slowed.

The latter has also been compared to an intermediate model, which integrates the portfolio management model of MIRAGE-D, while keeping MIRAGE's gravity model of investment allocation. In the intermediate model, investments in China are less than in MIRAGE-D (but more than in MIRAGE), while they are equal or greater in other countries or groups of countries. In addition investments in agriculture are higher in the intermediate model, and clearly lower in MIRAGE-D, than in MIRAGE.

Finally, a comparison was made of MIRAGE-D results obtained under different sets of elasticity values in the portfolio allocation model. These elasticities characterize the degree of flexibility in the distribution of wealth among assets. The outcome of that exercise is that the choice of elasticity values is far from benign, with strong elasticities leading to more chaotic results. While financial variables and IIPs are strongly dependent on portfolio elasticities, other results, however, are not too sensitive (except in the particular case of China, examined more closely in the paper).

The document concludes with a reflection on possible improvements that could be brought to MIRAGE-D.

ABSTRACT

MIRAGE-D is a version of MIRAGE which has been modified to take into account the implications of international trade on countries' international investment positions (IIPs). Each country or group of countries is represented in the model by a single economic agent, who distributes its wealth among assets following a three-stage portfolio allocation model. MIRAGE-D also proposes a mechanism for distributing investments among industries and countries along the lines of Tobin's « q » theory, which is different from MIRAGE's gravity rationale. The comparison between MIRAGE and MIRAGE-D shows that differences in the results are moderate, but nonetheless significant.

JEL Classification: C68, D58, F17, F37, G11, G15

Key Words: CGE models, International Investment Position (IIP), Financial assets, International trade

COMMERCE ET FLUX FINANCIERS INTERNATIONAUX : MIRAGE-D**RÉSUMÉ NON TECHNIQUE**

Dans le modèle MIRAGE de simulation des politiques commerciales, les soldes courants des différents pays ou groupes de pays sont maintenus constants en proportion du PIB mondial, égaux sur toute la période de simulation à leur valeur à l'année de base. Cette modélisation n'impose ainsi aucune limite aux positions extérieures nettes des pays, que le modèle n'explique pas. Cette hypothèse peu réaliste est de nature à affecter l'évolution des flux commerciaux et donc les résultats des simulations des politiques commerciales. Le travail présenté ici a pour but d'alimenter la réflexion sur la façon dont le modèle pourrait être amendé sur ce point en proposant une modélisation explicite de la sphère financière et de la position extérieure nette des pays.

Dans une première étape, un examen méticuleux a été fait des concepts de comptabilité économique correspondant aux variables de MIRAGE à la lumière de la cinquième édition du *Manuel de la balance des paiements (MBP5)* du Fonds Monétaire International. Sur cette base, de nouvelles variables ont été définies pour représenter les principaux postes de la position extérieure nette. Chaque pays ou groupe de pays est représenté dans le modèle par un acteur économique unique. Cet agent national répartit son avoir entre différents actifs suivant un modèle de gestion de portefeuille (Decaluwé et Souissi, 1994 ; Souissi, 1994 ; Souissi et Decaluwé, 1997). Le mécanisme d'allocation de la richesse comporte trois niveaux. Au premier niveau, la richesse est répartie entre actifs physiques (capital productif) et financiers (placements nets à l'étranger). Au second niveau, d'une part, les actifs physiques sont alloués entre secteurs et pays et, d'autre part, les niveaux de l'actif et du passif financiers sont déterminés. Au troisième niveau, les actifs financiers sont distribués entre pays ou groupes de pays emprunteurs.

Ce travail a été l'occasion d'explorer un mécanisme de distribution des investissements par secteur et par pays de destination qui s'inspire de la théorie du « q » de Tobin et qui diffère du modèle gravitaire de la version de base de MIRAGE. La demande d'investissements est confrontée à l'offre de financement des investissements, qui n'est autre que la demande d'actifs physiques (ou de titres de propriété du capital) du modèle de gestion de portefeuille décrit plus haut. C'est l'équilibre offre-demande qui détermine l'allocation des investissements entre secteurs et pays de destination.

Ces idées ont été incorporées au modèle MIRAGE, dans une version modifiée appelée MIRAGE-D (D pour « Dette »). Les simulations ont été réalisées pour une agrégation en 5 secteurs et 14 pays ou groupes de pays. Aux résultats habituels produits par MIRAGE s'ajoutent des indicateurs relatifs à la position extérieure nette des pays. Au plan financier, le creusement de la position débitrice des États-Unis et l'émergence de la Chine comme créancier dominant ressortent clairement. La comparaison des résultats obtenus avec

MIRAGE et avec MIRAGE-D met en lumière des divergences modérées mais significatives. Dans MIRAGE-D, les pays dont la position extérieure nette est négative ou décroissante reçoivent moins d'investissements et la croissance de leur PIB en est freinée.

Un modèle intermédiaire a également été construit pour intégrer le mécanisme de gestion de portefeuille de MIRAGE-D tout en conservant le modèle gravitaire d'allocation des investissements de MIRAGE. Dans ce modèle intermédiaire, les investissements sont moins élevés en Chine que dans MIRAGE-D (mais plus que dans MIRAGE), tandis qu'ils sont égaux ou supérieurs dans les autres pays ou groupes de pays. En outre, les investissements dans le secteur agricole sont supérieurs dans le modèle intermédiaire à ce qu'ils sont dans MIRAGE, tandis qu'ils sont nettement inférieurs dans MIRAGE-D.

Enfin, on a comparé les résultats obtenus de MIRAGE-D avec différents jeux de valeurs d'élasticités dans les équations d'allocation de portefeuille. Ces élasticités caractérisent le degré de flexibilité dans la répartition de l'avoir entre les actifs. Il ressort de cet exercice que le choix des valeurs d'élasticités n'est pas anodin, de fortes élasticités conduisant à des résultats plus chaotiques. Si les variables financières et les positions extérieures nettes dépendent beaucoup des élasticités de portefeuille, en revanche les autres résultats y sont peu sensibles (sauf pour le cas particulier de la Chine, examiné de plus près dans le texte).

Le document se conclut sur une réflexion quant aux améliorations qui pourraient être apportées à MIRAGE-D.

RÉSUMÉ COURT

MIRAGE-D est une version de MIRAGE modifiée pour prendre en compte les implications du commerce international sur la position extérieure nette des pays. Chaque pays ou groupe de pays est représenté dans le modèle par un acteur économique unique, qui répartit son avoir entre différents actifs suivant un modèle de gestion de portefeuille à trois niveaux. Par ailleurs, MIRAGE-D propose un mécanisme de distribution des investissements par secteur et par pays de destination inspiré de la théorie du « q » de Tobin et différent du modèle gravitaire de la version de base de MIRAGE. La comparaison entre MIRAGE et MIRAGE-D montre que les différences dans les résultats sont modérées, mais tout de même significatives.

Classification JEL : C68, D58, F17, F37, G11, G15

Mots-clefs : Modèles d'équilibre général concurrentiel, Position extérieure nette, Actifs financiers, Commerce international

COMMERCE ET FLUX FINANCIERS INTERNATIONAUX : MIRAGE-D

André Lemelin*

1. INTRODUCTION

D'année en année, le déficit du compte courant des États-Unis se creuse, tandis que le surplus d'autres pays, notamment en Asie, se gonfle. Ces surplus et déficits se reflètent, symétriquement inversés, dans des flux de capitaux. Il en résulte un endettement croissant et un approfondissement de la propriété étrangère dans l'économie américaine. C'est ainsi qu'en 2006, la Chine est devenue le principal acheteur de bons du trésor des États-Unis d'Amérique. La dette des États-Unis envers le reste du monde atteignait en 2007 les 3000 milliards de dollars, ce qui représentait 25 % de son PIB.

Ce n'est là que le plus spectaculaire des déséquilibres dans les échanges internationaux. À cause de ces déséquilibres, il devient de plus en plus difficile d'analyser les conséquences de l'évolution du commerce international sans prendre la mesure de l'accumulation des flux de capitaux et des transferts internationaux de revenus qui en découlent.

Dans sa version de base, le modèle MIRAGE est déjà conçu pour tenir compte des flux d'investissements directs à l'étranger (IDE). Dans la version MIRAGE-D présentée ici, les autres formes d'investissements à l'étranger, qui comprennent les prêts et les investissements de portefeuille, sont aussi pris en considération. Il ne s'agit pas pour autant d'un modèle financier. Les flux de capitaux y sont simplifiés de manière radicale : il n'y a pas de monnaie, ni d'intermédiation financière. L'objectif poursuivi en effet n'est pas de détailler le fonctionnement des marchés financiers, mais, plus modestement, de suivre l'évolution de la position extérieure nette (*International Investment Position*) qui résulte de déficits persistants du compte courant, d'ajuster, de période en période, les flux de transferts de revenus pour qu'ils restent cohérents avec les flux de capitaux cumulés et enfin d'opposer une résistance à une croissance indéfinie de la dette.

Dans MIRAGE-D, le mécanisme de freinage de l'endettement s'appuie sur un modèle d'allocation optimale de portefeuille qui représente un comportement rationnel de la part du gestionnaire. Ce mécanisme agit, d'une part, sur l'endettement *relatif* des pays ou des régions et, d'autre part, sur l'endettement total de l'ensemble des pays déficitaires. Un pays dont la dette croît plus rapidement que celle des autres pays déficitaires augmente sa dette *relative*. C'est la concurrence des autres pays en quête de capitaux qui oppose une résistance à l'augmentation de la dette relative. Quant à l'endettement total des pays déficitaires, il est limité si les régions en surplus peuvent disposer de ce surplus autrement qu'en le prêtant aux

* Université du Québec, INRS-UCS, Montréal. Le développement de MIRAGE-D est le fruit des recherches menées par l'auteur durant un séjour au CEPII en 2006.

régions en déficit : la demande globale de prêts ou d'investissements de portefeuille entre ainsi en concurrence avec la demande d'investissements en capital physique, dans les économies mêmes des pays en surplus ou à l'étranger (IDE).

Le processus d'endettement étant ainsi régulé par un jeu d'équilibrage de l'offre et de la demande, le solde des échanges internationaux peut devenir endogène dans le modèle.

Enfin, MIRAGE-D offre la possibilité d'appliquer un mécanisme de distribution des investissements par secteur et par pays de destination qui s'inspire de la théorie du « q » de Tobin et qui diffère du modèle gravitaire de la version de base de MIRAGE. Ce mécanisme est toutefois assez complexe et une comparaison des résultats obtenus avec l'une ou l'autre spécification permettra de déterminer si le jeu en vaut la chandelle.

2. LE MODÈLE MIRAGE-D

2.1. Les concepts de la comptabilité économique dans MIRAGE et MIRAGE-D

2.1.1. Concepts de la comptabilité de la balance des paiements

La cinquième édition du *Manuel de la balance des paiements (MBP5)* du Fonds Monétaire International (1993) définit le solde du compte courant de la balance des paiements comme

$$CAB = (X - M) + NY + NCT \quad [001]$$

où

$X - M$ représente le solde des échanges extérieurs de biens et de services (exportations, moins importations) ;

NY représente les revenus nets reçus de l'étranger (on peut interpréter NY comme le solde des échanges extérieurs de facteurs, au même titre que $X - M$ est le solde des échanges extérieurs de biens et services) ;

NCT représente les transferts courants nets reçus de l'étranger.

Détaillons

$$NY = NYL + NYKD + NYKP \quad [002]$$

où

NYL représente les revenus de travail nets reçus de l'étranger ;

$NYKD$ représente les revenus nets des investissements directs à l'étranger ;

NYKP représente les revenus nets des investissements de portefeuille et autres à l'étranger.

et on a

$$CAB = (X - M) + NYL + NYKD + NYKP + NCT \quad [003]$$

Le solde du compte courant *CAB* est l'un des deux termes de l'identité de la balance des paiements, donnée par

$$CAB = NKA + RT \quad [004]$$

où

NKA représente le solde net du compte capital et financier de la balance des paiements, à l'exclusion des variations des actifs détenus comme réserve ;

RT représente les transactions sur les actifs détenus comme réserve (une valeur positive représente une augmentation des réserves).

On peut détailler le solde net du compte capital et financier de la balance des paiements de la façon suivante :

$$NKA = NKT + NPNNA + NFI \quad [005]$$

où

NKT représente les transferts nets de capitaux vers l'étranger (une valeur positive représente donc une *sortie* de capital) ;

NPNNA représente les acquisitions nettes d'actifs non financiers non produits¹ ;

NKT + NPNNA représente le solde du compte capital (première partie du compte capital et financier de la balance des paiements) ;

NFI représente le solde du compte financier (deuxième partie du compte capital et financier de la balance des paiements), à l'exclusion des transactions sur réserves ; *NFI* est donc l'investissement net à l'étranger ou les prêts nets à l'étranger.

Il en découle

$$CAB = NKT + NPNNA + NFI + RT \quad [006]$$

¹

Ce concept est défini aux alinéas 175 et 312 du *MBP5*.

Enfin, on détaille la composition du compte financier :

$$NFI = NFDI + NPI + NOI \quad [007]$$

où

NFDI représente les investissements directs à l'étranger nets ;

NPI représente les investissements de portefeuille nets à l'étranger ;

NOI représente les autres investissements nets à l'étranger, une catégorie résiduelle.

On regroupe [003], [006] et [007] et on réécrit l'identité de la balance des paiements sous la forme

$$CAB = (X - M) + NYL + NYKD + NYKP + NCT = NKT + NPNNA + NFDI + NPI + NOI + RT \quad [008]$$

NOTE : Selon la convention comptable du *MBP5*, les transferts de capitaux à l'étranger *NKT*, les acquisitions d'actifs à l'étranger ou un accroissement des réserves *RT* sont des **débets**, qui portent le signe **néгатif**. Nous avons adopté ici la convention contraire, parce qu'il nous a semblé qu'il en résultait une meilleure lisibilité des développements mathématiques. Ainsi, nous écrivons la condition d'équilibre de la balance des paiements :

$$(X - M) + NYL + NYKD + NYKP + NCT - NKT - NPNNA - NFDI - NPI - NOI - RT = 0 \quad [009]$$

L'énoncé équivalent selon la convention du *MBP5* n'aurait que des signes positifs.

2.1.2. Relation entre la comptabilité de la balance des paiements et la comptabilité nationale

Ce que l'on appelle la comptabilité « nationale » est souvent en réalité une comptabilité territoriale (« intérieure »), plutôt qu'une comptabilité d'agent (« nationale »)². L'équilibre du compte territorial est résumé par l'identité familière

$$GDP = C + G + I + (X - M) \quad [010]$$

L'équation [010] représente l'équilibre entre le revenu des facteurs (*GDP*) et ses utilisations : consommation privée (*C*) ou publique (*G*), investissement (*I*) ou solde des échanges extérieurs de biens et services (*X - M*).

² Voir par exemple OCDE (2001). Ce qui suit est largement tiré de la cinquième édition du *Manuel de la balance des paiements* (*MBP5*, Fonds Monétaire International, 1993, alinéa 53 et annexe V).

Voyons maintenant quelle forme prend le compte d'agent (« national »). Du côté des ressources, les revenus de facteurs nets reçus de l'étranger (travail et capital) et les transferts courants nets reçus s'ajoutent au PIB pour former le revenu disponible brut national (*GNDY*) :

$$GNDY = GDP + NY + NCT \quad [011]$$

Étant donné [010] et [001], on a

$$GNDY = C + G + I + (X - M) + NY + NCT \quad [012]$$

$$GNDY = C + G + I + CAB \quad [013]$$

On remplace *CAB* dans [013] par le membre de droite de [008] et on trouve

$$GNDY = C + G + I + NKT + NPNA + NFDI + NPI + NOI + RT \quad [014]$$

c'est-à-dire, en combinant [014] avec [011] et [002],

$$\begin{aligned} GNDY &= GDP + NYL + NYKD + NYKP + NCT \\ &= C + G + I + NKT + NPNA + NFDI + NPI + NOI + RT \end{aligned} \quad [015]$$

L'équation [015] est la version en comptabilité d'agent de la condition d'équilibre comptable territorial entre les ressources et leurs utilisations [010].

Le *MBP5* définit aussi l'épargne en termes de comptabilité d'agent :

$$S = GNDY - C - G \quad [016]$$

En combinant les identités [013], [002] et [003], on obtient

$$S = GDP + NY + NCT - C - G \quad [017]$$

$$S = C + G + I + (X - M) + NY + NCT - C - G \quad [018]$$

$$S = I + (X - M) + NY + NCT \quad [019]$$

de sorte que

$$S = I + CAB \quad [020]$$

On peut aussi écrire, en substituant le membre de gauche de [008] dans [003],

$$S = I + NKT + NPNA + NFDI + NPI + NOI + RT \quad [021]$$

2.1.3. La balance des paiements dans MIRAGE

Plusieurs des variables de [008] sont absentes du modèle MIRAGE. Ce sont :

NYL, les revenus de travail nets reçus de l'étranger ;

NYKP, les revenus nets des investissements de portefeuille et autres à l'étranger ;

NCT, les transferts courants nets reçus de l'étranger ;

NKT, les transferts nets de capitaux vers l'étranger (une valeur positive représente donc une *sortie* de capital) ;

NPNNA, les acquisitions nettes d'actifs non financiers non produits ;

NPI, les investissements de portefeuille nets à l'étranger ;

NOI, les autres investissements nets à l'étranger, une catégorie résiduelle ;

RT, les transactions sur les actifs détenus comme réserve.

Ces variables manquantes sont sous-entendues dans le produit

PIBMVAL(t,sim)*SOLD(r,t,sim),

que nous désignons ici par le symbole *SOL*. L'équilibre budgétaire de l'agent régional³ dans MIRAGE est assuré par trois relations⁴ :

$$I + NFDI = epa \text{ } REV \quad [022]$$

$$C + G = (1 - epa) \text{ } REV \quad [023]$$

$$REV + SOL = GDP + NYKD \quad [024]$$

où *epa* est la propension moyenne à épargner. En combinant ces trois relations, on obtient l'identité de la comptabilité nationale propre à MIRAGE :

$$GDP + NYKD = C + G + I + NFDI + SOL \quad [025]$$

On soustrait [025] de [015] :

$$NYL + NYKP + NCT = NKT + NPNNA + NPI + NOI + RT - SOL \quad [026]$$

³ Rappelons que, dans MIRAGE, il y a un seul agent par pays ou région (groupe de pays). Il n'y a donc aucune distinction entre les ménages, les entreprises et l'État.

⁴ Il s'agit des équations EqFIN, EqBUDC et EqREG.

d'où

$$SOL = NKT + NPNN + NPI + NOI + RT - NYL - NYKP - NCT \quad [027]$$

Étant donné le membre de droite de [008], on peut écrire

$$SOL = CAB - NFDI - NYL - NYKP - NCT \quad [028]$$

Puis, en remplaçant *CAB* par le membre de gauche de [008],

$$SOL = (X - M) + NYKD - NFDI \quad [029]$$

La variable *SOL*, le produit **PIBMVAL(t, sim)*SOLD(r, t, sim)**, est donc conceptuellement différente, tant du solde du compte courant *CAB* que du solde des échanges extérieurs de biens et de services (*X - M*), en dépit du rapprochement que suggère l'acronyme **SOLD**.

On trouve aussi dans MIRAGE la variable **GDPVOL(r, t, sim)**. Dans la solution de référence du modèle, cette variable est exogène : elle croît pour chaque pays au taux du PIB réel selon les prévisions de la Banque Mondiale. La solution du modèle est ainsi arrimée aux prévisions de la Banque Mondiale, au moyen de la relation⁵

$$GDP = REV + SOL \quad [030]$$

où **GDPVOL(r, t, sim)** est obtenu à partir de *GDP* en divisant ce dernier par un indice de prix. Mais en regard de [024], on ne peut pas assimiler la somme *REV + SOL* au PIB, malgré ce que pourrait inspirer l'acronyme **GDPVOL**. Il serait plus exact de rapprocher cette somme d'une version tronquée du Revenu Disponible Brut National *GNDY* (les éléments manquants sont ceux du membre de gauche de [026]). Le Revenu Disponible Brut National est un concept de comptabilité d'agent, qui est d'ailleurs l'approche qui convient pour suivre l'évolution du bien-être des populations⁶.

Enfin, l'équation [022] définit implicitement l'épargne comme

$$S2 = epa REV = I + NFDI \quad [031]$$

Étant donné [021],

$$S2 = S - (NKT + NPNN + NPI + NOI + RT) \quad [032]$$

Le montant *epa REV* dans MIRAGE correspond donc, non pas à la totalité de l'épargne, mais uniquement à la partie qui est consacrée aux dépenses d'investissement (intérieur et à l'étranger).

⁵ Il s'agit de l'équation EqPIB.

⁶ L'auteur remercie Lionel Fontagné d'avoir attiré son attention sur ce point.

2.1.4. La balance des paiements dans MIRAGE-D

L'objectif poursuivi dans l'élaboration de MIRAGE-D est de prendre en compte les formes d'investissements à l'étranger autres que les investissements directs, ainsi que les revenus qu'ils engendrent. Concrètement, on introduira dans MIRAGE-D les variables suivantes :

NYKP, les revenus nets des investissements de portefeuille et autres à l'étranger ;

InetPtf, les investissements nets de portefeuille et autres à l'étranger ;

La variable *InetPtf* désigne l'acquisition nette de tout actif, autre que les investissements directs à l'étranger, susceptible d'engendrer un revenu. Elle englobe donc, en plus des investissements de portefeuille et autres investissements, l'acquisition de produits financiers dérivés⁷ et l'accroissement des actifs de réserve des autorités monétaires⁸. On a donc l'équivalence

$$InetPtf = NPI + NOI + RT \quad [033]$$

Dans MIRAGE-D, les équations [022], [023] et [024] de MIRAGE sont remplacées par

$$I + NFDI + InetPtf = epa2 REV2 \quad [034]$$

$$C + G = (1 - epa2) REV2 \quad [035]$$

$$REV2 + SOL2 = GDP + NYKD + NYKP \quad [036]$$

En combinant ces trois relations, on obtient l'identité de la comptabilité nationale propre à MIRAGE-D :

$$GDP + NYKD + NYKP = C + G + I + NFDI + InetPtf + SOL2 \quad [037]$$

On soustrait [037] de [015] :

$$NYL + NCT = NKT + NPNA - SOL2 \quad [038]$$

⁷ En effet, « In this Manual, traditional and new money market and other financial instruments and derivatives are included in portfolio investment » (*BPM5*, §176, p. 41). En outre, « Portfolio investment income comprises income transactions between residents and nonresidents and is derived from holdings of shares, bonds, notes, and money market instruments and associated with financial derivatives » (*BPM5*, §280, p. 44). D'ailleurs, dans le tableau des composantes standard de la balance des paiements, on trouve en effet la rubrique 2.2.2.2 *Money market instruments and financial derivatives* (*BPM5*, p. 44).

⁸ « Income covers two types of transactions between residents and nonresidents: [...] (ii) those involving investment income receipts and payments on external financial assets and liabilities. Included in the latter are receipts and payments on direct investment, portfolio investment, other investment, **and receipts on reserve assets** » (*BPM5*, §267, p. 70). D'ailleurs, les catégories du passif extérieur d'un pays ne distinguent plus les items qui constituent des réserves aux yeux de l'autorité monétaire d'autres pays (*liabilities constituting foreign authorities' reserves – LCFARs* ; *BPM5*, §340, p. 82 ; voir aussi §447, p. 101).

d'où

$$SOL2 = NKT + NPNA - NYL - NCT \quad [039]$$

Étant donné le membre de droite de [008], on peut écrire

$$SOL2 = CAB - NFDI - InetPtf - NYL - NCT \quad [040]$$

Puis, en remplaçant *CAB* par le membre de gauche de [008],

$$SOL2 = (X - M) + NYKD + NYKP - NFDI - InetPtf \quad [041]$$

Étant donné [029] et [041],

$$SOL - SOL2 = InetPtf - NYKP \quad [042]$$

En combinant [024], [028], [036] et [039], on trouve aussi

$$REV2 - REV = NYKP + SOL - SOL2 \quad [043]$$

D'où l'on déduit :

$$REV2 - REV = NYKP + InetPtf - NYKP \quad [044]$$

$$REV2 - REV = InetPtf \quad [045]$$

Dans MIRAGE-D, la richesse inclut le capital physique et financier : l'évolution de la richesse est donnée par le membre de gauche de [034] : $I + NFDI + InetPtf$

On définit donc dans MIRAGE-D la variable

$$S3 = I + NFDI + InetPtf = epa2 REV2 \quad [046]$$

Étant donné [021] et la définition [033],

$$S3 = S - (NKT + NPNA) \quad [047]$$

L'épargne *S3* dans MIRAGE-D correspond, non pas à la totalité de l'épargne, mais à la partie qui est consacrée aux dépenses d'investissement direct (intérieur et à l'étranger) et aux investissements de portefeuille et autres. Sont exclus les flux du compte capital.

À partir de [015], on établit

$$\begin{aligned} S3 &= I + NFDI + InetPtf \\ &= GDP + NYL + NYKD + NYKP + NCT - (C + G + NKT + NPNA) \end{aligned} \quad [048]$$

$$S3 = GDP + NYKD + NYKP - (C + G) - (NKT + NPNA - NYL - NCT) \quad [049]$$

$$S3 = GDP + NYKD + NYKP - (C + G) - SOL2 \quad [050]$$

Puis, étant donné [036],

$$S3 = REV2 - (C + G) \quad [051]$$

Nous entendons conserver dans MIRAGE-D les mêmes valeurs numériques pour $(X - M)$, $NYKD$ et $NFDI$ que dans la base de données de MIRAGE. L'exercice consiste donc à rechercher des données sur $NYKP$ et l'agrégat *InetPtf*, puis à calibrer $SOL2$ de façon à respecter [026]. La variable $SOL2$ sera ensuite considérée, à l'instar de SOL dans la version de base de MIRAGE, comme une variable exogène dont la valeur pour chaque pays est proportionnelle au PIB mondial.

En principe, toutes les données nécessaires se trouvent dans les chiffres des balances de paiements publiés par le Fonds Monétaire International. Mais il s'agit de données notoirement imprécises. D'une part, l'équilibre de la balance des paiements de chaque pays implique un terme d'« erreurs et omissions » qui peut atteindre dans certains cas des valeurs astronomiques. La valeur absolue médiane du rapport du terme d'erreur sur le solde du compte capital et financier est de l'ordre de 400 %. Pour près du tiers des pays, ce rapport est supérieur à 1000 %.

D'autre part, lorsqu'on rapproche les chiffres de l'ensemble des pays du monde, les sommes devraient s'annuler. C'est loin d'être le cas ! Ainsi, après avoir agrégé les données par pays en 14 régions, nous avons calculé, pour les principales rubriques de la balance des paiements, le rapport de l'écart entre la somme des valeurs positives et négatives sur la demie de la somme des valeurs absolues : les erreurs sont de 50-60 % pour les principaux postes, sauf pour le solde des échanges de biens et services (16 %).

Les pays dont les actifs nets excluant les investissements directs sont négatifs seront considérés comme « endettés ». Nous nous écartons quelque peu en cela de la recommandation du BPM5 (§474, p. 106)⁹, en vertu de laquelle on doit écarter les actions (*equity*) de la mesure de l'endettement net.

⁹ « Sometimes the labels net creditor or net debtor, according to algebraic sign, are used to describe the net [IIP] position. Although useful for some purposes, such labels are not appropriate as a depiction of the net position. Rather, it is more relevant to view only the nonequity components of the position as debt (i.e., all recorded liabilities other than equity securities and direct investment equity capital, including reinvested earnings). Such a view is in general concordance with the core definition of gross external debt in the joint study External Debt: Definition, Statistical Coverage, and Methodology (1988) by the IMF, World Bank, OECD, and Bank for International Settlements ».

