CAPC

Travail en cours

No. 62

Commission économique pour l'Afrique

Centre africain pour les politiques commerciales

DIVA, Un modèle d'équilibre général pour l'étude de la diversification en Afrique

Mohamed Hédi BCHIR, Hakim BEN HAMMOUDA et Mohamed Abdelbasset CHEMENGUI

Février 2007

CAPC

Travail en cours

Commission économique pour l'Afrique

DIVA, Un modèle d'équilibre général pour l'étude de la diversification en Afrique

Mohamed Hédi BCHIR, Hakim BEN HAMMOUDA et Mohamed Abdelbasset CHEMENGUI

Le CAPC est un projet de la Commission économique pour l'Afrique soutenu financièrement par le Fonds canadien pour l'Afrique

La présente publication a été réalisée avec le soutien du Programme des Nations Unis pour le Développement.

Table of Contents

1. Introduction

Depuis leur adoption par le Sommet du Millénaire en septembre 2000, les Objectifs du Millénaire pour le développement (OMD) ont constitué le nouveau cadre d'élaboration et de formulation des politiques et des stratégies de développement. L'adoption des OMD constitue une importante avancée de la part de la communauté internationale afin de construire un consensus en matière de priorités au développement et de coopération internationale. Le principal objectif des politiques de développement et de coopération internationale est l'achèvement des OMD à l'horizon 2015. L'adoption de ce consensus a été renforcée ces dernières années par des mécanismes de suivi des avancées dans la réalisation de ces Objectifs. Le Sommet Mondial organisé par les Nations Unies en septembre 2005 a été l'occasion de faire le point sur les progrès effectués par les différentes régions du monde afin d'atteindre ces objectifs. À ce niveau, il faut noter que la plupart des régions ont enregistré de bons résultats et ont été en mesure d'effectuer des progrès louables afin d'atteindre ces objectifs (CEA 2005).

Or, les résultats de l'Afrique dans ce domaine ont été beaucoup plus faibles et les progrès n'ont pas été à la hauteur des espérances. Certes certains pays, à l'image de ceux d'Afrique du Nord ou de Maurice, ont effectué des progrès importants afin d'atteindre les OMD. Mais, dans la plupart des pays africains les progrès ont été relativement faibles. En effet, les résultats du continent restent préoccupants et les progrès sont insuffisants pour atteindre les OMD. Dans cette perspective, l'achèvement des OMD devient en Afrique plus qu'ailleurs un objectif crucial pour les politiques publiques. Ce nouvel objectif a été à l'origine de l'émergence de nouveaux outils techniques pour aider les pays à mesurer les progrès réalisés afin d'atteindre les OMD. Par ailleurs, de nouveaux modèles ont été construits afin d'assister les pays à déterminer les politiques à mettre en œuvre afin de mettre les dynamiques de croissance sur le sentier de la lutte contre la pauvreté et de l'achèvement des OMD. À ce niveau, il faut citer l'élaboration du modèle MAMS par la Banque mondiale dont l'objectif est de mesurer l'impact de l'accroissement des dépenses sociales dans la réalisation des OMD (Bourguigon *et al.* 2004, Lofgren *et al.* 2006).

Ce travail s'inscrit dans cette nouvelle tradition qui cherche à construire des outils techniques et des modèles dont l'objectif est d'aider les politiques publiques afin d'atteindre les OMD. Nous avons opté pour un modèle d'équilibre général calculable qui est de plus en plus utilisé dans l'étude des pays en développement et présente l'avantage

d’offrir un cadre d’analyse relativement large qui permet de saisir les effets complexes et multiples qui sont au cœur des processus menant à la réalisation des OMD.

Dans cette contribution nous présenterons un modèle d’équilibre général «standard» pour l’étude des pays en développement. Ce modèle peut être utilisé pour l’étude de différentes économies. Ce modèle «standard» peut être par conséquent adapté lors de la prise en considération des spécificités des différentes économies en développement auxquelles il sera appliqué.

La principale nouveauté de ce modèle est de mettre l’accent sur la croissance et la diversification des économies en développement dans l’achèvement des OMD. La question de la diversification n’est pas récente dans la littérature économique (Syrquin *et al.*, Srinivasan 1988). Les premiers travaux sur cette question ont été effectués par Mac Laughlin au moment de la crise des années 30 qui a cherché à expliquer les cycles économiques dans les villes américaines par le degré de concentration des activités économiques (MacLaughlin 1930). Cette problématique a été reprise durant la même période dans l’étude des aléas de la conjoncture, et plus particulièrement sur la chute des cours de matières premières comme le café pour les pays d’Amérique latine. Ces travaux sur la diversification connaîtront un développement rapide dans les années 40 et 50 et vont constituer le paradigme dominant de la réflexion sur la croissance et le développement jusqu’à la fin des années 70 du siècle dernier. Les différents auteurs ont abordé plusieurs thèmes dans l’exploration de ce nouveau paradigme et dans la définition de nouvelles problématiques de développement. Ainsi, Rosenstein-Rodan et Léontief avaient mis l’accent sur les notions d’effets d’entraînement et de densification des matrices intersectorielles (Leontief *et al.* 1986, Rosenstein-Rodan *et al.* 1943). Les travaux sur la diversification ont également montré qu’elle joue un rôle essentiel dans la maîtrise des aléas de la conjoncture et particulièrement des fluctuations des cours de matières premières pour les pays en développement (Massel 1970). De leur côté, Kuznets et Rostow ont fait de la transformation structurelle des économies et de leur diversification des passages obligés vers la croissance et le développement (Kuznets *et al.*1966 et Rostow *et al.* 1960).

La question de la diversification a été au centre des premiers travaux sur le développement économique. Elle a été à l’origine de l’élaboration d’une série de choix en matière de stratégie de développement et plus particulièrement des stratégies d’import-substitution mises en œuvre par la plupart des pays en développement dans les années 60 et 70. Or, la crise de la fin des années 70 et l’échec des stratégies d’import-substitution ont été à

l'origine d'une marginalisation de la réflexion sur la diversification. La stabilisation macroéconomique et la spécialisation internationale sont devenues les thèmes majeurs de la réflexion et des politiques de développement. Mais, on a assisté depuis quelques années à un retour en force du débat sur la diversification. De ce point de vue, le modèle présenté ici cherche à prendre en considération les résultats récents de cette nouvelle littérature sur la diversification.

La deuxième question qui au cœur de ce modèle est celle de la lutte contre la pauvreté et les Objectifs du Millénaire pour le développement (OMD). Il faut rappeler que les modèles qui ont été construits afin de rendre compte des progrès en matière de lutte contre la pauvreté et de l'achèvement des OMD ont jusque-là mis l'accent sur l'accroissement des dépenses sociales notamment dans le domaine de l'éducation et de la santé. Ces dépenses ont été marginalisées depuis de longues années suite aux politiques publiques qui, dans le cadre du consensus de Washington, mettaient l'accent sur la stabilisation macroéconomique et la réduction des grands déficits internes et externes. Ces politiques se sont traduites par un accroissement sans précédent de la pauvreté et de la détérioration des conditions sociales. Aujourd'hui le retour et le renforcement des politiques sociales dans le cadre des stratégies de développement est nécessaire et contribue à l'amélioration des conditions sociales. Cependant, dans cette contribution nous mettons également l'accent sur les dynamiques de croissance et la diversification des économies qui contribueront également à l'achèvement des OMD. En effet, le renouvellement du débat sur la diversification s'est accompagné d'un consensus sur son rôle dans les dynamiques de croissance. La littérature récente explique la fragilité de la croissance dans les économies africaines et la marginalisation du continent dans l'économie mondiale par la faible diversification des structures des économies africaines. Plusieurs auteurs ont cherché à expliquer ce rapport entre la diversification et la croissance. Particulièrement, les travaux récents sur la croissance endogène ont mis l'accent sur l'importance de la diversification. Ainsi, le modèle de Romer a introduit un effet bénéfique de la diversification qui s'exprime à travers la disponibilité des intrants au sein d'une économie et qui peut contribuer à l'accroissement de la productivité du travail et du capital humain (Romer 1990). La diversification peut également participer à la croissance en augmentant le nombre de secteurs et par conséquent d'opportunités d'investissement et en réduisant le risque des investisseurs (Acemoglu et Zilibotti 1997). Plusieurs auteurs ont mis l'accent sur l'impact de la diversification sur la croissance économique par le biais de la stabilisation des recettes d'exportation (Stanley et Bunnag 2001).

Dans l'analyse de la relation entre la diversification et la croissance, la plupart des auteurs ont utilisé des modèles macroéconométriques où ils ont cherché à tester la corrélation entre le niveau de croissance et différents indices de diversification. À ce niveau, il faut mentionner les travaux de J.-C. Berthélemy qui a utilisé une méthodologie particulière (Berthélemy *et al.* 2000, Berthélemy et Soderling 2001). Dans un premier temps, il utilise la méthodologie traditionnelle de décomposition de la contribution des différents facteurs à la croissance. À ce niveau, il utilise une fonction de production Cobb-Douglas qu'il décompose en différentes contributions: le capital, le travail et la productivité totale des facteurs. Par la suite, il cherche à travers une régression économétrique à estimer les différents facteurs qui expliquent la productivité totale des facteurs. À ce niveau, il a retenu plusieurs variables explicatives dont l'indice de diversification, le financement de développement, l'ouverture de l'économie, le capital humain. Cette méthodologie est intéressante car elle permet, à travers la productivité totale des facteurs, de montrer la contribution de la diversification à la croissance économique.

Dans ce modèle, nous chercherons à lier les dynamiques de croissance et les façons d'atteindre les OMD aux efforts en matière de diversification des économies. Par ailleurs, ce modèle a également cherché à rendre compte des spécificités des pays en développement. Ainsi, on a introduit une distinction entre le secteur formel et le secteur informel du fait de l'importance de ce dernier dans les économies en développement. Concernant les OMD ce modèle se base dans sa version actuelle sur l'approche développée par Lofgren *et al*. (2006) pour prendre en compte les effets des politiques publiques sur les divers OMD.

2. La structure du modèle

La principale préoccupation de ce modèle est de chercher à comprendre les effets des politiques publiques et des chocs exogènes sur la diversification des économies et la croissance dans la perspective d'atteindre les OMD. Dans cette perspective, nous avons cherché à introduire dans les différents secteurs l'articulation entre plusieurs formes d'organisation de la production afin de rendre compte de la multiplicité des structures économiques dans les pays en développement.

2.1 Le bloc de la production

Dans ce modèle, on distingue trois formes de production: la production agricole réalisée en milieu rural, la production formelle[1] et la production privée informelle. Seule la production informelle n'est pas exportée. Les différentes formes de la production sont résumées dans l'annexe 1 qui présente de manière graphique la structure du modèle.

Les différentes formes de production seront indiquées par l'indice *s*; $s \in \{AGR, FOR, INF\}$ où *AGR* est la forme de production agricole, *FOR* est la forme de production privée formelle et *INF* est la forme de production informelle. Ces différentes formes de production peuvent se retrouver dans les différentes économies qui seront analysées par ce modèle. L'économie est composée de N secteurs. Les secteurs $\{1,......, N_A\}$ sont des secteurs agricoles et n'utilisent que le mode *AGR*. Les $N - N_A$ secteurs restants sont des secteurs urbains et font appel aux modes formels ou informels.

Dans tous les secteurs on utilisera une fonction de production Léontief combinant la valeur ajoutée et les consommations intermédiaires totales:

$$Y(i,s,t) = Min\left[\frac{VA(i,s,t)}{a\_Y\_VA(i,s,t)}, \frac{INT(i,s,t)}{a\_Y\_INT(i,s,t)}\right] \qquad (1)$$

[1] Ce type de production inclut aussi bien la production privée que publique.

$Y(i,s,t)$ est la production totale du secteur i sous la forme s et à la période t, $VA(i,s,t)$ est la valeur ajoutée du secteur i sous la forme s et à la période t et $INT(i,s,t)$ est la consommation intermédiaire du secteur i sous la forme s à la période t. $a\_Y\_VA(i,s,t)$ et $a\_Y\_INT(i,s,t)$ sont les coefficients de la fonction Leontieff.

2.1.1. La valeur ajoutée rurale

La valeur ajoutée rurale utilise la terre, le travail non qualifié agricole et le capital privé. Elle dépend également du niveau d'investissement public notamment dans le domaine des infrastructures et du niveau de diversification de l'économie et par conséquent de sa capacité à répondre aux besoins du secteur agricole en matière d'intrants. Nous avons opté pour une double fonction de production CES ayant les caractéristiques suivantes:

$$VA(i,AGR,t) = A^{A}(K(G,t),DI(t))CES(CES(Land(i,t),K(i,AGR,t)),UA(i,t)) \qquad (2)$$

où $Land(i,t)$ est le niveau de la terre utilisé par le secteur i à la période t, $K(i,AGR,t)$ est le niveau de capital utilisé par le secteur agricole i à la période t, $UA(i,t)$ est le niveau de travail non qualifié agricole utilisé par le secteur agricole i à la période t. A^{A} est un coefficient indiquant le degré de productivité des secteurs agricoles. La productivité de ces secteurs est supposée dépendre du niveau de capital public $K(G,t)$ et du degré de diversification de l'économie $DI(t)$.

2.1.2. La valeur ajoutée urbaine informelle

Les secteurs urbains informels utilisent le capital et le travail non qualifié urbain. Nous avons opté pour une fonction CES de la forme suivante:

$$VA(i,INF,t) = CES(K(i,INF,t), U(i,INF,t)) \qquad (3)$$

$K(i,INF,t)$ est le niveau de capital utilisé par le secteur informel i à la période t et $U(i,INF,t)$ est le niveau de travail non qualifié utilisé par le secteur informel i à la période t.

2.1.3. La valeur ajoutée urbaine formelle

Les secteurs urbains formels utilisent le travail qualifié $S(i,t)$, le travail non qualifié $U(i,FOR,t)$ et le capital $K(i,FOR,t)$. Ici, également on optera pour des fonctions CES

emboîtées afin de rendre compte de la substituabilité entre le capital et le travail qualifié[2]. Comme c'est le cas pour le secteur rural, la valeur ajoutée dans le secteur urbain dépendra du capital public et de la plus grande disponibilité de biens exprimée à travers le niveau de diversification de l'économie.

$$VA(i,FOR,t) = A^{F}(K(G,t),DI(t))CES(S(i,FOR,t),K(i,FOR,t)),U(i,FOR,t)) \qquad (4)$$

A^{F} est un coefficient indiquant le degré de productivité des secteurs manufacturiers formels. La productivité de ces secteurs est supposée dépendre du niveau du capital public *K(G,t)* et du degré de diversification de l'économie *DI(t)*. Les liens entre productivité, degré de diversification et capital public seront discutés dans la section suivante.

2.1.4. La productivité, la diversification et les politiques publiques

Les politiques publiques ne sont pas neutres dans DIVA. En effet, plusieurs travaux ont prouvé que les dépenses publiques contribuent à la croissance. Des travaux tel que Barro (1990) et Kelly (1997) ont mis l'accent sur la globalité de la contribution des dépenses publiques dans la croissance. Des travaux plus récents ont affiné l'étude de cette problématique en distinguant la contribution de différents types de dépense. Par exemple, Fan et Rao (2003) ont estimé la contribution de cinq types de capital public dans la croissance économique et ce pour un panel de 43 pays en voie de développement. Leurs résultats démontrent que la contribution à la croissance de la plupart des composantes du capital public est significativement positive confirmant ainsi notre hypothèse de non-neutralité des dépenses publiques à la croissance. Par ailleurs, et tel que le montre Ben Hammouda *et al.* (2006), le niveau de diversification de l'économie a un effet positif sur la productivité de l'économie. DIVA prend aussi ce deuxième élément d'externalité. Enfin, et comme l'indique les équations (2) et (4), seuls les modes de production agricole et formelle bénéficient de ces externalités selon les équations (5) et (6).

[2] Des études empiriques (pour une revue de la littérature, voir Hamermesh 1993 ou Cahuc et Zylberberg 1996) concluent que l'élasticité de substitution entre travail non qualifié et capital ou travail qualifié est proche de 1. Cette valeur (et la fonction Cobb-Douglas correspondante) est ici évitée pour faciliter les analyses de sensibilité.