Les parties du schéma en traits pointillés sont celles qui sont modifiées dans MIRAGE-D, représenté dans le schéma de la figure 2. D'abord, MIRAGE-D tient compte, dans les revenus nets reçus de l'étranger, non seulement de la rémunération du capital des IDE, mais aussi des revenus nets de placements à l'étranger. Ensuite, une fois soustraits les autres flux nets vers l'étranger, hors commerce, le revenu est partagé en proportions fixes entre les dépenses de consommation privée et publique courante et l'« épargne ». Ce dernier montant correspond au concept $S3$ défini à la section 2.1, qui est égal à l'épargne, moins le solde du compte capital (il s'agit de la partie capital du compte capital et financier : $NKT + NPNN$). Ce montant est ensuite réparti entre actifs physiques (capital) et financiers (placements à l'étranger). Ceux-ci sont ensuite distribués entre régions, tandis que les actifs physiques sont alloués entre secteurs et régions. Ces allocations successives sont faites suivant le modèle de gestion de portefeuille d'actifs décrit à la section 2.3. En outre, les investissements par secteur et par pays de destination sont déterminés par l'interaction entre la demande d'actifs physiques dans les portefeuilles et la demande d'investissements des producteurs (section 2.4).

2.3. Modèle d'allocation de portefeuille

Le modèle de gestion de portefeuille est celui de Decaluwé et Souissi (1994 ; Souissi, 1994 ; Souissi et Decaluwé, 1997). Comme nous venons de le décrire, la richesse de l'agent est allouée au moyen d'un portefeuille à trois niveaux. Au premier niveau, elle est répartie entre actifs physiques (capital) et financiers (placements à l'étranger). Au second niveau, d'une part, les actifs physiques sont alloués entre secteurs et régions et, d'autre part, le montant des actifs financiers nets est détaillé entre actif et passif. Au troisième niveau, les actifs financiers sont distribués entre régions.

2.3.1. Niveau 1 : Allocation de la richesse de l'agent entre actifs financiers et physiques

La richesse de l'agent est constituée de quatre éléments :

- la valeur nette des actifs financiers (actif, moins passif) hérités de la période antérieure ;
- la valeur des actifs physiques (capital productif) hérités de la période antérieure ;
- l'épargne courante ;
- la marge de crédit (capacité d'emprunt : nous reviendrons sur ce point).

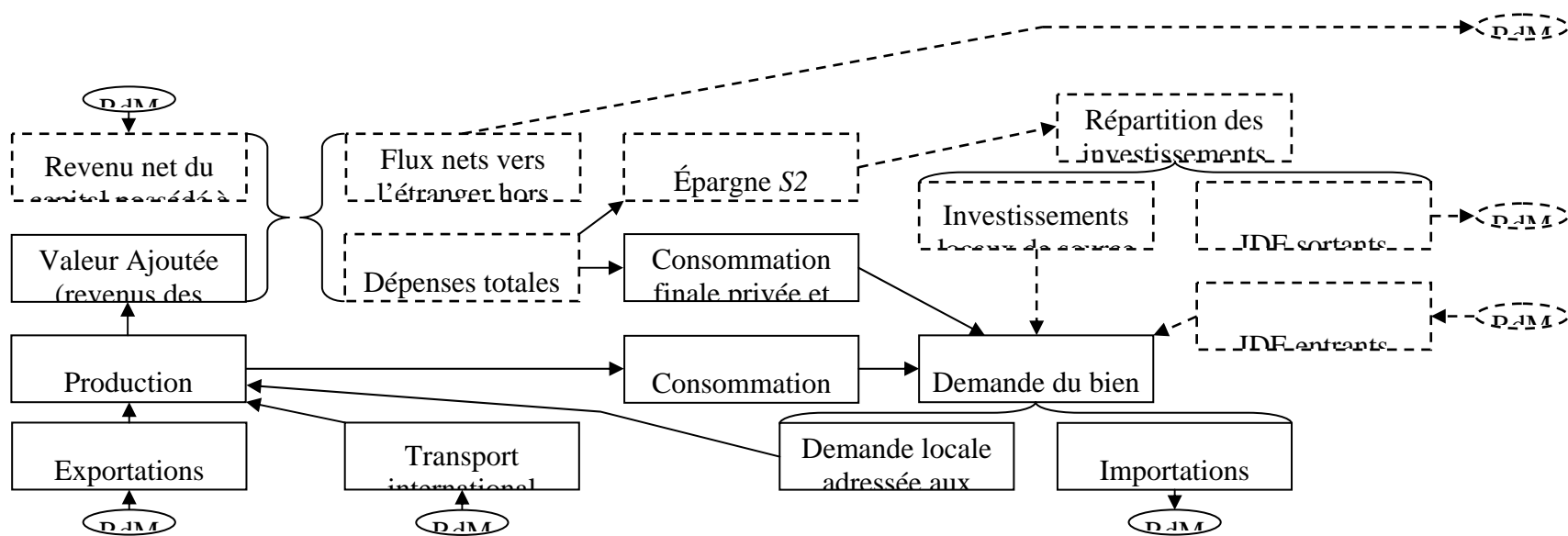
L'équation de la richesse est donc donnée par

$$Rich_{r,t} = ValK_{r,t} + Actif_{-r,t} - Passif_{-r,t} + EPAR2_{r,t} + MgCrdt_{r,t} \quad [052]$$

EqRich(r,t,sim)..

Rich(r,t,sim) = ValK(r,t,sim) + Actif_(r) - Passif_(r)
+ EPAR2(r,t,sim) + MgCrdt(r,t,sim) ;

Figure 2 : Schéma du modèle MIRAGE-D



où

$Rich_{r,t}$ est la valeur de la richesse de l'agent régional r à allouer à la période t ;

$ValK_{r,t}$ est la valeur des actifs physiques hérités par l'agent régional r de la période $t-1$;

$Actif_{-r,t}$ est la valeur des actifs financiers hérités par l'agent régional r de la période $t-1$;

$Passif_{-r,t}$ est la valeur du passif financier hérité par l'agent régional r de la période $t-1$;

$EPAR2_{r,t}$ est l'épargne de l'agent régional r à la période t ;

$MgCrdt_{r,t}$ est la marge de crédit dont dispose l'agent r à la période t (à propos de la marge de crédit, voir plus loin).

Le gestionnaire de portefeuille maximise la valeur capitalisée de son avoir à la fin de la période courante :

$$\underset{AcFina_{r,t}, AcPhys_{r,t}}{MAX} VC = (1 + tRichF_{r,t})AcFina_{r,t} + (1 + tRichK_{r,t})AcPhys_{r,t} \quad [053]$$

où

$AcFina_{r,t}$ est la valeur des actifs financiers nets de l'agent régional r à la période t ;

$AcPhys_{r,t}$ est la valeur des actifs physiques de l'agent régional r à la période t ;

$tRichF_{r,t}$ est une moyenne pondérée des taux de rendement sur les placements internationaux de l'agent régional r à la période t ;

$tRichK_{r,t}$ est une moyenne pondérée des taux de rendement au propriétaire du capital possédé l'agent régional r à la période t (voir 2.4.4.6).

La maximisation est contrainte par la valeur totale du portefeuille (la richesse)

$$AcFina_{r,t} + AcPhys_{r,t} = Rich_{r,t} \quad [054]$$

EqFIN(r,t,sim)..

Rich(r,t,sim) = PtFin(r,t,sim) + ValK(r,t,sim) + DelK(r,t,sim) ;

et par une fonction CET d'agrégation des actifs

$$Rich_{r,t} = A \left[\delta_{r, fina} (AcFina_{r,t})^\beta + \delta_{r, phys} (AcPhys_{r,t})^\beta \right]^{\frac{1}{\beta}} \quad [055]$$

avec l'élasticité de transformation

$$\tau = \frac{1}{1 - \beta} \quad [056]$$

où $1 < \beta < \infty$ et donc $-\infty < \tau < 0$.

Il sied de dire quelques mots à propos de la fonction d'agrégation [055]. Remarquons d'abord qu'en l'absence de cette contrainte, la totalité du portefeuille serait allouée à l'actif dont le coefficient est le plus grand dans la fonction d'utilité [053], c'est-à-dire à celui dont le taux de rendement est le plus élevé. La fonction d'agrégation [055], concave à l'origine, impose donc la diversification (sauf, éventuellement, pour les solutions de coin où les égalités marginales seraient irréalisables). Il est démontré en annexe que la demande d'actifs qui découle de ce modèle est donnée par

$$AcPhys_{r,t} = ARich_{r,t} \delta_{r, phys}^\tau \left(1 + tRichK_{r,t} \right)^{-\tau} Rich_{r,t} \quad [057]$$

où

$$AcPhys_{r,t} = ValK_{r,t} + DelK_{r,t} \quad [058]$$

EqDdeK(r,t,sim)..

ValK(r,t,sim)+DelK(r,t,sim) =e=

ARich(r,t,sim)*Rich(r,t,sim)*a_rich(r,"phys")*tRKplu1(r,t,sim) ;

EqTauK(r,t,sim)..

tRichK(r,t,sim) =e= tRKplu1(r,t,sim)**(1/sigma_rich)-1 ;

avec

a_rich(r,"phys") = $\delta_{r, phys}^\tau$

– sigma_rich = $\tau = \frac{1}{1 - \beta}$

et où $1 < \beta < \infty$ implique $-\infty < \tau < 0$ et $\text{sigma_rich} > 0$.

$$AcFina_{r,t} = ARich_{r,t} \delta_{r, fina}^\tau \left(1 + tRichF_{r,t} \right)^{-\tau} Rich_{r,t} \quad [059]$$

EqDdeF(r,t,sim)..

PtFin(r,t,sim) =e=

ARich(r,t,sim)*Rich(r,t,sim)*a_rich(r,"fina")*tRFplu1(r,t,sim) ;

EqTauF(r,t,sim)..

tRichF(r,t,sim) =e= (tRFplu1(r,t,sim)**(1/sigma_rich))-1 ;

avec

a_rich(r,"fina") = $\delta_{r, fina}^\tau$

– sigma_rich = $\tau = \frac{1}{1 - \beta}$

et où $1 < \beta < \infty$ implique $-\infty < \tau < 0$ et sigma_rich > 0.

avec la variable d'échelle

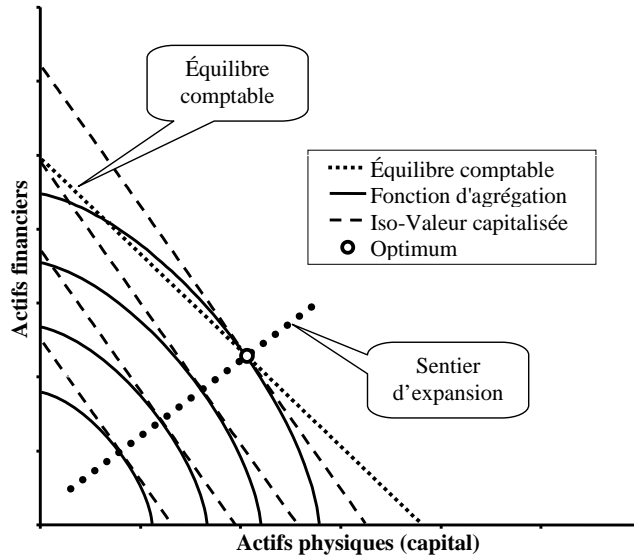
$$ARich_{r,t} = \frac{1}{\left[\delta_{r, fina}^\tau \left(1 + tRichF_{r,t} \right)^{-\tau} + \delta_{r, phys}^\tau \left(1 + tRichK_{r,t} \right)^{-\tau} \right]} \quad [060]$$

$ARich_{r,t}$ n'est pas un paramètre : c'est une variable dont la valeur dépend des taux de rendement, comme on peut le voir dans [060]. Il mérite d'être souligné que $ARich_{r,t}$ est différente du A dans la contrainte de diversification [055], qui désigne aussi une variable, et non pas un paramètre fixe ; mais cette variable n'a pas à figurer dans le modèle (voir la démonstration en annexe).

Le modèle est illustré à la figure 3. La pente de la courbe d'indifférence (droite d'iso-valeur capitalisée [053]) et les paramètres de la fonction d'agrégation [055] définissent un sentier d'expansion. Naturellement, la pente de la courbe d'indifférence est donnée par le rapport

$$-\frac{1 + tRichK_{r,t}}{1 + tRichF_{r,t}}$$

Étant donné l'homothétie de la fonction CET, le sentier d'expansion est une droite. La solution du modèle se trouve au point d'intersection du sentier d'expansion et de la contrainte comptable de richesse [054], dont la pente est évidemment égale à -1 . La pente de la courbe d'indifférence est donc supérieure ou inférieure à celle de [054], en valeur absolue, selon que $tRichK_{r,t} > \text{ou} < tRichF_{r,t}$. La figure 3 illustre le cas où $tRichK_{r,t} > tRichF_{r,t}$.

Figure 3 : Modèle d'allocation de portefeuille Decaluwé-Souissi

Avant de passer au modèle d'allocation des actifs financiers (deuxième niveau), il sied de jeter un regard critique sur la fonction objectif [053]. Car il eût été plus conforme à la structure temporelle de MIRAGE de définir la fonction objectif par rapport au rendement global du portefeuille, plutôt que par rapport à sa valeur capitalisée en fin de période. On aurait alors :

$$\text{MAX}_{AcFina_{r,t}, AcPhys_{r,t}} R = tRichF_{r,t} AcFina_{r,t} + tRichK_{r,t} AcPhys_{r,t} \quad [061]$$

Constatons d'abord que, bien que les équations soient en apparence équivalentes, les deux formulations ne sont pas équivalentes, parce que le calibrage des paramètres de la contrainte de diversification [055] conduit à des valeurs différentes. La raison pour laquelle la forme [053] a été préférée à [061] est d'ordre pratique. Avec la forme [061], les fonctions de demande d'actifs deviennent

$$AcPhys_{r,t} = ARich_{r,t} \delta_{r,phys}^{\tau} tRichK_{r,t}^{-\tau} Rich_{r,t} \quad [062]$$

$$AcFina_{r,t} = ARich_{r,t} \delta_{r,fin}^{\tau} tRichF_{r,t}^{-\tau} Rich_{r,t} \quad [063]$$

avec la variable d'échelle

$$ARich_{r,t} = \frac{1}{\left[\delta_{r, fina}^{\tau} tRichF_{r,t}^{-\tau} + \delta_{r, phys}^{\tau} tRichK_{r,t}^{-\tau} \right]} \quad [064]$$

Or, pour peu que les taux de rendement soient différents et l'élasticité τ , élevée, les valeurs des $tRichK_{r,t}^{-\tau}$ et des $tRichF_{r,t}^{-\tau}$ sont d'ordres de grandeur très disparates, ce qui crée des difficultés de résolution numérique du modèle. C'est pourquoi la forme [053] a été retenue.

2.3.2. Niveau 2 : Structure financière : actif, passif et marge de crédit

La valeur nette du portefeuille financier de l'agent est la différence entre l'actif et le passif. Il va de soi que cette valeur nette est beaucoup plus volatile que l'actif et le passif sous-jacents. Or cela peut rendre la modélisation plus difficile en raison du risque d'instabilité de la variable correspondante. C'est pourquoi il s'est avéré préférable d'explicitier l'actif et le passif du portefeuille financier de l'agent.

La marge de crédit de l'agent régional est un artifice de MIRAGE-D qui permet d'appliquer le modèle Decaluwé-Souissi à la détermination de la structure financière de son portefeuille. Celle-ci résulte alors d'une allocation entre deux actifs financiers composites : le premier est l'actif ; le second est la capacité d'emprunt inutilisée, la « marge de crédit ». La variable $AcFina_{r,t}$ est donc définie par

$$AcFina_{r,t} = Actif_{r,t} + MgCrdt_{r,t} - Passif_{r,t} \quad [065]$$

EqPtFin(r,t,sim)..

$$PtFin(r,t,sim) = Actif(r,t,sim) - Passif(r,t,sim) + MgCrdt(r,t,sim) ;$$

Concrètement, la valeur initiale de $MgCrdt_{r,t}$ a été fixée arbitrairement à la somme de l'actif et du passif :

$$MgCrdt_{r,t} = Actif_{r,t} + Passif_{r,t} \quad [066]$$

EqCredit(r,t,sim)..

$$MgCrdt(r,t,sim) = Passif_(r) + Actif_(r) ;$$

Pour les périodes subséquentes, la valeur de $MgCrdt_{r,t}$ est fixe en proportion de $PIBMVAL_t$. Cette formulation, bien qu'elle soit simple, est *grosso modo* conforme à la réalité des marchés financiers internationaux¹¹ : les pays disposent d'une « marge de crédit », ou d'une capacité d'emprunt totale, qui est normalement supérieure à leur niveau d'endettement courant. D'où la présence de $MgCrdt_{r,t}$ dans l'équation de richesse [052] énoncée précédemment.

Le gestionnaire de portefeuille maximise la valeur capitalisée de son avoir à la fin de la période courante :

$$\underset{Actif_{r,t}, Passif_{r,t}}{MAX} VC2 = (1 + tAct_{r,t})Actif_{r,t} + (1 + tDet_{r,t})(MgCrdt_{r,t} - Passif_{r,t}) \quad [067]$$

où

$Actif_{r,t}$ est la valeur de l'actif financier de l'agent régional r à la période t ;

$Passif_{r,t}$ est la valeur du passif financier de l'agent régional r à la période t ;

$MgCrdt_{r,t}$ est la marge de crédit dont dispose l'agent r à la période t ;

$tAct_{r,t}$ est le taux de rendement de l'actif de l'agent régional r à la période t ;

$tDet_{r,t}$ est le taux de rendement payé sur le passif de l'agent régional r à la période t .

Le taux de rendement du second actif financier composite, la marge de crédit inutilisée, est égal au coût d'opportunité de la dette, $tDet_{r,t}$.

La maximisation est contrainte par la valeur nette du portefeuille financier [065] et par une fonction CET d'agrégation des actifs

$$AcFina_{r,t} = A2 \left[\delta_{r,Actif} \left(Actif_{r,t} \right)^{\beta AcPas} + \delta_{r,Passif} \left(MgCrdt_{r,t} - Passif_{r,t} \right)^{\beta AcPas} \right]^{\frac{1}{\beta AcPas}} \quad [068]$$

avec l'élasticité de transformation

$$\tau AcPas = \frac{1}{1 - \beta AcPas} \quad [069]$$

où $1 < \beta AcPas < \infty$ et donc $-\infty < \tau AcPas < 0$.

¹¹ Ce choix mériterait néanmoins de faire l'objet d'une réflexion plus approfondie, parce qu'il influence le calibrage des paramètres du modèle de portefeuille et, par conséquent, le comportement des agents dans le modèle.

La fonction d'agrégation [068] joue le même rôle dans la détermination de la structure du portefeuille que [055] dans l'allocation du portefeuille de l'agent régional entre actifs financiers et physiques.

Il est démontré en annexe que les fonctions de demande qui découlent de ce modèle sont données par

$$Actif_{r,t} = A_{fin_{r,t}} \delta_{r,Actif}^{\tau_{AcPas}} \left(1 + t_{Act_{r,t}}\right)^{-\tau_{AcPas}} AcFina_{r,t} \quad [070]$$

$$MgCrdt_{r,t} - Passif_{r,t} = A_{fin_{r,t}} \delta_{r,Passif}^{\tau_{AcPas}} \left(1 + t_{Det_{r,t}}\right)^{-\tau_{AcPas}} AcFina_{r,t} \quad [071]$$

EqDAct(r,t,sim)..

$$Actif(r,t,sim) = e = A_{fin}(r,t,sim) * a_{fin}(r, "AcqF") * PtFin(r,t,sim) * Iplu_A(r,t,sim) ;$$

EqTauA(r,t,sim)..

$$Iplu_A(r,t,sim) = e = (1 + t_{Act}(r,t,sim)) ** sigma_fin ;$$

EqDPas(r,t,sim)..

$$Passif(r,t,sim) = e = MgCrdt(r,t,sim) - A_{fin}(r,t,sim) * a_{fin}(r, "RedD") * PtFin(r,t,sim) * Iplu_L(r,t,sim) ;$$

EqTauL(r,t,sim)..

$$Iplu_L(r,t,sim) = e = (1 + t_{Det}(r,t,sim)) ** sigma_fin ;$$

avec

$$a_{fin}(r, "AcqF") = \delta_{r,Actif}^{\tau_{AcPas}}$$

$$a_{fin}(r, "RedD") = \delta_{r,Passif}^{\tau_{AcPas}}$$

$$- sigma_fin = \tau_{AcPas} = \frac{1}{1 - \beta_{AcPas}}$$

et où $1 < \beta_{AcPas} < \infty$ implique $-\infty < \tau_{AcPas} < 0$ et $sigma_fin > 0$.

La contrainte [065] implique

$$A_{fin_t} = \frac{1}{\left[\delta_{r,Actif}^{\tau_{AcPas}} \left(1 + t_{Act_{r,t}}\right)^{-\tau_{AcPas}} + \delta_{r,Passif}^{\tau_{AcPas}} \left(1 + t_{Det_{r,t}}\right)^{-\tau_{AcPas}} \right]} \quad [072]$$

2.3.3. Niveau 3 : Allocation des actifs financiers

Le modèle d'allocation des actifs financiers est une simplification radicale des marchés internationaux. Les actifs financiers des agents régionaux sont amalgamés dans un fonds commun mondial, dont l'avoir est alloué entre passifs des agents, selon le taux de rendement payé par chacun. Cette simplification a été rendue nécessaire faute de disposer de données crédibles sur les dettes bilatérales.

La totalité du passif (de la dette) de chaque pays est renégociée à chaque période : il n'y a donc aucun étalement du remboursement des emprunts et les taux d'intérêt du passé n'ont aucune incidence sur les transactions courantes¹². La valeur totale du portefeuille est égale à la valeur totale des actifs des régions :

$$PtfMon_t = \sum_r Actif_{r,t} \quad [073]$$

EqPtfM(t,sim)..
 $PtfMon(t,sim) = \sum_r Actif(r,t,sim)$;

L'équilibre comptable exige évidemment

$$PtfMon_t = \sum_r Passif_{r,t} \quad [074]$$

EqAptf(t,sim)..
 $PtfMon(t,sim) = \sum_r Passif(r,t,sim)$;

Le gestionnaire de portefeuille maximise la valeur capitalisée de son avoir en fin de période :

$$\underset{Passif_{r,t}}{MAX} VC3 = \sum_r (1 + tDet_{r,t}) Passif_{r,t} \quad [075]$$

sous contrainte de la valeur totale de son portefeuille [074] et de la contrainte de diversification

¹² Lemelin (2005) propose un modèle de la dette obligataire avec structure d'échéance échelonnée dans le temps et paiements d'intérêt en fonction des taux prévalant au moment de l'emprunt.

$$PtfMon_t = A3 \left[\sum_r \delta_{ptf,r} (Passif_{r,t})^{\beta ptf} \right]^{\frac{1}{\beta ptf}} \quad [076]$$

avec l'élasticité de transformation

$$\tau ptf = \frac{1}{1 - \beta ptf} \quad [077]$$

où $1 < \beta ptf < \infty$ et donc $-\infty < \tau ptf < 0$.

La fonction d'agrégation [076] joue le même rôle dans l'allocation des actifs financiers que [055] dans l'allocation du portefeuille de l'agent régional entre actifs financiers et physiques.

Il est démontré en annexe que la demande d'actifs qui découle de ce modèle est donnée par

$$Passif_{r,t} = Aptf_t \delta_{ptf,r}^{\tau ptf} (1 + tDet_{r,t})^{-\tau ptf} PtfMon_t \quad [078]$$

EqAllo(r,t,sim)..

Passif(r,t,sim) = e= Aptf(t,sim)*PtfMon(t,sim)*a_ptf(r)*Iplus1(r,t,sim) ;

EqTaux(r,t,sim)..

tDet(r,t,sim) = e= (Iplus1(r,t,sim)**(1/sigma_ptf))-1 ;

avec

$$a_ptf(r) = \delta_{ptf,r}^{\tau ptf}$$

$$- \text{sigma_ptf} = \tau ptf = \frac{1}{1 - \beta ptf}$$

et où $1 < \beta ptf < \infty$ implique $-\infty < \tau ptf < 0$ et $\text{sigma_ptf} > 0$.

La contrainte [074] implique

$$Aptf_t = \frac{1}{\left[\sum_{r \in \text{endet}} \delta_{ptf,r}^{\tau ptf} (1 + tDet_{r,t})^{-\tau ptf} \right]} \quad [079]$$

Le taux de rendement sur les actifs financiers est la moyenne pondérée :

$$tAct_{r,t} = \frac{\sum_s tDet_{s,t} Passif_{s,t}}{PtfMon_t} \quad [080]$$

EqActi(r,t,sim)..
 $tAct(r,t,sim) = \sum(s,tDet(s,t,sim)*Passif(s,t,sim))/PtfMon(t,sim) ;$

Les taux de rendement sur l'actif financier de tous les pays est le même. En réalité, évidemment, le rapport des revenus de placements sur l'actif varie d'un pays à l'autre. C'est pourquoi, dans MIRAGE-D, les revenus de placements à l'étranger sont calculés au moyen d'une fonction dont l'ordonnée à l'origine n'est pas nulle, mais calibrée de façon à ce que le modèle reproduise les données de l'année de base¹³ :

$$INTO_r + tAct_{r,t} Actif_{r,t} \quad [081]$$

$INTO(r) + tAct(r,t,sim) * Actif(r,t,sim)$

2.3.4. Niveau 2 : Allocation des actifs physiques (titres de propriété du capital)

Les actifs physiques sont constitués des actifs hérités de la période précédente et des investissements courants :

$$AcPhys_{r,t} = ValK_{r,t} + DelK_{r,t} \quad [058]$$

où $DelK_{r,t}$ est la valeur des investissements courants de l'agent r .

Dans MIRAGE-D, les propriétaires d'actifs physiques hérités du passé sont forcés de les conserver, sauf pour la fraction qui se volatilise en dépréciation. Cette restriction se veut une façon de traduire la différence entre les IDE et des investissements de portefeuille. C'est pourquoi, contrairement au portefeuille d'actifs financiers, qui est réalloué en totalité à chaque période, le portefeuille d'actifs physiques ne peut s'ajuster qu'à la marge, par le biais des investissements. Cela aurait pu se faire autrement, par l'imposition de contraintes d'inégalité, ce qui pourrait cependant avoir pour effet de rendre impossible le respect des égalités marginales de l'optimum. La figure 4 illustre une situation où l'optimum serait incompatible avec la contrainte de conservation des actifs hérités. Or les calculs de solutions de coin

¹³ La programmation du modèle permet de modéliser le rendement payé sur le passif de la même manière. Dans la version courante de MIRAGE-D, les ordonnées à l'origine $TDOO_r$ sont toutes nulles.

peuvent être difficiles à gérer dans un MEGC. La spécification adoptée évite ce genre de difficultés¹⁴.

La valeur totale à allouer est donc égale à la dépense totale d'investissement $DelK_{r,t}$, tel que déterminée par l'allocation de la richesse de l'agent entre actifs physiques et financiers. Le gestionnaire de portefeuille maximise la valeur capitalisée de ses investissements en fin de période :

$$\underset{INV_{i,r,s,t}}{MAX} VC = \sum_s PINVTOT_{s,t} \sum_i (1 + tKap_{i,s,t}) INV_{i,r,s,t} \quad [082]$$

où

$PINVTOT_{s,t}$ est le prix des investissements dans le pays s à la période t ;

$tKap_{i,s,t}$ est le taux de rendement, net de la dépréciation, des investissements dans le secteur i du pays s à la période t ;

$INV_{i,r,s,t}$ est le volume des investissements par le pays r dans le secteur i du pays s à la période t .

La maximisation est sujette à la contrainte de valeur totale du portefeuille d'investissements

$$DelK_{r,t} = \sum_s PINVTOT_{s,t} \sum_i INV_{i,r,s,t} \quad [083]$$

EqDepInv(r,t,sim)..

DelK(r,t,sim) = e = sum((i,s)\$INVO(i,r,s),PINVTOT(s,t,sim)*INV(i,r,s,t,sim)) ;

et à la fonction d'agrégation des actifs

$$DelK_{r,t} = A4_{r,t} \left[\sum_s \sum_i \delta_{i,r,s} (PINVTOT_{s,t} INV_{i,r,s,t})^{\beta DelK} \right]^{\frac{1}{\beta DelK}} \quad [084]$$

avec l'élasticité de transformation

¹⁴

Il semblerait néanmoins envisageable, dans une future version de MIRAGE-D, que la totalité du capital hérité puisse changer de mains, une fois réévalué à la hausse ou à la baisse (voir 2.4.4.3 et 2.4.4.4), sous contrainte que la totalité du capital en place trouve preneur.

$$\sigma_{DelK} = \frac{1}{1 - \beta DelK} \quad [085]$$

avec $1 < \beta DelK < \infty$ et donc $-\infty < \sigma_{DelK} < 0$.

La fonction d'agrégation, concave à l'origine, impose la diversification. Il s'ensuit les fonctions de demande

$$PINVTOT_{s,t} INV_{i,r,s,t} = A DelK_{r,t} \delta_{i,r,s}^{\sigma_{DelK}} \left(1 + tKap_{i,s,t}\right)^{-\sigma_{DelK}} DelK_{r,t} \quad [086]$$

EqINV2(i,r,s,t,sim)..

PINVTOT(s,t,sim)*INV(i,r,s,t,sim) =e=

$$A DelK(r,t,sim) * a_{DelK}(i,r,s) * tKplus1(i,s,t,sim) * DelK(r,t,sim) ;$$

EqTauI(i,s,t,sim)..

$$tKap(i,s,t,sim) = e = (tKplus1(i,s,t,sim) ** (1/\sigma_{DelK})) - 1 ;$$

avec

$$a_{DelK}(i,r,s) = \delta_{i,r,s}^{\sigma_{DelK}}$$

$$-\sigma_{DelK} = \sigma_{DelK} = \frac{1}{1 - \beta DelK}$$

et où $1 < \beta DelK < \infty$ implique $-\infty < \sigma_{DelK} < 0$ et $\sigma_{DelK} > 0$.

La contrainte [083] implique

$$A DelK_{r,t} = \frac{1}{\sum_j \sum_{rr} \delta_{j,r,rr}^{\sigma_{DelK}} \left(1 + tKap_{j,rr,t}\right)^{-\sigma_{DelK}}} \quad [087]$$

Ces équations de demande de nouveaux actifs physiques se substituent dans MIRAGE-D au modèle de type gravitaire de MIRAGE :

$$INV_{i,r,s,t} = B_{r,t} a_{i,r,s} KTOT_{i,s,t} \exp \left[\alpha \left(\frac{WK_{i,s,t}}{PINVTOT_{s,t}} - \delta_s \right) \right] \quad [088]$$

où

$KTOT_{i,s,t}$ est le stock de capital du secteur i du pays s à la période t ;

$a_{i,r,s}$ est un paramètre calibré ;

$WK_{i,s,t}$ est le taux de rémunération au propriétaire du capital de l'industrie i du pays s ;

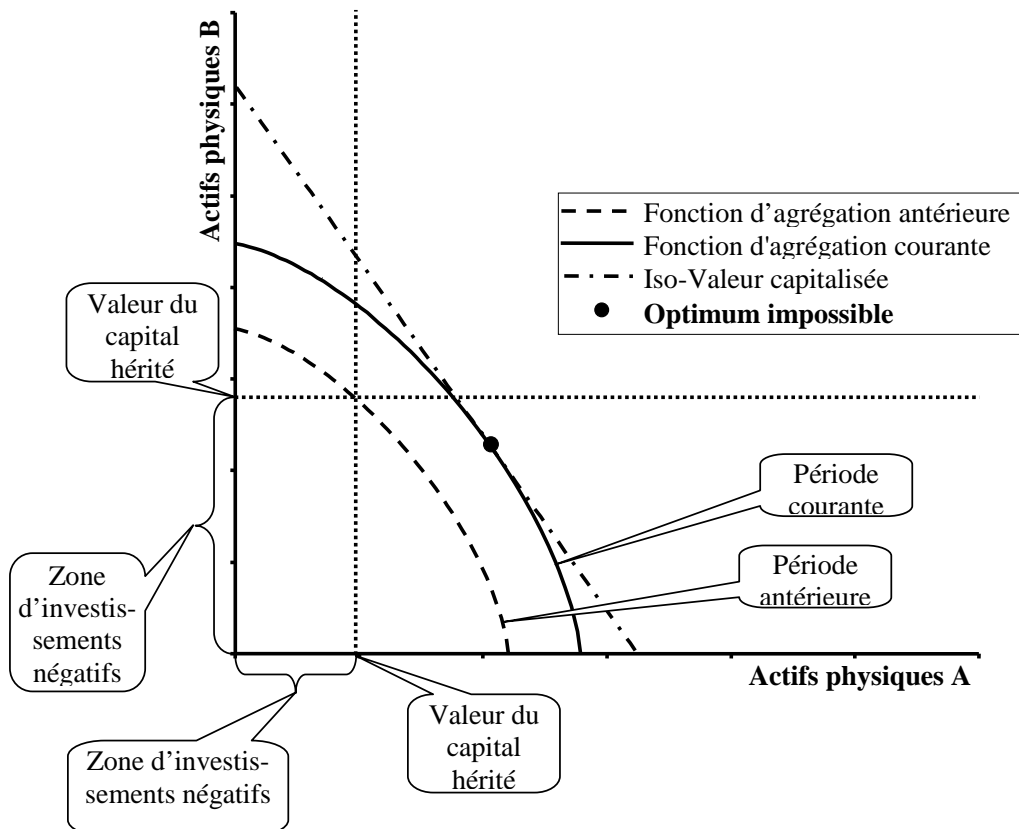
δ_s est le taux de dépréciation du capital dans le pays s .

La valeur de $B_{r,t}$ dans [088] est déterminée implicitement par la contrainte

$$\sum_s PINVTOT_{s,t} \sum_i INV_{i,r,s,t} = DelK_{r,t} = epa_r (BUDC_{r,t} + DelK_{r,t}) \quad [089]$$

où, conformément à la spécification de la version de base de MIRAGE, les dépenses d'investissement sont proportionnelles aux dépenses de consommation $BUDC$.

Figure 4 : Modèle d'allocation des actifs physiques à la marge



2.4. Demande d'investissements et mécanisme équilibre

L'introduction d'une demande d'investissements s'éloigne quelque peu du concept d'IDE, où, implicitement, l'initiative appartient au financier investisseur. Ici, la demande d'investissement vient du producteur et l'investisseur s'apparente en cela à un actionnaire (investissement de portefeuille), ce qui peut sembler dissonant avec le choix d'une modélisation « putty-clay » de la propriété des actifs physiques.

Dans la discussion qui suit, nous maintenons donc une distinction entre l'investisseur propriétaire du capital et le producteur utilisateur du capital. Cette distinction se traduira notamment par l'emploi de l'expression « actifs physiques » pour désigner les titres de propriété du capital et les distinguer du facteur capital lui-même (du moins là où il y aurait risque de confusion). Afin de rendre l'exposé plus concret, nous utiliserons même le terme « action » pour désigner n'importe quel titre de propriété d'actifs physiques, bien que la propriété du capital puisse prendre d'autres formes, particulièrement quand il s'agit d'IDE. De plus, on se référera au financier investisseur, aussi appelé l'investisseur tout court, comme « gestionnaire d'un portefeuille d'actifs physiques », ou encore comme « agent régional » (puisque, dans MIRAGE-D, il y a un seul agent par pays et que chacun possède son portefeuille d'actifs physiques). On gardera à l'esprit que le gestionnaire de portefeuille exprime une demande de nouveaux actifs physiques qui est en même temps une offre de financement d'investissements dont le producteur est demandeur.

2.4.1. Théorie de l'investissement du « q » de Tobin

La théorie de l'investissement avancée par Tobin (1969) repose sur le raisonnement qu'un investissement vaut la peine d'être fait si la valeur présente du flux de revenus qu'il engendrera est égale ou supérieure à son coût. Il en déduit qu'à l'équilibre, la valeur du « q » doit être égale à un, celui-ci étant défini comme le rapport¹⁵

$$q = \frac{\text{Valeur au marché de la firme}}{\text{Coût de remplacement du capital}}$$

c'est-à-dire

$$q = \frac{\Delta MV}{p \Delta K} \quad [090]$$

où ΔMV est l'accroissement de la valeur au marché (capitalisation boursière) de la firme qu'apportera un investissement ΔK , fait au coût de $p \Delta K$ (coût de remplacement)¹⁶.

¹⁵ Dans la présente section 2.4.1, la notation est celle de Tobin (1969) et de Tobin et Brainard (1977), transposée en temps discret.

¹⁶ On suppose ici que le coût marginal de remplacement du capital est constant.

Dans un univers simplifié, sans inflation, ni taxation, ni dépréciation du capital, cet investissement produira un flux de revenu anticipé $\{E(t)\}$. L'efficacité marginale du capital, R , est le taux d'actualisation auquel la valeur présente du flux de revenu anticipé est exactement égale au coût de remplacement. L'efficacité marginale du capital R est donc définie implicitement par l'égalité

$$p \Delta K = \sum_{t=1}^{\infty} \left(\frac{1}{1+R} \right)^t E(t) \quad [091]$$

Considérons d'abord le cas particulier où $E(t) = \bar{E}$ constant. On a alors

$$p \Delta K = \sum_{t=1}^{\infty} \left(\frac{1}{1+R} \right)^t E(t) = \sum_{t=1}^{\infty} \left(\frac{1}{1+R} \right)^t \bar{E} = \frac{1}{R} \bar{E} \quad [092]$$

Par ailleurs, l'accroissement de la valeur au marché ΔMV (de la valeur des actifs physiques, dirons-nous) est la valeur présente des flux de revenus futurs, actualisée au taux qu'appliquent les actionnaires. Le taux de rendement r_K implicitement exigé par le marché des actions est donc donné par

$$\Delta MV = \sum_{t=1}^{\infty} \left(\frac{1}{1+r_K} \right)^t E(t) \quad [093]$$

Dans le cas particulier où $E(t) = \bar{E}$ constant,

$$\Delta MV = \sum_{t=1}^{\infty} \left(\frac{1}{1+r_K} \right)^t E(t) = \sum_{t=1}^{\infty} \left(\frac{1}{1+r_K} \right)^t \bar{E} = \frac{1}{r_K} \bar{E} \quad [094]$$

On fait le rapport de [094] sur [092] et on obtient le rapport « q » de la valeur boursière sur le coût de remplacement :

$$q = \frac{\left(\frac{\bar{E}}{r_K} \right)}{\left(\frac{\bar{E}}{R} \right)} = \frac{\left(\frac{1}{r_K} \right)}{\left(\frac{1}{R} \right)} = \frac{R}{r_K} \quad [095]$$

Il est rentable d'investir quand l'efficacité marginale du capital R est supérieure au taux de rendement r_K exigé par le marché, auquel cas la valeur du « q » est supérieure à 1. Plus rigoureusement, le volume d'investissement optimum est celui auquel l'augmentation

marginale de la valeur au marché est égale à l'augmentation marginale du coût de l'investissement¹⁷.

Élargissons maintenant notre raisonnement au cas général, où $E(t)$ n'est pas constant. La valeur de ΔMV n'en demeure pas moins une fonction monotone décroissante du taux de rendement r_K exigé par le marché. Il s'ensuit que, pour une valeur donnée de $p \Delta K$, la valeur de

$$q = \frac{\Delta MV}{p \Delta K} \quad [090]$$

est aussi une fonction monotone décroissante de r_K et, par le fait même, une fonction monotone croissante du rapport $\frac{R}{r_K}$. En outre, étant donné les relations [091] et [093], il est clair que le « q » de Tobin est égal à 1 lorsque $r_K = R$.

2.4.2. Modèle de Jung et Thorbecke (2001)

L'équation d'investissement par destination de Jung et Thorbecke (2001), transposée à la notation de MIRAGE-D, s'écrit :

$$\frac{DINV_{i,r,t}}{KTOT_{i,r,t}} = a_{-DIN_{i,r}} \left(\frac{WK_{i,r,t}}{PINVTOT_{r,t} iac_{i,r,t}} \right)^{\sigma_{DIN_{i,r}}} \quad [096]$$

où

$DINV_{i,r,t}$ est la demande d'investissement dans le secteur i du pays r à la période t ;

$KTOT_{i,r,t}$ est le stock de capital du secteur i du pays r à la période t ;

$WK_{i,r,t}$ est le revenu périodique brut engendré par le capital¹⁸ ;

¹⁷ Le rapport de l'augmentation marginale de la valeur au marché sur l'augmentation marginale du coût de l'investissement correspond à ce qui est désigné dans la littérature comme le « q marginal » **dans le cas où le coût marginal de l'investissement est constant**. Lorsque les coûts d'ajustement croissent avec le volume de l'investissement, il est inexact de désigner ce rapport comme le « q marginal », puisqu'il est alors le rapport de deux dérivées, et non la dérivée d'un rapport (le q).

¹⁸ À la différence de $PK_{i,r,t}$, $WK_{i,r,t}$ tient compte des subventions au capital, notamment en agriculture, et, le cas échéant, des profits en concurrence imparfaite.

$PINVTOT_{r,t}$ est le prix du bien d'investissement dans le pays r à la période t ;

$iac_{i,r,t}$ est le taux de rendement exigé par les investisseurs dans le secteur i du pays r à la période t , qui joue le rôle de taux d'actualisation ;

$\sigma_{DIN_{i,r}}$ est l'élasticité de la demande d'investissement du secteur i du pays r ;

$a_{DIN_{i,r}}$ est un paramètre calibré.

On reconnaît facilement dans $PINVTOT_{r,t}$ le coût de remplacement du capital (qui, dans MIRAGE, est le même pour tous les secteurs i dans un pays donné). Par ailleurs, le rapport

$\frac{WK_{i,r,t}}{iac_{i,r,t}}$ est la valeur présente d'un flux de revenu perpétuel de $WK_{i,r,t}$ par période, commençant à la période $t+1$, actualisée au taux $iac_{i,r,t}$. C'est donc une approximation de la valeur boursière d'une unité de capital (sous l'hypothèse d'anticipations stationnaires). Il en découle que

$$\frac{WK_{i,r,t}}{PINVTOT_{r,t} iac_{i,r,t}}$$

peut s'interpréter comme une approximation du « q » de Tobin.

2.4.3. Modèle de demande d'investissements dans MIRAGE-D

Il y a toutefois quelques ajustements à faire à cette spécification pour l'adapter à MIRAGE. D'abord, dans MIRAGE, le nouveau capital est instantanément productif¹⁹. La loi d'accumulation du capital s'écrit en effet

$$K_{i,r,s,t} = (1 - \delta_{i,s}) K_{i,r,s,t-1} + INV_{i,r,s,t} \quad [097]$$

où

$K_{i,r,s,t}$ est le volume du capital propriété du pays r dans le secteur i du pays s à la période t ;

$\delta_{i,s}$ est le taux de dépréciation du capital du secteur i dans le pays s ;

¹⁹ Cette formulation a été préférée dans MIRAGE à [096] pour éviter que le modèle ne génère des trajectoires où les investissements d'une période se révèlent superflus à la période suivante (surinvestissement).

$INV_{i,r,s,t}$ est le volume des investissements par le pays r dans le secteur i du pays s à la période t .

Cette formulation contraste avec celle que l'on dériverait de Nickell (1978)²⁰ :

$$K_{i,r,s,t} = (1 - \text{delta}_{i,s}) K_{i,r,s,t-1} + INV_{i,r,s,t-1} \quad [098]$$

Dans cette dernière formulation, sous-jacente à la fonction de demande de Jung et Thorbecke (2001), le nouveau capital mis en place (l'investissement) ne devient productif qu'à la période suivante. C'est pourquoi le flux de revenus généré par un investissement ne commence qu'à la période suivante. Par conséquent, la cohérence avec la structure temporelle de MIRAGE demande que la valeur présente d'un flux de revenu perpétuel de $WK_{i,r,t}$ par période, commençant à la période courante, actualisée au taux $iac_{i,s,t}$ soit

$$\sum_{t=0}^{\infty} \frac{1}{(1 + iac_{i,r,t})^t} WK_{i,r,t} = \frac{(1 + iac_{i,r,t}) WK_{i,r,t}}{iac_{i,r,t}} \quad [099]$$

Par ailleurs, dans le modèle de Jung et Thorbecke (2001), le « q » de Tobin est calculé sans égard à la dépréciation. Il est cependant facile de reformuler ce modèle pour tenir compte de

la dépréciation. Il suffit de remplacer le rapport $\frac{(1 + iac_{i,r,t}) WK_{i,r,t}}{iac_{i,r,t}}$ par le rapport

$$\frac{(1 + iac_{i,r,t}) WK_{i,r,t}}{(iac_{i,r,t} + \text{delta}_{i,r})}. \text{ Car}$$

$$\sum_{s=0}^{\infty} \left(\frac{1 - \text{delta}_{i,r}}{1 + iac_{i,r,t}} \right)^s WK_{i,r,t} = \frac{(1 + iac_{i,r,t}) WK_{i,r,t}}{(iac_{i,r,t} + \text{delta}_{i,r})} \quad [100]$$

est la valeur présente, actualisée au taux $iac_{i,s,t}$, d'un flux de revenu commençant à la période courante au niveau $WK_{i,r,t}$ et déclinant au rythme de $\text{delta}_{i,r}$ par période.

Ces ajustements conduisent à la fonction de demande d'investissement

²⁰ Un modèle en temps discret avec délai d'implantation peut être considéré comme une forme du modèle en temps continu avec coûts d'ajustement de Nickell (1978).

$$\frac{DINV_{i,r,t}}{KTOT_{i,r,t}} = a - DIN_{i,r} \left(\frac{(1 + iac_{i,r,t})WK_{i,r,t}}{PINVTOT_{r,t}(iac_{i,r,t} + delta_{i,r})} \right)^{\sigma - DIN_{i,r}} \quad [101]$$

On peut interpréter

$$CUK_{i,r,t} = PINVTOT_{r,t} \frac{(iac_{i,r,t} + delta_{i,r})}{(1 + iac_{i,r,t})} \quad [102]$$

comme le coût d'usage du capital tel qu'il se définit dans une structure de dynamique séquentielle où les investissements sont instantanément productifs. On peut alors récrire

$$\frac{DINV_{i,r,t}}{KTOT_{i,r,t}} = a - DIN_{i,r} \left(\frac{WK_{i,r,t}}{CUK_{i,r,t}} \right)^{\sigma - DIN_{i,r}} \quad [103]$$

où le rapport

$$\frac{WK_{i,r,t}}{CUK_{i,r,t}}$$

peut s'interpréter comme une approximation du « q » de Tobin.

On définit

$$traK_{i,r,t} = \frac{WK_{i,r,t}}{PINVTOT_{r,t}} \quad [104]$$

Eqtin(i,s,t,sim) ..

traK(i,s,t,sim) = WK(i,s,t,sim)/PINVTOT(s,t,sim) ;

C'est le taux de rendement brut du capital, avant dépréciation, incluant les subventions au capital et, le cas échéant, le profit en concurrence imparfaite. Avec des anticipations stationnaires, c'est aussi le taux de rendement brut anticipé (*traK* : taux de rendement anticipé du capital).

Définissons également

$$tK_{i,r,t} = \frac{CUK_{i,r,t}}{PINVTOT_{r,t}} = \frac{(iac_{i,r,t} + delta_{i,r})}{(1 + iac_{i,r,t})} = \frac{1}{\sum_{s=0}^{\infty} \left(\frac{1 - delta_{i,r}}{1 + iac_{i,r,t}} \right)^s} \quad [105]$$

Le coût du capital [102] devient

$$CUK_{i,r,t} = PINVTOT_{r,t} \frac{(iac_{i,r,t} + delta_{i,r})}{(1 + iac_{i,r,t})} = PINVTOT_{r,t} tK_{i,r,t} \quad [106]$$

La demande d'investissement [103] peut alors s'écrire

$$\frac{DINV_{i,r,t}}{KTOT_{i,r,t}} = a_{-DIN_{i,r}} \left(\frac{WK_{i,r,t}}{CUK_{i,r,t}} \right)^{\sigma_{-DIN_{i,r}}} = a_{-DIN_{i,r}} \left(\frac{traK_{i,r,t}}{tK_{i,r,t}} \right)^{\sigma_{-DIN_{i,r}}} \quad [107]$$

Le rapport

$$\left(\frac{traK_{i,r,t}}{tK_{i,r,t}} \right) = \left(\frac{WK_{i,r,t}}{CUK_{i,r,t}} \right)$$

est de même forme que

$$q = \frac{\Delta MV}{p \Delta K} = \frac{\left(\frac{\bar{E}}{r_K} \right)}{\left(\frac{\bar{E}}{R} \right)} = \frac{\left(\frac{1}{r_K} \right)}{\left(\frac{1}{R} \right)} = \frac{R}{r_K} \quad [095]$$

et on peut voir que $tK_{i,r,t}$ joue le rôle d'un taux d'actualisation.

Lorsque $traK_{i,r,t} < tK_{i,r,t}$ le rendement du capital est inférieur à son coût d'usage et le « q » de Tobin est inférieur à 1. Il est à noter que, si le modèle devait se conformer strictement à la théorie de Tobin, il ne devrait pas y avoir d'investissement lorsque le « q » de Tobin est inférieur à 1. La spécification de Jung-Thorbecke représente donc un compromis par rapport à la théorie de l'investissement de Tobin. Cela dit, tout accroissement des investissements exerce une pression à la hausse sur le prix des biens d'investissement $PINVTOT_{r,t}$ tandis que, étant donné que le nouveau capital entre en action immédiatement, cela exerce une pression à

la baisse sur son taux de rémunération $WK_{i,r,t}$. Ainsi, la spécification [101] ou son équivalent [107] se rapprocheront d'autant plus du modèle théorique de Tobin que l'élasticité $\sigma_{DIN_{i,r}}$ est forte (elle est fixée à 40 dans MIRAGE-D).

De plus, lorsque le « q » de Tobin s'écarte de 1, il y a une divergence entre le taux de rémunération réalisé du capital ($WK_{i,r,t}$) et son coût d'usage ($CUK_{i,r,t}$). Comme nous allons le voir en détail sous peu, ce coût d'usage reflète le taux de rendement qui guide les décisions des gestionnaires de portefeuilles d'actifs physiques.

$tK_{i,r,t}$ est la valeur que doit atteindre le taux de rendement brut $traK_{i,r,t}$, compte tenu du taux d'actualisation $iac_{i,r,t}$ et de la dépréciation, pour que la valeur présente des revenus engendrés par le nouveau capital soit égale au coût de l'investissement. Autrement dit, si $traK_{i,r,t} = tK_{i,r,t}$, la valeur présente des revenus anticipés est égale au coût de l'investissement. Si, au contraire, $traK_{i,r,t} < tK_{i,r,t}$ (respectivement $>$), alors, au taux d'actualisation $iac_{i,r,t}$, la valeur présente des revenus anticipés est inférieure (respectivement supérieure) au financement requis. Nous pouvons donc appeler $tK_{i,r,t}$ le « taux de rendement brut cible » du capital.

2.4.4. Équilibrage de la demande d'actifs physiques et de la demande d'investissement par industrie et pays de destination

À la demande d'investissement [101] répond une fonction d'offre de financement qui n'est autre que la demande d'actifs physiques

$$PINVTOT_{s,t} INV_{i,r,s,t} = A DelK_{r,t} \delta_{i,r,s}^{\sigma_{DelK}} (1 + tKap_{i,s,t})^{-\sigma_{DelK}} DelK_{r,t} \quad [086]$$

L'équilibre entre les deux impose la contrainte

$$DINV_{i,s,t} = \sum_r INV_{i,r,s,t} \quad [108]$$

Nous allons expliciter la relation qui existe entre le taux de rendement net $tKap_{i,r,t}$ de [086] et le facteur $tK_{i,r,t}$ qui est lié au coût d'usage du capital par [105], lequel joue un rôle central dans la demande d'investissement [101]. La relation entre $tKap_{i,r,t}$ et $tK_{i,r,t}$ constitue donc le mécanisme d'équilibrage de la demande d'actifs physiques [086] et de la demande d'investissement [101]. Par le biais du coût d'usage du capital, toute hausse de $tK_{i,r,t}$ freine les investissements, ce qui réduit par conséquent les besoins de financement. Par ailleurs, une augmentation de $tKap_{i,r,t}$ pousse les gestionnaires à augmenter la part de l'actif physique i,r dans leurs dépenses d'investissement (équation [086] ; rappelons que, tel que spécifié dans [085], σ_{DelK} est négatif).

De plus, lorsque $tKap_{i,r,t}$ monte, nous verrons qu'il s'ensuit : d'une part, une augmentation du taux de rendement pondéré des actifs physiques $tRichK_{s,t}$ (équation [138]) qui pousse à accroître la demande d'actifs physiques (équation [057]) ; d'autre part, une diminution de la valeur du capital physique hérité du passé déjà détenu dans le portefeuille ($ValK_{s,t}$; équations [131] et [140]) : un phénomène analogue à celui de la baisse du prix des obligations en circulation qui accompagne une hausse du taux d'intérêt, ce qui entraîne en compensation une augmentation du montant des nouveaux investissements $DelK_{s,t}$ pour maintenir la valeur totale des actifs physiques $AcPhys_{s,t}$ au niveau désiré (équation [058]).

2.4.4.1 Taux de rendement sur nouvelles actions

Le taux d'actualisation $iac_{i,r,t}$ est celui qu'applique l'investisseur qui achète une participation pour financer un investissement dans le secteur i de la région r ²¹. Avec des anticipations stationnaires, étant donné [100], la valeur présente du flux de revenu qui sera généré par le nouvel investissement est donnée par

$$\sum_{s=0}^{\infty} \left(\frac{1 - \text{delta}_{i,r}}{1 + iac_{i,r,t}} \right)^s WK_{i,r,t} DINV_{i,r,t} = \frac{(1 + iac_{i,r,t}) WK_{i,r,t}}{(iac_{i,r,t} + \text{delta}_{i,r})} DINV_{i,r,t} \quad [109]$$

où la sommation commence à la période courante (zéro), puisque le nouveau capital devient instantanément productif. La valeur présente de ce flux de revenu est supérieure, égale ou inférieure au financement nécessaire selon que

$$\sum_{s=0}^{\infty} \left(\frac{1 - \text{delta}_{i,r}}{1 + iac_{i,r,t}} \right)^s WK_{i,r,t} DINV_{i,r,t} >, = \text{ou} < PINVTOT_{r,t} DINV_{i,r,t} \quad [110]$$

C'est-à-dire, étant donné [109], selon que

$$\frac{(1 + iac_{i,r,t})}{(iac_{i,r,t} + \text{delta}_{i,r})} \frac{WK_{i,r,t}}{PINVTOT_{r,t}} >, = \text{ou} < 1 \quad [111]$$

ou encore, étant donné les définitions [104] et [105], selon que

²¹

On suppose que le taux d'actualisation dépend de la région où se fait l'investissement, et non de celle d'où proviennent les fonds. Les variations de ce taux d'actualisation reflètent donc le degré de risque qu'attribue « le marché » à chacune des régions, plutôt que des divergences de préférence temporelle.

$$\frac{traK_{i,r,t}}{tK_{i,r,t}} >, = \text{ou} < 1 \quad [112]$$

$tK_{i,r,t}$, qui dépend uniquement du taux de dépréciation $\delta_{i,r}$ et du taux d'actualisation appliqué par l'investisseur $iac_{i,r,t}$, est donc la valeur que doit atteindre le taux de rendement brut $traK_{i,r,t}$ pour que la valeur présente des revenus engendrés par le nouveau capital soit égale au coût de l'investissement.

Si $traK_{i,r,t} < (>) tK_{i,r,t}$ la valeur présente des revenus engendrés par le nouveau capital est inférieure (supérieure) au coût de l'investissement. Le revenu qu'il faut promettre à un investisseur pour le convaincre d'avancer le financement nécessaire (de souscrire les nouvelles actions) est alors supérieur (inférieur) à celui engendré par le nouveau capital. Cela se fait en ajustant la part des revenus futurs de l'entreprise qui reviendront au nouvel investisseur : selon que $traK_{i,r,t} < \text{ou} > tK_{i,r,t}$, cette part sera supérieure ou inférieure à sa contribution au capital, cette dernière étant de $\frac{DINV_{i,r,t}}{KTOT_{i,r,t}}$.