La production agricole est supposée bénéficier des externalités liées à la diversification ainsi que des externalités liées au capital public agricole $KG^{AGRIC}(t)$ et du capital public en infrastructure KG^{INFRA}.

$$A^{A}(K(G,t),DI(t)) = A_0^{A}\left[DI(t)\right]^{\alpha_{DI}}\left[KG^{AGRIC}(t)\right]^{\alpha_{KG^{AGRIC}}}\left[KG^{INFRA}\right]^{\alpha_{KG^{INFRA}}} \qquad (5)$$

La production formelle est supposée bénéficier des externalités liées à la diversification ainsi que des externalités liée au capital public en éducation $KG^{EDUC}(t)$, du capital public en transport et télécommunication $KG^{TELEC}(t)$ et du capital public en infrastructure KG^{INFRA}.

$$A^{F}(K(G,t),DI(t)) = A_0^{F}\left[DI(t)\right]^{\alpha_{DI}}\left[KG^{EDUC}(t)\right]^{\alpha_{KG^{EDUC}}}\left[KG^{TELEC}(t)\right]^{\alpha_{TELEC}}\left[KG^{INFRA}\right]^{\alpha_{KG^{INFRA}}} \qquad (6)$$

Le niveau de diversification est défini par l'Indice de Hirschman normalisé (Ben Hammouda *et al.* 2006):

$$DI(t) = \frac{\sqrt[2]{SPE(t)} - \sqrt[2]{\frac{1}{N}}}{1 - \sqrt[2]{\frac{1}{N}}} \text{ avec } SPE(t) \text{ définie par : } SPE(t) = \sum_i \left[\frac{\sum_R E^R(i,t)}{\sum_{j,R} E^R(j,t)}\right]^2 \qquad (7)$$

$E^R(i,t)$ étant l'exportation de bien i vers le pays R.

2.1.5. Les consommations intermédiaires

Nous faisons l'hypothèse que les différents modes de production suivent la même forme de consommation intermédiaire totale. La demande globale de consommations intermédiaires du secteur (j) est une fonction CES des différentes consommations intermédiaires provenant des différents secteurs de l'économie.

$$INT(j,s,t)=\left[\sum_i a_{INT}(i,j,s)ICT(i,j,s,t)^{1-\frac{1}{\sigma_{INT}(j,s)}}\right]^{\frac{1}{1-\frac{1}{\sigma_{INT}(j,s)}}} \quad (8)$$

INT(i,s,j,t) étant la consommation intermédiaire du secteur *j* sous la forme de production *s* en bien *i* à la date *t*, $\sigma_{INT}(j,s)$ est l'élasticité de substitution entre les différentes consommations intermédiaires pour le secteur *j* et $a_{INT}(i,j,s)$ est la part de consommation intermédiaire en bien *i* pour le secteur *j*.

2.1.6. La consommation intermédiaire agricole

Si le bien *i* utilisé en tant que consommation intermédiaire est un bien agricole, les firmes ont le choix entre le bien local fabriqué dans le milieu rural *IC(i,A,s,j,t)* et le bien importé *ICImp(i,j,s,t)*. Ce choix est décrit par une fonction CES qui s'écrit de la manière suivante:

$$ICT(i,j,s,t)=CES(IC(i,AGR,j,s,t),ICImp(i,j,s,t)) \quad (9)$$

Les biens intermédiaires importés peuvent prévenir des R_N régions partenaires. Le choix entre les différentes origines s'écrire de la manière suivante:

$$ICImp(i,j,s,t)=CES(IC^{R_1}(i,j,s,t),\cdots,IC^{R_N}(i,j,s,t)) \quad (10)$$

2.1.7. Les consommations intermédiaires non agricoles

Nous faisons l'hypothèse que les consommations intermédiaires des produits urbains sont déterminées par un processus à trois étapes. La première étape consiste à décomposer la demande agrégée en consommations intermédiaires non agricoles en une composante de biens formels et une composante de biens informels. La deuxième étape sert ensuite à répartir la demande agrégée de biens formels entre une composante domestique et une composante agrégée des importations. En d'autres termes, même classifiés dans un même secteur, les biens domestiques ne sont pas identiques aux biens importés. Cette supposition est aussi connue sous le nom d'hypothèse d'Armington. Cette distinction est importante dans la mesure où elle permet de rendre compte de la capacité de l'économie à répondre aux besoins des différents secteurs et constitue par conséquent une indication de son

niveau de diversification. Enfin, la troisième étape suppose que les produits importés sont différenciés par région d'origine ce qui permet de mettre l'accent sur l'importance des relations commerciales entre les pays africains et les principaux blocs commerciaux du monde (Union européenne, Chine…). Le premier choix entre biens formels et informels prend la forme fonctionnelle suivante:

$$ICT(i,j,s,t) = CES(IC(i,Inf,j,s,t),ICF(i,j,s,t)) \quad (11)$$

IC(i,INFj,s,t) est la demande du secteur *j* en consommation intermédiaire en bien informel *i*, *ICF(i,s,j,t)* est la consommation intermédiaire en bien formel *i* par le secteur *j*. Cette demande en consommation intermédiaire pourrait être importée ou fabriquée localement. Ainsi, le choix entre les consommations intermédiaires formelles domestiques et importées prend la forme fonctionnelle suivante:

$$ICF(i,j,s,t) = CES(IC(i,FOR,j,s,t),ICImp(i,j,s,t)) \quad (12)$$

IC(i,FOR,j,s,t) est la consommation intermédiaire domestique et $ICImp(i,j,s,t)$ est la consommation intermédiaire importée.

Par ailleurs et à l'instar des secteurs agricoles, une distinction entre les consommations intermédiaires importées par région d'origine a été adoptée $IC^{R}(i,j,s,t)$. Elle prend la forme fonctionnelle suivante:

$$ICImp(i,j,s,t) = CES(IC^{R_1}(i,j,s,t),\cdots,IC^{R_N}(i,j,s,t)) \quad (13)$$

2.2 Le marché du travail, l'emploi et les salaires

L'introduction du marché de travail dans les modèles récents a connu d'importants développements à travers la prise en compte des spécificités de ces marchés dans les pays en développement. Ainsi, par exemple, Agénor *et al.* (2003) ont introduit dans leur modèle trois marchés de travail dont ceux des non qualifiés agricoles, les non qualifiés urbains et le marché des travailleurs qualifiés. Bchir *et al.* (2005) optent pour une formalisation du marché du travail relativement proche de celle de Agénor *et al.* mais introduisent le chômage des non qualifiés ruraux. De son côté, Gibson ne fait pas de distinction entre

travail agricole et travail non agricole mais considère que le secteur informel est l'employeur en dernier ressort (Gibson 2005). Par ailleurs, le salaire dans le secteur formel n'obéit pas à l'offre et à la demande mais dépend d'un salaire minimal qui évolue dans le temps en fonction du taux d'emploi. D'autres approches, contrairement à la démarche structuraliste, mettent l'accent sur le caractère concurrentiel du marché de travail. Ainsi, Beghin *et al.* font l'hypothèse d'une concurrence parfaite sur le marché du travail mais introduisent une certaine imperfection dans la mobilité du travail entre secteurs (Beghin *et al.* 1996). Dans ce modèle, on distingue trois marchés de travail. Le premier est celui du travail agricole non qualifié où nous faisons l'hypothèse d'un marché du travail parfaitement concurrentiel et où le niveau de salaire exprime l'équilibre sur ce marché. Le second marché est celui du travail urbain non qualifié qui répond aux besoins du secteur formel urbain et informel. Le troisième marché est celui du travail qualifié.

2.2.1. Le marché du travail rural

Ce segment du marché de travail obéit aux conditions de concurrence parfaite. L'offre de travail correspond à la population rurale $L^{Rur}(t)$ dont la dynamique est déterminée par l'équation suivante:

$$L^{Rur}(t) = (1 + g^{Rur}(t))L^{Rur}(t-1) - Mig(t) \tag{14}$$

où $g^{Rur}(t)$ est le taux de croissance annuelle de la population rurale et *Mig(t)*[3] est la migration de la population rurale vers le milieu urbain. Par ailleurs, la demande de cette catégorie de travail la demande agrégée de tous les secteurs agricoles pris en compte dans le modèle. La demande sectorielle découle des conditions de minimisation des coûts de production sous la contrainte technologique. Elle s'écrit:

$$UA(i,t) = \left[\frac{\left[A^A(K(G,t), ID(t))\right]^{\sigma_V(i,AGR)} (1 - a_V(i,AGR)) PVA(i,AGR,t)}{W_A(t)} \right]^{\sigma_V(i,AGR)} VA(i,AGR,t) \tag{15}$$

[3] Les flux migratoires sont supposés exogènes au modèle néanmoins mais ils pourront être endogènéisés le cas échéant comme ce fut le cas dans le modèle d'Agénor *et al.* (2003).

Sur ce marché, la condition d'équilibre s'écrit alors:

$$L^{Rur}(t) = \sum_i UA(i,t) \qquad (16)$$

À partir de cet équilibre on déduit le niveau de salaire des travailleurs agricoles $W_A(t)$.

2.2.2. Le marché du travail urbain non qualifié

L'offre du travail non qualifié urbain correspond à la population non qualifiée urbaine ($L^{Urb}(t)$) à laquelle il faut rajouter les migrants en provenance du milieu rural et retrancher le nombre des agents qui passent au niveau de qualification supérieure *(Skl(t))*[4]. L'évolution de l'offre de travail urbain non qualifié est décrite par l'équation (17):

$$L^{Urb}(t) = (1 + g^{Urb}(t))L^{Urb}(t-1) + Mig(t) - Skl(t) \qquad (17)$$

$g^{Urb}(t)$ étant le taux de croissance naturelle de la population urbaine non qualifiée. La demande de travail émane des secteurs formels et informels. L'hypothèse de l'existence d'un salaire minimal dans les secteurs formels est adoptée dans ce modèle. En prenant en considération le taux d'inflation ($g^{CPI(t)}$) et le taux de croissance du salaire dans les secteurs informels ($g^{W_U(t)}$), ce modèle permet au salaire minimum du secteur formel d'évoluer dans le temps (équation 19). Le modèle DIVA suppose que le surplus de travail est totalement absorbé par les secteurs informels. Du coup, le niveau de salaire informel est un indicateur de l'évolution du chômage en milieu urbain.

$$W_M(t) = (1 + g^{W_M}(t))W_M(t-1) \qquad (18)$$

$$g^{W_M}(t) = CD(g^{CPI(t)}, g^{W_U(t)}) \qquad (19)$$

L'indice de prix à la consommation *CPI(t)* sera défini dans la section sur la consommation finale.

[4] Ce flux est aussi supposé exogène et peut être endogènéisé le cas échéant.

Ainsi, seule une partie de l'offre du travail non qualifié $UT^F(t)$ est absorbée par les secteurs formels, le reste s'ajoutera au stock de travail non qualifié dans les secteurs informels. L'équation (20) définit le nombre de travailleurs sur le marché informel ($UT^I(t)$):

$$UT^I(t) = L^{Urb}(t) - UT^F(t) \qquad (20)$$

La demande de travail sur ce marché se compose de la demande de tous les secteurs informels. La demande sectorielle provient des conditions de minimisation des coûts de production sous la contrainte technologique. Elle s'écrit:

$$U(i,INF,t) = \left[\frac{(1-a_{VA}(i,INF))PVA(i,INF,t)}{W_{Inf}(t)}\right]^{\sigma_{VA}(i,INF)} VA(i,INF,t) \qquad (21)$$

La condition d'équilibre s'écrit alors:

$$UT^I(t) = \sum_i U(i,INF,t) \qquad (22)$$

De ce niveau d'équilibre, le niveau de salaire $W_{\inf}(t)$ sur les marchés informels de travail est obtenu.

2.2.3. Le marché du travail des qualifiés

L'offre de travail des qualifiés correspond à celle de l'année précédente augmentée annuellement par le nombre de nouveaux qualifiés qui arrivent sur le marché du travail. Cette offre est formulée par l'équation (23):

$$L^{Skl}(t) = L^{Skl}(t-1) + Skl(t) \qquad (23)$$

L'évolution du salaire des qualifiés ($g^{W_s}(t)$) dépend du niveau de croissance économique ($g^{GDP}(t)$) et du taux de chômage $(g^{Unp}(t))$ conformément à l'équation (24) ci-dessous:

$$g^{W_S}(t) = \alpha g^{GDP}(t) - \beta g^{Unp}(t) \tag{24}$$

Ce qui donne la forme suivante de l'évolution du salaire:

$$W_S(t) = (1 + g^{W_S}(t))W_S(t-1) \tag{25}$$

Pour ce niveau de salaire, un volume d'emploi total des qualifiés (*ST(t)*) est associé. Il représente la somme de toutes les demandes sectorielles de travail qualifié formel *S(i,t).* La différence avec l'offre totale sur ce segment du marché de travail est non-employée. Les conditions de premier ordre impliquent de la demande de travail qualifiée qui est décrite par l'équation (26):

$$S(i,t) = \left[\frac{a_{K\_S}(i)PK\_S(i,t)}{W_S(t)}\right]^{\sigma_{K\_S}} K\_S(i,t) \tag{26}$$

$K\_S(i,t)$ étant un facteur composite entre le travail qualifié et le capital dont la demande est définie par l'équation (27) (condition de premier ordre):

$$K\_S(i,t) = \left[\frac{\left[A^F\right]^{\sigma_{VA}(i,FOR)} a_{VA}(i,FORM)PVA(i,FOR,t)}{PK\_S(i,t)}\right]^{\sigma_V(i,F)} VA(i,FOR,t) \tag{27}$$

2.3 Le bloc de la demande des ménages

La demande de consommation des ménages suit la même structure que la consommation intermédiaire totale. Les ménages font dans un premier temps le choix entre les différents produits. Ils peuvent ensuite faire le choix entre le produit fabriqué de manière formelle ou informelle. Pour le cas des produits formels, ils feront un arbitrage à la «Armington» entre le produit local et les produits importés. Enfin, pour les produits importés, ils feront le choix entre les produits en provenance des divers partenaires commerciaux. La fonction d'utilité prend la forme d'une LES-CES[5] entre les différents produits:

[5] Dans plusieurs modèles EGC, les fonctions relatives aux dépenses des ménages sont souvent dérivées de la maximisation d'une utilité à la Cobb-Douglas ou de l'élasticité constante de substitution (CES). La principale limitation de l'utilisation de ces formes fonctionnelles

$$U(t)=\left[\sum_i a_U(i)(CT(i,t)-C_{Min}(i))^{1-\frac{1}{\sigma_U}}\right]^{\frac{1}{1-\frac{1}{\sigma_U}}} \quad (28)$$

CT(i,t) étant la consommation finale en bien *i* à la date *t*, $C_{Min}(i)$ est la consommation de subsistance en bien *i*, σ_U est l'élasticité de substitution entre les différentes consommations finales et $a_U(i)$ est la part de consommation en bien *i* dans la consommation totale.

2.3.1. La consommation finale agricole

Pour les biens agricoles, la consommation des ménages est modélisée par un système emboîté de deux niveaux de fonction CES. Dans le premier niveau, les ménages font le choix entre le bien local fabriqué dans le milieu rural *C(i,AGR,s,j,t)* et le bien importé *CImp(i,j,s,t)* alors que dans le deuxième niveau, ils font le choix des produits selon leurs régions. Cette structure est représentée par les équations (29) et (30):

$$CT(i,t)=CES(C(i,AGR,t),CImp(i,t)) \quad (29)$$

$$CImp(i,t)=CES(C^{R_1}(i,t),\cdots,C^{R_N}(i,t)) \quad (30)$$

2.3.2. La consommation finale non agricole

En ce qui concerne la demande finale de produits non agricoles, elle est modélisée par un système emboîté de fonctions CES à trois niveaux. Au premier niveau, les ménages choisissent entre les biens formels et informels (équation 31). Dans le deuxième niveau, ils décident entre les biens non-agricoles formels importés et ceux produits localement (équation 32). Enfin, le troisième niveau modélise l'origine des importations de produits formels non-agricoles selon les différentes régions du monde (équation 33):

---

est qu'elles impliquent des élasticités unitaires de la demande. Ceci ne permet pas de prendre en compte les façons avec lesquelles les changements de revenus affectent l'ajustement structurel de l'économie aux chocs exogènes. Pour éviter ces inconvénients, la demande de consommation dans ce modèle est déterminée par l'utilisation d'une fonction d'utilité associée à un système linéaire de dépenses entendu (ELES). Le système ELES est similaire au système LES ou Stone-Geary mais il introduit l'épargne des ménages dans la fonction d'utilité. Voir Stone (1954).

$$CT(i,t) = CES(C(i,INF,t), CF(i,t)) \tag{31}$$

$$CF(i,t) = CES(C(i,FOR,t), CImp(i,t)) \tag{32}$$

$$CImp(i,t) = CES(IC^{R_1}(i,t), \cdots, IC^{R_N}(i,t)) \tag{33}$$

C(i,INF,t) représente la consommation finale en bien *i* produite de manière informelle et *CF(i,t)* est la consommation finale en bien *i* produite de manière formelle. *C(i,FOR,t)* est la consommation formelle finale locale et *CImp(i,t)* est la consommation finale importée.

2.4 Le bloc de la demande du gouvernement

Le gouvernement est supposé avoir deux types de dépenses: les dépenses courantes *G(t)* et les dépenses d'investissements. La demande publique en biens finaux suit la même structure de dépenses de consommation que celle des ménages, sauf dans le cas où le gouvernement est supposé ne pas demander de biens informels. La demande du gouvernement en biens finaux est déduite d'une décision de minimisation des coûts sous l'hypothèse d'une fonction CES:

$$\underset{i}{Min} \quad PG(t)G(t) = PCGT(i,t)CGT(i,t)$$

$$Sc/ \quad G(t) = \left[\sum_i a_G(i)(CGT(i,t))^{1-\frac{1}{\sigma_G}} \right]^{\frac{1}{1-\frac{1}{\sigma_G}}} \tag{34}$$

CGT(i,t) étant la consommation finale du gouvernement en bien *i* à la période *t*. Elle est par la suite allouée entre les différents modes de production selon le même mécanisme décrit pour la consommation finale des ménages.

2.4.1. La consommation publique finale agricole

Pour les biens agricoles, la modélisation de la demande du gouvernement est similaire à celle des ménages. Dans un premier temps, le gouvernement choisit entre les biens locaux *CG(i,AGR,s,j,t)* et ceux importés *CGImp(i,j,s,t)* (équation 35). Dans un deuxième niveau, le

choix du gouvernement porte sur l'origine des produits agricoles importés des différentes régions du monde (équation 36).

$$CGT(i,t)=CES(CG(i,AGR,t),CGImp(i,t)) \tag{35}$$

$$CGImp(i,t) = CES(CG^{R_1}(i,t),...,CG^{R_N}(i,t)) \tag{36}$$

2.4.2. La consommation publique finale non agricole

Pour les biens non agricoles, la demande du gouvernement se limite aux biens formels. Elle est déduite d'un système emboîté de fonctions CES à deux niveaux. Dans le premier niveau, le gouvernement choisit entre les consommations finales formelles importées et celles produites localement (équation 37). Dans le deuxième niveau, une distinction entre l'origine des produits importés est prise en considération (équation 38)

$$CGF(i,t) = CES(CG(i,FOR,t),CGImp(i,t)) \tag{37}$$

$$CGImp(i,t) = CES(CG^{R_1}(i,t),...,CG^{R_N}(i,t)) \tag{38}$$

CG(i,FOR,t) représente la consommation publique finale locale et *CGImp(i,t)* la consommation publique importée.

2.5 Le bloc du commerce international

2.5.1. L'exportation

Généralement, les modèles d'équilibre général calculables modélisent la commercialisation de la production domestique moyennant une fonction CET (Constant Elasticity of Transformation) qui permet de déterminer le niveau de la production domestique soldée sur le marché local est celle exportée sur la base des prix relatifs perçus sur les deux marchés. Cette manière de modélisation présente toutefois l'inconvénient de supposer que la totalité de l'offre d'exportation est absorbée par le marché extérieur, ce qui n'est pas toujours le cas. Pour remédier à cet inconvénient et pour une modélisation plus réaliste des déterminants de la demande extérieure, ce modèle adopte la méthode *Top-down* qui suppose que la demande d'exportation sur le marché mondial est totalement déterminée par

des facteurs exogènes que seuls les modèles globaux sont capables d'estimer l'ampleur. Ainsi, DIVA suppose que la demande extérieure au prix donné est totalement satisfaite par les producteurs nationaux. Par ailleurs, comme les pays africains sont considérés comme des petits pays, le niveau des prix mondiaux est également suppose exogène à ce modèle.

2.5.2. L'importation

La modélisation détaillée des importations a été présentée dans les sections précédentes au niveau des différentes composantes de la demande. Dans cette partie, nous ajoutons une identité qui prend en compte l'équilibre entre le total des importations et le total de leurs utilisations. Ainsi, l'équation (39) introduit l'égalité entre les importations totales et la somme des importations pour la consommation finale, les consommations intermédiaires ainsi que les biens d'équipement. Le modèle considére en plus des tarifs douaniers, les équivalents tarifaires des barrières spécifiques comme instrument supplémentaire de protection.

$$M^R(i,t) = C^R(i,t) + \sum_{j,s} IC^R(i,j,s,t) + \sum_{j,s} KG^R(i,j,s,t) + CG^R(i,t) \tag{39}$$

2.6 L'investissement

Le modèle considère deux types d'investissements pour chaque secteur: l'investissement public et l'investissement privé. Le premier est supposé être exogène et dépend des choix du gouvernement et le deuxième est supposé être endogène et dépend de la rentabilité du secteur, du degré de diversification de l'économie et du niveau d'investissement public.

2.6.1. L'investissement privé

L'investissement privé a été introduit de différentes manières dans les modèles d'équilibre calculables. Agénor *et al*. ont développé une fonction d'investissement qui dépend du stock de capital initial, de l'évolution de l'infrastructure publique, de l'évolution du PIB, de l'inflation, du taux d'intérêt national et du taux d'intérêt sur la dette publique et du ratio de la dette publique (Agénor *et al.* 2003). De son côté, Gibson a introduit un ratio d'investissement sur capital qui dépend de manière linéaire du niveau d'investissement initial, du ratio capacité de production sur la production, du taux de profit ou du taux d'intérêt, du taux d'investissement public sur le PIB et de l'inflation (Gibson 2006). Dans

notre modèle, on distingue trois formes d'investissement à savoir l'investissement agricole, l'investissement urbain formel et informel. L'investissement public est considéré comme exogène. Par ailleurs, nous faisons l'hypothèse que l'investissement trouve son explication dans les variables suivantes: le niveau de capital initial, le rendement net du capital, le taux d'intérêt local, le taux d'inflation, le ratio des investissements publics sur le PIB et l'indice de diversification. L'équation (40) détermine l'investissement rural:

$$\frac{INV(i,AGR,t)}{K(i,AGR,t-1)} = f(IR(t), RK(i,AGR,t), CPI(t), \frac{INVPUB(i,AGR,t)}{GDP(t)}, DI(t)) \qquad (40)$$

IR(t) représente le taux d'intérêt national, $INVPUB(i,AGR,t)$ le niveau d'investissement public sectoriel et *RK(i,s,t)* le taux de rendement du capital. Pour l'investissement informel $INV(i,INF,t)$, on suppose qu'il est égal à l'épargne des secteurs informels. L'équation (41) détermine l'investissement formel urbain.

$$\frac{INV(i,FOR,t)}{K(i,FOR,t-1)} = f(IR(t), RK(i,FOR,t), CPI(t), \frac{INVPUB(i,FOR,t)}{GDP(t)}, DI(t)) \qquad (41)$$

2.6.2. L'investissement public

L'investissement sectoriel public $INVPUB(i,s,t)$ est supposé exogène et se limite aux secteurs formel et agricole. Sa valeur s'additionne à l'investissement privé pour former l'investissement total sectoriel, $INVTOT(i,s,t)$. L'équation (42) définit l'investissement total sectoriel:

$$INVTOT(i,s,t) = INV(i,s,t) + INVPUB(i,s,t) \qquad (42)$$

2.6.3. La demande de biens de capital

La décision d'investissement va amener les firmes à se procurer les biens d'équipement qui par hypothèse ne sont produits que par les entreprises formelles dans ce modèle. L'arbitrage des producteurs entre les différents biens d'équipement prendra la forme d'une CES. Pour le même bien d'équipement, les producteurs auront le choix entre ceux qui sont

produits localement et ceux qui sont importés. Cette hypothèse nous permet de rendre compte du niveau de diversification du tissu économique et de répondre aux besoins des différentes entreprises. Le choix entre les différents biens d'équipement prend la forme fonctionnelle suivante:

$$INVTOT(j,s,t) = \left[\sum_i a_{INV}(i,j,s)(KGT(i,j,s,t))^{1-\frac{1}{\sigma_{INV}(j,s)}} \right]^{\frac{1}{1-\frac{1}{\sigma_{INV}(j,s)}}} \quad (43)$$

KGT(i,j,s,t) est le bien d'équipement *i* demandé par le secteur *j* et de mode de production *s* à la période *t*. Par ailleurs, le choix entre le bien d'équipement local (*KGLoc*) et importé (*KGImp*) suit une hypothèse à la «Armington»:

$$KG(i,j,s,t) = CES(KG(i,FOR,j,s,t), KGImp(i,j,s,t)) \quad (44)$$

Pour les biens d'équipement importés, les producteurs feront le choix entre les divers exportateurs:

$$KGImp(i,j,s,t) = CES(KG^{R_1}(i,j,s,t),...,KG^{R_N}(i,j,s,t)) \quad (45)$$

2.7 Les prix

2.7.1. Les prix à la production

Les prix à la production sont dérivés des conditions de profit nul (équation 46). Ainsi, les prix de la valeur ajoutée se déterminent selon le mode de fabrication à partir des prix et des volumes des facteurs utilisés. Pour les secteurs ruraux, l'équation (47) détermine le prix de la valeur ajoutée:

$$PY(i,s,t) = \frac{PVA(i,s,t)VA(i,s,t) + PINT(i,s,t)INT(i,s,t)}{Y(i,s,t)} \quad (46)$$

$$PVA(i,AGR,t) = \frac{PK\_Land(i,t)K\_Land(i,t) + W_A(t)UA(i,t)}{VA(i,AGR,t)} \quad (47)$$

K_Land étant le facteur composite capital/terre dont le prix est donné par l'équation (48):

$$PK\_Land(i,t) = \frac{PK(i,AGR,t)K(i,AGR,t) + PLand(i,t)Land(i,t)}{K\_Land(i,t)} \tag{48}$$

En revanche, le prix de la valeur ajoutée dans les secteurs urbains informels et formels est déterminé respectivement par les équations (49) et (50).

$$PVA(i,INF,t) = \frac{PK(i,INF,t)K(i,INF,t) + W_{Inf}(t)U(i,INF,t)}{VA(i,INF,t)} \tag{49}$$

$$PVA(i,FOR,t)VA(i,FOR,t) = PK\_S(i,t)K\_S(i,t) + W_M(t)U(i,FOR,t) \tag{50}$$

$K\_S(i,t)$ est le facteur composite capital humain/capital physique dont le prix est donné par l'équation (51).

$$PK\_S(i,t) = \frac{PK(i,FOR,t)K(i,FOR,t) + W_S(t)S(i,t)}{K\_S(i,t)} \tag{51}$$

Le prix de la consommation intermédiaire totale est donne par l'équation (52) alors que celui de la consommation intermédiaire agricole est déterminé par l'équation (53). L'équation (54) détermine quant à elle le prix des consommations intermédiaires importées.

$$PINT(j,s,t) = \frac{\sum_i PICT(i,j,s,t)ICT(i,j,s,t)}{INT(i,s,t)} \tag{52}$$

$$PICT(i,j,s,t) = \frac{PIC(i,AGR,t)IC(i,AGR,j,s,t) + PICImp(i,j,s,t)ICImp(i,j,s,t)}{ICT(i,j,s,t)} \tag{53}$$

$$PICImp(i,j,s,t)ICImp(i,j,s,t) = \sum_R PIC^R(i,t)IC^R(i,j,s,t) \quad (54)$$

À l'instar des prix relatifs à la consommation intermédiaire agricole, les prix de la demande intermédiaire des biens non agricoles sont déterminés par les équations (55), (56) et (57).

$$PICT(i,j,s,t) = \frac{PIC(i,INF,t)IC(i,INF,j,s,t) + PICF(i,j,s,t)ICF(i,j,s,t)}{ICT(i,j,s,t)} \quad (55)$$

$$PICF(i,j,s,t) = \frac{PIC(i,FOR,t)IC(i,FOR,j,s,t) + PICImp(i,j,s,t)ICImp(i,j,s,t)}{ICF(i,j,s,t)} \quad (56)$$

$$PICImp(i,j,s,t) = \frac{\sum_R PIC^R(i,t)IC^R(i,j,s,t)}{ICImp(i,j,s,t)} \quad (57)$$

2.7.2. Les prix du marché

Le passage des prix aux coûts des facteurs et les prix du marché se fait par la prise en compte des taxations indirectes. De ce fait, la relation entre le prix à la production du produit *(i,s,t)* et le prix du marché est donné par l'équation (58):

$$PC(i,s,t) = (1+\tau_c(i,s,t))PY(i,s,t) \quad (58)$$

Avec $\tau_c(i,s,t)$ qui est la taxe appliquée sur la consommation finale locale du bien (*i,s)*. Par ailleurs, le modèle suppose qu'aucune taxation n'est appliquée aussi bien sur les consommations intermédiaires locales que sur les biens d'équipements locaux et du coup leurs prix sur les marchés sont égaux à leurs prix à la production. Le modèle suppose également qu'un tarif douanier différencié par produit et par origine est appliqué sur les biens importés. Ainsi, l'équation (59) détermine le prix des biens importés pour la consommation finale en provenance de la région *R*. En revanche, l'équation (60) détermine

le prix des biens importés pour la consommation intermédiaire. Le prix des biens d'équipement importés est donné par l'équation (61). Pour la consommation publique, le modèle assume qu'aucune taxe n'est appliquée. De ce fait, les prix des biens locaux sont égaux au prix à la production (équation 62). Cependant, les prix des biens importés sont supposés égaux au prix FOB (équation 63). Enfin, l'hypothèse du petit pays est retenue ce qui signifie que les prix mondiaux sont exogènes. L'équation (64) détermine le niveau des prix des produits exportés exprimés en monnaie locale.

$$PC^{R}(i,t) = ER(t)(1+\tau_{\mathrm{Im}\,p}(i,R,t))(1+\tau_{c}(i,t))wpe(i,t) \tag{59}$$

$$PIC^{R}(i,t) = ER(t)(1+\tau_{\mathrm{Im}\,p}(i,R,t))wpe(i,t) \tag{60}$$

$$PKG^{R}(i,t) = ER(t)(1+\tau_{\mathrm{Im}\,p}(i,R,t))wpe(i,t) \tag{61}$$

$$PCG(i,s,t) = PY(i,s,t) \tag{62}$$

$$PCG^{R}(i,t) = ER(t)wpe(i,t) \tag{63}$$

$$PE(i,t) = ER(t)Wpe(i,t) \tag{64}$$

2.7.3. Les équilibres sur le marché des biens et des services

L'équation (65) détermine la condition d'équilibre sur le marché des biens informels où la demande se limite à la consommation finale locale et à la consommation intermédiaire locale. En revanche, l'équation (67) relative au secteur formel intègre aussi bien la production que l'importation de biens de capitaux. En ce qui concerne la condition d'équilibre pour les produits agricoles, y compris le commerce international, elle est déterminée par l'équation (66).