Nous pouvons maintenant expliciter la relation entre $tK_{i,r,t}$ et $tKap_{i,r,t}$, le taux de rendement net exigé par le nouvel investisseur (équation [086]). Par analogie avec le marché boursier, on peut dire que le nombre de nouvelles actions $\Delta N_{i,r,t}$ souscrites au montant total de $PINVTOT_{i,r,t} DINV_{i,r,t}$ doit satisfaire la condition

$$\frac{\Delta N_{i,r,t}}{N_{i,r,t} + \Delta N_{i,r,t}} WK_{i,r,t} KTOT_{i,r,t} = tK_{i,r,t} PINVTOT_{r,t} DINV_{i,r,t} \quad [113]$$

où

$\Delta N_{i,r,t}$ est le nombre de nouvelles actions ;

$N_{i,r,t}$ est le nombre d'anciennes actions.

Le membre de gauche est le montant du revenu qui sera versé aux nouveaux actionnaires²², en fonction de leur part de propriété (de la fraction des actions qu'ils possèdent). Le membre de droite est le revenu qu'ils doivent recevoir pour que la valeur présente des revenus qu'ils tireront de l'investissement soit égale au montant investi. En d'autres mots, le nombre de

²²

À la période courante. Au cours des périodes suivantes, les deux membres de l'équation diminuent au rythme de la dépréciation du capital.

nouvelles actions émises doit être tel que la part des revenus anticipés qui reviendra aux nouveaux actionnaires produise le rendement exigé par eux.

On substitue [104] dans la condition [113] et on obtient

$$\frac{\Delta N_{i,r,t}}{N_{i,r,t} + \Delta N_{i,r,t}} \text{tra}K_{i,r,t} \text{PINVTOT}_{r,t} \text{KTOT}_{i,r,t} = tK_{i,r,t} \text{PINVTOT}_{r,t} \text{DINV}_{i,r,t} \quad [114]$$

$$\frac{\Delta N_{i,r,t}}{N_{i,r,t} + \Delta N_{i,r,t}} \text{tra}K_{i,r,t} \text{KTOT}_{i,r,t} = tK_{i,r,t} \text{DINV}_{i,r,t} \quad [115]$$

$$\frac{\Delta N_{i,r,t}}{N_{i,r,t} + \Delta N_{i,r,t}} \text{KTOT}_{i,r,t} = \frac{tK_{i,r,t}}{\text{tra}K_{i,r,t}} \text{DINV}_{i,r,t} \quad [116]$$

Ainsi, les nouveaux actionnaires sont propriétaires d'une quantité de capital physique égale à

$$\frac{tK_{i,r,t}}{\text{tra}K_{i,r,t}} \text{DINV}_{i,r,t} \quad [117]$$

Si $tK_{i,r,t} > \text{tra}K_{i,r,t}$ les nouveaux actionnaires sont propriétaires d'une quantité de capital dont la valeur de remplacement est supérieure au montant qu'ils ont souscrit ; en d'autres mots, ils paient leurs actions à un prix inférieur à la valeur de remplacement du capital dont ils acquièrent la propriété. D'où, dans ce cas de figure, dilution de la propriété du capital des détenteurs des anciennes actions ; dans le cas contraire, il y a revalorisation. Les nouveaux actionnaires ont droit au revenu attaché à la quantité de capital physique dont ils sont propriétaires :

$$\text{tra}K_{i,r,t} \text{PINVTOT}_{r,t} \left(\frac{tK_{i,r,t}}{\text{tra}K_{i,r,t}} \text{DINV}_{i,r,t} \right) = tK_{i,r,t} \text{PINVTOT}_{r,t} \text{DINV}_{i,r,t} \quad [118]$$

où l'on reconnaît l'expression [117] entre parenthèses dans le membre de gauche. Cela confirme que $tK_{i,r,t}$ est le taux de rendement brut versé sur le nouveau capital. Mais quel est le taux de rendement *net* correspondant ? Voyons cela.

2.4.4.2 Relation entre le taux de rendement brut $tK_{i,r,t}$ et le taux de rendement net $tKap_{i,r,t}$

Pour chaque dollar investi, l'investisseur obtient un flux de revenu anticipé de $tK_{i,r,t}$ à la période courante, déclinant par la suite au rythme du taux de dépréciation. Le taux de rendement *net*, $tKap_{i,r,t}$ est celui qui correspond à un flux de revenu anticipé *constant* de même valeur présente :

$$\sum_{s=0}^{\infty} \left(\frac{1}{1 + iac_{i,r,t}} \right)^s tKap_{i,r,t} = \sum_{s=0}^{\infty} \left(\frac{1 - \text{delta}_{i,r}}{1 + iac_{i,r,t}} \right)^s tK_{i,r,t} = 1 \quad [119]$$

étant donné

$$tK_{i,r,t} = \frac{(iac_{i,r,t} + \text{delta}_{i,r})}{(1 + iac_{i,r,t})} = \frac{1}{\sum_{s=0}^{\infty} \left(\frac{1 - \text{delta}_{i,r}}{1 + iac_{i,r,t}} \right)^s} \quad [105]$$

Il s'ensuit

$$\left(\frac{1 + iac_{i,r,t}}{iac_{i,r,t}} \right) tKap_{i,r,t} = 1, \text{ c'est-à-dire } tKap_{i,r,t} = \frac{iac_{i,r,t}}{1 + iac_{i,r,t}} \quad [120]$$

Pour maintenir la quantité de capital dont il est propriétaire et s'assurer ainsi un flux de revenu constant, l'investisseur qui reçoit à la période courante un revenu brut de $tK_{i,r,t}$ doit mettre de côté

$$tK_{i,r,t} - tKap_{i,r,t} = \frac{(iac_{i,r,t} + \text{delta}_{i,r})}{(1 + iac_{i,r,t})} - \frac{iac_{i,r,t}}{1 + iac_{i,r,t}} = \frac{\text{delta}_{i,r}}{1 + iac_{i,r,t}} \quad [121]$$

pour le laisser fructifier pendant la période courante au taux de $iac_{i,r,t}$ et ensuite, à la période suivante, le réinvestir en remplacement du capital déprécié.

C'est donc bien le taux de rendement net $tKap_{i,r,t}$ qui guide les choix des gestionnaires de portefeuille et qui figure dans les fonctions de demande d'actifs physiques [086].

La relation entre $tKap_{i,r,t}$ et $tK_{i,r,t}$ est donc donnée par

$$\begin{aligned}
{}^tKap_{i,r,t} &= \frac{iac_{i,r,t}}{1+iac_{i,r,t}} = \frac{1}{1-\delta_{i,r}} \frac{iac_{i,r,t}(1-\delta_{i,r})}{1+iac_{i,r,t}} \\
&= \frac{1}{1-\delta_{i,r}} \frac{iac_{i,r,t} - \delta_{i,r}iac_{i,r,t}}{1+iac_{i,r,t}} \\
&= \frac{1}{1-\delta_{i,r}} \left[\frac{iac_{i,r,t} + \delta_{i,r}}{1+iac_{i,r,t}} - \delta_{i,r} \right] = \frac{{}^tK_{i,r,t} - \delta_{i,r}}{1-\delta_{i,r}}
\end{aligned} \tag{122}$$

Quant aux détenteurs des anciennes actions, ils doivent renoncer à ce qui sera versé aux détenteurs des nouvelles, un peu comme si le nouveau capital avait été levé par l'émission d'obligations de société ou d'actions privilégiées au taux de ${}^tK_{i,r,t}$. Ce coût de renonciation est très exactement le coût d'usage du capital :

$$CUK_{i,r,t} = PINVTOT_{r,t} {}^tK_{i,r,t} \tag{102}$$

2.4.4.3 Prix des actifs physiques et valeur de la capitalisation boursière

Puisque un nombre $\Delta N_{i,r,t}$ nouvelles actions ont été souscrites au montant total de $PINVTOT_{i,r,t}$ $DINV_{i,r,t}$ leur prix est de

$$\frac{PINVTOT_{r,t} DINV_{i,r,t}}{\Delta N_{i,r,t}} \tag{123}$$

Les détenteurs des anciennes actions, pour leur part, se partagent à la période courante un flux de revenu initial de

$$\begin{aligned}
&{}^traK_{i,r,t} PINVTOT_{r,t} KTOT_{i,r,t} - {}^tK_{i,r,t} PINVTOT_{r,t} DINV_{i,r,t} \\
&= PINVTOT_{r,t} \left({}^traK_{i,r,t} KTOT_{i,r,t} - {}^tK_{i,r,t} DINV_{i,r,t} \right)
\end{aligned} \tag{124}$$

En substituant $(1-\delta_{i,r})KTOT_{i,r,t-1} + DINV_{i,r,t}$ à $KTOT_{i,r,t}$ on trouve

$${}^traK_{i,r,t} PINVTOT_{r,t} KTOT_{i,r,t} - {}^tK_{i,r,t} PINVTOT_{r,t} DINV_{i,r,t}$$

$$= PINVTOT_{r,t} \left\{ traK_{i,r,t} \left[(1 - delta_{i,r}) KTOT_{i,r,t-1} + DINV_{i,r,t} \right] - tK_{i,r,t} DINV_{i,r,t} \right\} \quad [125]$$

$$= PINVTOT_{r,t} \left[traK_{i,r,t} (1 - delta_{i,r}) KTOT_{i,r,t-1} + (traK_{i,r,t} - tK_{i,r,t}) DINV_{i,r,t} \right] \quad [126]$$

Aux périodes suivantes, ce flux de revenu déclinera au fur et à mesure de la dépréciation. Puisque les détenteurs des anciennes actions et ceux des nouvelles sont les mêmes, représentés dans le modèle par les gestionnaires de portefeuille ; le taux d'actualisation qu'ils appliquent est donc le même : $iac_{i,r,t}$. Étant donné [105], la valeur présente du revenu que recevront les détenteurs des anciennes actions à partir de la période courante est donc égale à :

$$\begin{aligned} & \sum_{s=0}^{\infty} \left(\frac{1 - delta_{i,r}}{1 + iac_{i,r,t}} \right)^s PINVTOT_{r,t} (traK_{i,r,t} KTOT_{i,r,t} - tK_{i,r,t} DINV_{i,r,t}) \\ & = PINVTOT_{r,t} \left(\frac{traK_{i,r,t} KTOT_{i,r,t} - DINV_{i,r,t}}{tK_{i,r,t}} \right) \end{aligned} \quad [127]$$

ou encore, à partir de [126],

$$\begin{aligned} & \sum_{s=0}^{\infty} \left(\frac{1 - delta_{i,r}}{1 + iac_{i,r,t}} \right)^s PINVTOT_{r,t} (traK_{i,r,t} KTOT_{i,r,t} - tK_{i,r,t} DINV_{i,r,t}) \\ & = PINVTOT_{r,t} \left[\frac{traK_{i,r,t}}{tK_{i,r,t}} (1 - delta_{i,r}) KTOT_{i,r,t-1} + \left(\frac{traK_{i,r,t}}{tK_{i,r,t}} - 1 \right) DINV_{i,r,t} \right] \end{aligned} \quad [128]$$

Si $traK_{i,r,t} < tK_{i,r,t}$, ce montant est inférieur à la valeur de remplacement du capital déprécié hérité de la période précédente : $PINVTOT_{r,t} (1 - delta_{i,r}) KTOT_{i,r,t-1}$. C'est, bien sûr, la contrepartie de la situation des détenteurs des nouvelles actions, qui, eux, recevront un revenu dont la valeur présente est supérieure à la valeur de remplacement de l'investissement qu'ils financent.

Le prix des anciennes actions s'obtient en divisant leur valeur [127] par leur nombre :

$$\frac{PINVTOT_{r,t}}{N_{i,r,t}} \left(\frac{traK_{i,r,t}}{tK_{i,r,t}} KTOT_{i,r,t} - DINV_{i,r,t} \right) \quad [129]$$

Ce prix est identique à celui des nouvelles actions. La démonstration en est faite dans l'encadré qui suit.

Démonstration de l'égalité du prix des anciennes et des nouvelles actions :

En vertu de [116], le nombre de nouvelles actions est donné par

$$\frac{\Delta N_{i,r,t}}{N_{i,r,t} + \Delta N_{i,r,t}} = \frac{tK_{i,r,t}}{traK_{i,r,t}} \frac{DINV_{i,r,t}}{KTOT_{i,r,t}}$$

$$\Delta N_{i,r,t} = \frac{tK_{i,r,t}}{traK_{i,r,t}} \frac{DINV_{i,r,t}}{KTOT_{i,r,t}} (N_{i,r,t} + \Delta N_{i,r,t})$$

$$\left(1 - \frac{tK_{i,r,t}}{traK_{i,r,t}} \frac{DINV_{i,r,t}}{KTOT_{i,r,t}} \right) \Delta N_{i,r,t} = \frac{tK_{i,r,t}}{traK_{i,r,t}} \frac{DINV_{i,r,t}}{KTOT_{i,r,t}} N_{i,r,t}$$

$$\Delta N_{i,r,t} = \frac{\left(\frac{tK_{i,r,t}}{traK_{i,r,t}} \frac{DINV_{i,r,t}}{KTOT_{i,r,t}} \right)}{\left(1 - \frac{tK_{i,r,t}}{traK_{i,r,t}} \frac{DINV_{i,r,t}}{KTOT_{i,r,t}} \right)} N_{i,r,t}$$

$$\Delta N_{i,r,t} = \frac{1}{\left(\frac{traK_{i,r,t}}{tK_{i,r,t}} \frac{KTOT_{i,r,t}}{DINV_{i,r,t}} - 1 \right)} N_{i,r,t}$$

Il s'ensuit que le prix des nouvelles actions peut s'écrire

$$\frac{PINVTOT_{r,t} DINV_{i,r,t}}{\Delta N_{i,r,t}} = \frac{PINVTOT_{r,t} DINV_{i,r,t}}{N_{i,r,t}} \left(\frac{traK_{i,r,t}}{tK_{i,r,t}} \frac{KTOT_{i,r,t}}{DINV_{i,r,t}} - 1 \right)$$

$$\frac{PINVTOT_{r,t} \Delta N_{i,r,t} - DINV_{i,r,t}}{N_{i,r,t}} = \frac{PINVTOT_{r,t}}{N_{i,r,t}} \left(\frac{traK_{i,r,t}}{tK_{i,r,t}} KTOT_{i,r,t} - DINV_{i,r,t} \right)$$

ce qui est précisément le prix des anciennes actions.

Q.E.D.

Le prix des nouvelles actions étant le même que celui des anciennes, la valeur totale de la capitalisation boursière est donc simplement

$$\frac{traK_{i,r,t}}{tK_{i,r,t}} PINVTOT_{r,t} KTOT_{i,r,t} \quad [130]$$

Cela confirme encore une fois que, lorsque $traK_{i,r,t} < tK_{i,r,t}$, le « q » de Tobin, qui est défini comme le rapport de la capitalisation boursière sur le coût de remplacement du capital, est inférieur à 1.

2.4.4.4 Valeur du capital hérité de la période précédente

Nous venons de voir que la valeur du capital du secteur i dans la région r hérité de la période précédente est donné par

$$PINVTOT_{r,t} \left(\frac{traK_{i,r,t}}{tK_{i,r,t}} KTOT_{i,r,t} - DINV_{i,r,t} \right)$$

ce qui est égal au prix des actions, multiplié par leur nombre.

De ce capital hérité, l'agent s détient une part $PartK_{i,s,r,t-1}$ (où l'on prend note de l'indice de temps décalé). La valeur agrégée de l'ensemble des actifs physiques hérités de la période précédente détenus par l'agent régional s est donc

$$ValK_{s,t} = \sum_i \sum_r PartK_{i,s,r,t-1} PINVTOT_{r,t} \left(\frac{traK_{i,r,t}}{tK_{i,r,t}} KTOT_{i,r,t} - DINV_{i,r,t} \right) \quad [131]$$

Cette formule met bien en relief que la valeur du capital hérité diminue lorsque $tK_{i,r,t}$ augmente par rapport à $traK_{i,r,t}$.

2.4.4.5 Part du capital détenu par un agent

Compte tenu de sa contribution aux investissements courants, la part du capital de la période courante détenue par l'agent s est égale à :

$$PartK_{i,s,r,t} = \frac{PartK_{i,s,r,t-1} PINVTOT_{r,t} \left(\frac{traK_{i,r,t}}{tK_{i,r,t}} KTOT_{i,r,t} - DINV_{i,r,t} \right) + PINVTOT_{r,t} INV_{i,s,r,t}}{\frac{traK_{i,r,t}}{tK_{i,r,t}} PINVTOT_{r,t} KTOT_{i,r,t}} \quad [132]$$

Dans cette expression,

- le numérateur est la somme, (i) du produit de la part de l'agent dans le capital hérité du secteur i du pays r par sa valeur selon [127] et (ii) de ses dépenses d'investissement courantes dans le secteur i du pays r ;
- le dénominateur est la valeur courante de la capitalisation boursière du secteur i du pays r [130].

On simplifie et on développe

$$PartK_{i,s,r,t} = \frac{PartK_{i,s,r,t-1} \left(\frac{traK_{i,r,t}}{tK_{i,r,t}} KTOT_{i,r,t} - DINV_{i,r,t} \right) + INV_{i,s,r,t}}{\frac{traK_{i,r,t}}{tK_{i,r,t}} KTOT_{i,r,t}} \quad [133]$$

$$PartK_{i,s,r,t} = \frac{PartK_{i,s,r,t-1} \frac{traK_{i,r,t}}{tK_{i,r,t}} KTOT_{i,r,t} - PartK_{i,s,r,t-1} DINV_{i,r,t} + INV_{i,s,r,t}}{\frac{traK_{i,r,t}}{tK_{i,r,t}} KTOT_{i,r,t}} \quad [134]$$

et on trouve :

$$PartK_{i,s,r,t} = PartK_{i,s,r,t-1} + \frac{INV_{i,s,r,t} - PartK_{i,s,r,t-1} DINV_{i,r,t}}{\frac{traK_{i,r,t}}{tK_{i,r,t}} KTOT_{i,r,t}} \quad [135]$$

Si la part d'un agent dans les investissements courants, $\frac{INV_{i,s,r,t}}{DINV_{i,r,t}}$, est supérieure à sa part du capital hérité du passé, $PartK_{i,s,r,t-1}$, alors sa part augmente ; dans le cas contraire, elle diminue. C'est la loi d'évolution des parts de propriété des actifs physiques, qui tient compte de la réévaluation des actifs physiques hérités du passé. Ce sont ces parts qui servent à répartir la rémunération du capital.

2.4.4.6 Rémunération du capital et taux de rendement net moyen pondéré des actifs physiques

Le montant total versé par le secteur i du pays r comme rémunération du capital utilisé est $traK_{i,r,t} PINVTOT_{r,t} KTOT_{i,r,t}$. De ce montant, l'agent s reçoit ce qui correspond à sa part, soit $PartK_{i,s,r,t} traK_{i,r,t} PINVTOT_{r,t} KTOT_{i,r,t}$. On substitue [133] et on trouve

$$PartK_{i,s,r,t} traK_{i,r,t} PINVTOT_{r,t} KTOT_{i,r,t} = tK_{i,r,t} PINVTOT_{r,t} \left[PartK_{i,s,r,t-1} \left(\frac{traK_{i,r,t} KTOT_{i,r,t}}{tK_{i,r,t}} - DINV_{i,r,t} \right) + INV_{i,s,r,t} \right] \quad [136]$$

Puisque

$$PINVTOT_{r,t} \left(\frac{traK_{i,r,t} KTOT_{i,r,t}}{tK_{i,r,t}} - DINV_{i,r,t} \right) \quad [127]$$

est la valeur du capital du secteur i dans la région r hérité de la période précédente, l'équation [136] montre que la rémunération du capital reçue par l'agent s pour le capital qu'il détient dans le secteur i du pays r correspond exactement à un taux de rendement brut de $tK_{i,r,t}$ sur la valeur de ce capital. De ce montant,

$$tKap_{i,r,t} PINVTOT_{r,t} \left[PartK_{i,s,r,t-1} \left(\frac{traK_{i,r,t} KTOT_{i,r,t}}{tK_{i,r,t}} - DINV_{i,r,t} \right) + INV_{i,s,r,t} \right] \quad [137]$$

constitue un rendement net. Le rendement net pondéré dont jouit l'agent s sur ses actifs physiques est donc

$$tRichK_{s,t} = \frac{\sum_i \sum_r tKap_{i,r,t} PINVTOT_{r,t} \left[PartK_{i,s,r,t-1} \left(\frac{traK_{i,r,t}}{tK_{i,r,t}} KTOT_{i,r,t} - DINV_{i,r,t} \right) + INV_{i,s,r,t} \right]}{\sum_i \sum_r PINVTOT_{r,t} \left[PartK_{i,s,r,t-1} \left(\frac{traK_{i,r,t}}{tK_{i,r,t}} KTOT_{i,r,t} - DINV_{i,r,t} \right) + INV_{i,s,r,t} \right]} \quad [138]$$

c'est-à-dire, étant donné [131] et [083],

$$tRichK_{s,t} = \frac{\sum_i \sum_r tKap_{i,r,t} PINVTOT_{r,t} \left[PartK_{i,s,r,t-1} \left(\frac{traK_{i,r,t}}{tK_{i,r,t}} KTOT_{i,r,t} - DINV_{i,r,t} \right) + INV_{i,s,r,t} \right]}{ValK_{s,t} + DelK_{s,t}} \quad [139]$$

EqtRiPh(s,t,sim)..
tRichK(s,t,sim) = e=
sum((i,r)\$KO(i,s,r),
tKap(i,r,t,sim)*PINVTOT(r,t,sim)*(PartK_(i,s,r)*
(traK(i,r,t,sim)*KTOT(i,r,t,sim)/tK(i,r,t,sim)-DINV(i,r,t,sim))
+INV(i,s,r,t,sim)))/(ValK(s,t,sim)+DelK(s,t,sim)) ;

2.4.5. Synthèse : équations du bloc des investissements dans MIRAGE-D

Tous les éléments sont maintenant en place et nous pouvons regrouper les équations qui figurent dans le modèle. La demande d'actifs physiques

$$PINVTOT_{s,t} INV_{i,r,s,t} = A DelK_{r,t} \delta_{i,r,s}^{\sigma_{DelK}} \left(1 + tKap_{i,s,t} \right)^{-\sigma_{DelK}} DelK_{r,t} \quad [086]$$

EqINV2(i,r,s,t,sim)..
PINVTOT(s,t,sim)*INV(i,r,s,t,sim) = e=
ADelK(r,t,sim)*a_DelK(i,r,s)*tKplus1(i,s,t,sim)*DelK(r,t,sim) ;
EqTauI(i,s,t,sim)..

$$tKap(i,s,t,sim) = e = (tKplus1(i,s,t,sim)**(1/sigma_DelK))-1 ;$$

avec

$$a_DelK(i,r,s) = \delta_{i,r,s}^{sigma_DelK}$$

$$-sigma_DelK = sigma_DelK = \frac{1}{1 - \beta DelK}$$

et où $1 < \beta DelK < \infty$ implique $-\infty < sigma_DelK < 0$ et $sigma_DelK > 0$.

L'équation [086] répartit les dépenses d'investissement de l'agent r , $DelK_{r,t}$, entre secteurs i et pays s , selon les taux de rendement net $tKap_{i,s,t}$. Ceux-ci sont liés au taux brut par les relations

$$tKap_{i,r,t} = \frac{iac_{i,r,t}}{iac_{i,r,t} + delta_{i,r}} tK_{i,r,t} \quad [140]$$

ou

$$tKap_{i,r,t} = \frac{tK_{i,r,t} - delta_{i,r}}{1 - delta_{i,r}} \quad [122]$$

EqTKbrut(i,s,t,sim)..

$$tK(i,s,t,sim) = e = (1 - delta(s)) * tKap(i,s,t,sim) + delta(s) ;$$

Les taux de rendement brut déterminent les coûts d'usage du capital

$$CUK_{i,r,t} = PINVTOT_{r,t} tK_{i,r,t} \quad [106]$$

Eq_tK(i,r,t,sim) ..

$$CUK(i,r,t,sim) = e = PINVTOT(r,t,sim) * tK(i,r,t,sim) ;$$

qui, à leur tour, conditionnent la demande d'investissement par destination

$$\frac{DINV_{i,r,t}}{KTOT_{i,r,t}} = a_DIN_{i,r} \left(\frac{WK_{i,r,t}}{CUK_{i,r,t}} \right)^{sigma_DIN_{i,r}} = a_DIN_{i,r} \left(\frac{traK_{i,r,t}}{tK_{i,r,t}} \right)^{sigma_DIN_{i,r}} \quad [107]$$

$$\begin{aligned} & \text{Eq_CUK}(i,r,t,\text{sim}) \dots \\ & \text{DINV}(i,r,t,\text{sim}) = \text{KTOT}(i,r,t,\text{sim}) * a_DIN(i,r) \\ & \quad * ((WK(i,r,t,\text{sim})/CUK(i,r,t,\text{sim})) ** \sigma_DIN(i,r)) ; \end{aligned}$$

Les variations des taux de rendement brut des actifs physiques $tK_{i,s,t}$ par rapport aux taux de rendement brut du capital $traK_{i,s,t}$ permettent ainsi d'équilibrer l'offre et la demande de manière à réaliser la condition d'équilibre

$$DINV_{i,s,t} = \sum_r INV_{i,r,s,t} \quad [108]$$

$$\begin{aligned} & \text{Eq_DIN}(i,r,t,\text{sim}) \$DINVO(i,r) \dots \\ & \text{DINV}(i,r,t,\text{sim}) = \text{sum}(s\$INVO(i,s,r), INV(i,s,r,t,\text{sim})) ; \end{aligned}$$

Mais, tandis que les nouveaux investisseurs reçoivent effectivement le taux de rendement brut exigé $tK_{i,s,t}$, l'ensemble du capital utilisé, ancien et nouveau, génère un taux de rendement brut de $traK_{i,s,t}$. Pour que le taux de rendement des actifs physiques des détenteurs d'ancien capital soit le même que celui des nouveaux investisseurs, il faut donc que les actifs physiques hérités du passé soient réévalués, à la baisse si $tK_{i,s,t} > traK_{i,s,t}$, à la hausse dans le cas contraire. C'est ce que représente l'équation de $ValK_{s,t}$:

$$ValK_{s,t} = \sum_i \sum_r PartK_{i,s,r,t-1} PINVTOT_{r,t} \left\{ \frac{traK_{i,r,t}}{tK_{i,r,t}} KTOT_{i,r,t} - DINV_{i,r,t} \right\} \quad [131]$$

$$\begin{aligned} & \text{EqPtfK}(s,t,\text{sim}) \dots \\ & ValK(s,t,\text{sim}) = \text{sum}((i,r) \$KO(i,s,r), \\ & PartK_{i,s,r} * PINVTOT(r,t,\text{sim}) * (KTOT(i,r,t,\text{sim}) * traK(i,r,t,\text{sim}) / tK(i,r,t,\text{sim}) \\ & \quad - DINV(i,r,t,\text{sim}))) ; \end{aligned}$$

Cela étant fait, chaque agent reçoit de la rémunération du capital une part égale à sa part de propriété, calculée comme

$$PartK_{i,s,r,t} = PartK_{i,s,r,t-1} + \frac{INV_{i,s,r,t} - PartK_{i,s,r,t-1}DINV_{i,r,t}}{\frac{traK_{i,r,t}}{tK_{i,r,t}} KTOT_{i,r,t}} \quad [135]$$

```
EqParK(i,s,r,t,sim)$PartK_(i,s,r)..
PartK(i,s,r,t,sim) =e=
PartK_(i,s,r)
+(INV(i,s,r,t,sim)$INVO(i,s,r)-PartK_(i,s,r)*DINV(i,r,t,sim))
/(KTOT(i,r,t,sim)*traK(i,r,t,sim)/tK(i,r,t,sim)) ;
```

3. SIMULATIONS AVEC MIRAGE-D

3.1. Application de MIRAGE-D

La programmation de MIRAGE-D a été développée à partir de celle de MIRAGE, en prenant appui sur une base de données agrégée de petites dimensions. La taille modérée des fichiers de résultats permettait un suivi détaillé et facilitait les diagnostics. Cette approche a été rendue possible par la flexibilité de MIRAGE, qui permet d'appliquer le même programme GAMS à des bases de données diversement agrégées, grâce au jeu des ensembles d'indices et à une utilisation sophistiquée des énoncés **\$BATINCLUDE**.

Toutefois, l'agrégation retenue n'est pas grossière au point de vider les résultats de leur intérêt. La version de MIRAGE-D présentée ici distingue 14 pays ou groupes de pays. Ce sont :

- Afrique au Sud du Sahara (AfriSS)
- Chine (incl. Hong Kong) (ChineHK)
- « Europe des Quinze » (EU15)
- Reste de l'Union Européenne (avant 2007) (EUplus)
- Inde
- Japon
- Moyen-Orient et Afrique du Nord (MO_AN)
- Pays en développement d'Amérique Latine (PEDAmL)
- Pays en développement d'Asie-Pacifique (PEDAsPa)
- Reste de l'Amérique Latine (RdAmL)
- Reste de l'Asie (RdAsie)
- Reste du Monde (RdM)
- Pays en transition (Transit)
- États-Unis d'Amérique (USA)

Cette version du modèle comporte 5 catégories de biens/activités productives :

- Agriculture (Agri)
- Autres produits primaires (AutPrim)
- Fabrication (Manuf)
- Services, sauf transport (Serv)
- Transport (Transp)

Les simulations s'étendent sur une période de quinze ans, de 2001 à 2015. Dans les scénarios examinés, l'économie mondiale évolue en dynamique séquentielle, sans aucun changement exogène²³. Les changements portent, non pas sur les paramètres de taxes ou autres instruments de politique, mais plutôt sur la structure même du modèle. Nous avons construit une version de MIRAGE adaptée aux comparaisons avec les diverses variantes de MIRAGE-D (voir 3.3 plus loin). Le scénario de référence de cette version de MIRAGE (*MIRAGE_base5.gms*) est arrimé aux prévisions de la Banque Mondiale quant à l'évolution des PIB réels par pays. Ce scénario, prévoit une croissance mondiale de quelque 54 % entre 2001 et 2015. La solution de référence de cette version de MIRAGE a servi à calculer la productivité globale des facteurs par pays, qui est ensuite considérée comme exogène dans MIRAGE-D.

3.2. Résultats de MIRAGE-D

Le tableau suivant présente l'évolution du PIB réel par pays ou groupe de pays.

Tableau 1
Évolution du PIB réel par pays/région, 2001-2015
(2001=100)

	AfriSS	ChineHK	EU15	EUplus	Inde	Japon	MO_AN	PEDAmL	PEDAsPa	RdAmL	RdAsie	RdM	Transit	USA	Total
2001	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2002	106	109	101	102	105	100	103	99	106	99	107	104	107	101	101
2003	110	119	102	106	115	103	109	99	113	101	110	106	116	104	104
2004	114	130	104	111	121	108	114	104	121	106	117	110	126	108	108
2005	119	140	106	115	129	110	119	108	128	110	123	114	134	111	112
2006	124	150	109	120	137	113	124	111	136	114	129	117	140	114	116
2007	130	160	112	125	146	115	129	114	143	118	136	121	146	118	120
2008	135	171	115	130	154	117	135	117	151	122	142	125	151	121	124
2009	140	183	118	134	163	119	141	120	158	126	149	129	156	125	128
2010	145	194	121	138	173	121	146	124	166	130	156	133	160	129	132
2011	150	207	124	142	183	124	152	127	174	134	164	137	164	133	136
2012	156	220	127	146	193	126	159	131	183	138	171	142	169	137	141
2013	162	234	130	150	204	128	165	135	192	143	179	146	173	141	145
2014	167	249	133	155	215	130	172	138	201	147	187	150	178	146	150
2015	173	264	136	160	227	132	179	142	210	152	196	155	183	150	154
Rang	7	1	13	8	2	14	6	12	3	10	4	9	5	11	

²³ Le scénario de référence ne tient donc aucun compte de changements connus, comme la suppression des accords multifibres à partir de 2003, le *Farm Bill* de 2004 ou l'évolution de l'OMC.

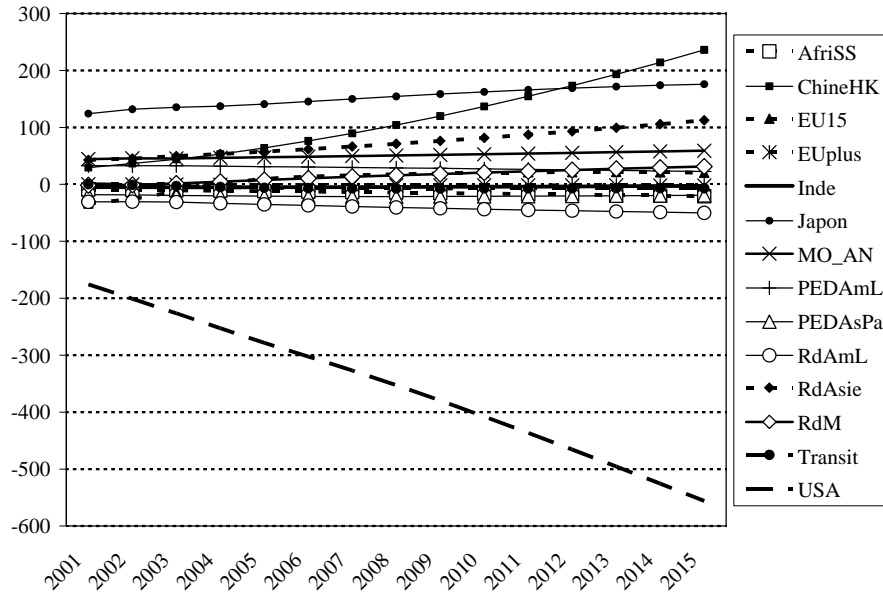
On remarque évidemment la croissance rapide de la Chine, mais aussi de l'Inde, des pays en développement de la région Asie-Pacifique et du Reste de l'Asie. Les économies plus mûres de l'Europe des Quinze et du Japon croissent moins rapidement que l'ensemble, tandis que les États-Unis suivent le rythme. Cette croissance inégale entraîne une évolution correspondante dans les parts du PIB réel mondial ; c'est ce qui est illustré dans le tableau suivant.

Tableau 2
Évolution des parts des pays/régions dans le PIB mondial réel, 2001-2015
(%)

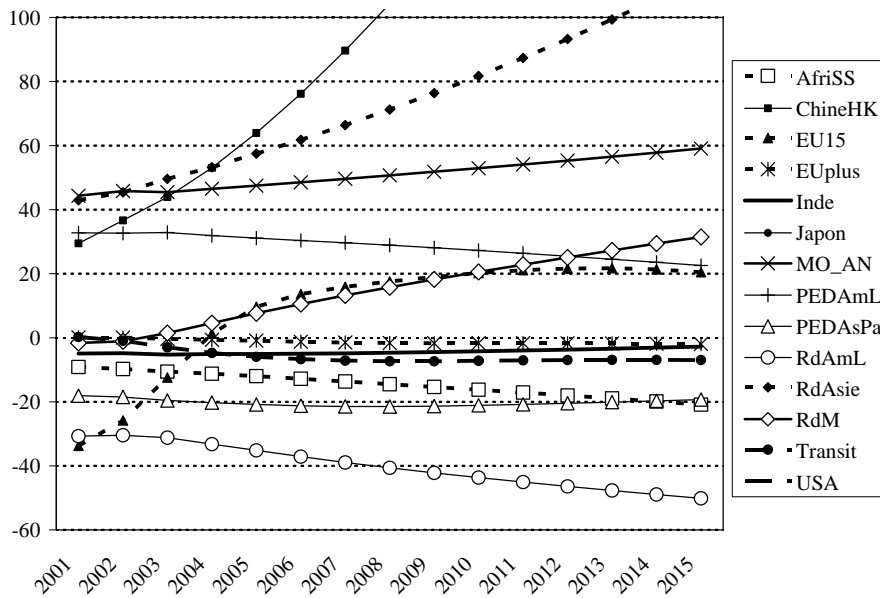
	AfriSS	ChineHK	EU15	EUplus	Inde	Japon	MO_AN	PEDAmL	PEDAsPa	RdAmL	RdAsie	RdM	Transit	USA	Total
2001	1.03	4.36	24.50	1.12	1.55	13.34	2.84	1.63	2.08	4.60	2.85	5.33	1.60	33.17	100.00
2002	1.07	4.67	24.30	1.12	1.60	13.09	2.87	1.59	2.17	4.48	2.99	5.45	1.68	32.91	100.00
2003	1.08	4.97	23.77	1.13	1.70	13.10	2.96	1.55	2.25	4.45	3.00	5.41	1.77	32.85	100.00
2004	1.08	5.21	23.31	1.14	1.72	13.18	2.96	1.57	2.30	4.48	3.06	5.38	1.84	32.78	100.00
2005	1.09	5.42	23.08	1.14	1.77	13.04	2.99	1.56	2.36	4.49	3.10	5.37	1.89	32.71	100.00
2006	1.10	5.62	22.96	1.16	1.82	12.87	3.02	1.55	2.41	4.50	3.16	5.36	1.92	32.55	100.00
2007	1.11	5.81	22.83	1.16	1.88	12.71	3.05	1.54	2.47	4.51	3.21	5.36	1.93	32.42	100.00
2008	1.12	6.01	22.68	1.17	1.93	12.55	3.08	1.54	2.51	4.52	3.27	5.36	1.94	32.33	100.00
2009	1.12	6.21	22.53	1.17	1.97	12.39	3.11	1.53	2.56	4.52	3.32	5.36	1.94	32.28	100.00
2010	1.13	6.40	22.36	1.16	2.02	12.23	3.14	1.53	2.60	4.52	3.37	5.36	1.93	32.25	100.00
2011	1.13	6.60	22.20	1.16	2.07	12.06	3.17	1.52	2.65	4.52	3.42	5.35	1.92	32.23	100.00
2012	1.14	6.81	22.03	1.16	2.12	11.90	3.19	1.52	2.69	4.52	3.46	5.35	1.91	32.21	100.00
2013	1.14	7.01	21.87	1.16	2.17	11.73	3.22	1.51	2.73	4.51	3.51	5.34	1.90	32.20	100.00
2014	1.15	7.23	21.70	1.15	2.22	11.56	3.25	1.50	2.77	4.51	3.56	5.33	1.89	32.18	100.00
2015	1.15	7.44	21.53	1.15	2.27	11.40	3.27	1.50	2.81	4.50	3.60	5.33	1.88	32.16	100.00

Là n'est cependant pas l'intérêt de MIRAGE-D. Il est plutôt dans la prise en compte de la position extérieure nette des pays ou régions. Les graphiques 1a et 1b montrent l'évolution des positions extérieures *financières* nettes. On désigne par cette expression l'écart entre l'actif et le passif financier d'une région vis-à-vis le reste du monde, excluant les investissements directs, mais incluant les réserves de change autres que l'or (voir la définition comptable à l'annexe 2). Le graphique 1a met clairement en évidence la position extérieure négative des États-Unis. À l'horizon 2015, les actifs financiers extérieurs nets de la Chine, du Japon et du Reste de l'Asie équivalent à plus de 90 % de la dette extérieure nette des États-Unis. Le graphique 1b n'est rien d'autre qu'un agrandissement de la partie centrale du graphique 1a. Les États-Unis et le Japon sont en-dehors de la zone représentée dans le graphique 1b, tandis que les trajectoires de la Chine et du Reste de l'Asie en sortent. L'agrandissement permet de mieux suivre les trajectoires des pays et régions.

Graphique 1a : Évolution des positions extérieures nettes hors IDE (dizaines de milliards)



**Graphique 1b (agrandissement de la partie centrale du graphique 1a)
Évolution des positions extérieures nettes hors IDE (dizaines de milliards)**



Il n'est pas sans intérêt d'examiner le rapport de la position financière extérieure nette sur le PIB. C'est ce qui est fait au tableau 3. Les évolutions les plus spectaculaires sont celles de la Chine, qui passe d'un rapport de 22 % à 73 %, et des États-Unis, dont la position négative nette passe de 17 % à 40 % de leur PIB. Quant à l'Afrique au Sud du Sahara, dont l'endettement financier représentait en 2001 28 % de son PIB, son rapport se détériore pour atteindre 38 % à l'horizon 2015.

Tableau 3
Rapport de la position extérieure financière nette sur le PIB, 2001-2015
(%)

	AfriSS	ChineHK	EU15	EUplus	Inde	Japon	MO AN	PEDAmL	PEDAsPa	RdAmL	RdAsie	RdM	Transit	USA
2001	-28.4	22.3	-4.3	0.3	-10.3	29.7	50.3	62.5	-28.5	-20.8	48.7	-0.9	0.5	-17.4
2002	-28.2	25.4	-3.2	0.1	-9.5	31.5	50.8	64.5	-27.2	-21.2	48.1	-0.6	-1.7	-20.5
2003	-29.3	27.8	-1.5	-0.8	-9.4	30.8	46.8	64.4	-26.8	-21.0	51.0	0.8	-5.1	-22.5
2004	-30.1	31.0	0.2	-1.6	-8.8	29.7	46.7	58.9	-26.3	-21.3	51.5	2.4	-7.6	-24.2
2005	-30.9	35.0	1.1	-2.2	-8.2	29.9	45.8	56.0	-25.7	-21.9	53.3	3.9	-9.0	-26.0
2006	-31.8	39.3	1.6	-2.9	-7.6	30.4	45.1	53.4	-25.0	-22.4	54.8	5.2	-9.7	-27.6
2007	-32.7	43.5	1.8	-3.4	-7.0	30.7	44.5	50.8	-24.0	-22.9	56.3	6.3	-10.0	-29.1
2008	-33.6	47.7	1.9	-3.6	-6.4	31.0	43.9	48.3	-23.0	-23.2	57.8	7.3	-10.0	-30.6
2009	-34.4	51.8	2.0	-3.6	-5.8	31.2	43.2	45.7	-21.9	-23.4	59.3	8.2	-9.7	-32.1
2010	-35.1	55.8	2.1	-3.5	-5.2	31.3	42.6	43.1	-20.7	-23.6	60.8	9.0	-9.3	-33.5
2011	-35.8	59.6	2.1	-3.4	-4.6	31.3	42.0	40.6	-19.5	-23.6	62.3	9.7	-8.8	-34.9
2012	-36.5	63.2	2.1	-3.4	-4.0	31.3	41.4	38.2	-18.3	-23.7	63.7	10.3	-8.5	-36.2
2013	-37.2	66.6	2.1	-3.4	-3.5	31.2	40.9	35.9	-17.3	-23.7	65.1	10.8	-8.2	-37.4
2014	-37.8	69.8	2.0	-3.5	-3.0	31.0	40.4	33.5	-16.2	-23.6	66.5	11.3	-7.9	-38.6
2015	-38.4	72.9	1.9	-3.5	-2.6	30.8	39.8	31.3	-15.2	-23.5	67.9	11.8	-7.8	-39.7

Les changements dans les positions financières extérieures nettes ne sont pas sans conséquences sur les flux de la balance des paiements. Le tableau 4 montre l'évolution du revenu net des investissements de portefeuille résultant de la position financière extérieure nette, en proportion du PIB. Le cas de la Chine appelle des commentaires. Il peut sembler surprenant que, sauf durant les premières périodes, la Chine, qui a une position financière extérieure nette fortement positive, paie davantage de revenus d'investissements de portefeuille qu'elle n'en reçoit. Mais selon les données financières utilisées pour calibrer le modèle, le taux de rendement payé par la Chine sur son passif international est de loin le plus élevé de tous (de l'ordre de 12 %). Or la croissance rapide de la Chine exige des investissements importants, dont une part est financée indirectement par emprunts, ce qui a pour effet de pousser encore plus haut le taux payé, tandis que le taux de rendement marginal reçu demeure celui du portefeuille mondial. Il en résulte un revenu net négatif qui, à l'horizon 2015, atteint 3,5 % du PIB, soit le double du rapport correspondant pour les États-Unis, dont le PIB est cependant plus de quatre fois celui de la Chine à l'horizon 2015.

Il est raisonnable de croire que ce scénario ne va pas se réaliser. Car le comportement des gestionnaires de portefeuille dans *MIRAGE-D* est gouverné par des paramètres qui ont été calibrés sur des données financières de 2001. On peut s'attendre à des changements structurels (changements des valeurs de paramètres) qui feront que la Chine sera de moins en moins désavantagée dans ses transactions financières internationales.

Tableau 4
Rapport des paiements extérieurs nets de revenus de placements sur le PIB, 2001-2015
 (%)

	AfriSS	ChineHK	EU15	EUplus	Inde	Japon	MO_AN	PEDAmL	PEDAsPa	RdAmL	RdAsie	RdM	Transit	USA
2001	0.56	-0.44	0.09	-1.95	0.29	-0.90	-1.65	-0.12	1.38	1.43	1.00	0.81	1.87	-0.06
2002	0.68	-0.26	-0.15	-1.95	0.27	-0.99	-1.70	-0.20	1.31	1.40	0.91	0.73	1.92	0.16
2003	0.82	0.01	-0.44	-1.85	0.30	-0.96	-1.53	-0.29	1.28	1.34	0.76	0.59	2.06	0.36
2004	0.99	0.16	-0.71	-1.77	0.29	-0.97	-1.62	-0.37	1.28	1.36	0.55	0.42	2.16	0.60
2005	1.13	0.31	-0.94	-1.70	0.28	-1.02	-1.65	-0.45	1.25	1.38	0.35	0.26	2.22	0.81
2006	1.26	0.49	-1.12	-1.63	0.26	-1.07	-1.67	-0.50	1.20	1.39	0.20	0.11	2.22	0.98
2007	1.38	0.69	-1.28	-1.58	0.23	-1.10	-1.68	-0.55	1.12	1.38	0.05	-0.03	2.19	1.14
2008	1.47	0.94	-1.44	-1.57	0.21	-1.13	-1.68	-0.59	1.02	1.35	-0.08	-0.16	2.13	1.28
2009	1.54	1.23	-1.60	-1.57	0.18	-1.15	-1.66	-0.62	0.91	1.31	-0.19	-0.29	2.05	1.40
2010	1.60	1.55	-1.76	-1.58	0.15	-1.16	-1.64	-0.65	0.80	1.26	-0.29	-0.40	1.96	1.50
2011	1.64	1.91	-1.91	-1.59	0.12	-1.16	-1.62	-0.69	0.68	1.21	-0.37	-0.51	1.87	1.59
2012	1.67	2.29	-2.06	-1.60	0.09	-1.15	-1.59	-0.72	0.56	1.14	-0.45	-0.61	1.78	1.65
2013	1.68	2.70	-2.20	-1.61	0.06	-1.14	-1.56	-0.76	0.45	1.07	-0.50	-0.71	1.70	1.70
2014	1.69	3.11	-2.34	-1.62	0.04	-1.13	-1.53	-0.80	0.34	0.99	-0.55	-0.80	1.62	1.73
2015	1.69	3.52	-2.48	-1.62	0.02	-1.11	-1.50	-0.85	0.24	0.92	-0.59	-0.89	1.55	1.75

3.3. MIRAGE-D et MIRAGE

3.3.1. Une version de MIRAGE adaptée aux comparaisons

Quel est l'apport de MIRAGE-D par rapport à la version standard de MIRAGE ? Nous avons construit une version de MIRAGE (*MIRAGE_base5.gms*) à laquelle nous avons greffé le module des actifs financiers, tout en conservant la spécification de MIRAGE quant à la détermination de la consommation et des investissements (résumé à la section 2.1.2 par le trio d'équations [022], [023] et [024]). Par rapport à la version standard de MIRAGE, le seul autre changement significatif est d'avoir modifié le calcul de la variable $GDPVOL(r,t,sim)$, en conformité avec les remarques formulées précédemment (voir la discussion autour de l'équation [030] en 2.1.2). Nous avons vérifié que le modèle MIRAGE « greffé » donne bien, pour les variables qui leur sont communes, les mêmes résultats qu'un modèle MIRAGE standard où l'on n'aurait fait que ce dernier changement.

Si l'on se réfère à la section 2.1 sur les concepts de comptabilité économique, la greffe du module des actifs financiers consiste à introduire dans MIRAGE le calcul des variables *REV2* et *SOL2*, au moyen des identités comptables [042] et [044]. La valeur nette du portefeuille financier de l'agent ($AcFina_{r,t}$ dans la section 2.3) est alors donnée par l'actif et le passif financiers hérités du passé et par la variation de l'actif net selon l'identité [045] (qui se déduit de [042] et [044]). L'allocation des actifs financiers se fait ensuite au niveau 2 et 3 selon le modèle de gestion de portefeuille décrit à la section 2.3, ce qui détermine aussi les taux de rendement.

On peut résumer de façon compacte les ajouts faits à MIRAGE au moyen de la notation de la section 2.1. Les équations supplémentaires de MIRAGE sont :

$$SOL - SOL2 = InetPtf - NYKP \quad [042]$$

$$(REV2 + SOL2) - (REV + SOL) = NYKP \quad [044]$$

Le modèle de gestion de portefeuille détermine les taux de rendement et, par conséquent les revenus nets de placements *NYKP*. La greffe ajoute donc à MIRAGE trois (groupes d') équations et quatre (groupes de) variables. Il faut donc définir une règle de fermeture pour rendre le modèle carré. D'où une certaine marge d'arbitraire par rapport à la version standard de MIRAGE²⁴. Nous avons testé deux fermetures.

La première consiste à maintenir la proportionalité entre la variable *SOL2* et *SOL*²⁵. Cette fermeture est alléchante, étant donné [039], puisque *SOL2* est composé d'éléments qui sont exclus du modèle ; il semble naturel de supposer que ces éléments croissent au rythme du PIB mondial. Cela implique évidemment que la différence entre *SOL2* et *SOL* croît au même taux. Or cette différence est donnée par :

$$SOL - SOL2 = InetPtf - NYKP \quad [042]$$

Cela conduit à l'impasse : à la quinzième période, le modèle devient insoluble. Ce qui se produit est tout à fait logique. Les États-Unis, dont la position extérieure nette négative augmente de période en période (*InetPtf* est négatif), doivent en conséquence payer des revenus de placement de plus en plus élevés (*NYKP* négatif et croissant). Arrive un point où le poids des revenus de placement à payer rend impossible le respect de l'identité [042], tandis que l'actif approche de zéro (la valeur de l'actif net est presque égale à la valeur du passif).

Ce résultat met en évidence, d'une part, l'utilité de la prise en compte de l'évolution des actifs financiers et, d'autre part, la prudence qui sied à l'interprétation de la règle de fermeture de la version standard de MIRAGE. Les concepts comptables qui ne figurent pas dans MIRAGE et qui sont sous-entendus dans *SOL* sont ceux de l'équation [027] :

$$SOL = NKT + NPNNA + NPI + NOI + RT - NYL - NYKP - NCT \quad [027]$$

c'est-à-dire

$$SOL = NKT + NPNNA + InetPtf - NYL - NYKP - NCT \quad [141]$$

Ce que montrent les résultats évoqués, c'est que l'hypothèse que tous les termes du membre de droite de [141] croissent proportionnellement au PIB mondial peut conduire à une impasse à l'intérieur d'un horizon relativement court (15 périodes).

La seconde règle de fermeture que nous avons utilisée revient à fixer *InetPtf* à sa valeur initiale. C'est cette version de MIRAGE que nous comparons avec MIRAGE-D.

²⁴ Cette règle de fermeture supplémentaire n'existe pas dans MIRAGE-D, parce que le modèle d'allocation de la richesse entre actifs physiques et financiers (niveau 1) y supplée.

²⁵ C'est-à-dire, dans MIRAGE, $PIBMVAL(t, sim) * SOLD(r, t, sim)$.

3.3.2. Comparaison

Le tableau 5 compare l'évolution des PIB réels selon MIRAGE-D et MIRAGE. On constate que dans MIRAGE-D, les PIB des pays ayant adhéré récemment à l'Union Européenne, des pays d'Amérique Latine et des États-Unis croissent moins vite que dans MIRAGE. Cela peut s'interpréter comme l'effet de frein d'une position extérieure nette négative ou décroissante.

Tableau 5
Évolution du PIB réel par pays/région, 2001-2015
 Rapport MIRAGE-D / MIRAGE (%)

	AfriSS	ChineHK	EU15	EUplus	Inde	Japon	MO_AN	PEDAmL	PEDAsPa	RdAmL	RdAsie	RdM	Transit	USA	Total
2001	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2002	103	102	100	100	101	100	100	99	102	100	101	101	102	99	99
2003	104	102	100	100	101	101	102	98	103	100	101	101	103	99	99
2004	104	103	100	99	101	101	101	99	104	100	102	101	104	98	99
2005	105	103	100	99	102	101	102	98	104	100	102	101	103	98	100
2006	105	103	100	99	102	101	102	98	105	100	102	102	103	98	100
2007	106	104	101	98	102	101	102	97	105	100	102	102	103	98	100
2008	106	104	101	98	102	102	102	97	105	100	102	102	102	97	100
2009	107	104	101	98	102	102	102	96	106	99	102	102	102	97	100
2010	107	104	101	98	102	102	102	96	106	99	103	102	102	97	100
2011	107	104	101	97	103	102	102	95	106	98	103	103	102	97	100
2012	107	104	102	97	103	102	102	95	106	98	103	103	102	97	100
2013	107	104	102	97	103	103	102	94	106	97	103	103	101	97	100
2014	107	104	102	97	103	103	101	94	106	97	103	103	101	97	100
2015	107	104	102	97	103	103	101	93	106	96	103	103	101	97	100
Rang	1	3	8	11	5	6	10	14	2	13	7	4	9	12	

Mais la composition du PIB diffère aussi. Selon les pays et les années, les investissements réels selon MIRAGE sont supérieurs ou inférieurs aux investissements réels selon MIRAGE-D, comme on peut le voir dans le tableau 6. On remarque que les quatre régions qui, dans le tableau 5, affichent une croissance moindre selon MIRAGE-D sont aussi celles qui reçoivent moins d'investissement.

Tableau 6
Rapport de l'investissement réel : MIRAGE-D / MIRAGE, 2001-2015
 (%)

	AfriSS	ChineHK	EU15	EUplus	Inde	Japon	MO_AN	PEDAmL	PEDAsPa	RdAmL	RdAsie	RdM	Transit	USA	Total
2001	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2002	130	111	100	96	105	102	104	90	117	99	113	112	121	90	100
2003	130	113	98	98	109	107	112	89	121	101	106	107	123	90	100
2004	126	112	98	96	105	109	105	95	117	103	109	106	118	90	100
2005	126	111	102	95	106	107	105	92	116	101	107	107	111	89	101
2006	125	110	104	95	106	107	105	90	114	100	107	107	106	89	101
2007	123	111	105	94	106	107	104	89	113	97	107	108	104	89	101
2008	122	111	105	93	106	107	104	88	111	96	107	108	102	90	101
2009	120	111	106	92	106	108	103	87	110	94	106	109	100	90	102
2010	119	111	106	92	106	108	103	86	110	92	106	109	100	90	102
2011	118	111	106	92	107	109	102	85	109	91	106	109	100	90	102
2012	116	111	107	93	107	109	102	85	109	89	106	109	100	90	102
2013	115	111	107	93	107	110	102	84	109	88	106	110	101	90	102
2014	114	111	107	93	107	110	101	83	109	87	106	110	101	90	102
2015	114	110	108	93	108	110	101	82	109	86	106	110	101	90	102
Rang	1	3	6	11	7	2	10	14	5	13	8	4	9	12	

Grosso modo, on voit que, par rapport à MIRAGE, MIRAGE-D oriente davantage d'investissements vers l'Afrique au Sud du Sahara et l'Asie-Pacifique et moins vers l'Amérique (PEDAmL, RdAmL et USA). Évidemment, cela résulte, en bout de course en une répartition différente des stocks de capital. Cela est illustré au tableau 7, où on constate également des divergences quant à la répartition intersectorielle du capital.