$$Y(i,INF,t) = C(i,INF,t) + \sum_{j,s} IC(i,INF,j,s,t) \tag{65}$$

$$Y(i,ARG,t)+\sum_{R}C^{R}(i,ARG,t)+\sum_{R}CG^{R}(i,ARG,t)+\sum_{r,j,s}IC^{R}(i,j,ARG,t)$$
$$=C(i,ARG,t)+CG(i,ARG,t)+\sum_{j,s}IC(i,ARG,j,s)+\sum_{R}E^{R}(i,t) \quad (66)$$

$$Y(i,FOR,t)+\sum_{R}C^{R}(i,FOR,t)+\sum_{R}CG^{R}(i,FOR,t)\sum_{r,j,s}IC^{R}(i,j,FOR,t)+\sum_{R,j,s}KG^{R}(i,j,s,t)$$
$$=C(i,FOR,t)+CG(i,FOR,t)+\sum_{j,s}IC(i,FOR,j,s)+\sum_{j,s}KG(i,FOR,j,s,t)+\sum_{R}E^{R}(i,t) \quad (67)$$

2.8. Le bloc de la formation des revenus

2.8.1. Les profits

Dans la formation des profits, nous utilisons, comme le font la plupart des modèles, une structure comptable simple. Les profits bruts du secteur agricole (*PROF(i,AGR,t)*) se définissent de manière suivante:

$$PROF(i,AGR,t)=PVA(i,AGR,t)VA(i,AGR,t)-W_{A}(t)UA(i,t) \quad (68)$$

Les profits bruts des secteurs urbains informels (*PROF(i,INF,t)*) s'écrivent de la manière suivante:

$$PROF(i,INF,t)=PVA(i,INF,t)-W_{INF}(t)U(i,INF,t) \quad (69)$$

Les profits bruts des secteurs urbains formels s'écrivent de la manière suivante:

$$PROF(i,FOR,t)=PVA(i,FOR,t)VA(i,FOR,t)-W_{S}(t)S(i,t)-W_{M}(t)U(i,FOR,t) \quad (70)$$

Les profits nets

Dans la détermination des profits nets, le modèle prend en considération les intérêts distribués par les institutions financières. Ainsi, les profits nets (*NPROF(i,AGR,t)*) dans les

activités agricoles correspondent aux profits bruts après déduction des intérêts (équation 71).

$$NPROF(i,AGR,t) = PROF(i,AGR,t) - IL(t-1)DL(i,AGR,t-1) \quad (71)$$

IL(t-1) représente le taux d'intérêt appliqué sur les prêts domestiques à la période *t-1* alors que *DL(i,AGR,t-1)* représente le montant des prêts accordés au secteur agricole *i* au cours de la période *t-1*. Le modèle suppose également que les secteurs informels n'ont pas accès au secteur financier ce qui signifie que les profits nets sont égaux aux profits bruts (équation 72). En revanche, le modèle adopte l'hypothèse selon laquelle les secteurs formels ont accès aux financements locaux et internationaux. L'équation (73) détermine le profit net (*NPROF(i,FOR,t)*) de ces secteurs.

$$NPROF(i,INF,t) = PROF(i,INF,t) \quad (72)$$

$$NPROF(i,FOR,t) = PROF(i,FOR,t) - IL(t-1)DL(i,FOR,t-1) - IF(t-1)FL(i,FOR,t-1)ER(t) \quad (73)$$

DL(i,FOR,t-1) représente le montant des prêts domestiques accordés au secteur formel *i* à la période *t-1*, *IF(i,FOR,t-1)* et le taux d'intérêt international appliqué aux emprunts du secteur formel *i* à la période *t-1*, enfin *FL(i,FOR,t-1)* est le montant des emprunts extérieurs du secteur formel *i* à la période *t-1*. Le profit des banques correspond à la différence entre les intérêts qu'ils perçoivent et qui forment leurs revenus et les intérêts qu'ils versent sur les dépôts et sur les emprunts qu'ils contractent de l'étranger. Ce profit est déterminé par l'équation (74).

$$POFPB(t) = IL(t-1)\left[\sum_{i,s} DL(i,s,t-1) + DLG(t-1)\right] - ID(t)DD(t-1) - IF(t)ER(t)FLB(t) \quad (74)$$

DLG(t) représente le niveau des emprunts de l'État auprès des banques domestiques et *FLB(t)* les emprunts des banques commerciales à l'étranger.

2.8.2. Les revenus

Les revenus des ménages

Les ménages disposent de quatre sources de revenus: les revenus du travail; les profits des banques commerciales, qui sont versés dans leur totalité aux ménages; les revenus distribués par les firmes, et les transferts reçus de l'étranger[6]. Les revenus distribués par les firmes (*DPROF(i,s,t)*) sont déterminés par l'équation (75).

$$DPROF(i,s,t) = (1-\tau_{SAV}^{f}(i,s,t))(1-\tau_{f}(i,s,t))NPROF(i,s,t) \tag{75}$$

$\tau_{SAV}^{f}(i,s,t)$ représente le taux d'autofinancement des entreprises et $\tau_{f}(i,s,t)$ le taux d'imposition sur les sociétés. Ainsi, le revenu total des ménages avant impôt (*YH(t)*) est déterminé par l'équation (76).

$$\begin{aligned} YH(t) = {} & W_S(t)\sum_i S(i,t) + W_M(t)\sum_i U(i,FOR,t) + W_{Inf}(t)\sum_i U(i,INF,t) + W_A(t)\sum_i UA(i,t) \\ & + PROFPB(t) + \sum_{i,s} DPROF(i,s,t) + ID(t)DD(t-1) + TROW(t)ER(t) \end{aligned} \tag{76}$$

ID(t) représente le taux d'intérêt appliqué sur les dépôts domestiques, *DD(t)* le niveau de dépôts domestiques et *TROW(t)* le niveau des transferts reçus de l'étranger. L'équation (77) détermine le revenu net des ménages (*YD(t)*) après déduction de l'impôt sur le revenu.

$$YD(t) = (1-\tau_H(t))YH(t) \tag{77}$$

Avec $\tau_H(t)$ le taux d'imposition sur les revenus. La détermination du revenu net des ménages nous permet d'arbitrer entre l'épargne et la consommation. L'équation (78) détermine le niveau de la consommation des ménages alors que l'équation (79) détermine le niveau de l'épargne:

[6] Dans plusieurs pays en développement, une partie des banques sont publiques, de ce fait une partie des profits des banques est versée à l'État. Dans DIVA et pour une simplification de l'écriture nous considérons ce transfert comme une partie des impôts que le secteur bancaire verse à l'État.

$$BUGC(t) = (1 - \tau_{SAV}^{H}(t))YD(t) \tag{78}$$

$$SAV(t) = \tau_{SAV}^{H}(t)YD(t) \tag{79}$$

τ_{SAV}^{H} représente le taux d'épargne des ménages qui varie en fonction du taux d'intérêt et du niveau d'inflation (équation 80).

$$\tau_{SAV}^{H}(t) = f(ID(t), CPI(t)) \tag{80}$$

2.9. Le secteur financier

Le modèle distingue deux institutions financières: la banque centrale et les banques commerciales. Le modèle suppose que les différents agents économiques interviennent sur le marché financier.

2.9.1. Les ménages

L'équation (81) définit le niveau de richesse des ménages $(WT^{H}(t))$:

$$WT^{H}(t) = WT^{H}(t-1) + SAV^{H}(t) \tag{81}$$

Le modèle suppose que les ménages détiennent leurs richesses sous deux formes: une forme monétaire *H(t)* et une forme de dépôt domestique *DD(t)* (équation 82). Le modèle considère également que la demande de monnaie chez les ménages dépend de l'inflation, de leurs revenus et de l'intérêt sur les dépôts (équation 83). Dans ce modèle, l'offre de monnaie est supposée s'adapter à la demande.

$$WT^{H}(t) = H(t) + DD(t) \tag{82}$$

$$H(t) = CPI(t)\left[\frac{YD(t)}{CPI(t)}\right]^{\sigma_H}(1 + ID(t))^{-\beta_D}(1 + g^{CPI}(t))^{-\beta_{CPI}} \tag{83}$$

2.9.2. Les firmes

Le modèle suppose que les firmes financent leurs investissements par le biais de l'autofinancement ainsi que de l'emprunt auprès du système bancaire interne et étranger. L'équation (84) détermine l'équilibre entre la demande d'investissement et son financement:

$$PINV(i,s,t)INV(i,s,t) = s_{SAV}^{f}(i,s,t)(1-\tau_f(i,s,t))NPROF(i,s,t) + \left[DL(i,s,t) - DL(i,s,t-1)\right] + ER(t)\left[FL(i,s,t) - FL(i,s,t-1)\right] \quad (84)$$

2.9.3. Les banques commerciales

Les banques commerciales déposent une partie (*rreq(t)*) de leurs dépôts auprès des banques centrales. Le montant total des dépôts de réserve (*RR(t))* peut s'écrire:

$$RR(t) = rreq(t)DD(t) \quad (85)$$

Par ailleurs, les banques commerciales doivent faire face aux besoins de financement des firmes et de l'État. Ces financements sont couverts par les dépôts et un recours au financement externe. L'équation (86) détermine la demande d'emprunt à l'extérieur des banques commerciales Enfin, le modèle intègre la relation entre les taux emprunteur et prêteur en supposant l'existence d'une marge fixe entre les deux taux (équation 87).

$$ER(t)(FLB(t) - FLB(t-1) = \left[\sum_{i,s} DL(i,s,t) - \sum_{i,s} DL(i,s,t-1)\right] + \left[DLG(t) - DLG(t-1)\right] - (1 - rreq(t))\left[DD(t) - DD(t-1)\right] \quad (86)$$

$$IL(t) = ID(t) + \eta(t) \quad (87)$$

$\eta(t)$ représente la différence entre le taux prêteur et le taux emprunteur.

2.9.4. La banque centrale et la balance des paiements

Le modèle distingue quatre fonctions de la banque centrale: émission de la monnaie (*MB(t)*), collecte des dépôts obligataires des banques commerciales, octrois des prêts au gouvernement (*DCG(t)*) et la gestion des réserves en devises (*FF(t)*). L'équation (88) représente la condition à laquelle obéit l'émission monétaire. L'équilibre entre la demande et l'offre de monnaie est déterminé par l'équation (89). Le profit de la banque centrale est déduit de l'équation (90).

$$MB(t) - MB(t-1) = \left[DCG(t) - DCG(t-1)\right] + ER(t)\left[FF(t) - FF(t-1)\right] \tag{88}$$

$$H(t) = MB(t) - RR(t) \tag{89}$$

$$PROFCB(t) = IL(t-1)DCG(t) + IFG(t)FF(t-1) \tag{90}$$

IFG(t) représente l'intérêt sur les prêts extérieurs octroyés à l'État. Ainsi, l'évolution des réserves en devises de la banque centrale est calculée par l'équation (91).

$$\begin{aligned} FF(t) - FF(t-1) &= IFG(t)FF(t-1) + \sum_{i,R}\left[wpe(i,t)E^{R}(i,t) - wpm(i,t)M^{R}(i,t)\right] - \\ IF(t-1)&\sum_{i,s} FL(i,s,t-1) - IF(t-1)FLB(t-1) - IFG(t-1)FLG(t-1) + \\ \left(FLG(t) - FLG(t-1)\right) &+ \left[\sum_{i,s} FL(i,s,t) - FL(i,s,t-1)\right] + \left(FLB(t) - FLB(t-1)\right) + TROW(t) \end{aligned} \tag{91}$$

2.10. Le secteur public

Le modèle traite la question du déficit publique en modélisant séparément les dépenses et les revenus. Au niveau des dépenses publiques, il prend en compte deux types de dépenses: les dépenses courantes *G(t)* et l'ensemble des investissements publics $INVPUB(i,s,t)$. L'équation (92) détermine l'ensemble des dépenses publiques $EXPG(t)$ et l'équation (93) représente la formation du revenu du gouvernement. La différence entre les revenus et les

dépenses publiques détermine le niveau du déficit public (équation 94). Ce déficit est supposé être financé par différentes sources d'emprunt: les banques privées, la banque centrale et l'étranger (équation 95).

$$EXPG(t) = \sum_{i,s} PINV(i,s,t) INVPUB(i,s,t) + PG(t)G(t) \tag{92}$$

$$\begin{aligned}
&REVG(t) = \\
&\tau_H(t)YH(t) + \sum_{i,s} \tau_f(i,s,t) NPROF(i,s,t) + PROFCB(t) + \sum_{i,s} \tau_c(i,t)\big(PY(i,s,t)C(i,s,t)\big) + \\
&ER(t) \sum_{R,i} \big((1+\tau_{\mathrm{Im}\,p}(i,R,t))(1+\tau_c(i,t)) - 1\big) wpe(i,t) C^R(i,t) + \\
&ER(t) \sum_{R,i} \tau_{\mathrm{Im}\,p}(i,R,t) wpe(i,t) \big((IC^R(i,t) + KG^R(i,t)\big)
\end{aligned}$$

(93)

$$-DEF(t) = REVG(t) - EXPG(t) - IFG(t)ER(t)FLG(t-1) - \big(DCG(t-1) + DLG(t-1)\big)$$

(94)

$$\begin{aligned}
&DEF(t) = ER(t)\big(FLG(t) - FLG(t-1)\big) + \\
&((DLG(t) - DLG(t-1)) - IL(t-1)(DCG(t-1) + DLG(t-1))
\end{aligned} \tag{95}$$

2.11. Le bloc des OMD

Le bloc des OMD constitue un autre domaine de contribution de ce modèle au débat en cours sur les politiques à mettre en œuvre afin d'atteindre ces objectifs. Dans ce modèle nous retiendrons cinq objectifs parmi ceux définis par la Déclaration du Millénaire: le premier qui est celui sur la réduction de la pauvreté, le second sur l'accès à l'éducation primaire, le quatrième concernant la réduction de la mortalité infantile pour ceux de moins de cinq ans et le cinquième relatif à l'amélioration de la santé maternelle. Enfin, le modèle introduit le septième objectif qui cherche à accroître de façon durable l'accès à l'approvisionnement en eau et aux services d'assainissement.

2.11.1. Réduction de la pauvreté

Les modèles d'équilibre général calculable constituent un des meilleurs outils d'analyse de la pauvreté et la distribution des revenus. D'une manière générale, les travaux sur la pauvreté sont souvent critiqués sur le choix de l'indice de pauvreté (ou d'inégalité) ou sur le choix du seuil de pauvreté. Dans un cadre d'analyse en équilibre général, on ne cherche pas à mesurer les indices de pauvreté mais plutôt les effets des réformes des politiques économiques ou de chocs extérieurs sur la variation du niveau de ces indices. En effet, le travail de simulation se base sur des estimations bien établies des indicateurs de pauvreté. Afin de lier les simulations des politiques économiques avec la réalisation du premier Objectif du Millénaire, il est indispensable de disposer d'estimation du nouveau nombre de pauvres associé à chaque simulation et pour chaque période. Compte tenu de cet objectif, deux approches alternatives pourraient être utilisées pour mesurer l'effet des réformes des politiques économiques sur le nombre de pauvres: l'approche microsimulation et l'approche élasticité croissance de la réduction de la pauvreté. L'annexe 3 décrit d'une manière plus technique ces deux approches.

2.11.2. L'accès à l'éducation

Le système éducatif est composé de *C* cycles, au sein de chaque cycle *c* les étudiants ou élèves peuvent avoir *B* comportements possibles: le redoublement (*rep),* l'abandon des études *(dropout),* la réussite *(grd),* l'obtention de diplôme et la poursuite des études au cycle suivant *(grdcont)* l'obtention de diplôme et l'abandon des études au cycle suivant *(grdexit),* l'entrée à la première année d'étude primaire *(g1entry*), l'obtention d'un diplôme du dernier cycle d'étude (*grdcyc)* et réussir au sein même du cycle sans avoir de diplôme (*contcyc*).

Les comportements régis par une fonction Logit

Trois comportements sont supposés être régis par des fonctions Logit: le passage d'une classe à la suivante au sein d'un même cycle (*grd),* le passage d'un cycle au cycle suivant (*grdcon)t* et l'entrée au premier cycle d'étude *(g1entry).*

La part des élèves ou étudiants ayant un comportement *b*, dans le cycle *c* à la date *t* est notée $SHed(b,c,t)$ et est supposée être régi par:

$$SHed(b,c,t) = exted(b,c) + \frac{\alpha_{ed}(b,c)}{1+\gamma_{ed}(b,c)\exp(\beta_{ed}(b,c)\left(SHed\,\mathrm{int}(b,c,t) - SHed(b,c,t_0)\right))}$$
(96)

où $exted(b,c)$ est la part maximale d'élèves avec le comportement b dans le cycle c observée dans le monde, $SHed(b,c,t_0)$ la part maximale d'élèves avec le comportement b dans le cycle c à l'année de base, $\alpha_{ed}(b,c), \beta_{ed}(b,c)$ et $\gamma_{ed}(b,c)$ des paramètres calibrés et $SHed\,\mathrm{int}(b,c,t)$ une variable intermédiaire définie par:

$$SHed\,\mathrm{int}(b,c,t) = SHed(b,c,t_0)\left[EDQUAL(c,t)\right]^{\varphi_{EDQUAL}}$$
$$\left[\frac{W(c_2,t)}{W(c_1,t)}\right]^{\varphi_{wage\_prem1}} \left[\frac{W(c_3,t)}{W(c_2,t)}\right]^{\varphi_{wage\_prem2}} \left[CFH(t)\right]^{\varphi_{C^H}}$$
$$\left[MDG\_VAL(MDG_4,t)\right]^{\varphi_{MDG_4}} \left[\sum_{i\in INS} EDUC\_INF(i,t)\right]^{\varphi_{EDUC\_INF}}$$
(97)

$EDQUAL(c,t)$ est une proxy de la qualité de l'éducation. Définie comme étant l'évolution du ratio dépenses publiques par cycle d'éducation $QG(c,t)$ par le nombre d'élèves dans ce cycle $N(c,t)$, $EDQUAL(c,t)$ se définit alors par:

$$EDQUAL(c,t) = \frac{QG(c,t)}{N(c,t)}\left[\frac{QG(c,t_0)}{N(c,t_0)}\right]^{-1} \quad (98)$$

$W(c_1,t), W(c_2,t)$ et $W(c_3,t)$ étant les niveaux des salaires des individus qui quittent le système éducatif respectivement au cours du cycle primaire, secondaire et supérieur, $MDG\_VAL(MDG_4,t)$ est la valeur du quatrième OMD à la date t et sa définition sera donnée dans les sections suivantes. $EDUC\_INF(i,t)$ est le niveau d'investissement des diverses institutions INS dans le système éducatif. CFH est le niveau de consommation par tête au prix courant. φ_{EDQUAL}, φ_{wage_prem1}, φ_{wage_prem2}, φ_{MDG_4}, φ_{EDUC_INF} et φ_{C^H} sont les élasticités de $SHed\,\mathrm{int}$

par rapport à respectivement, la qualité de l'éducation, la prime à l'éducation, le niveau de du quatrième OMD, l'investissement dans le secteur éducatif et la consommation par tête.

Les comportements résiduels

À chaque année et au sein de chaque cycle, trois cas se posent: ou les élèves ont réussi les examens de passage (*grd*) ou ils redoublent (*rep*) ou ils quittent le système éducatif (*dropout*). En supposant que la part des redoublants et des expulsés reste constante au cours du temps, la part de chacune de ces deux catégories est alors donnée par:

$$SHed(\text{dropout}, c, t) = \left(1 - SHed(grd, c, t)\right)\frac{SHed(\text{rep}, c, t_0)}{SHed(\text{rep}, c, t_0) + SHed(\text{dropout}, c, t_0)} \qquad (99)$$

$$SHed(\text{r}ep, c, t) = \left(1 - SHed(\text{gr}d, c, t)\right)\frac{SHed(\text{rep}, c, t_0)}{SHed(\text{rep}, c, t_0) + SHed(\text{dropout}, c, t_0)} \qquad (100)$$

Pour les élèves diplômés, deux cas de figure se posent: ou ils passent au cycle suivant (*grdcont*) ou ils quittent le système éducatif pour entrer sur le marché de travail (*grdexit*). De ce fait, la part des élèves qui quittent le système éducatif est déterminée par l'équation 102.

$$SHed(\text{grdexit}, c, t) = \left(1 - SHed(\text{grdcont}, c, t)\right) \qquad (102)$$

L'effectif des élèves au sein de chaque cycle

L'effectif des élèves au sein de chaque cycle se définit alors par:

$$N(c,t) = N^{New}(c,t) + N^{Old}(c,t) \qquad (103)$$

$N^{New}(c,t)$ est l'effectif des nouveaux élèves dans le cycle c à la date t. Ce nombre est donné par:

$$N^{New}(c,t) = \sum_{c'} \delta_{c,c'} SHed(gdrcont, c', t-1) N(c', t-1)$$
$$+ SHed(g1entry, c', t-1) Pop(6,t) + Extra(c,t)$$
(105)

Avec $\delta_{c,c'}$ un Dirac qui vaut 1 si les cycles c et c' se succèdent et 0 sinon. $Pop(6,t)$ est la taille de la population en âge d'entrée à l'école. $Extra(c,t)$ est la population qui entre au cycle c en dehors du système scolaire (cours d'alphabétisation par exemple). $N^{Old}(c,t)$ est le nombre d'étudiants du cycle c à la date t et qui étaient au même cycle à la période précédente. Cette population est définie par:

$$N^{Old}(c,t) = SHed(concyc, c, t-1) N(c, t-1) + SHed(rep, c, t-1) N(c, t-1) \qquad (104)$$

$SHed(concyc, c, t-1)$ est la part de ceux qui ont réussi mais qui n'ont pas encore eu leurs diplômes. Cette part est la différence entre la part des élèves qui ont réussi $SHed(grd, c, t)$ et la part des élèves qui ont obtenu leurs diplômes $SHed(grdcyc, c, t)$. $SHed(concyc, c, t)$ se définit alors par:

$$SHed(concyc, c, t) = SHed(grd, c, t) - SHed(grdcyc, c, t) \qquad (105)$$

La part de diplômés est définie comme étant:

$$SHed(grdcyc, c, t) = \frac{SHed(grd, c, t)}{Nyear(c)} \qquad (106)$$

$Nyear(c)$ étant le nombre d'années d'étude au sein de chaque cycle.

La valeur du OMD n°2

La valeur du deuxième OMD se définit comme le pourcentage d'individus en âge d'être au premier cycle de l'enseignement primaire et qui y sont réellement. Le nombre d'années d'étude du premier cycle de l'enseignement primaire peut varier d'un pays à un autre s'il est noté *T*, la valeur de l'OMD n°2 peut s'écrire:

$$MDGVAl(mdg2,t) = SHed(g1entry,edup1,t-T)\prod_{t'=0}^{T} SHed(\text{g1entry},\text{edup1},t-t') \quad (107)$$

2.11.3. La lutte contre la mortalité infantile

Cet objectif cherche à réduire de deux tiers le taux de mortalité des enfants de moins de cinq ans entre 1990 et 2015. Dans ce modèle, nous suivons l'hypothèse de Bourguignon *et al.* (2004) stipulant que la lutte contre la mortalité infantile passe essentiellement par les dépenses publiques en matière de santé. La valeur du OMD est donnée par:

$$MDGVAL(mdg3,t) =$$

$$exmdg_{mdg3} + \frac{\alpha_{LOG}(mdg3)}{1+\gamma mdg(mdg3)\exp(\beta_{mdg}(mdg3)\left(MDG\,\text{int}(mdg3,t) - MGDGval(mdg3,t_0)\right)}$$

(108)

$exmdg_{mdg}$ étant la meilleure valeur de l'OMD observée dans le monde. $\alpha_{LOG}(mdg)$, $\gamma mdg(mdg)$ et $\beta_{mdg}(mdg)$ sont des paramètres de la fonction Logit. $MDG\,\text{int}(mdg,t)$ est une variable intermédiaire qui dépend des niveaux de dépenses publiques affectant cet OMD, au niveau d'investissement publics, des autres OMD et du niveau de consommation par tête.

$$MDG\,\text{int}(mdg3,t) = \alpha_m(mdg3)\left[\frac{\dfrac{GHlth(t)}{Pop(t)}}{\dfrac{GHlth(t-1)}{Pop(t-1)}}\right]^{\rho_{\text{hlth}(mdg3)}}\left[\frac{\dfrac{GINF(t)}{Pop(t)}}{\dfrac{GINF(t-1)}{Pop(t-1)}}\right]^{\rho_{\text{INF}(mdg3)}}$$

$$\left[\frac{MDGVAL(mdg7a,t)}{MDGVAL(mdg7a,t-1)}\right]^{\rho_{\text{mdg}7a(mdg3)}}\left[\frac{MDGVAL(mdg7b,t)}{MDGVAL(mdg7b,t-1)}\right]^{\rho_{\text{mdg}7b(mdg3)}}\left[BUDC(t)\right]^{\rho_{BUDC(mdg3)}}$$

(109)

$GHlth(t)$ étant le niveau de dépenses publiques en matière de santé à la date *t,* $GINF(t)$ le niveau de d'investissement public a la date *t, Pop(t)* est la taille de la population à la date *t*, $BUDC(t)$ étant le montant alloué par les ménages à la consommation et

MDGVAL(mdg7a,t) et *MDGVAL(mdg7b,t)* sont les valeurs des OMD 7a et 7b dont la valeur sera définie à la section 2.11.5.

2.11.4. L'amélioration de la santé maternelle

Cet objectif vise à réduire de trois quarts le taux de mortalité maternelle entre 1990 et 2015. Comme l'objectif précédent, la mortalité maternelle est supposée être étroitement liée aux dépenses publiques en matière de santé. La valeur de l'OMD est donnée par:

$$MDGVAL(mdg4,t) = exmdg_{mdg4} + \frac{\alpha_{LOG}(mdg4)}{1+\gamma mdg(mdg4)\exp(\beta_{mdg}(mdg4)\left(MDGint(mdg4,t)-MGDGval(mdg4,t_0)\right))} \tag{110}$$

$exmdg_{mdg4}$ étant la meilleure valeur de l'OMD observée dans le monde. $\alpha_{LOG}(mdg), \gamma mdg(mdg)$ et $\beta_{mdg}(mdg)$ sont des paramètres de la fonction Logit. $MDGint(mdg,t)$ est une variable intermédiaire qui dépend des niveaux de dépenses publiques affectant cet OMD, au niveau des investissement publics, des autres OMD et du niveau de consommation par tête.

$$MDG\,\mathrm{int}(mdg4,t) = \alpha_m(mdg4)\left[\frac{\frac{GHlth(t)}{Pop(t)}}{\frac{GHlth(t-1)}{Pop(t-1)}}\right]^{\rho_{\mathrm{hlth}}(mdg4)}\left[\frac{\frac{GINF(t)}{Pop(t)}}{GINF(t-1)/Pop(t-1)}\right]^{\rho_{INF}(mdg4)}$$

$$\left[\frac{MDGVAL(mdg7a,t)}{MDGVAL(mdg7a,t-1)}\right]^{\rho_{mdg7a}(mdg4)}\left[\frac{MDGVAL(mdg7b,t)}{MDGVAL(mdg7b,t-1)}\right]^{\rho_{mdg7b}(mdg4)}\left[BUDC(t)\right]^{\rho_{BUDC}(mdg4)} \tag{111}$$

2.11.5. Assurer un environnement durable

Cet objectif cherche à intégrer les principes du développement durable dans les politiques nationales et à inverser les tendances actuelles à la dépréciation des ressources environnementales. Cet objectif est composé d'une série de cibles. Dans ce modèle nous

nous limitons à deux à savoir: l'accès à l'eau potable et l'accès au système sanitaire. Comme les objectifs précédant nous ferons l'hypothèse que ces objectifs sont liés aux niveaux des dépenses publiques dans le domaine des infrastructures sanitaires. La valeur de ces OMD s'écrit de la manière suivante:

$$MDGVAL(mdg7,t) = exmdg_{mdg7} + \frac{\alpha_{LOG}(mdg4)}{1+\gamma mdg(mdg7)\exp(\beta_{mdg}(mdg7)\left(MDG\operatorname{int}(mdg7,t) - MGDGval(mdg7,t_0)\right)} \quad (112)$$

Avec:

$$MDGint(mdg4,t) = \alpha_m(mdg4)\left[\frac{\frac{GSAN(t)}{Pop(t)}}{\frac{GSAN(t-1)}{Pop(t-1)}}\right]^{\rho_{SAN(mdg4)}}\left[\frac{\frac{GINF(t)}{Pop(t)}}{\frac{GINF(t-1)}{Pop(t-1)}}\right]^{\rho_{INF(mdg4)}}\left[BUDC(t)\right]^{\rho_{BUDC(mdg4)}} \quad (113)$$

3. Conclusion

Dans cette contribution nous avons cherché à présenter de manière détaillée les propriétés et les fonctions de ce modèle d'équilibre général pays. Ce modèle, comme nous l'avons indiqué, s'inscrit dans le débat récent sur les Objectifs du Millénaire pour le développement et la nécessité de réorienter les politiques économiques afin de permettre aux pays africains de renverser leurs tendances actuelles en matière de développement et d'atteindre ces Objectifs. Mais, l'innovation la plus importante de ce modèle est d'essayer d'aller au-delà des travaux qui se limitent à la prise en compte des dépenses sociales en matière de lutte contre la pauvreté. Ce modèle cherche également à lier la lutte contre la pauvreté et les Objectifs du Millénaire pour le développement à la croissance économique et particulièrement à la question de la diversification des structures économiques afin de permettre aux pays africains de sortir de l'enfermement dans les produits de base et de négocier une insertion compétitive dans la globalisation.

Bibliographie

Acemoglu D. et Zilibotti F. (1997), Was Prometheus unbound by chance? Risk Diversification and growth, *Journal of political economy* n°105, pp. 709-751.

Agénor P.R, Izquierdo A. et Fofach H. (2003), *IMMPA: A Quantitative macroeconomic framework for the analysis of poverty reduction strategies*, Banque mondiale, Washington D.C.

Astrup C. et Dessus S. (2005). "Targeting the Poor Beyond Gaza or the West Bank: The Geography of Poverty in the Palestinian Territories", *Journal of Regions and Development* n°21.

Banque mondiale (2000), Republic of Tunisia: Social Conditions Update. Report n°21503 (2 volumes). Banque mondiale, Washington, DC.

Bchir M.H., Bibi S., Boughzala M., Chatti R. et Rajhi T. (2005), T*rade, employment and wages in Tunisia : an integrated and dynamic CGE model*, octobre, Femise 2 network.

Beghin J., Dessus S., Roland-Holst D. et van der Mensbrugghe D. (1996), General equilibrium modeling of trade and the environment, Document de travail n°116, Organisation de cooperation et de développement économiques, septembre.

Ben Hammouda H., Karingi S.N., Njuguna A., Sadni-Jallab M. (2006), La diversification: vers un nouveau paradigme pour le développement de l'Afrique, CAPC Travail en cours n°36 juillet.

Berthélemy J-C. et Chauvin S. (2000), *Structural Changes in Asia and growth prospects after crisis*, Centre d'études prospectives et d'informations internationales (CEPII), n°9.

Berthélemy J-C. et Soderling L. (2001), The role of capital accumulation, adjustment and structural change for economic take-off: Empirical evidence from African growth episodes, *World Development* février.

Bourguignon F. (2000), *The pace of economic growth and poverty reduction*. Banque mondiale et Département et laboratoire d'économie théorique et appliquée (DELTA), Paris.

Bourguignon F., Bussolo M., Pereira da Silva A.L., Timmer H., Van der Mensbrugghe D. (2004), *MAMS-Maquette for MDG Simulations: a simple Macro-Micro Linkage Modelfor country specific modelling for the Millenium Development Goals or MDG*, Mimeo, Banque mondiale.

Bourguignon F., De Melo J. et Suwa A. (1990). "Distributional Effects of Adjustment Policies: Simulations for Two Archetype Economies" Document de travail de DELTA n°90-31.

Bruno M., Ravallion M. et Squire L. (1998), "Equity and Growth in Developing Countries: Old and New Perspectives on the Policy Issue", dans Tanzi V. et Chu K. (sous la direction de), *Income Distribution and High Quality Growth,* MIT Press, Cambridge, Mass.