Tableau 7
Stock de capital par région
et par secteur, horizon 2015
Rapport MIRAGE-D / MIRAGE
(%)

	Agri	AutPrim	Manuf	Serv	Transp	Total
AfriSS	116	126	108	112	115	113
ChineHK	90	110	106	112	124	109
EU15	101	96	107	103	100	103
EUplus	88	88	92	98	94	95
Inde	88	104	103	111	101	106
Japon	99	93	109	105	104	106
MO_AN	95	105	97	103	106	102
PEDAmL	88	91	92	90	86	90
PEDAsPa	103	115	108	108	108	108
RdAmL	93	94	94	95	95	95
RdAsie	98	102	106	105	111	105
RdM	98	103	112	105	106	106
Transit	99	112	100	102	103	103
USA	77	78	89	95	89	93
Total	93	102	101	101	103	101

Signalons enfin que les changements sont quasi bi-proportionnels, c'est-à-dire que les colonnes du tableau sont à peu près proportionnelles à la colonne Total et les lignes, à la ligne Total²⁶. Ces différences quant à la distribution géographique et sectorielle des capacités de production se reflètent dans la valeur ajoutée réelle par industrie et par région (tableau 8) : le coefficient de corrélation entre les valeurs des deux tableaux est de 94 %.

Ces différences ont évidemment des implications quant au commerce international. Mais la relation entre les stocks de capital et la valeur ajoutée, d'une part, et les exportations nettes, d'autre part, n'est pas très claire. Bien que la corrélation entre les éléments du tableau 9 et ceux des tableaux 7 (26 %) et 8 (34 %) soit positive, elle n'est pas très forte. Par ailleurs, on peut voir à la dernière ligne du tableau 9 que le volume des échanges augmente dans MIRAGE-D par rapport à MIRAGE, sauf pour les produits agricoles.

²⁶ Cette impression est confirmée par la valeur du Chi-deux du tableau, environ 14,4.

Tableau 8
Valeur ajoutée réelle par région et par secteur
Horizon 2015
Rapport MIRAGE-D / MIRAGE
 (%)

	Agri	AutPrim	Manuf	Serv	Transp	Total
AfriSS	104	112	103	105	105	105
ChineHK	99	102	103	104	109	103
EU15	101	97	102	101	100	101
EUplus	99	96	96	99	98	98
Inde	99	101	102	104	102	102
Japon	101	95	103	102	100	102
MO_AN	99	102	98	101	103	101
PEDAmL	98	96	95	95	95	95
PEDAsPa	102	108	104	105	104	104
RdAmL	99	97	96	98	97	97
RdAsie	101	101	104	101	104	102
RdM	100	100	104	102	101	102
Transit	100	105	100	101	101	101
USA	93	90	96	98	98	97
Total	99	100	100	100	100	100

Tableau 9
Variation des exportations nettes, horizon 2015
par région et par secteur
MIRAGE-D - MIRAGE
 (% du volume d'exportations dans MIRAGE)

	Agri	AutPrim	Manuf	Serv	Transp
AfriSS	-0.0295	1.3035	-0.1724	-0.1928	-0.1214
ChineHK	0.4692	-0.1357	0.4638	0.4959	2.2045
EU15	0.2094	-1.5672	-0.0744	-2.2593	-2.4313
EUplus	0.2901	0.0086	-0.0412	0.1906	-0.0416
Inde	-0.3564	-0.1397	-0.0169	0.2143	-0.0798
Japon	0.0129	-0.8839	-0.1978	-0.5094	-0.6237
MO_AN	0.2573	1.5742	-0.1456	0.2474	0.3831
PEDAmL	0.8723	-0.0202	0.0941	0.1243	-0.0465
PEDAsPa	-0.5219	0.6622	-0.0559	-0.2910	-0.3428
RdAmL	1.0976	0.0332	-0.0863	0.2635	-0.1088
RdAsie	0.2074	-0.3736	0.3372	0.0525	0.3587
RdM	-0.4254	-0.4974	-0.0864	-0.7457	-0.6474
Transit	0.2013	1.4955	-0.0696	-0.0989	-0.1254
USA	-2.2842	-1.4594	0.0514	2.5089	1.6224
Volume des échanges (MIRAGE-D / MIRAGE, %)					
	99	104	101	102	101

3.4. L'importance de la demande d'investissements

Nous abordons maintenant un aspect particulier de MIRAGE-D, la spécification de la demande d'investissement. Selon le modèle de demande d'investissements développé à la section 2.4, la répartition de l'investissement entre secteurs et régions résulte du jeu de l'équilibrage entre la demande d'actifs physiques (l'offre de fonds) et la demande d'investissements. Force est de reconnaître que ce mécanisme est complexe. Cette complexité est-elle pertinente au-delà de la satisfaction que peut procurer son lien explicite avec la théorie du « q » de Tobin ? Pour examiner la pertinence de cette spécification, nous avons développé une version intermédiaire de MIRAGE-D (appelée ci-après « noDIN »²⁷) où, une fois déterminée la demande d'actifs physiques (équation [062]), les investissements sont répartis entre les régions et les secteurs selon le modèle gravitaire de MIRAGE.

On peut d'abord constater au tableau 10 que, même en ce qui concerne l'évolution du PIB, la différence entre MIRAGE-D et MIRAGE-D_noDIN, bien qu'elle ne soit pas spectaculaire, n'est pas négligeable. En outre, on ne peut pas considérer que les résultats de MIRAGE-D_noDIN se situent entre ceux de MIRAGE-D et ceux de MIRAGE ; en d'autres mots, la réinsertion du modèle gravitaire de répartition des investissements dans MIRAGE-D n'a pas pour seul effet d'atténuer ses différences avec MIRAGE.

Tableau 10
Évolution du PIB réel par pays/région, 2001-2015
Rapport MIRAGE-D_noDIN / MIRAGE (%)

	AfriSS	ChineHK	EU15	EUplus	Inde	Japon	MO_AN	PEDAmL	PEDAsPa	RdAmL	RdAsie	RdM	Transit	USA	Total
2001	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2002	103	102	100	100	101	100	101	98	103	100	102	101	103	99	99
2003	105	102	100	100	102	101	102	97	104	100	102	101	105	99	99
2004	105	103	100	100	101	101	102	98	105	100	102	101	105	98	100
2005	106	103	100	99	102	101	102	98	106	101	102	102	106	98	100
2006	107	103	100	99	102	101	102	97	106	101	103	102	106	98	100
2007	108	102	100	99	102	101	102	97	107	101	103	102	106	97	100
2008	108	102	100	99	102	102	103	97	107	101	103	102	106	97	100
2009	109	102	101	99	102	102	103	96	108	101	103	102	106	97	100
2010	109	102	101	99	102	102	103	96	108	101	103	103	106	97	101
2011	109	102	101	99	102	102	103	96	108	101	103	103	106	97	101
2012	110	102	101	99	102	102	103	96	109	101	103	103	106	97	101
2013	110	102	101	99	103	102	103	96	109	100	103	103	106	96	101
2014	110	102	101	99	103	102	103	96	109	100	103	103	106	96	101
2015	110	102	101	99	103	103	103	96	109	100	103	103	106	96	101
Rang	1	9	10	12	7	8	6	14	2	11	4	5	3	13	
Rapport MIRAGE-D / MIRAGE (%)															
2015	107	104	102	97	103	103	101	93	106	96	103	103	101	97	
Rang	1	3	8	11	5	6	10	14	2	13	7	4	9	12	

²⁷ Cette version de MIRAGE-D est nommée « MIRAGE-D_noDIN », où DIN évoque la variable DINV, demande d'investissements.

Examinons maintenant les stocks de capital par secteur et par région à l'horizon 2015 (tableau 11). Ce tableau reprend les résultats du tableau 7 dans les colonnes « MIRAGE-D », en parallèle avec les résultats propres à la version noDIN de MIRAGE-D. D'abord, bien que cela soit difficile à voir à l'oeil nu, les résultats de la version noDIN de MIRAGE-D sont moins contrastés, en ce sens que la variance des éléments correspondant à la version noDIN est moindre que celle des éléments correspondant à MIRAGE-D : la distribution des investissements dans MIRAGE-D est plus sensible aux écarts de taux de rendement.

Tableau 11
Stock de capital par région et par secteur, horizon 2015
Rapports MIRAGE-D et MIRAGE-D_noDIN / MIRAGE
 (%)

	Agri		AutPrim		Manuf		Serv		Transp		Total	
	MIRAGE-D	noDIN	MIRAGE-D	noDIN	MIRAGE-D	noDIN	MIRAGE-D	noDIN	MIRAGE-D	noDIN	MIRAGE-D	noDIN
AfriSS	116	123	126	122	108	118	112	119	115	119	113	119
ChineHK	90	104	110	105	106	105	112	104	124	104	109	104
EU15	101	103	96	101	107	102	103	102	100	102	103	102
EUplus	88	98	88	96	92	98	98	98	94	98	95	98
Inde	88	106	104	104	103	105	111	105	101	105	106	105
Japon	99	106	93	103	109	104	105	105	104	104	106	105
MO_AN	95	106	105	105	97	106	103	105	106	105	102	105
PEDAmL	88	94	91	94	92	93	90	93	86	94	90	93
PEDAsPa	103	114	115	113	108	113	108	113	108	112	108	113
RdAmL	93	101	94	101	94	100	95	101	95	101	95	100
RdAsie	98	108	102	109	106	108	105	105	111	105	105	106
RdM	98	108	103	107	112	104	105	106	106	106	106	106
Transit	99	113	112	110	100	111	102	110	103	110	103	110
USA	77	92	78	91	89	92	95	93	89	93	93	93
Total	93	104	102	105	101	101	101	101	103	102	101	101

On constate que, dans la version noDIN, l'agriculture est globalement choyée, contrairement à ce qui se produit dans MIRAGE-D, où elle est défavorisée; les autres industries primaires sont également favorisées dans noDIN. Pour le reste, le stock mondial de capital par secteur selon les deux modèles est à peu près comparable. Les différences entre les régions, sans être spectaculaires, ne sont pas négligeables. La Chine, par exemple, se voit accorder 5 % de capital en moins selon le modèle gravitaire ; en revanche, plusieurs régions se retrouvent en bout de ligne avec un stock de capital plus élevé avec le modèle gravitaire. Signalons enfin que, dans la version noDIN comme dans MIRAGE-D, les changements par rapport à MIRAGE sont quasi bi-proportionnels, c'est-à-dire que les colonnes du tableau sont à peu près proportionnelles à la colonne Total et les lignes, à la ligne Total²⁸.

Quoi qu'il en soit, les différences ne sont pas dues à la différence entre les élasticités des deux fonctions, puisque l'élasticité de transformation σ_{DIN} a été fixée à la même valeur que l'élasticité du modèle de répartition gravitaire de MIRAGE (même si celles-ci n'ont pas la même forme). Rappelons toutefois que l'on aurait des motifs théoriques d'attribuer une valeur encore plus élevée à σ_{DIN} , étant donné que l'élasticité de la demande d'investissement dans l'équation [107] devrait être infinie selon la théorie de l'investissement de Tobin.

²⁸ Cette impression est confirmée par la valeur du Chi-deux du tableau (environ 0,5), une valeur insignifiante.

3.5. Sensibilité à la valeur des élasticités de substitution dans la gestion de portefeuille

Le modèle de gestion de portefeuille de MIRAGE-D comprend quatre paramètres libres, qui sont :

- l'élasticité de transformation de la contrainte de diversification de la richesse de l'agent entre actifs financiers et physiques (niveau 1) : **sigma_rich**
- l'élasticité de transformation de la contrainte de diversification de la structure du portefeuille financier entre actif et passif (niveau 2) : **sigma_fin**
- l'élasticité de transformation de la contrainte de diversification du portefeuille d'actifs physiques entre régions et secteurs (niveau 2) : **sigma_DelK**
- l'élasticité de transformation de la contrainte de diversification du portefeuille d'actifs financiers internationaux (niveau 3) : **sigma_ptf**

Les valeurs attribuées à ces paramètres dans MIRAGE-D sont des valeurs « moyennes ». Ce sont des moyennes harmoniques entre les valeurs « fortes » et « faibles ». Ces dernières ont été obtenues par tâtonnement²⁹. On obtient ainsi le tableau de valeurs suivant :

Tableau 12
Valeurs des paramètres libres

<i>Paramètre</i>	<i>Valeur moyenne</i>	<i>Valeur forte</i>	<i>Valeur faible</i>
sigma_rich	12,25	100	1,5
sigma_DelK	1,73	6	0,5
sigma_fin	1,58	5	0,5
sigma_ptf	16,12	25	10

On peut voir au tableau 13 que, dans l'ensemble, l'évolution macroéconomique n'est pas très sensible à la valeur des élasticités. Les résultats relatifs à la Chine attirent cependant l'attention. Plus les valeurs d'élasticités sont fortes, plus la croissance chinoise est ralentie. D'autres simulations nous ont permis d'identifier plus précisément l'élasticité de la contrainte de diversification de la richesse entre actifs physiques et financiers (**sigma_rich**) comme la source de ce phénomène. *Grosso modo*, ce qui se produit est que, lorsque cette élasticité est forte, la Chine, qui est la source d'une fraction importante des investissements qui s'y font, se tourne davantage vers les actifs financiers, aux dépens des actifs physiques et de l'investissement. Pourquoi la Chine plus que les autres ? Essentiellement parce que le taux d'intérêt calibré que paie la Chine sur son passif extérieur est très élevé : 12,78 %, alors que ceux des autres régions varient de 1,43 % à 5,55 %. Dans la mesure où l'élasticité de transformation facilite un réaménagement du portefeuille en faveur des actifs financiers, il est

²⁹ L'intention était de repérer pour chaque paramètre, dans l'intervalle [0,5-100], les valeurs minimum et maximum avec lesquelles MIRAGE-D pouvait trouver une solution jusqu'à la quinzième période. Mais cet exercice a été mené avec une fermeture plus contraignante de MIRAGE-D et l'intervalle des valeurs viables peut être plus étendu que ce qui est indiqué au tableau 12. En particulier, **sigma_DelK** peut aller jusqu'à 25.

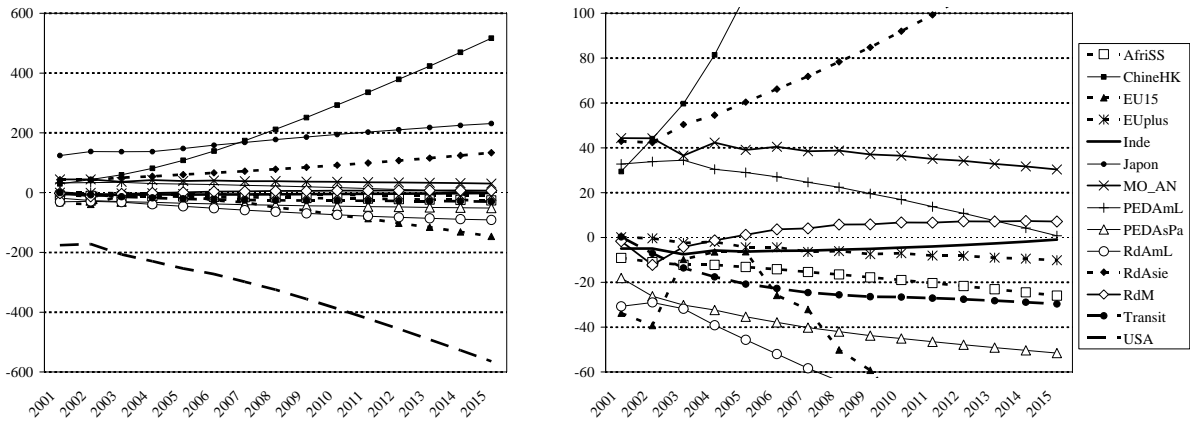
rentable pour la Chine de réduire sa dette extérieure. Mais d'où vient ce taux élevé ? Il vient, bien sûr, des données sur la balance des paiements et sur la position extérieure. Il est vrai que le processus d'équilibrage des données a eu pour effet d'augmenter ce taux. Mais, même avec les données non ajustées, il était déjà de 10,23 %. Cela dit, il n'en demeure pas moins qu'avec des élasticités moyennes ou faibles, le taux de croissance de la Chine est le plus élevé des 14 régions, et de loin.

Tableau 13
PIB réel par pays/région, 2015
(2001 = 100)

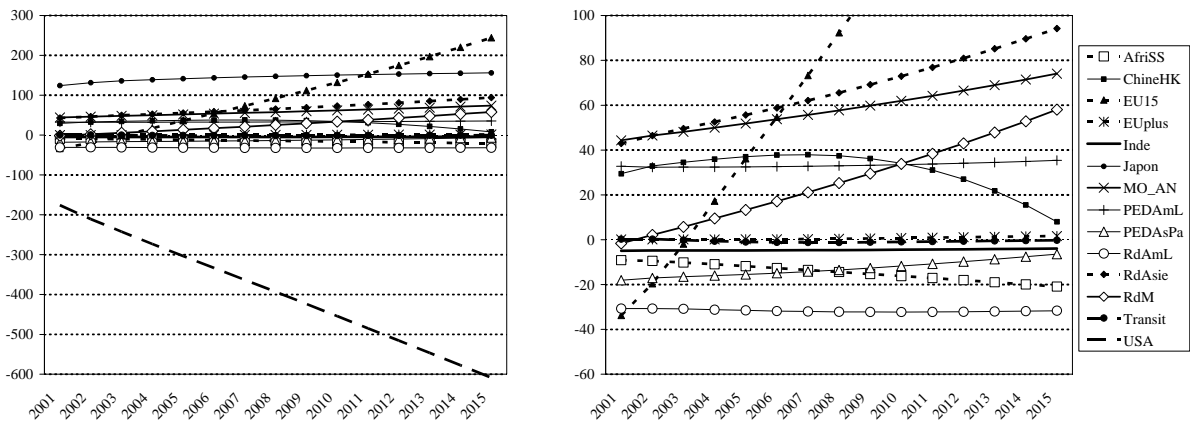
	Élasticités fortes		Élasticités moyennes		Élasticités faibles	
	PIB	Rang	PIB	Rang	PIB	Rang
AfriSS	177	7	173	7	172	7
ChineHK	209	3	264	1	283	1
EU15	139	13	136	13	133	14
EUplus	166	8	160	8	156	8
Inde	225	2	227	2	227	2
Japon	131	14	132	14	133	13
MO_AN	188	6	179	6	175	6
PEDAmL	152	11	142	12	138	12
PEDAsPa	228	1	210	3	203	3
RdAmL	160	9	152	10	148	11
RdAsie	190	5	196	4	201	4
RdM	157	10	155	9	154	9
Transit	192	4	183	5	180	5
USA	151	12	150	11	150	10
Total	155		154		154	

Les élasticités ont, comme on s'y attendrait, des effets plus considérables sur l'évolution des positions extérieures nettes des pays et des régions. Les graphiques 2 et 3 sont à rapprocher de 1a et 1b. On remarque d'abord qu'avec les élasticités fortes, l'évolution au cours des premières périodes est quelque peu chaotique, notamment pour l'Europe des Quinze. L'évolution globale de la position extérieure nette de l'Europe des Quinze se montre sensible aux valeurs des élasticités : alors qu'elle se maintient peu ou prou avec des élasticités moyennes, elle croît de façon spectaculaire (et incroyable) avec des élasticités faibles et emprunte une trajectoire de décroissance modérée avec des élasticités fortes. C'est tout le contraire de la Chine, dont la position extérieure nette augmente de façon explosive avec des élasticités fortes et de façon plus modérée avec des élasticités moyennes, tandis qu'elle tend vers l'équilibre avec des élasticités faibles : c'est la contrepartie de l'évolution des investissements en capital physique. Dans tous les cas cependant, le monde continue à financer les déficits des États-Unis.

**Graphique 2 : Évolution des positions extérieures nettes hors IDE (élasticités fortes)
(dizaines de milliards)**



**Graphique 3 : Évolution des positions extérieures nettes hors IDE (élasticités faibles)
(dizaines de milliards)**



4. CONCLUSION

L'objectif de ce projet était d'étendre la portée du modèle MIRAGE pour prendre en compte les implications du commerce international sur la position extérieure nette des pays. Le point de départ en a été un examen méticuleux des concepts de comptabilité économique correspondant aux variables de MIRAGE, à la lumière de la cinquième édition du *Manuel de la balance des paiements (MBP5)* du Fonds Monétaire International. Au plan théorique, le modèle de gestion de portefeuille de Decaluwé et Souissi (1994 ; Souissi, 1994 ; Souissi et Decaluwé, 1997) a été développé pour représenter l'allocation de la richesse de l'agent régional au moyen d'un mécanisme à trois niveaux. Au premier niveau, elle est répartie entre

actifs physiques (capital) et financiers (placements à l'étranger). Au second niveau, d'une part, les actifs physiques sont alloués entre secteurs et régions et, d'autre part, la structure financière entre actif et passif est déterminée. Au troisième niveau, les actifs financiers sont distribués entre régions.

Par ailleurs, cet effort d'extension de MIRAGE a été l'occasion d'explorer un mécanisme de distribution des investissements par secteur et par pays de destination qui s'inspire de la théorie du « q » de Tobin et qui diffère du modèle gravitaire de la version de base de MIRAGE. Concrètement, la demande d'investissements à la Tobin se traduit par une équation qui est une forme modifiée de celle de Jung et Thorbecke (2001). Cette demande est confrontée à l'offre de financement des investissements, qui n'est autre que la demande d'actifs physiques (ou de titres de propriété du capital) du modèle de gestion de portefeuille décrit plus haut. C'est l'équilibre offre-demande qui détermine l'allocation des investissements entre secteurs et pays de destination.

Ces idées ont été incorporées au modèle MIRAGE, dans une version modifiée appelée MIRAGE-D (D pour « Dette »). Les résultats présentés ici ont été obtenus avec une version agrégée de MIRAGE-D : 5 secteurs et 14 pays ou groupes de pays. En soi, les résultats de MIRAGE-D sont conformes à ce qui était attendu. Aux résultats habituels produits par MIRAGE s'ajoutent ceux des variables relatives à la position extérieure nette des pays. Il était cependant capital de comparer les résultats de MIRAGE-D avec ceux obtenus de MIRAGE. La comparaison révèle que, bien que les résultats ne soient pas identiques, les divergences sont modérées et elles s'expliquent par la prise en compte des actifs financiers dans MIRAGE-D.

Ce dernier modèle a également été comparé à un modèle intermédiaire, qui intègre le mécanisme de gestion de portefeuille de MIRAGE-D, tout en conservant le modèle gravitaire d'allocation des investissements de MIRAGE. Bien qu'il s'agisse d'un modèle intermédiaire quant à sa spécification, ses résultats ne sont pas une moyenne de ceux des deux autres. Enfin, on a comparé les résultats obtenus de MIRAGE-D avec différents jeux de valeurs d'élasticités. Il ressort de cet exercice que le choix des valeurs d'élasticités n'est pas anodin. De fortes élasticités conduisent à des résultats d'apparence plus chaotique, ce qui inciterait à préférer des élasticités plus modérées. Il est par ailleurs rassurant de constater que, hormis l'évolution des positions extérieures nettes, les résultats ne sont pas trop sensibles aux élasticités de portefeuille (sauf pour le cas particulier de la Chine, examiné de plus près dans le texte). Par contre, les variables financières sont plus sensibles aux élasticités, ce qui n'a rien d'étonnant puisqu'elles en dépendent directement.

Il est clair que la crédibilité de MIRAGE-D serait grandement améliorée si les élasticités des contraintes de diversification de portefeuille pouvaient s'appuyer sur une base empirique. On pourrait, par exemple, tenter d'estimer les élasticités économétriquement – ou, à tout le moins, de trouver des balises empiriques – au moyen d'un modèle qui serait le rapport d'équations de demande (rapport de l'équation [057] sur [059], de [070] sur [071] ou de l'équation [078] d'un pays sur celle d'un autre).

Par ailleurs, il n'est pas entièrement satisfaisant que l'actif financier international d'un pays soit constitué de parts d'un fonds commun mondial qui comprend le passif de ce même pays (voir 2.3.3)³⁰. Le modèle pourrait être amélioré à cet égard si l'on pouvait construire des données financières internationales bilatérales. Dans la même veine, s'agissant, non pas d'un pays unique, mais d'un groupe de pays, il serait préférable que les investissements locaux de source locale soient distingués des investissements dans d'autres pays à l'intérieur du groupe³¹. Enfin, il serait souhaitable d'assouplir la contrainte imposée dans MIRAGE-D aux propriétaires d'actifs physiques de conserver ceux qu'ils ont hérités du passé (voir 2.3.4).

Il y a donc plusieurs améliorations qui pourraient et devraient être apportées à MIRAGE-D. Mais le modèle existe, il fonctionne et produit des résultats économiquement interprétables. Or, la comparaison avec MIRAGE, ainsi que les autres exercices de simulation présentés montrent que l'évolution des actifs financiers internationaux n'est pas sans importance. Il est donc légitime de croire que le temps et l'énergie investis dans l'élaboration de MIRAGE-D ne l'ont pas été en vain et on peut espérer que son développement se poursuive.

³⁰ Encore que cela ne soit pas tout à fait invraisemblable, dans la mesure où, en réalité, l'agent qui gère l'actif n'est pas nécessairement le même que celui qui est responsable du passif. En d'autres mots, l'agent régional unique de MIRAGE est un composite d'une multitude d'agents.

³¹ L'auteur remercie David Laborde d'avoir attiré son attention sur ce point.

RÉFÉRENCES

Armington, P. (1969) A theory of demand for products distinguished by place of production. IMF Staff Papers 16 : 159-178.

Bchir, Mohamed Hedi Decreux, Yvan ; Guérin, Jean-Louis, et Jean, Sébastien (2002) MIRAGE, un modèle d'équilibre général calculable pour l'évaluation des politiques commerciales. *Économie Internationale*. 2002(89-90):109-153.

Bchir, Mohamed Hedi Decreux, Yvan ; Guérin, Jean-Louis, et Jean, Sébastien (2002) MIRAGE, a computable general equilibrium model for trade policy analysis. Paris: CEPII, Working Paper 2002-17.

Bourguignon, F., Branson, W. H. and de Melo, J. (1989) *Macroeconomic Adjustment and Income Distribution: A Macro-Micro Simulation Model*, OECD, Technical Paper No.1.

Collange, Gérard (1993) *Un modèle de l'économie ivoirienne. Vol. 1: Synthèse et présentation économique*, CERDI.

Decaluwé, Bernard et Yvan Decreux (2004) Rapport de mission d'appui au Ministère des Finances, Rabat, Maroc : développement du modèle M3S.

Decaluwé, Bernard, André Martens, et Luc Savard (2001) *La politique économique du développement et les modèles d'équilibre général calculable*, Les Presses de l'Université de Montréal, Montréal.

Decaluwé, Bernard, Marie-Claude Martin, et Mokhtar Souissi (1993) *École PARADI de modélisation de politiques économiques de développement. Vol. 3 – Les modèles calculables d'équilibre général : les aspects financiers*, Université Laval, Québec.

Decaluwé, Bernard, et Mokhtar Souissi (1994) *Libéralisation financière en Tunisie : une étude rétrospective et prospective*, CRÉFA, Université Laval.

Decreux, Yvan (1999) *Dynamique de la distribution du revenu suite à l'ouverture commerciale de la Tunisie*, Document de travail DT/99/05, DIAL.

Fargeix, A., et E. Sadoulet (1994) « A Financial Computable General Equilibrium Model for the Analysis of Stabilisation Programs », chapitre 4 dans Jean Mercenier et T. N. Srinivasan (1994) *Applied general equilibrium and economic development: present achievements and future trends*, University of Michigan Press.

Fonds Monétaire International (1993) *Manuel de la balance des paiements, cinquième édition (MBP5)*, Washington, D.C.

Jung, H.S. and Thorbecke, E.(2001) The Impact of Public Education Expenditure on Human Capital, Growth, and Poverty in Tanzania and Zambia: A General Equilibrium Approach. International Monetary Fund. IMF Working Paper WP/01/106

<http://www.worldbank.org/wbi/macroeconomics/modeling/IMMPA-html/Jung-Thorbecke01.pdf>

Junius, Theo, et Jan Oosterhaven (2003). « The Solution of Updating or Regionalizing A Matrix with Both Positive and Negative Entries », *Economic Systems Research*, vol. 15, n° 1, mars, 87-96.

Lane, Philip R. and Gian Maria Milesi-Ferretti (2006), *The External Wealth of Nations Mark II: Revised and Extended Estimates of Foreign Assets and Liabilities, 1970–2004*, IMF Working Paper WP/06/69, Washington, International Monetary Fund.

Lemelin, André (2007), « Bond indebtedness in a recursive dynamic CGE model », CIRPÉE (Centre Interuniversitaire sur le Risque, les Politiques Économiques et l'Emploi), Cahier de recherche 07-10, mars.

<http://132.203.59.36/CIRPEE/indexbase.htm>

<http://ssrn.com/abstract=984310>

Lemelin, André (2005) « La dette obligataire dans un MÉGC dynamique séquentiel », CIRPÉE (Centre Interuniversitaire sur le Risque, les Politiques Économiques et l'Emploi), Cahier de recherche 05-05, version révisée, mai.

<http://132.203.59.36/CIRPEE/indexbase.htm>

http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=690266

Nickell, S. J. (1978) *The investment decisions of firms*, Cambridge University Press, Oxford.

OCDE (2001) « Glossary of main terms, System of National Accounts, 1993/Glossaire des principaux termes, Système de comptabilité nationale, 1993 », dans *National accounts of OECD countries*, vol. 2.

Rosensweig, Jeffrey A., and Lance Taylor (1990) « Devaluation, capital flows and crowding-out : A CGE model with portfolio choice for Thailand », Chap. 11 dans Taylor, Lance (1990) *Socially relevant policy analysis : structuralist computable general equilibrium models for the developing world*, MIT Press, Cambridge, Mass.

Souissi, Mokhtar (1994) *Libéralisation financière, structure du capital et investissement: un MCEG avec actifs financiers appliqué à la Tunisie*, thèse de doctorat, Université Laval, Québec.

Souissi, Mokhtar et Bernard Decaluwé (1997), « Financial deregulation in Tunisia : A prospective end retrospective analysis », CRÉFA, Université Laval, mai.

Thissen, Mark (1999) « Financial CGE models : Two decades of research », SOM research memorandum 99C02, SOM (Systems, Organizations and Management), Reijksuniversiteit Groningen, Groningen, juin.

Tobin, J. (1969) « A general equilibrium approach to monetary theory », *Journal of Money, Credit and Banking*, 1, p. 15-29.

Tobin, J. et W.C. Brainard (1977) « Asset markets and the cost of capital », dans *Private values and public policy. Essays in honor of William Fellner*, sous la dir. de B. Balassa et R. Nelson, North-Holland.

ANNEXE 1 : CONTRAINTE COMPTABLE DE RICHESSE

Le gestionnaire de portefeuille maximise la valeur capitalisée de son avoir à la fin de la période courante :

$$\underset{AcFina_{r,t}, AcPhys_{r,t}}{MAX} \quad VC = (1 + tRichF_{r,t})AcFina_{r,t} + (1 + tRichK_{r,t})AcPhys_{r,t} \quad [053]$$

où

$AcFina_{r,t}$ est la valeur des actifs financiers nets de l'agent régional r à la période t ;

$AcPhys_{r,t}$ est la valeur des actifs physiques de l'agent régional r à la période t ;

$tRichF_{r,t}$ est une moyenne pondérée des taux de rendement sur les placements internationaux de l'agent régional r à la période t ;

$tRichK_{r,t}$ est une moyenne pondérée des taux de rendement au propriétaire du capital possédé l'agent régional r à la période t (voir 2.4.4.6).

La maximisation est contrainte par la valeur totale du portefeuille (la richesse)

$$AcFina_{r,t} + AcPhys_{r,t} = Rich_{r,t} \quad [054]$$

et par une fonction CET d'agrégation des actifs

$$Rich_{r,t} = A \left[\delta_{r, fina} (AcFina_{r,t})^\beta + \delta_{r, phys} (AcPhys_{r,t})^\beta \right]^{\frac{1}{\beta}} \quad [055]$$

avec l'élasticité de transformation

$$\tau = \frac{1}{1 - \beta} \quad [056]$$

où $1 < \beta < \infty$ et donc $-\infty < \tau < 0$.

Dans un premier temps, on résout le problème d'allocation de portefeuille en ne tenant compte que de la contrainte de diversification [055] ; on ignore temporairement la contrainte budgétaire [054].

La solution de ce problème conduit aux fonctions de demande

$$AcFina_{r,t} = \left(\frac{Rich_{r,t}}{A} \right) (\delta_{r, fina})^\tau (1 + tRichF_{r,t})^{-\tau} \left\{ \begin{array}{l} (\delta_{r, fina})^\tau (1 + tRichF_{r,t})^{1-\tau} \\ + (\delta_{r, phys})^\tau (1 + tRichK_{r,t})^{1-\tau} \end{array} \right\}^{\frac{\tau}{1-\tau}} \quad [142]$$

et

$$AcPhys_{r,t} = \left(\frac{Rich_{r,t}}{A} \right) (\delta_{r, phys})^\tau (1 + tRichK_{r,t})^{-\tau} \left\{ \begin{array}{l} (\delta_{r, fina})^\tau (1 + tRichF_{r,t})^{1-\tau} \\ + (\delta_{r, phys})^\tau (1 + tRichK_{r,t})^{1-\tau} \end{array} \right\}^{\frac{\tau}{1-\tau}} \quad [143]$$

La démonstration est donnée à la fin de l'annexe.

On remplace $AcFina_{r,t}$ et $AcPhys_{r,t}$ dans la contrainte [054] par leur valeur optimale selon les fonctions de demande et on trouve

$$\left(\frac{Rich_{r,t}}{A} \right) \left\{ \begin{array}{l} (\delta_{r, fina})^\tau (1 + tRichF_{r,t})^{-\tau} \\ + (\delta_{r, phys})^\tau (1 + tRichK_{r,t})^{-\tau} \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} (\delta_{r, fina})^\tau (1 + tRichF_{r,t})^{1-\tau} \\ + (\delta_{r, phys})^\tau (1 + tRichK_{r,t})^{1-\tau} \end{array} \right\}^{\frac{\tau}{1-\tau}} = Rich_{r,t} \quad [144]$$

c'est-à-dire

$$A = \left\{ \begin{array}{l} (\delta_{r, fina})^\tau (1 + tRichF_{r,t})^{-\tau} \\ + (\delta_{r, phys})^\tau (1 + tRichK_{r,t})^{-\tau} \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} (\delta_{r, fina})^\tau (1 + tRichF_{r,t})^{1-\tau} \\ + (\delta_{r, phys})^\tau (1 + tRichK_{r,t})^{1-\tau} \end{array} \right\}^{\frac{\tau}{1-\tau}} \quad [145]$$

On peut alors récrire les fonctions de demande d'actifs [142] et [143] comme

$$AcFina_{r,t} = \frac{(\delta_{r, fina})^\tau (1 + tRichF_{r,t})^{-\tau}}{\left\{ (\delta_{r, fina})^\tau (1 + tRichF_{r,t})^{-\tau} + (\delta_{r, phys})^\tau (1 + tRichK_{r,t})^{-\tau} \right\}} Rich_{r,t} \quad [146]$$

et

$$AcPhys_{r,t} = \frac{(\delta_{r,phys})^\tau (1+tRichK_{r,t})^{-\tau}}{\left\{ (\delta_{r,fin})^\tau (1+tRichF_{r,t})^{-\tau} + (\delta_{r,phys})^\tau (1+tRichK_{r,t})^{-\tau} \right\}} Rich_{r,t} \quad [147]$$

Le paramètre A n'est pas un paramètre : c'est une variable dont la valeur dépend des taux de rendement.

Géométriquement, A détermine la position de la contrainte [055] dans la figure 3. Pour que soit respecté l'équilibre comptable, la valeur de A doit être telle que le point d'intersection entre la contrainte comptable [056] et la courbe d'indifférence coïncide avec le point d'équilibre où la courbe d'indifférence est tangente à la fonction d'agrégation [055].

Démonstration des fonctions de demande dérivées sans la contrainte [054]

On forme le lagrangien

$$\Lambda = (1+tRichF_{r,t})AcFina_{r,t} + (1+tRichK_{r,t})AcPhys_{r,t} - \lambda \left\{ A \left[\delta_{r,fin} (AcFina_{r,t})^\beta + \delta_{r,phys} (AcPhys_{r,t})^\beta \right]^{\frac{1}{\beta}} - Rich_{r,t} \right\} \quad [148]$$

Les conditions premières sont

$$\frac{\partial \Lambda}{\partial AcFina_{r,t}} = (1+tRichF_{r,t}) - \lambda \left\{ \frac{A}{\beta} \left[\delta_{r,fin} (AcFina_{r,t})^\beta + \delta_{r,phys} (AcPhys_{r,t})^\beta \right]^{\frac{1}{\beta}-1} \delta_{r,fin} \beta (AcFina_{r,t})^{\beta-1} \right\} = 0 \quad [149]$$

$$\frac{\partial \Lambda}{\partial AcPhys_{r,t}} = (1 + tRichK_{r,t}) - \lambda \left\{ \frac{A}{\beta} \left[\frac{\delta_{r, fina} (AcFina_{r,t})^\beta}{+ \delta_{r, phys} (AcPhys_{r,t})^\beta} \right]^{\frac{1}{\beta}-1} \delta_{r, phys} \beta (AcPhys_{r,t})^{\beta-1} \right\} = 0 \quad [150]$$

c'est-à-dire

$$\frac{\partial \Lambda}{\partial AcFina_{r,t}} = (1 + tRichF_{r,t}) - \lambda \left\{ A \left[\frac{\delta_{r, fina} (AcFina_{r,t})^\beta}{+ \delta_{r, phys} (AcPhys_{r,t})^\beta} \right]^{\frac{1-\beta}{\beta}} \delta_{r, fina} (AcFina_{r,t})^{\beta-1} \right\} = 0 \quad [151]$$

$$\frac{\partial \Lambda}{\partial AcPhys_{r,t}} = (1 + tRichK_{r,t}) - \lambda \left\{ A \left[\frac{\delta_{r, fina} (AcFina_{r,t})^\beta}{+ \delta_{r, phys} (AcPhys_{r,t})^\beta} \right]^{\frac{1-\beta}{\beta}} \delta_{r, phys} (AcPhys_{r,t})^{\beta-1} \right\} = 0 \quad [152]$$

Or la contrainte [055] équivaut à

$$\left(\frac{Rich_{r,t}}{A}\right)^\beta = \left[\delta_{r, fina} (AcFina_{r,t})^\beta + \delta_{r, phys} (AcPhys_{r,t})^\beta\right] \quad [055]$$

de sorte que

$$\frac{\partial \Lambda}{\partial AcFina_{r,t}} = (1 + tRichF_{r,t}) - \lambda \left\{ A \left(\frac{Rich_{r,t}}{A}\right)^{1-\beta} \delta_{r, fina} (AcFina_{r,t})^{\beta-1} \right\} = 0 \quad [153]$$

$$\frac{\partial \Lambda}{\partial AcPhys_{r,t}} = (1 + tRichK_{r,t}) - \lambda \left\{ A \left(\frac{Rich_{r,t}}{A}\right)^{1-\beta} \delta_{r, phys} (AcPhys_{r,t})^{\beta-1} \right\} = 0 \quad [154]$$

On développe [153] :

$$(1 + tRichF_{r,t}) = \lambda A \left(\frac{Rich_{r,t}}{A}\right)^{1-\beta} \delta_{r, fina} (AcFina_{r,t})^{\beta-1} \quad [155]$$

$$(AcFina_{r,t})^{\beta-1} = \frac{(1 + tRichF_{r,t})}{\lambda A \delta_{r, fina}} \left(\frac{Rich_{r,t}}{A}\right)^{\beta-1} \quad [156]$$

$$(AcFina_{r,t})^{\beta-1} = \frac{(1 + tRichF_{r,t})}{\lambda A^\beta \delta_{r, fina}} Rich_{r,t}^{\beta-1} \quad [157]$$

$$AcFina_{r,t} = \left(\frac{1 + tRichF_{r,t}}{\lambda A^\beta \delta_{r, fina}}\right)^{\frac{1}{\beta-1}} Rich_{r,t} \quad [158]$$

De même, [154] conduit à :

$$AcPhys_{r,t} = \left(\frac{1 + tRichK_{r,t}}{\lambda A^\beta \delta_{r,phys}} \right)^{\frac{1}{\beta-1}} Rich_{r,t} \quad [159]$$

En substituant dans [055], on trouve

$$Rich_{r,t} = A \left\{ \delta_{r, fina} \left[\left(\frac{1 + tRichF_{r,t}}{\lambda A^\beta \delta_{r, fina}} \right)^{\frac{1}{\beta-1}} Rich_{r,t} \right]^\beta + \delta_{r, phys} \left[\left(\frac{1 + tRichK_{r,t}}{\lambda A^\beta \delta_{r, phys}} \right)^{\frac{1}{\beta-1}} Rich_{r,t} \right]^\beta \right\}^{\frac{1}{\beta}} \quad [160]$$

$$Rich_{r,t} = Rich_{r,t} A \left\{ \delta_{r, fina} \left(\frac{1 + tRichF_{r,t}}{\lambda A^\beta \delta_{r, fina}} \right)^{\frac{\beta}{\beta-1}} + \delta_{r, phys} \left(\frac{1 + tRichK_{r,t}}{\lambda A^\beta \delta_{r, phys}} \right)^{\frac{\beta}{\beta-1}} \right\}^{\frac{1}{\beta}} \quad [161]$$

$$A \left(\frac{1}{\lambda A^\beta} \right)^{\frac{1}{\beta-1}} \left\{ \delta_{r, fina} \left(\frac{1 + tRichF_{r,t}}{\delta_{r, fina}} \right)^{\frac{\beta}{\beta-1}} + \delta_{r, phys} \left(\frac{1 + tRichK_{r,t}}{\delta_{r, phys}} \right)^{\frac{\beta}{\beta-1}} \right\}^{\frac{1}{\beta}} = 1 \quad [162]$$

$$A \left(\frac{1}{\lambda A^\beta} \right)^{\frac{1}{\beta-1}} \left\{ \left(\delta_{r, fina} \right)^{\frac{1}{1-\beta}} \left(1 + tRichF_{r,t} \right)^{\frac{\beta}{\beta-1}} + \left(\delta_{r, phys} \right)^{\frac{1}{1-\beta}} \left(1 + tRichK_{r,t} \right)^{\frac{\beta}{\beta-1}} \right\}^{\frac{1}{\beta}} = 1 \quad [163]$$

$$A^{\frac{1}{1-\beta}} \lambda^{\frac{1}{1-\beta}} \left\{ \left(\delta_{r, fina} \right)^{\frac{1}{1-\beta}} \left(1 + tRichF_{r,t} \right)^{\frac{\beta}{\beta-1}} + \left(\delta_{r, phys} \right)^{\frac{1}{1-\beta}} \left(1 + tRichK_{r,t} \right)^{\frac{\beta}{\beta-1}} \right\}^{\frac{1}{\beta}} = 1 \quad [164]$$

$$\lambda^{\frac{1}{1-\beta}} = A^{-\frac{1}{1-\beta}} \left\{ \left(\delta_{r, fina} \right)^{\frac{1}{1-\beta}} \left(1 + tRichF_{r,t} \right)^{\frac{\beta}{\beta-1}} + \left(\delta_{r, phys} \right)^{\frac{1}{1-\beta}} \left(1 + tRichK_{r,t} \right)^{\frac{\beta}{\beta-1}} \right\}^{\frac{1}{\beta}} \quad [165]$$

$$\left(\frac{1}{\lambda} \right)^{\frac{1}{\beta-1}} = A^{\frac{1}{\beta-1}} \left\{ \left(\delta_{r, fina} \right)^{\frac{1}{1-\beta}} \left(1 + tRichF_{r,t} \right)^{\frac{\beta}{\beta-1}} + \left(\delta_{r, phys} \right)^{\frac{1}{1-\beta}} \left(1 + tRichK_{r,t} \right)^{\frac{\beta}{\beta-1}} \right\}^{\frac{1}{\beta}} \quad [166]$$

On substitue dans

$$AcFina_{r,t} = \left(\frac{1 + tRichF_{r,t}}{\lambda A^{\beta} \delta_{r, fina}} \right)^{\frac{1}{\beta-1}} Rich_{r,t} \quad [158]$$

et on trouve la nouvelle formulation des équations de demande

$$AcFina_{r,t} = \left(\frac{1 + tRichF_{r,t}}{A^{\beta} \delta_{r, fina}} \right)^{\frac{1}{\beta-1}} Rich_{r,t} A^{\frac{1}{\beta-1}} \left\{ \begin{aligned} & \left(\delta_{r, fina} \right)^{\frac{1}{1-\beta}} \left(1 + tRichF_{r,t} \right)^{\frac{\beta}{\beta-1}} \\ & + \left(\delta_{r, phys} \right)^{\frac{1}{1-\beta}} \left(1 + tRichK_{r,t} \right)^{\frac{\beta}{\beta-1}} \end{aligned} \right\}^{\frac{1}{\beta}} \quad [167]$$

$$AcFina_{r,t} = \left(\frac{1 + tRichF_{r,t}}{\delta_{r, fina}} \right)^{\frac{1}{\beta-1}} Rich_{r,t} A^{-1} \left\{ \begin{aligned} & \left(\delta_{r, fina} \right)^{\frac{1}{1-\beta}} \left(1 + tRichF_{r,t} \right)^{\frac{\beta}{\beta-1}} \\ & + \left(\delta_{r, phys} \right)^{\frac{1}{1-\beta}} \left(1 + tRichK_{r,t} \right)^{\frac{\beta}{\beta-1}} \end{aligned} \right\}^{\frac{1}{\beta}} \quad [168]$$

$$AcFina_{r,t} = \left(\frac{Rich_{r,t}}{A} \right) (\delta_{r, fina})^{\frac{1}{1-\beta}} (1+tRichF_{r,t})^{\frac{1}{\beta-1}} \left\{ \begin{array}{l} (\delta_{r, fina})^{\frac{1}{1-\beta}} (1+tRichF_{r,t})^{\frac{\beta}{\beta-1}} \\ + (\delta_{r, phys})^{\frac{1}{1-\beta}} (1+tRichK_{r,t})^{\frac{\beta}{\beta-1}} \end{array} \right\}^{\frac{1}{\beta}} \quad [169]$$

c'est-à-dire, étant donné

$$\tau = \frac{1}{1-\beta} \quad \text{et} \quad \beta = \frac{\tau-1}{\tau} \quad [056]$$

on a

$$AcFina_{r,t} = \left(\frac{Rich_{r,t}}{A} \right) (\delta_{r, fina})^{\tau} (1+tRichF_{r,t})^{-\tau} \left\{ \begin{array}{l} (\delta_{r, fina})^{\tau} (1+tRichF_{r,t})^{1-\tau} \\ + (\delta_{r, phys})^{\tau} (1+tRichK_{r,t})^{1-\tau} \end{array} \right\}^{\frac{\tau}{1-\tau}} \quad [142]$$

De même, on trouve

$$AcPhys_{r,t} = \left(\frac{Rich_{r,t}}{A} \right) (\delta_{r, phys})^{\tau} (1+tRichK_{r,t})^{-\tau} \left\{ \begin{array}{l} (\delta_{r, fina})^{\tau} (1+tRichF_{r,t})^{1-\tau} \\ + (\delta_{r, phys})^{\tau} (1+tRichK_{r,t})^{1-\tau} \end{array} \right\}^{\frac{\tau}{1-\tau}} \quad [143]$$

Q.E.D.

ANNEXE 2 : SOURCES DE DONNÉES COMPLÉMENTAIRES

Cette annexe décrit les données utilisées pour calibrer le modèle MIRAGE-D. La plus grande partie de ces données sont celles qui servent de base au modèle MIRAGE et qui sont décrites à l'annexe 1 de Bchir et al. (2002). Cela inclut les données sur les stocks et les flux d'investissements directs à l'étranger, dont une version à jour a été fournie à l'auteur par David Laborde du CEPII.

Les alinéas qui suivent présentent les autres données.

A2.1. Données sur la position extérieure nette (*International Investment Position*)

Sous le titre « The External Wealth of Nations, Mark II » (EWN-II) Lane et Milesi-Ferretti (2006) ont publié des données financières internationales, que l'on peut télécharger par le truchement d'un hyperlien dans le document. Leur fichier de données sur la position extérieure nette (*International Investment Position*) par pays, pour les années 1970-2004, comprend les rubriques suivantes :

- Portfolio equity assets
- Portfolio equity liabilities
- FDI assets
- FDI liabilities
- Debt assets (portfolio debt + other investment)
- Debt liabilities (portfolio debt + other investment)
- financial derivatives (assets)
- financial derivatives (liabilities)
- Total reserves minus gold
- Net external position

Les données de Lane et Milesi-Ferretti ont cependant fait l'objet d'ajustements préalables à leur utilisation dans MIRAGE-D. D'abord, les données correspondant à l'année de base du modèle, 2001, ont été agrégées en 14 régions du monde.

Ensuite, les données de Lane et Milesi-Ferretti ne sont pas équilibrées à l'échelle du monde. Avant leurs travaux, il était déjà bien connu qu'à cause de l'inexactitude des données, le total mondial des surplus et déficits des comptes courants des pays n'est pas nul, mais plutôt négatif. Lane et Milesi-Ferretti ont montré qu'il en est de même de la somme des actifs et des passifs extérieurs des pays. Il était indispensable de remédier à ce problème pour que les données puissent servir de base de calibrage à un modèle d'équilibre général calculable.

Enfin, les données EWN-II sur les investissements directs à l'étranger sont différentes de celles de MIRAGE, qui ont été élaborées à partir d'autres sources. Mais les données EWN-II ne portent que sur les totaux marginaux, alors que celles de MIRAGE sont bilatérales (origine-destination, par industrie). Pour cette raison, et pour que MIRAGE-D repose autant que possible sur la même base de données que MIRAGE, ce sont les données de MIRAGE sur les investissements directs à l'étranger qui ont été retenues dans MIRAGE-D et les rubriques « FDI assets » et « FDI liabilities » des données EWN-II ont été laissées de côté.

Une fois agrégées en 14 régions, les données restantes de EWN-II ont été ajustées au moyen de la méthode de minimisation de l'entropie croisée (MinXEnt) généralisée par Junius et Oosterhaven (2003) pour traiter les données négatives. Le programme GAMS d'ajustement des données est reproduit en annexe.

Une fois les données ajustées, la valeur initiale de l'actif financier extérieur des régions est donnée dans MIRAGE-D par la somme de :

Portfolio equity assets
Debt assets (portfolio debt + other investment)
financial derivatives (assets)
Total reserves minus gold

La valeur initiale du passif financier extérieur des régions est donnée dans MIRAGE-D par la somme de :

Portfolio equity liabilities
Debt liabilities (portfolio debt + other investment)
financial derivatives (liabilities)

A2.2 Données de la balance des paiements

Les données tirées du Balance of Payments Statistics Yearbook (BOPSY) du Fonds Monétaire International ont été communiquées à l'auteur par Houssein Boumellassa, du CEPII. Le BOPSY distingue les rubriques suivantes :

01- 1. Current account

02- 1.A&B Goods and services

03- 1.C. Income

04- 1.C.1. Compensation of employees including border, seasonal, and other workers

05- 1.C.2. Investment income

06- 1.C.2.1 Direct investment

07- 1.C.2.2 Portfolio investment

08- 1.C.2.3 Other investment

09- 1.D. Current transfers

10- 1.D.1. General government

11- 1.D.2. Other sectors

12- 1.D.2.1 Workers' remittances

13- 1.D.2.2 Other transfers

14- 2. Capital and Financial Acct**15- 2.E. Capital Account**

16- 2.E.1. Capital transfers

17- 2.E.2. Acquisitions/disposal of non-produced nonfinancial assets

18- 2.F. Financial Account

19- 2.F.1. Direct investment

20- 2.F.1.1 Abroad

21- 2.F.1.2 In reporting economy

22- 2.F.2. Portfolio investment

23- 2.F.2.1 Assets

24- 2.F.2.2 Liabilities

25- 2.F.3. Financial derivatives (net)

26- 2.F.4. Other investment

27- 2.F.4.1 Assets

28- 2.F.4.2 Liabilities

29- 2.F.5. Official reserve assets

30- 3. Net errors and omissions

Pour chacune d'elles, le BOPSY donne, par pays, le montant des crédits, des débits et le solde net. En général, les données de la balance des paiements sont équilibrées pour chaque pays, grâce à la rubrique « Net errors and omissions ». Toutefois, après agrégation en 14 régions, nous avons constaté que, pour certaines régions, il y a des rubriques qui sont des sous-totaux et dont la valeur n'est pas égale à la somme des composantes. Lorsque les composantes ne figuraient pas dans le processus d'ajustement des données décrit ci-dessous, cela était sans importance : c'est le chiffre du sous-total qui est retenu. Si au contraire les composantes figuraient dans le processus d'ajustement, une correction a été appliquée, en se basant sur l'hypothèse que les sous-totaux sont plus fiables que leurs composantes et en faisant porter la correction sur la composante ayant la valeur la plus élevée.

On a ensuite substitué dans le tableau de données les valeurs calibrées de MIRAGE pour les rubriques suivantes :

02- 1.A&B Goods and services

06- 1.C.2.1 Direct investment

19- 2.F.1. Direct investment

Les données restantes ont été ajustées au moyen de la méthode de minimisation de l'entropie croisée (MinXEnt) généralisée par Junius et Oosterhaven (2003) pour traiter les données négatives. Le programme GAMS d'ajustement des données est reproduit en annexe. Les données ajustées respectent la contrainte d'équilibre mondial des crédits et des débits, ainsi que l'équilibre de la balance des paiements de chaque région, sans terme d'« erreurs et omissions » et en cohérence avec les valeurs préalablement calibrées de MIRAGE.

Le tableau suivant met en relation les rubriques de la balance des paiements avec les concepts de la comptabilité économique du MBP5, représentés par leurs symboles à la section 2.1.

RUBRIQUE de la BALANCE des PAIEMENTS	ACRONYME	SYMBOLE EN 2.1
01- 1. Current account		
<i>02- 1.A&B Goods and services – NET</i>	X_M	X – M
03- 1.C. Income		
04- 1.C.1. Compensation of employees... (+)	SalCr	NYL
04- 1.C.1. Compensation of employees... (-)	SalDb	
05- 1.C.2. Investment income		
06- 1.C.2.1 Direct investment NET	R_IDEnet	NYKD
07- 1.C.2.2 Portfolio + 08- 1.C.2.3 Other investment (+)	RptfCr	NYKP
07- 1.C.2.2 Portfolio + 08- 1.C.2.3 Other investment (-)	RptfDb	
09- 1.D. Current transfers (-)	TrCouCr	NCT
09- 1.D. Current transfers (+)	TrCouDb	
14- 2. Capital and Financial Acct		
<i>15- 2.E. Capital Account</i>	CCapNet	NKT + NPNNA
18- 2.F. Financial Account		
19- 2.F.1. Direct investment – NET	IDeflnet	NFDI
22- 2.F.2. Portfolio investment		
23- 2.F.2.1 Assets	Iptf_A	NPI
24- 2.F.2.2 Liabilities	Iptf_L	
25- 2.F.3. Financial derivatives (net)	DerivNet	
26- 2.F.4. Other investment		
27- 2.F.4.1 Assets	Iaut_A	NOI
28- 2.F.4.2 Liabilities	Iaut_L	
29- 2.F.5. Official reserve assets	Res_net	RT

C'est sur la base de ces correspondances que les données ajustées ont été utilisées pour calibrer les valeurs initiales des flux financiers dans MIRAGE-D.