Chemingui M.A. et Thabet C. (2005). "Agricultural Trade Liberalization and Poverty in Rural Areas in Tunisia: Micro-simulation in a general equilibrium framework", Rapport final sur Poverty and Economic Policy Network, Laval.

Chemingui M.A. (2005). «Harnessing Public Spending for Poverty Reduction in Yemen», dans Fan S. et Gadir Ali A. (sous la direction de), "*Public Policy and Poverty in the Arab World*", International Food Policy Research Institute et the Arab Planning Institute (à paraître).

Chiappori P-A. et Bourguignon F., (1991). "Modèles collectifs de comportements des ménages," Document de travail de DELTA n°91-30, DELTA.

Cockburn J., (2001). "Trade Liberalization and Poverty in Nepal: A Computable General Equilibrium Micro Simulation Analysis", Document de discussion de Centre de recherche en économie et finance appliquées (CREFA) n°01-18.

Cogneau D. et Robilliard A.S. (2000), "Income distribution, Poverty and Growth in Madagascar: Micro-simulation s in a general equilibrium framework", Document de

travail de l'Institut international de recherche sur les politiques alimentaires (IFPRI) n°61/2000.

Commission économique pour l'Afrique (CEA) (2005), *Les Objectifs du Millénaire pour le développement en Afrique: Progrès accomplis et défis à relever*, Addis-Abeba.

Datt G. et Ravallion M. (1992), Growth and redistribution Components of Changes in Poverty Measures: a Decomposition with Application to Brazil and India in the 1980s, *Journal of Development Economics*, 38(2), 275-295.

De Janvry A. et Sadoulet E. (1995), Poverty Alleviation, Income Redistribution and Growth during Adjustment, dans Lustig N. (sous la direction de) *Coping with Austerity: Poverty and Inequality in Latin America*, Washington DC, The Brookings Institution.

Deaton A. (1997). "The Analysis of Household Surveys: Microeconometric Approach to Development Policy", Johns Hopkins University Press, Baltimore.

Decaluwe B., Patry A., Savard L., et Horbecke T. (1999). "Poverty Analysis within a General Equilibrium Framework", Document de travail du CREFA n°9909.

Dollar D. et Kraay A. (2000). «Growth is good for the poor». Document interne de la Banque mondiale, Washington D.C.

Foster J., Greer J. et Thorbecke E. (1984). «A class of decomposable poverty measures», *Econometrica* volume 52, pp.761-766.

Gibson B. (2005), The transition to a globalized economy: Poverty, human capital and the informal sector in a structuralist CGE model, *Journal of Development Economics* n°78.

MacLaughlin G. (1930). «Industrial diversification in American Cities», *Quarterly Journal of Economics* n° 45, pp.131-149.

Kakwani N. (1993). Poverty and Economic Growth with Application to Cote d'Ivoire, *Review of Income and Wealth* n°39, pp.121-39.

Kuznets S. (1996). *Modern economic growth*, Yale University Press, New Haven.

Leontief W. (1986), *Input-Output economics*, deuxième édition, Oxford University Press, Oxford.

Lofgren H., Diaz-Bonilla C. (2006), *MAMS: A framework for analysing MDG and poverty reduction strategies*, Mimeo, Banque mondiale.

Massel B.F. (1970). Export instability and economic structure, *American Economic Review* vol. 60, n°4, pp. 618-630.

Ravallion M. et Huppi M. (1991), Measuring changes in poverty : a methodological case study of Indonesia during an adjustment period, *The World Bank Economic Review* 5, 57-82.

Ravallion M. et Chen S. (1997), What can new survey data tell us about recent changes in distribution and poverty?, *The World Bank Economic Review* n°11, 357-82.

Robilliard A.-S. et Robinson S. (2003). “Reconciling Household Surveys and National Accounts using a Cross Entropy Estimation Method”, *Review of Income and Wealth* n° 49(3)

Robinson S., Cattañeo A., et El Said M. (2001). "Updating and Estimating a Social Accounting Matrix Using Cross Entropy Methods." *Economic Systems Research* Vol. 13, n°1, 2001, pp. 47-64.

Robinson S. El-Said M. (2000). *GAMS Code for Estimating a Social Accounting Matrix (SAM) Using Cross Entropy (CE) Methods*, TMD Discussion Paper n°64, IFPRI, Washington, D.C.

Roemer M. et Gugerty M. (1997). “Does Economic Growth Reduce Poverty?”, Document technique du Harvard Institute for International Development: Cambridge, MA.

Romer P. (1990). Endogenous technological change, *Journal of political economy*, vol.98, n°5, 1990.

Rosenstein-Rodan P. N. (1943), Problems of industrialization of Eastern an South-Eastern *Europe, Economic Journal* vol. 33, pp. 202-211

Rostow W.W. (1960). *The stages of economic growth: A non communist manifesto*, Cambridge University Press, Cambridge.

Rutherford T., Tarr D. et Shepotylo O. (2005). “The Impact on Russia of WTO Accession and The Doha Agenda: the importance of liberalization of barriers against foreign direct investment in services for growth and poverty reduction,” dans Hertel T. et Winters L.A. (sous la direction de), *Putting Development Back into the Doha Agenda: Poverty Impacts of a WTO Agreement*., Washington D.C., Banque mondiale.

Stanley L.D. et Bunnag S. (2001), A new look at the benefits of diversification: Lessons fro, Central America, *Applied economics* n° 33, pp. 1369-1383.

Syrquin M. (1988), *Patterns of structural change*. Dans Chenery H. et Srinivasan T.N., *Handbook of Development Economics* vol. 1, North Holland.

Annexe

Annexe 1 Représentation graphique du modèle

Figure A1.1. Fonction de production

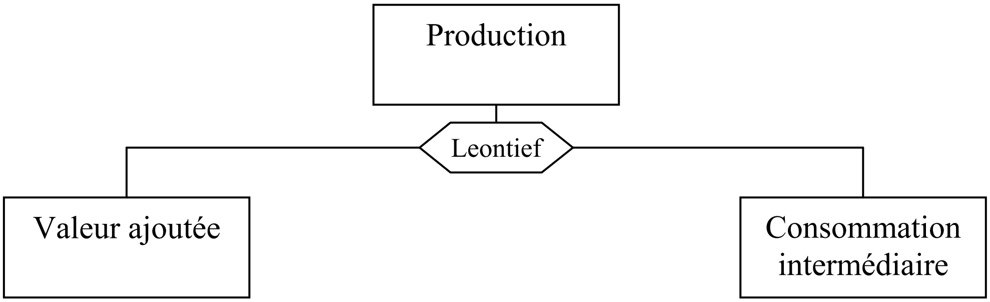


Figure A1.2. La valeur ajoutée agricole

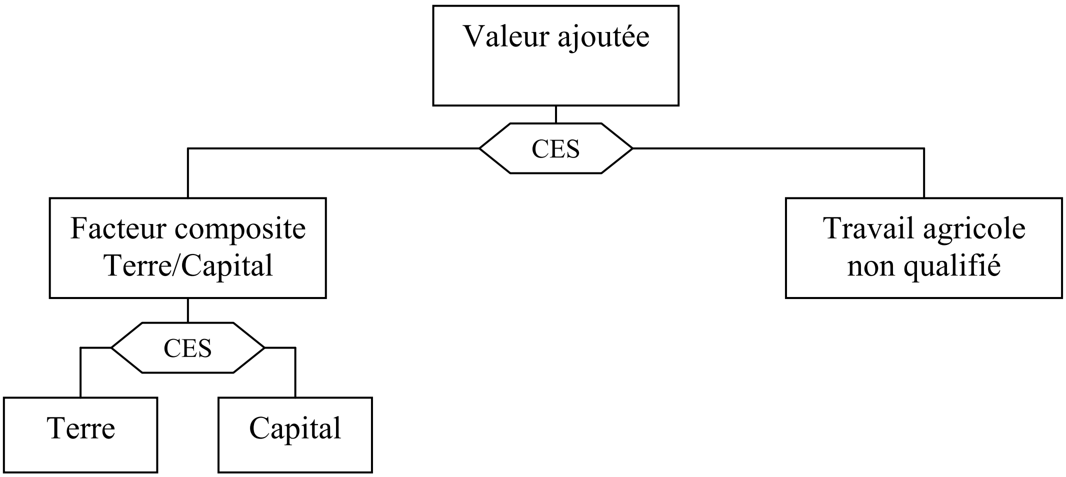


Figure A1.3. La valeur ajoutée informelle

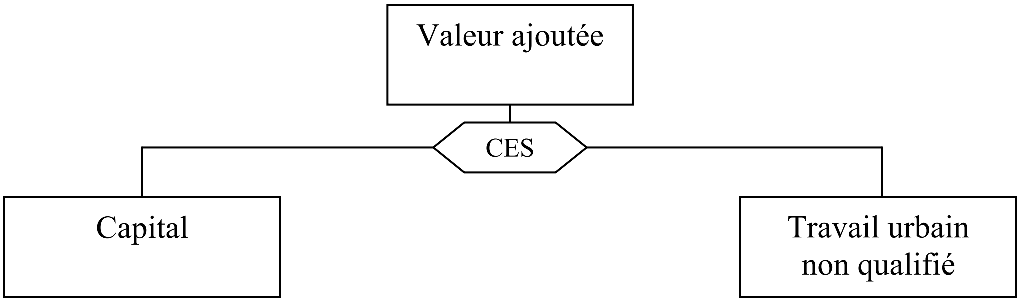


Fig.A1.4. La valeur ajoutée formelle

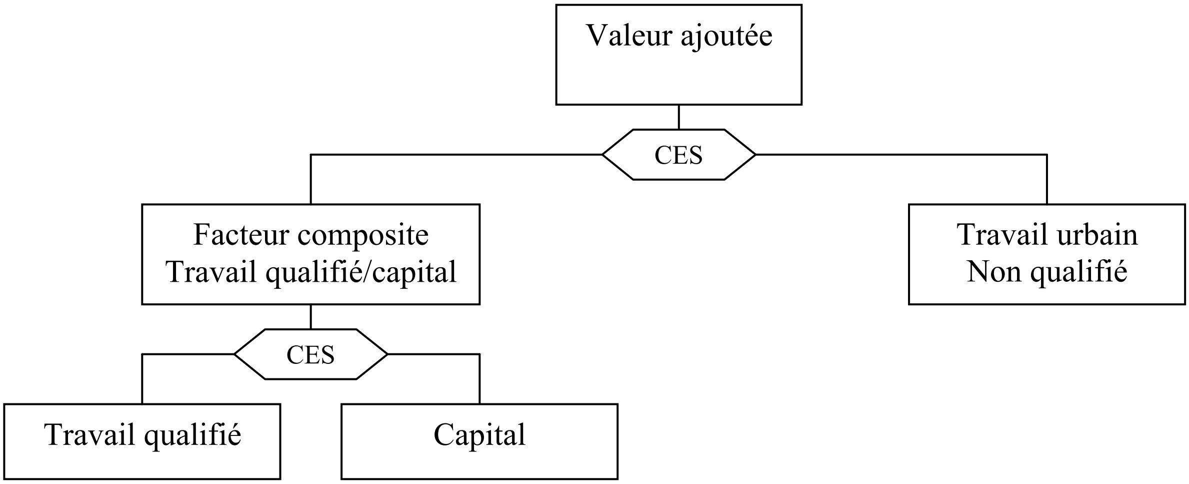


Fig.A1.5. La demande de consommation intermédiaire

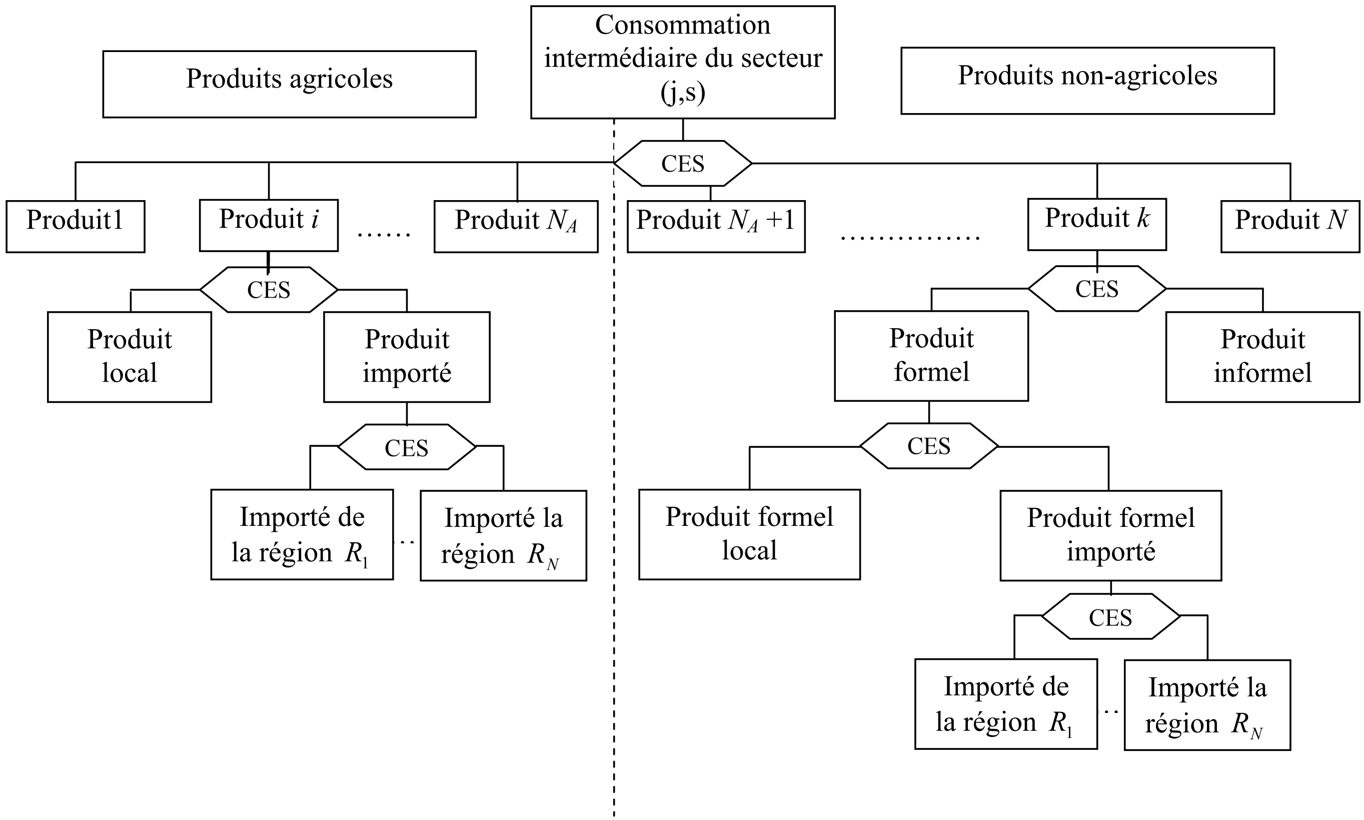


Figure A1.6. La demande des ménages

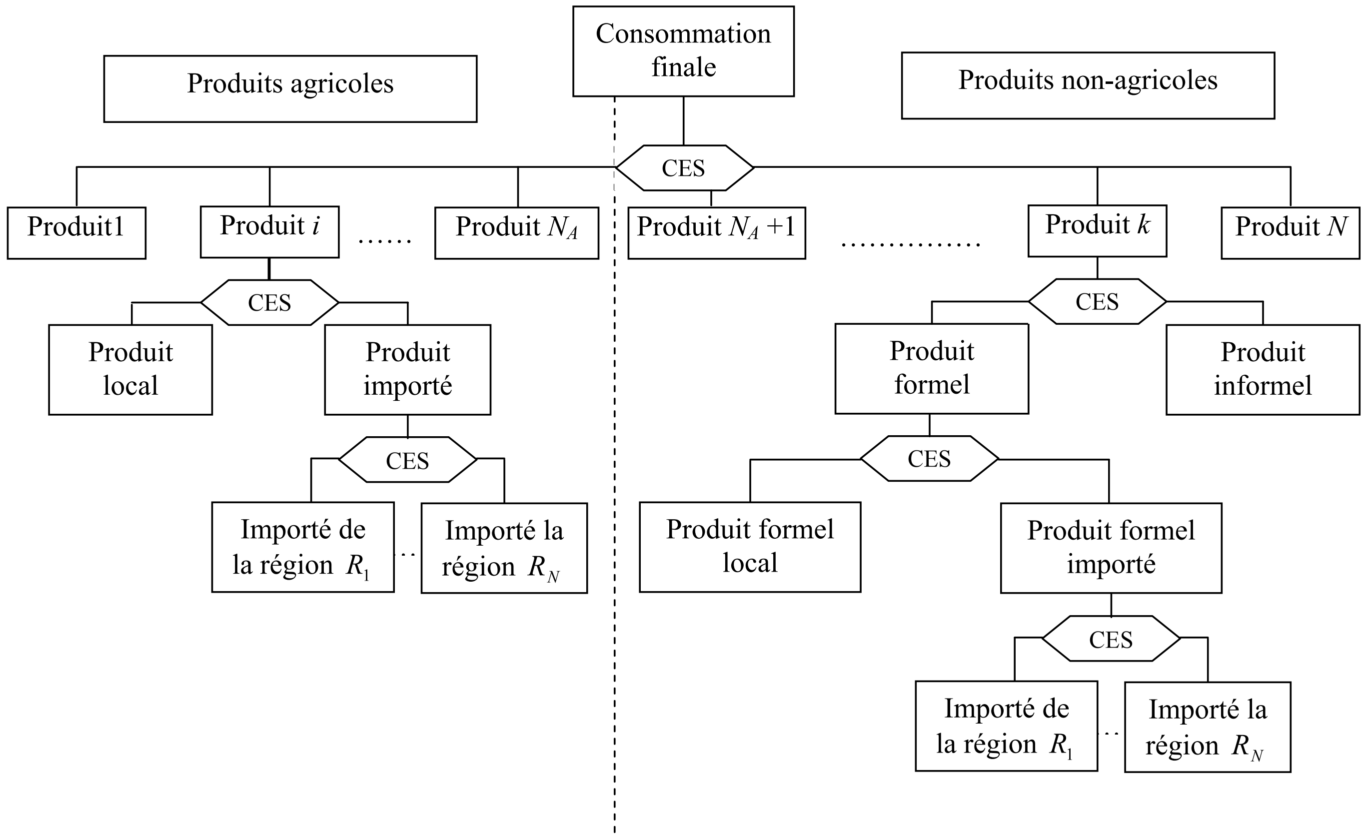
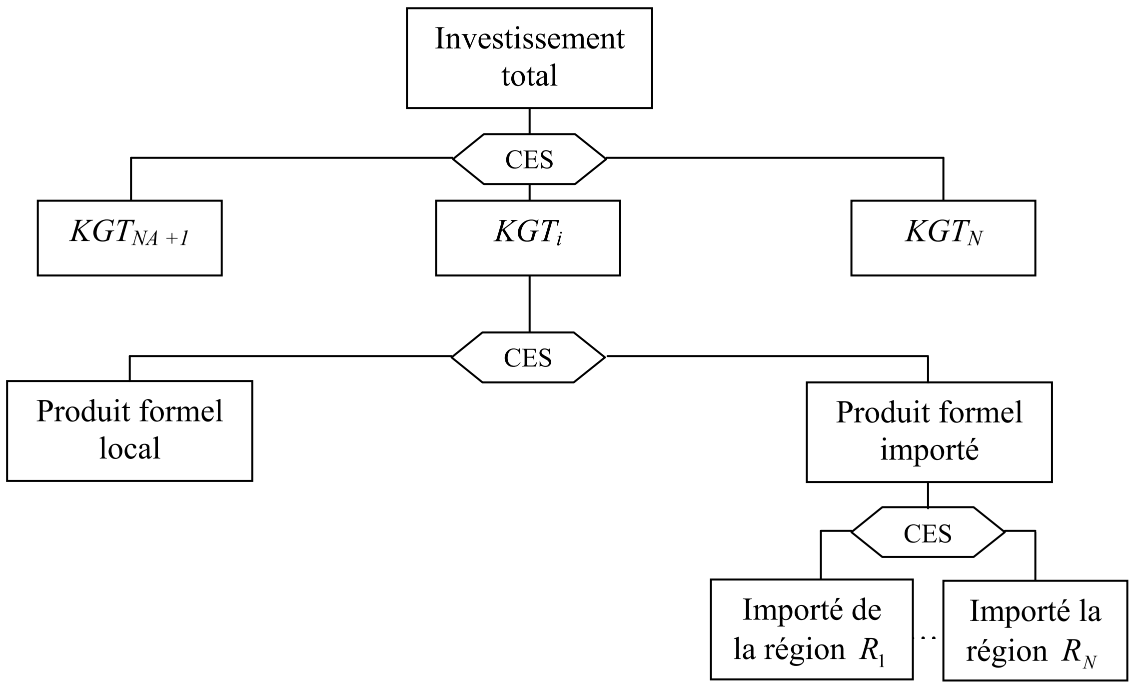


Figure A1.6. La demande de biens en capital



Annexe 2. La structure théorique du modèle

1. La production

$$Y(i,s,t) = Min\left[\frac{VA(i,s,t)}{a(i,s,t)}, \frac{INT(i,s,t)}{b(i,s,t)}\right]$$

Les conditions de premier ordre:

$$VA(i,s,t) = a(i,s,t)Y(i,s,t)$$

(A2.1)

$$INT(i,s,t) = a(i,s,t)Y(i,s,t)$$

(A2.2)

$$PY(i,s,t)Y(i,s,t) = PVA(i,s,t)VA(i,s,t) + PINT(i,s,t)INT(i,s,t)$$

(A2.3)

1.1. La valeur ajoutée rurale

Le programme du producteur agricole rural est un programme à deux étages.

Dans un premier temps il a à résoudre:

$$\min PVA(i,AGR,t)VA(i,AGR,t) = PK\_Land(i,t)K\_Land(i,t) + W_A(t)UA(i,t)$$

sous la contrainte:

$$VA(i,A,t) = A^{A}(K(G,t),DI(t))$$

$$\left[a_{VA}(i,AGR)\left(K\_Land(i,t)\right)^{1-\frac{1}{\sigma_{VA}(i,AGR)}} + \left(1-a_{VA}(i,AGR)\right)\left(UA(i,t)\right)^{1-\frac{1}{\sigma_{VA}(i,AGR)}} \right]^{\frac{1}{1-\frac{1}{\sigma_{VA}(i,AGR)}}}$$

$PVA(i,A,t)$ est le prix de la valeur ouput dans les secteurs agricoles, $K\_Land(i,t)$ est le facteur composite terre-capital et $PK\_Land(i,t)$ est le prix de ce facteur.

Les conditions du premier ordre donnent:

$$UA(i,t) = \left[\frac{\left[A^{A}\right]^{\sigma_{VA}(i,AGR)}\left(1-a_{VA}(i,AGR)\right)PV(i,AGR,t)}{W_{A}(t)} \right]^{\sigma_{VA}(i,AGR)} VA(i,AGR,t) \quad \text{(A2.4)}$$

$$K\_Land(i,t) = \left[\frac{\left[A\right]^{\sigma_{VA}(i,AGR)} a_{VA}(i,AGR)PVA(i,AGR,t)}{PK\_Land(i,t)} \right]^{\sigma_{V}(i,AGR)} VA(i,AGR,t) \quad \text{(A2.5)}$$

$$PVA(i,AGR,t)VA(i,AGR,t) = PK\_Land(i,t)K\_Land(i,t) + W_{A}(t)UA(i,t) \quad \text{(A2.6)}$$

Dans un deuxième temps il minimise le coût du facteur composite $K\_Land(i,t)$ sous la contrainte technologique:

sous la contrainte:

$$K\_Land(i,t) = \left[a_{K\_Land}(i) \left(Land(i,t) \right)^{1-\frac{1}{\sigma_{K\_Land}(i)}} + \left(1 - a_{K\_Land}(i) \right) \left(K(i,A,t) \right)^{1-\frac{1}{\sigma_{K\_Land}(i)}} \right]^{\frac{1}{1-\frac{1}{\sigma_{K\_Land}(i)}}}$$

Les conditions du premier ordre donnent:

$$K(i,AGR,t) = \left[\frac{\left(1 - a_{K\_Land}(i) \right) PK\_Land(i,t)}{PK(i,AGR,t)} \right]^{\sigma_{K\_Land}(i)} K\_Land(i,t)$$

(A2.7)

$$Land(i,t) = \left[\frac{a_{K\_Land}(i) PK\_Land(i,t)}{PLand(i,t)} \right]^{\sigma_{K\_Land}(i)} K\_Land(i,t)$$

(A2.8)

$$PK\_Land(i,t) K\_Land(i,t) = PK(i,AGR,t) K(i,AGR,t) + PLand(i,t) Land(i,t)$$

(A2.9)

1.2. Valeur ajoutée urbaine informelle

Le programme du producteur des secteurs urbain informel s'écrit:

$$\min PVA(i,INF,t)VA(i,INF,t) = PK(i,INF,t)K(i,INF,t) + W_{Inf}(i,t)U(i,INF,t)$$

sous la contrainte:

$$VA(i,INF,t) =$$

$$\left[a_{VA}(i,INF)\big(K(i,INF,t)\big)^{1-\frac{1}{\sigma_{VA}(i,INF)}} + \big(1-a_{VA}(i,INF)\big)\big(U(i,INF,t)\big)^{1-\frac{1}{\sigma_{VA}(i,INF)}}\right]^{\frac{1}{1-\frac{1}{\sigma_{VA}(i,IINF)}}}$$

Les conditions du premier ordre donnent:

$$K(i,INF,t) = \left[\frac{a_{VA}(i,INF)PVA(i,INF,t)}{PK(i,INF,t)}\right]^{\sigma_{VA}(i,INF)} VA(i,INF,t)$$

(A2.10)

$$U(i,INF,t) = \left[\frac{\big(1-a_{VA}(i,INF)\big)PVA(i,INF,t)}{W_{Inf}(t)}\right]^{\sigma_{VA}(i,INF)} VA(i,INF,t)$$

(A2.11)

$$PVA(i,INF,t)VA(i,INF,t) = PK(i,INF,t)K(i,INF,t) + W_{Inf}(t)U(i,INF,t)$$

(A2.12)

Le programme du producteur formel urbain est un programme à deux étages.
Dans un premier temps il a à résoudre:

$$\min PVA(i,FOR,t)VA(i,FOR,t) = PK\_S(i,t)KS(i,t) + W_M(t)U(i,FOR,t)$$

sous la contrainte:

$$VA(i,FOR,t) = A^F\left[a_{VA}(i,FOR)\big(K\_S(i,t)\big)^{1-\frac{1}{\sigma_{VA}(i,F)}} + \big(1-a_{VA}(i,S)\big)\big(U(i,FOR,t)\big)^{1-\frac{1}{\sigma_{VA}(i,FOR)}}\right]^{\frac{}{1-\frac{}{\sigma_{VA}}}}$$

$K\_S(i,t)$ est le facteur composite capital humain-capital physique et $PK\_S(i,t)$ est le prix de ce facteur.

Les conditions du premier ordre donnent:

$$U(i,FOR,t) = \left[\frac{\left[A^F\right]^{\sigma_V(i,FOR)}\big(1-a_{VA}(i,FOR)\big)PVA(i,FOR,t)}{W_M(t)}\right]^{\sigma_{VA}(i,FOR)} VA(i,FOR,t)$$

(A2.13)

$$K\_S(i,t) = \left[\frac{\left[A^F\right]^{\sigma_V(i,FOR)} a_{VA}(i,FOR)PVA(i,FOR,t)}{PK\_S(i,t)}\right]^{\sigma_{VA}(i,FOR)} VA(i,FOR,t)$$

(A2.14)

$$PVA(i,FOR,t)VA(i,FOR,t) = PK\_S(i,t)K\_S(i,t) + W_M(t)U(i,FOR,t)$$

(A2.15)

Dans un deuxième temps il minimise le coût du facteur composite $K\_S(i,t)$ sous la contrainte technologique:

$$\min PK\_S(i,t)K\_S(i,t) = PK(i,FOR,t)K(i,t) + W_S(t)S(i,t)$$

sous la contrainte:

$$K\_S(i,t) = \left[a_{K\_S}(i)\left(S(i,t)\right)^{1-\frac{1}{\sigma_{K\_S}(i)}} + \left(1 - a_{K\_S}(i)\right)\left(K(i,FOR,t)\right)^{1-\frac{1}{\sigma_{K\_S}(i)}} \right]^{\frac{1}{1-\frac{1}{\sigma_{K\_S}(i)}}}$$

Les conditions du premier ordre donnent:

$$K(i,FOR,t) = \left[\frac{\left(1 - a_{K\_S}(i)\right)PK\_S(i,t)}{PK(i,FOR,t)} \right]^{\sigma_{K\_S}(i)} K\_S(i,t)$$

(A2.16)

$$S(i,t) = \left[\frac{a_{K\_S}(i)PK\_S(i,t)}{W_S(t)} \right]^{\sigma_{K\_S}(i)} K\_S(i,t)$$

(A2.17)

$$PK\_S(i,t)K\_S(i,t) = PK(i,FOR,t)K(i,FOR,t) + W_S(t)S(i,t)$$

(A2.18)

---

2. La demande de biens et services

2.1 La consommation finale

Vu la structure de l'arbre de demande finale, la détermination de la demande des ménages par biens, forme de production et pays de production se déterminent par un programme à plusieurs étages.

Le premier étage consiste à maximiser la fonction de production sous la contrainte du revenu disponible alloué à la consommation.

$$\underset{C(i,t)}{Max}\, Wel(t) = \left[\sum_i a_{Wel}(i)(CT(i,t) - CT_{Min}(i))^{1-\frac{1}{\sigma_{Wel}}} \right]^{\frac{1}{1-\frac{1}{\sigma_{Wel}}}}$$

sous la contrainte:

$$BUDC(t) = \sum_i PCT(i,t)CT(i,t)$$

Les conditions de premier ordre donnent:

$$CT(i,t) - CT_{Min}(i,t) = \frac{\left[BUDC(t) - \sum_j PCT(j,t)CT_{Min}(j,t) \right]}{\frac{PCT(i,t)^{\sigma_{Wel}}}{a_{Wel}(i)} \sum_j \frac{PCT(j,t)^{\sigma_{Wel}}}{a_{Wel}(j)}}$$

(A2.19)

$$BUDC(t) = \sum_i PCT(i,t)CT(i,t)$$

(A2.20)

2.1.1. Pour les biens agricoles

Pour les biens agricoles (i.e.: $i \in \{1,....,N_A\}$), le deuxième étage consiste à choisir entre les biens agricoles locaux et les biens agricoles importés.