ANNEXE 3 : PROGRAMME D'AJUSTEMENT DES DONNÉES FINANCIÈRES INTERNATIONALES

```

$TITLE           AjusIIP Programme d'ajustement des IIP

*-----Les ensembles utilises-----
*
*$ONTEXT
SET REG Regions /
    AfriSS
    ChineHK
    EU15
    EUplus
    Inde
    Japon
    MO_AN
    PEDAmL
    PEDAsPa
    RdAmL
    RdAsie
    RdM
    Transit
    USA
    /

I Rubriques /
PtFEq_A         Portfolio equity assets
PtFEq_L         Portfolio equity liabilities
FDI_A           FDI assets
FDI_L           FDI liabilities
Debt_A          Debt assets
Debt_L          Debt liabilities
Deriv_A         financial derivatives (assets)
Deriv_L         financial derivatives (liabilities)
Reserv          Total reserves minus gold
NetIIP          Net external position
IDEnets         IDE nets MIRAGE
                /

    Iajus(I) Rubriques a ajuster /
                PtFEq_A
                PtFEq_L
                Debt_A
                Debt_L
                Deriv_A
                Deriv_L
                Reserv
                /

SET ASSET(Iajus) /
*               PtFEq_A
                Debt_A

```



```

Deriv_A
Reserv
/

SET LIABI(Iajus) /
*      PtfEq_L
      Debt_L
      Deriv_L
/

*=====

ALIAS (REG,REGJ) ;
ALIAS (Iajus,II) ;

*-----Liste des variables-----
--

PARAMETER
DONNEES(I,REG)      Matrice des donnees du probleme
SOLUTION(I,REG)     Solution
DISTRO(I,REG)       Matrice de la DISTRibution a priori (non ajustee)
EPSILON             Empeche des divisions par zero

$Stitle Donnees de depart
TABLE DONNEES(I,REG)

      AfrISS      ChineHK      EU15      EUplus
PtfEq_A      29280      7639      2601953      4553
PtfEq_L      17831      13302      3288806      12932
FDI_A        25757      30364      4026716      7341
FDI_L        95410      358627      2981986      119924
Debt_A       43858      236644      9890456      99047
Debt_L       191661      171593      10753543      167962
Deriv_A       1          0          204172      1612
Deriv_L       0          0          194097      817
Reserv       34245      216350      266832      66708
NetIIP       -171762      -52523      -228303      -122374
IDEnets      -90499      -276173      881752      -156408

+      Inde      Japon      MO_AN      PEDAmL
PtfEq_A      743      227351      116539      100752
PtfEq_L      18613      376050      24716      106383
FDI_A        4006      300115      20783      360513
FDI_L        25419      50320      129614      516180
Debt_A       14555      1950631      461451      639464
Debt_L       97517      1091511      309539      506601
Deriv_A       0          2998      0          17529
Deriv_L       0          3545      0          12198
Reserv       45870      395155      164471      148624
NetIIP       -76374      1354825      299376      125519
IDEnets      -23699      234653      -145587      -152739

```

+	PEDAsPa	RdAmL	RdAsie	RdM
PtfEq_A	5735	34024	150007	636876
PtfEq_L	87789	101671	88611	575353
FDI_A	44171	86019	168263	681591
FDI_L	133358	391364	194952	538464
Debt_A	154577	203214	330891	1192457
Debt_L	469344	587551	228521	1563319
Deriv_A	595	42	617	17242
Deriv_L	1003	45	568	15540
Reserv	188855	112509	228060	130876
NetIIP	-297560	-644822	365185	-33635
IDEnets	-120722	-278495	-69008	128862

+	Transit	USA
PtfEq_A	543	1612673
PtfEq_L	29178	1572681
FDI_A	46131	2314934
FDI_L	96445	2560294
Debt_A	203701	2872916
Debt_L	244832	5136957
Deriv_A	17	0
Deriv_L	19	0
Reserv	57109	57634
NetIIP	-62974	-2411775
IDEnets	-84972	153036

;

*=====

----- Assignment -----

*++++ AU LIEU DE LA NORMALISATION DE AjusIIP v2.gms,

* ON IMPOSE LA CONDITION EQ_tot

EPSILON=0.000001 ;

DISTRO(Iajus,REG) = DONNEES(Iajus,REG) ;

DISTRO(Iajus,REG)\$ (DONNEES(Iajus,REG)=0) = EPSILON ;

*display Distro ;

parameter controll1 ;

controll1 = SUM((II,REGJ),DONNEES(II,REGJ)) ;

display controll1 ;

*-----Nom des variables utilisees-----

VARIABLE

ZED(Iajus,REG)

OBJ Fonction objectif

;

---- Assignment des valeurs de depart ----

*++++ ATTENTION changements 2007-01-18

```

* La valeur EPS comme borne inférieure de ZED n'est pas suffisamment grande
* pour éviter que log(ZED(Iajus,REG)/DISTRO(Iajus,REG)) tende vers moins
l'inf.
* ZED.LO(Iajus,REG) = EPS ;
  ZED.LO(Iajus,REG) = EPSILON ;

  ZED.L(Iajus,REG) = DISTRO(Iajus,REG) ;

  DISPLAY ZED.L ;
controll = SUM((II,REGJ),ZED.L(II,REGJ)) ;
display controll ;

*-----Les equations-----

EQUATIONS
  EQ_EQUI
  EQ_Debt
  EQ_Deriv
  EQ_tot
  EQOBJ          Equation du critere de distance a minimiser
  ;

  EQ_EQUI.. SUM(REG,ZED("Ptfeq_A",REG))-SUM(REG,ZED("Ptfeq_L",REG)) =e= 0 ;
  EQ_Debt.. SUM(REG,ZED("Debt_A",REG))+SUM(REG,ZED("Reserv",REG))-
SUM(REG,ZED("Debt_L",REG)) =e= 0 ;
  EQ_Deriv.. SUM(REG,ZED("Deriv_A",REG))-SUM(REG,ZED("Deriv_L",REG)) =e=
0 ;
  EQ_tot.. SUM((Iajus,REG),ZED(Iajus,REG)) =E=
SUM((II,REGJ),DISTRO(II,REGJ)) ;
* La fonction objectif est definie ci-apres:
* La specification suivante minimise l'entropie croisee, ou l'apport
d'information.
  EQOBJ..          OBJ =e= SUM((Iajus,REG),
                          ZED(Iajus,REG)*log(ZED(Iajus,REG)/DISTRO(Iajus,REG))) ;

*=====
*-----Resolution du probleme de minimisation-----

OPTION SUBSYSTEMS ;
OPTION ITERLIM=100000 ;
OPTION DECIMALS=5 ;
MODEL AjustIIP /ALL/ ;
OPTION NLP=MINOS5 ;
*OPTION NLP=MINOS ;
*OPTION NLP=CONOPT ;
*OPTION NLP=CONOPT2 ;
*OPTION NLP=CONOPT3 ;
SOLVE AjustIIP USING NLP MINIMIZING OBJ ;
Display OBJ.L ;
*----- Calcul des valeurs solution -----*
Parameter VALSOL(Iajus,REG) ;
VALSOL(Iajus,REG) = ZED.L(Iajus,REG) ;
*----- Construction des tableaux sous format Excel -----
Display ZED.l ;

```

```
controll =
SUM((Iajus,REG),ZED.l(Iajus,REG)*log(ZED.l(Iajus,REG)/DISTRO(Iajus,REG))) ;
display 'Valeur calculée de la fonction objectif',controll

*$ontext
file Resul /
* Nom du fichier a creer
  'C:\AAAANDRE\CEPII\Données\FMI\IIPajusX.XLS' / ;
*   'C:\AAAANDRE\CEPII\Données\FMI\IIPajus.XLS' / ;
* Separateur de colonne (6=tabulateur)
  Resul.pc=6 ;

* Nombre de decimales
  Resul.nd=6 ;
put Resul ;

put 'MATRICE' // ;
put ' ' loop(REG, put REG.TE(REG)) put / ;
loop(Iajus, put Iajus.tl loop(REG, put VALSOL(Iajus,REG)) put /) ;
put / ;

*$offtext
```

ANNEXE 4 : PROGRAMME D'AJUSTEMENT DES DONNÉES DE LA BALANCE DES PAIEMENTS

\$TITLE AjusBoP Programme d'ajustement des flux de la balance des paiements
 * Ce programme ajuste la matrice des flux suivant la methode de Junius et Oosterhaven (2003)
 * Version avec fonction objectif en fonction des montants

*-----Les ensembles utilises-----
 *

*\$ONTEXT

SET J Regions /
 AfrISS
 ChineHK
 EU15
 EUplus
 Inde
 Japon
 MO_AN
 PEDAmL
 PEDAsPa
 RdAmL
 RdAsie
 RdM
 Transit
 USA
 /

\$ontext

REG(J) Regions sans le total /
 AfrISS
 ChineHK
 EU15
 EUplus
 Inde
 Japon
 MO_AN
 PEDAmL
 PEDAsPa
 RdAmL
 RdAsie
 RdM
 Transit
 USA
 /

\$offtext

I Rubriques /

* X_M 02- 1.A&B Goods and services - NET
 SalCr 04- 1.C.1. Compensation of employees (+)

	SalDb	04- 1.C.1. Compensation of employees (-)
*	R_IDEnet	06- 1.C.2.1 Direct investment - NET
	RptfCr	07- 1.C.2.2&3 Portfolio + other investment (+)
	RptfDb	07- 1.C.2.2&3 Portfolio + other investment (-)
	TrCouCr	09- 1.D. Current transfers (+)
	TrCouDb	09- 1.D. Current transfers (-)
	CCapNet	15- 2.E. Capital Account (net)
*	IDeflnet	19- 2.F.1. Direct investment
	Iptf_A	23- 2.F.2.1 Assets
	Iptf_L	24- 2.F.2.2 Liabilities
	DerivNet	25- 2.F.3. Financial derivatives (net)
	Iaut_A	27- 2.F.4.1 Assets
	Iaut_L	28- 2.F.4.2 Liabilities
	Res_net	29- 2.F.5. Official reserve assets
	TotCo	Total marginal
	/	

RUB(I) Rubriques sans le total /

*	X_M	02- 1.A&B Goods and services - NET
	SalCr	04- 1.C.1. Compensation of employees (+)
	SalDb	04- 1.C.1. Compensation of employees (-)
*	R_IDEnet	06- 1.C.2.1 Direct investment - NET
	RptfCr	07- 1.C.2.2&3 Portfolio + other investment (+)
	RptfDb	07- 1.C.2.2&3 Portfolio + other investment (-)
	TrCouCr	09- 1.D. Current transfers (+)
	TrCouDb	09- 1.D. Current transfers (-)
	CCapNet	15- 2.E. Capital Account (net)
*	IDeflnet	19- 2.F.1. Direct investment
	Iptf_A	23- 2.F.2.1 Assets
	Iptf_L	24- 2.F.2.2 Liabilities
	DerivNet	25- 2.F.3. Financial derivatives (net)
	Iaut_A	27- 2.F.4.1 Assets
	Iaut_L	28- 2.F.4.2 Liabilities
	Res_net	29- 2.F.5. Official reserve assets
	/	

;

Alias (REG,J) ;
 ALIAS (REG,REGJ) ;
 ALIAS (RUB,RUBI) ;

-----Liste des variables-----

PARAMETER

DONNEES(I,J)	Matrice des donnees du probleme
SOLUTION(I,J)	Solution
DISTRO(I,J)	Matrice de la DISTRibution a priori (non ajustee)
*++++	
ABSTRO(RUB,REG)	Valeurs absolues
* initialement, matrice des montants non ajustes par rubrique (lignes)	
* et par region (colonnes)	
EPSILON	Empeche des divisions par zero

\$Stitle Donnees de depart

* Les donnees sont incluses dans le fichier InputBoP.gms.

=====

* ATTENTION ! DANS L'ENONCE QUI SUIV, IL FAUT INSCRIRE LE CHEMIN APPROPRIE

*

* A LA PLACE DE C:\AAAANDRE\CEPII\MIRAGE\MIRAGE_D courant\

*

=====

TABLE DONNEES(I,REG)

\$INCLUDE 'C:\AAAANDRE\CEPII\MIRAGE\MIRAGE_D courant\InputBoP.gms' ;

;

=====

----- Assignation -----

* Il faut normaliser, parce qu'autrement, la somme des valeurs ajustees ne sera

* pas la meme que celle des contraintes des totaux de colonnes

* DISTR("TotCo",REG) = DONNEES("TotCo",REG) ;

* Ce qui suit est une imbecillite: ca change les signes !

* DISTR(RUB,REG) =

DONNEES(RUB,REG)*DONNEES("TotCo",REG)/sum(RUBI,DONNEES(RUBI,REG)) ;

* DISTR(RUB,REG) =

DONNEES(RUB,REG)*sum(REGJ,DONNEES("TotCo",REGJ))/sum((RUBI,REGJ),DONNEES(RUBI,REGJ)) ;

* DISTR(RUB,REG) = DONNEES(RUB,REG) ;

DISTR(I,REG) = DONNEES(I,REG) ;

ABSTRO(RUB,REG) = DISTR(RUB,REG) ;

Display DISTR ;

EPSILON=0.000001 ;

-----Nom des variables utilisees-----

VARIABLE

ZED(RUB,REG) Matrice des facteurs de correction des montants initiaux de DISTR

* DISTR(RUB,REG) Matrice de la DISTRibution a posteriori ajustee par industrie I et par region J

* BOPAJ(RUB,REG) Matrice des flux ajustes

OBJ Fonction objectif

;

---- Assignation des valeurs de depart ----

* ZED.LO(IND,REG) = 0 ;

ZED.LO(RUB,REG) = EPSILON ;

ZED.L(RUB,REG) = 1 ;

* ZED.L(IND,REG) =

SUM(INDJ,DISTR(INDJ,"TOTAL"))/SUM((INDJ,REGJ),DISTR(INDJ,REGJ)) ;

```

* ZED.L(IND,REG) = 1 ;
* ZED.L(IND,REG)$ (DONNEES(IND,REG) NE 0) =
SOLUTION(IND,REG)/DONNEES(IND,REG) ;
* ZED.L(IND,REG)$ (DONNEES(IND,REG) EQ 0) = 1 ;
* DISTR.L(RUB,REG) = DISTRO(RUB,REG) ;

DISPLAY ZED.L ;

* OBJ.LO=0 ;

*-----Les equations-----

EQUATIONS
*
      (totaux marginaux de lignes)

EQ_GLO1      Contrainte de respect de l'equilibre global entre pays
EQ_GLO2      Contrainte de respect de l'equilibre global entre pays
EQ_GLO3      Contrainte de respect de l'equilibre global entre pays
EQ_GLO4      Contrainte de respect de l'equilibre global entre pays
EQ_GLO5      Contrainte de respect de l'equilibre global entre pays
EQ_GLO6      Contrainte de respect de l'equilibre global entre pays
EQ_GLO7      Contrainte de respect de l'equilibre global entre pays
EQ_GLO8      Contrainte de respect de l'equilibre global entre pays
*
      (totaux marginaux de colonnes)
EQ_BAL(REG)  Contrainte de respect de l'equilibre de la bal. des
paiements par pays
* Nouveau
EQ_TOT      Contrainte de la taille des flux

EQOBJ      Equation du critere de distance a minimiser
;

* De nouvelles specifications des contraintes tiennent compte de la
transformation
* des donnees en valeurs absolues.

EQ_GLO1..   SUM(REG,DISTRO("SalCr",REG)*ZED("SalCr",REG))
            + SUM(REG,DISTRO("SalDb",REG)*ZED("SalDb",REG)) =E= 0 ;
EQ_GLO2..   SUM(REG,DISTRO("RptfCr",REG)*ZED("RptfCr",REG))
            + SUM(REG,DISTRO("RptfDb",REG)*ZED("RptfDb",REG)) =E= 0
;
EQ_GLO3..   SUM(REG,DISTRO("TrCouCr",REG)*ZED("TrCouCr",REG))
            + SUM(REG,DISTRO("TrCouDb",REG)*ZED("TrCouDb",REG)) =E= 0
;
EQ_GLO4..   SUM(REG,DISTRO("CCapNet",REG)*ZED("CCapNet",REG)) =E= 0 ;
EQ_GLO5..   SUM(REG,DISTRO("Iptf_A",REG)*ZED("Iptf_A",REG))
            + SUM(REG,DISTRO("Iptf_L",REG)*ZED("Iptf_L",REG)) =E= 0
;
EQ_GLO6..   SUM(REG,DISTRO("DerivNet",REG)*ZED("DerivNet",REG)) =E= 0
;
EQ_GLO7..   SUM(REG,DISTRO("Iaut_A",REG)*ZED("Iaut_A",REG))
            + SUM(REG,DISTRO("Iaut_L",REG)*ZED("Iaut_L",REG)) =E= 0
;
EQ_GLO8..   SUM(REG,DISTRO("Res_Net",REG)*ZED("Res_Net",REG)) =E= 0 ;

```



```

EQ_BAL(REG).. SUM(RUB, DISTRO(RUB, REG) * ZED(RUB, REG)) =E=
DISTRO("TotCo", REG) ;
* Nouveau
EQ_TOT.. SUM((RUB, REG), ABS(DISTRO(RUB, REG)) * ZED(RUB, REG))
=E= SUM((RUB, REG), ABS(DISTRO(RUB, REG))) ;
* EQ_TOT.. SUM((RUB, REG), ABS(DISTRO(RUB, REG) * ZED(RUB, REG)))
* =E= SUM((RUB, REG), ABS(DISTRO(RUB, REG))) ;

*====
* La fonction objectif est definie ci-apres:
* cette specification suivante minimise l'entropie croisee, ou l'apport
d'information.
* Les donnees ont ete transformees au prealable conformement a la
suggestion de Junius et Oosterhaven (2003)
* qui decomposent la matrice initiale en une matrice des valeurs absolues
et une matrice des signes.
* L'ajustement porte sur les valeurs absolues.

EQOBJ.. OBJ =E=
SUM((RUB, REG), ABS(DISTRO(RUB, REG)) * ZED(RUB, REG) * log(ZED(RUB, REG))) ;

*-----Resolution du probleme de minimisation-----

*OPTION SUBSYSTEMS ;
OPTION ITERLIM=100000 ;
OPTION DECIMALS=8 ;
MODEL AJUSBOP /ALL/ ;
*OPTION DNLP=MINOS5 ;
OPTION NLP=MINOS5 ;
*OPTION NLP=MINOS ;
*OPTION NLP=CONOPT ;
*OPTION NLP=CONOPT2 ;
*OPTION NLP=CONOPT3 ;
*SOLVE AJUSBOP USING DNLP MINIMIZING OBJ ;
SOLVE AJUSBOP USING NLP MINIMIZING OBJ ;
display OBJ.L ;

*----- Calcul de la matrice des montants ajustes -----*
parameter BOPAJ ;
BOPAJ(RUB, REG) = DISTRO(RUB, REG) * ZED.L(RUB, REG) ;

*----- Construction des tableaux sous format Excel -----

file Resul /
* Nom du fichier a creer
'C:\AAAANDRE\CEPII\Données\FMI\BoPajus.XLS' / ;
* Separateur de colonne (6=tabulateur)
Resul.pc=6 ;

* Nombre de decimales
Resul.nd=8 ;

put Resul ;

```

```
put 'MATRICE DE FLUX AJUSTES DE LA BALANCE DES PAIEMENTS' // ;
put ' ' loop(REG, put REG.TE(REG)) put / ;
loop(RUB, put RUB.tl loop(REG, put BOPAJ(RUB,REG)) put /) ;
put / ;

parameter test1, test ;
test1(REG) = DISTRO("TotCo",REG) ;
Test(REG) = SUM(RUB,DISTRO(RUB,REG)*ZED.L(RUB,REG)) - DISTRO("TotCo",REG)
;
display test1, test ;
```

France 43,5 37,7 31,8 22,2

Une liste complète est disponible sur le site du CEPII : [\\www.cepii.fr](http://www.cepii.fr).

Pour recevoir un message d'alerte, contacter Sylvie Hurion (sylvie.hurion@cepii.fr).

LISTE DES DOCUMENTS DE TRAVAIL DU CEPII

<i>N°</i>	<i>Titre</i>	<i>Auteurs</i>
2009-26	Oil Prices, Geography and Endogenous Regionalism: Too Much Ado about (Almost) Nothing	D. Mirza & H. Zitouna
2009-25	EU15 Trade with Emerging Economies and Rentier States: Leveraging Geography	G. Gaulier, F. Lemoine & D. Ünal
2009-24	Market Potential and Development	T. Mayer
2009-23	Immigration, Income and Productivity of Host Countries: A Channel Accounting Approach	A. Mariya & A. Tritah
2009-22	A Picture of Tariff Protection Across the World in 2004 MAcMap-HS6, Version 2	H. Boumellassa, D. Laborde Debucquet & C. Mitaritonna
2009-21	Spatial Price Discrimination in International Markets	J. Martin
2009-20	Is Russia Sick with the Dutch Disease	V. Dobrynskaya & E. Turkisch
2009-19	Économies d'agglomération à l'exportation et difficulté d'accès aux marchés	P. Koenig, F. Mayneris & S. Poncet
2009-18	Local Export Spillovers in France	P. Koenig, F. Mayneris & S. Poncet
2009-17	Currency Misalignments and Growth: A New Look using Nonlinear Panel Data Methods,	S. Béreau, A. López Villavicencio & V. Mignon
2009-16	Trade Impact of European Measures on GMOs Condemned by the WTO Panel	A. C. Disdier & L. Fontagné
2009-15	Economic Crisis and Global Supply Chains	A. Bénassy-Quéré, Y. Decreux, L. Fontagné & D. Khoudour-Casteras
2009-14	Quality Sorting and Trade: Firm-level Evidence for French Wine	M. Crozet, K. Head & T. Mayer
2009-13	New Evidence on the Effectiveness of Europe's Fiscal Restrictions	M. Poplawski Ribeiro
2009-12	Remittances, Capital Flows and Financial Development during the Mass Migration Period, 1870-1913	R. Esteves & D. Khoudour-Castéras
2009-11	Evolution of EU and its Member States' Competitiveness in International Trade	L. Curran & S. Zignago

<i>N°</i>	<i>Titre</i>	<i>Auteurs</i>
2009-10	Exchange-Rate Misalignments in Duopoly: The Case of Airbus and Boeing	A. Bénassy-Quéré, L. Fontagné & H. Raff
2009-09	Market Positioning of Varieties in World Trade: Is Latin America Losing out on Asia?	N. Mulder, R. Paillacar & S. Zignago
2009-08	The Dollar in the Turmoil	A Bénassy-Quéré, S. Béreau & V. Mignon
2009-07	Term of Trade Shocks in a Monetary Union: An Application to West-Africa	L. Batté, A. Bénassy-Quéré, B. Carton & G. Dufrénot
2009-06	Macroeconomic Consequences of Global Endogenous Migration: A General Equilibrium Analysis	V. Borgy, X. Chojnicki, G. Le Garrec & C. Schweltnus
2009-05	Équivalence entre taxation et permis d'émission échangeables	P. Villa
2009-04	The Trade-Growth Nexus in the Developing Countries: a Quantile Regression Approach	G. Dufrénot, V. Mignon & C. Tsangarides
2009-03	Price Convergence in the European Union: within Firms or Composition of Firms?	I. Méjean & C. Schweltnus
2009-02	Productivité du travail : les divergences entre pays développés sont-elles durables ?	C. Bosquet & M. Fouquin
2009-01	From Various Degrees of Trade to Various Degrees of Financial Integration: What Do Interest Rates Have to Say	A. Bachellerie, J. Héricourt & V. Mignon
2008-32	Do Terms of Trade Drive Real Exchange Rates? Comparing Oil and Commodity Currencies	V. Coudert, C. Couharde & V. Mignon
2008-31	Vietnam's Accession to the WTO: Ex-Post Evaluation in a Dynamic Perspective	H. Boumellassa & H. Valin
2008-30	Structural Gravity Equations with Intensive and Extensive Margins	M. Crozet & P. Koenig
2008-29	Trade Prices and the Euro	J. Martin & I. Méjean
2008-28	Commerce international et transports : tendances du passé et prospective 2020	C. Gouel, N. Kousnetzoff & H. Salman
2008-27	The Erosion of Colonial Trade Linkages after Independence	T. Mayer, K. Head & J. Ries
2008-26	Plus grandes, plus fortes, plus loin... Performances relatives des firmes exportatrices françaises	M. Crozet, I. Méjean & S. Zignago
2008-25	A General Equilibrium Evaluation of the Sustainability of the New Pension Reforms in Italy	R. Magnani

<i>N°</i>	<i>Titre</i>	<i>Auteurs</i>
2008-24	The Location of Japanese MNC Affiliates: Agglomeration, Spillovers and Firm Heterogeneity	T. Inui, T. Matsuura & S. Poncet
2008-23	Non Linear Adjustment of the Real Exchange Rate Towards its Equilibrium Values	S. Béreau, A. Lopez Villavicencio & V. Mignon
2008-22	Demographic Uncertainty in Europe – Implications on Macro Economic Trends and Pension Reforms – An Investigation with the INGENUE2 Model	M. Aglietta & V. Borgy
2008-21	The Euro Effects on the Firm and Product-Level Trade Margins: Evidence from France	A. Berthou & L. Fontagné
2008-20	The Impact of Economic Geography on Wages: Disentangling the Channels of Influence	L. Hering & S. Poncet
2008-19	Do Corporate Taxes Reduce Productivity and Investment at the Firm Level? Cross-Country Evidence from the Amadeus Dataset	J. Arnold & C. Schwellnus
2008-18	Choosing Sensitive Agricultural Products in Trade Negotiations	S. Jean, D. Laborde & W. Martin
2008-17	Government Consumption Volatility and Country Size	D. Furceri & M. Poplawski Ribeiro
2008-16	Inherited or Earned? Performance of Foreign Banks in Central and Eastern Europe	O. Havrylchuk & E. Jurzyk
2008-15	The Effect of Foreign Bank Entry on the Cost of Credit in Transition Economies. Which Borrowers Benefit most?	H. Degryse, O. Havrylchuk, E. Jurzyk & S. Kozak
2008-14	Contagion in the Credit Default Swap Market: the Case of the GM and Ford Crisis in 2005.	V. Coudert & M. Gex
2008-13	Exporting to Insecure Markets: A Firm-Level Analysis	M. Crozet, P. Koenig & V. Rebeyrol
2008-12	Social Competition and Firms' Location Choices	V. Delbecque, I. Méjean & L. Patureau
2008-11	Border Effects of Brazilian States	M. Daumal & S. Zignago
2008-10	International Trade Price Indices	G. Gaulier, J. Martin, I. Méjean & S. Zignago
2008-09	Base de données CHELEM – Commerce international du CEPII	A. de Saint Vaulry
2008-08	The Brain Drain between Knowledge Based Economies: the European Human Capital Outflows to the US	A. Tritah

<i>N°</i>	<i>Titre</i>	<i>Auteurs</i>
2008-07	Currency Misalignments and Exchange Rate Regimes in Emerging and Developing Countries	V. Coudert & C. Couharde
2008-06	The Euro and the Intensive and Extensive Margins of Trade: Evidence from French Firm Level Data	A. Berthou & L. Fontagné
2008-05	On the Influence of Oil Prices on Economic Activity and other Macroeconomic and Financial Variables	F. Lescaroux & V. Mignon
2008-04	An Impact Study of the EU-ACP Economic Partnership Agreements (EPAs) in the Six ACP Regions	L. Fontagné, D. Laborde & C. Mitaritonna
2008-03	The Brave New World of Cross-Regionalism	A. Tovias
2008-02	Equilibrium Exchange Rates: a Guidebook for the Euro-Dollar Rate	A. Bénassy-Quéré, S. Béreau & V. Mignon
2008-01	How Robust are Estimated Equilibrium Exchange Rates? A Panel BEER Approach	A. Bénassy-Quéré, S. Béreau & V. Mignon

Organisme public d'étude et de recherche en économie internationale, le CEPII est placé auprès du Centre d'Analyse Stratégique. Son programme de travail est fixé par un conseil composé de responsables de l'administration et de personnalités issues des entreprises, des organisations syndicales et de l'Université.

Les *documents de travail* du CEPII mettent à disposition du public professionnel des travaux effectués au CEPII, dans leur phase d'élaboration et de discussion avant publication définitive. Les *documents de travail* sont publiés sous la responsabilité de la direction du CEPII et n'engagent ni le conseil du Centre, ni le Centre d'Analyse Stratégique. Les opinions qui y sont exprimées sont celles des auteurs.

Les *documents de travail* du CEPII sont disponibles sur le site : <http://www.cepii.fr>.

CEPII

9, RUE GEORGES PITARD, 75740 PARIS CEDEX 15

SYLVIE HURION – PUBLICATIONS

TÉL : 01 53 68 55 14 - FAX : 01 53 68 55 04

sylvie.hurion@cepii.fr

ISSN : 1293-2574