Le programme s'écrit:

$$Min\, PCT(i,t)CT(i,t) = PC(i,A,t)C(i,AGR,t) + PC\,\mathrm{Im}\,p(i,t)C\,\mathrm{Im}\,p(i,t)$$

sous la contrainte:

$$CT(i,t) = \left[a_{CT}(i)\big(C(i,AGR,t)\big)^{1-\frac{1}{\sigma_{CT}}} + \big(1-a_{CT}(i)\big)\big(C\,\mathrm{Im}\,p(i,t)\big)^{1-\frac{1}{\sigma_{CT}}}\right]^{\frac{1}{1-\frac{1}{\sigma_{CT}}}}$$

Les conditions de premier ordre donnent:

$$C(i,AGR,t) = \left[\frac{a_{CT}(i)PCT(i,t)}{PC(i,AGR,t)}\right]^{\sigma_{CT}} CT(i,t)$$

(A2.21)

$$C\,\mathrm{Im}\,p(i,t)=\left[\frac{(1-a_{CT}(i))PCT(i,t)}{PC\,\mathrm{Im}\,p(i,t)}\right]^{\sigma_{CT}}CT(i,t)$$

(A2.22)

$$PCT(i,t)CT(i,t)=PC(i,AGR,t)C(i,AGR,t)+PC\,\mathrm{Im}\,p(i,t)C\,\mathrm{Im}\,p(i,t)$$

(A2.23)

Le troisième étage

$$Min \quad PCImp(i,t)CImp(i,t)=\sum_R PC^R(i,t)C^R(i,t)$$

sous la contrainte:

$$CImp(i,t)=\left[\sum_R a^R_{CImp}(i)C^R(i,t)^{1-\frac{1}{a_{CImp}}}\right]^{\frac{1}{1-\frac{1}{a_{CImp}}}}$$

Les conditions de premier ordre donnent:

$$C^R(i,t)=\left[\frac{a^R_{CImp}(i)PCImp(i,t)}{PC^R(i,t)}\right]^{\sigma_{CImp}}CImp(i,t)$$

(A2.24)

$$PCImp(i,t)CImp(i,t)=\sum_R PC^R(i,t)C^R(i,t)$$

(A2.25)

Pour les biens non agricoles

Pour les biens non agricoles (par exemple: $i \in \{N_A + 1,...., N\}$, le deuxième étage consiste à choisir entre les biens produits formellement et informellement. Le deuxième programme de minimisation s'écrit:

$$Min\, PCT(i,t)CT(i,t) = PC(i,INF,t)C(i,INF,t) + PCF(i,t)CF(i,t)$$

sous la contrainte:

$$CT(i,t) = \left[a_{CT}(i)\left(C(i,INF,t)\right)^{1-\frac{1}{\sigma_{CT}}} + \left(1 - a_{CT}(i)\right)\left(CF(i,t)\right)^{1-\frac{1}{\sigma_{CT}}} \right]^{\frac{1}{1-\frac{1}{\sigma_{CT}}}}$$

Les conditions de premier ordre donnent:

$$CT(i,t) = \left[\frac{a_{CT}(i)PCT(i,t)}{PC(i,INF,t)} \right]^{\sigma_{CT}} CT(i,t)$$

(A2.26)

$$CF(i,t) = \left[\frac{\left(1 - a_{CT}(i)\right)PCT(i,t)}{PCF(i,t)} \right]^{\sigma_{CT}} CT(i,t)$$

(A2.27)

$$PCT(i,t)CT(i,t) = PC(i,INF,t)C(i,INF,t) + PCF(i,t)CF(i,t)$$

(A2.28)

Le troisième étage consiste à choisir entre les biens formels locaux et les biens formels importés.

Le programme s'écrit:

$$Min\, PCF(i,t)CF(i,t) = PC(i,FOR,t)C(i,FOR,t) + PCImp(i,j,s,t)CImp(i,t)$$

sous la contrainte:

$$CF(i,t) = \left[a_{CF}(i)\left(C(i,FOR,t)\right)^{1-\frac{1}{\sigma_{CF}}} + \left(1 - a_{CF}(i)\right)\left(CImp(i,t)\right)^{1-\frac{1}{\sigma_{CF}}} \right]^{\frac{1}{1-\frac{1}{\sigma_{CF}}}}$$

Les conditions de premier ordre donnent:

$$C(i,FOR,t) = \left[\frac{a_{CF}(i)PCF(i,t)}{PC(i,FOR,t)} \right]^{\sigma_{CF}} CF(i,t)$$

(A2.29)

$$CImp(i,t) = \left[\frac{\left(1 - a_C(i)\right)PCF(i,t)}{PCImp(i,t)} \right]^{\sigma_{CF}} CF(i,t)$$

(A2.30)

$$PCF(i,t)CF(i,t) = PC(i,FOR,t)C(i,FOR,t) + PCImp(i,j,s,t)CImp(i,t)$$

(A2.31)

Le quatrième étage:

$$Min \quad PCImp(i,t)CImp(i,t) = \sum_R PC^R(i,t)C^R(i,t)$$

sous la contrainte:

$$CImp(i,t) = \left[\sum_R a^R_{CImp}(i)C^R(i,t)^{1-\frac{1}{a_{CImp}}}\right]^{\frac{1}{1-\frac{1}{a_{CImp}}}}$$

Les conditions de premier ordre donnent:

$$C^R(i,t) = \left[\frac{a^R_{CImp}(i)PCImp(i,t)}{PC^R(i,t)}\right]^{\sigma_{CImp}} CImp(i,t)$$

(A2.32)

$$PCImp(i,t)CImp(i,t) = \sum_R PC^R(i,t)C^R(i,t)$$

(A2.33)

Les consommations intermédiaires

La détermination de la demande de consommateur émanant de chaque secteur et pour tous les types de production par type de bien, de forme de production et par source se détermine par des programmes de minimisation des prix a plusieurs étages.
Le premier étage:

$$Min\,PINT(j,s,t)INT(j,s,t) = \sum_i PICT(i,j,s,t)ICT(i,s,j,t)$$

sous la contrainte:

$$INT(j,s,t) = \left[\sum_i a_{INT}(i,j,s)ICT(i,j,s,t)^{1-\frac{1}{\sigma_{INT}(j,s)}} \right]^{\frac{1}{1-\frac{1}{\sigma_{INT}(j,s)}}}$$

Les conditions de premier ordre donnent:

$$ICT(i,j,s,t) = \left[\frac{a_{INT}(i,j,s)PINT(j,s,t)}{PICT(i,j,s,t)} \right]^{\sigma_{ICT}(j,s)} INT(j,s,t)$$

(A2.34)

$$PINT(j,s,t)INT(j,s,t) = \sum_i PICT(i,j,s,t)ICT(i,j,s,t)$$

(A2.35)

2.2.1. Pour les biens agricoles

Le deuxième étage consiste à choisir entre les biens agricoles locaux et les biens agricoles importés.

Le programme s'écrit:

$$Min\, PICT(i,j,s,t)ICT(i,j,s,t) = PIC(i,AGR,t)IC(i,AGR,j,s,t) + PICImp(i,j,s,t)ICImp(i,j$$

sous la contrainte:

$$ICT(i,j,s,t) = \left[a_{ICT}(i,j,s)\left(IC(i,AGR,j,s,t)\right)^{1-\frac{1}{\sigma_{ICT}(j,s)}} + \left(1-a_{ICT}(i,j,s)\right)\left(ICImp(i,j,s,t)\right)^{1-\frac{1}{\sigma_{ICT}(j,s)}} \right]$$

Les conditions de premier ordre donnent:

$$IC(i,AGR,j,s,t) = \left[\frac{a_{ICT}(i,j,s)PICT(i,j,s,t)}{PIC(i,AGR,t)} \right]^{\sigma_{ICT}(j,s)} ICT(i,j,s,t)$$

(A2.36)

$$ICImp(i,j,s,t) = \left[\frac{\left(1-a_{ICT}(i,j,s)\right)PICT(i,j,s,t)}{PICImp(i,j,s,t)} \right]^{\sigma_{ICT}(j,s)} ICT(i,j,s,t)$$

(A2.37)

$$PICT(i,j,s,t)ICT(i,j,s,t) =$$
$$PIC(i,AGR,t)IC(i,AGR,j,s,t) + PICImp(i,j,s,t)ICImp(i,j,s,t)$$

(A2.38)

Le troisième étage:

$$Min \quad PICImp(i,j,s,t)ICImp(i,j,s,t) = \sum_R PIC^R(i,t)IC^R(i,j,s,t)$$

sous la contrainte:

$$ICImp(i,j,s,t) = \left[\sum_R a_{ICImp}(i,j,s) IC^R(i,j,s,t)^{1-\frac{1}{a_{IC\mathrm{Im}p}(j,s)}} \right]^{\frac{1}{1-\frac{1}{a_{IC\mathrm{Im}p}(j,s))}}}$$

Les conditions de premier ordre donnent:

$$IC^R(i,j,s,t) = \left[\frac{a_{ICImp}(i,j,s)PICImp(i,j,s,t)}{PIC^R(i,j,s,t)} \right]^{\sigma_{ICImp}(j,s)} ICImp(i,j,s,t)$$

(A2.39)

$$PICImp(i,j,s,t)ICImp(i,j,s,t) = \sum_R PIC^R(i,t)IC^R(i,j,s,t)$$

(A2.40)

2.2.2. Pour les biens non agricoles

Le deuxième étage consiste à choisir entre les biens produits formellement et informellement. Le deuxième programme de minimisation s'écrit:

$$Min\, PICT(i,j,s,t)ICT(i,j,s,t) = PIC(i,INF,t)IC(i,INF,j,s,t) + PICF(i,j,s,t)ICF(i,j,s,t)$$

sous la contrainte:

$$ICT(i,j,s,t)=\left[a_{ICT}(i,j,s)\left(ICT(i,INF,j,s,t)\right)^{1-\frac{1}{\sigma_{ICT}(j,s)}}+\left(1-a_{ICT}(i,j,s)\right)\left(ICF(i,j,s,t)\right)^{1-\frac{1}{\sigma_{ICT}(j,s)}}\right]^{\frac{1}{1-\frac{1}{\sigma_{ICT}}}}$$

Les conditions de premier ordre donnent:

$$IC(i,INF,j,s,t)=\left[\frac{a_{ICT}(i,j,s)PICT(i,j,s,t)}{PIC(i,Inf,t)}\right]^{\sigma_{IC}(j,s)}ICT(i,j,s,t)$$

(A2.41)

$$ICF(i,j,s,t)=\left[\frac{\left(1-a_{ICT}(i,j,s)\right)PICT(i,j,s,t)}{PICF(i,j,s,t)}\right]^{\sigma_{ICT}(j,s)}ICT(i,j,s,t)$$

(A2.42)

$$PICT(i,j,s,t)ICT(i,j,s,t)=PIC(i,INF,t)IC(i,INF,j,s,t)+PICF(i,j,s,t)ICF(i,j,s,t)$$

(A2.43)

Le troisième étage consiste à choisir entre les biens formels locaux et les biens formels importés.
Le programme s'écrit:

$$Min\,PICF(i,j,s,t)ICF(i,j,s,t)=PIC(i,FOR,t)IC(i,FOR,j,s,t)+PICImp(i,j,s,t)ICImp(i,j,$$

sous la contrainte:

$$ICF(i,j,s,t)=\left[a_{ICF}(i,j,s)\big(IC(i,FOR,j,s,t)\big)^{1-\frac{1}{\sigma_{ICF}(j,s)}}+\big(1-a_{ICF}(i,j,s)\big)\big(ICImp(i,j,s,t)\big)^{1-\frac{1}{\sigma_{ICF}(j,s)}}\right]^{\frac{}{1-\frac{}{\sigma_{\dots}}}}$$

Les conditions de premier ordre donnent:

$$IC(i,FOR,j,s,t)=\left[\frac{a_{ICF}(i,j,s)PICF(i,j,s,t)}{PIC(i,F,t)}\right]^{\sigma_{ICF}(j,s)}ICF(i,j,s,t)$$

(A2.44)

$$ICImp(i,j,s,t)=\left[\frac{\big(1-a_{ICF}(i,j,s)\big)PICF(i,j,s,t)}{PICImp(i,j,s,t)}\right]^{\sigma_{ICF}(j,s)}ICF(i,j,s,t)$$

(A2.45)

$$PICF(i,j,s,t)ICF(i,j,s,t)=PIC(i,FOR,t)IC(i,FOR,j,s,t)+PICImp(i,j,s,t)ICImp(i,j,s,t$$

(A2.46)

Le quatrième étage:

$$Min\quad PICImp(i,j,s,t)ICImp(i,j,s,t)=\sum_{R}PIC^{R}(i,t)IC^{R}(i,j,s,t)$$

sous la contrainte:

$$ICImp(i,j,s,t)=\left[\sum_{R}a^{R}_{ICImp}(i,j,s)IC^{R}(i,j,s,t)^{1-\frac{1}{a_{IC\,\mathrm{Im}\,p}(j,s)}}\right]^{\frac{1}{1-\frac{1}{a_{IC\,\mathrm{Im}\,p}(j,s)}}}$$

Les conditions de premier ordre donnent:

$$IC^R(i,j,s,t) = \left[\frac{a^R_{ICImp}(i,j,s)PICImp(i,j,s,t)}{PIC^R(i,t)}\right]^{\sigma_{ICImp}(j,s)} ICImp(i,j,s,t)$$

(A2.47)

$$PICImp(i,j,s,t)ICImp(i,j,s,t) = \sum_R PIC^R(i,t)IC^R(i,j,s,t)$$

(A2.48)

Les biens d'équipement

La détermination de la demande de biens d'équipement émanant de chaque secteur et pour tous les types de production par type de bien et par source se détermine par des programmes de minimisation des prix à plusieurs étages.

Le premier étage:

$$Min\, PINV(j,s,t)INV(j,s,t) = \sum_i PKGT(i,j,s,t)KGT(i,j,s,t)$$

sous la contrainte:

$$INV(j,s,t) = \left[\sum_i a_{INT}(i,j,s)KGT(i,j,s,t)^{1-\frac{1}{\sigma_{INT}(j,s)}}\right]^{\frac{1}{1-\frac{1}{\sigma_{INT}(j,s)}}}$$

Les conditions de premier ordre donnent:

$$KGT(i,j,s,t)=\left[\frac{a_{INT}(i,j,s)PINT(j,s,t)}{PKGT(i,j,s,t)}\right]^{\sigma_{ICT}(j,s)} INV(j,s,t)$$

(A2.49)

$$PINV(j,s,t)INV(j,s,t)=\sum_{i} PKGT(i,j,s,t)KGT(i,j,s,t)$$

(A2.50)

Le deuxième étage consiste à choisir entre les biens d'équipement locaux (il n'y a que les secteurs formels qui produisent de tels biens) et les biens d'équipement importés.

Le programme s'écrit:

$$Min \quad PKGT(i,j,s,t)KGT(i,j,s,t)=$$
$$PKG(i,FOR,t)KG(i,FOR,j,s,t)+PKGImp(i,j,s,t)KGImp(i,j,s,t)$$

sous la contrainte:

$$KGT(i,j,s,t)=\left[a_{KGT}(i,j,s)\big(KG(i,FOR,j,s,t)\big)^{1-\frac{1}{\sigma_{KGT}(j,s)}}+\big(1-a_{KGT}(i,j,s)\big)\big(ICImp(i,j,s,t)\big)^{1-\frac{1}{\sigma_{KGT}(j,s)}}\right.$$

Les conditions de premier ordre donnent:

$$KG(i,FOR,j,s,t)=\left[\frac{a_{KGT}(i,j,s)PKGT(i,j,s,t)}{PKG(i,FOR,t)}\right]^{\sigma_{KGT}(j,s)} KGT(i,j,s,t)$$

(A2.51)

$$KGImp(i,j,s,t)=\left[\frac{\left(1-a_{ICT}(i,j,s)\right)PKGT(i,j,s,t)}{PKGImp(i,j,s,t)}\right]^{\sigma_{KGT}(j,s)} KGT(i,j,s,t)$$

(A2.52)

$$PKGT(i,j,s,t)KGT(i,j,s,t)=PKG(i,FOR,t)KG(i,FOR,j,s,t)+PKGImp(i,j,s,t)KGImp(i,j,s$$

(A2.53)

Le troisième étage:

$$Min \quad PKGImp(i,j,s,t)KGImp(i,j,s,t)=\sum_R PKG^R(i,t)KG^R(i,j,s,t)$$

sous la contrainte:

$$KGImp(i,j,s,t)=\left[\sum_R a_{KGImp}^R(i,j,s)KGR(i,j,s,t)^{1-\frac{1}{a_{KG\mathrm{Im}p}(j,s)}}\right]^{\frac{1}{1-\frac{1}{a_{KG\mathrm{Im}p}(j,s))}}}$$

Les conditions de premier ordre donnent:

$$KG^R(i,j,s,t) = \left[\frac{a^R_{KGImp}(i,j,s)PKGImp(i,j,s,t)}{PKG^R(i,j,s,t)} \right]^{\sigma_{KGImp}(j,s)} KGImp(i,j,s,t)$$

(A2.54)

$$PKGImp(i,j,s,t)KGImp(i,j,s,t) = \sum_R PKG^R(i,t)KG^R(i,j,s,t)$$

(A2.55)

Annexe 3 Les différentes approches d'analyse de la pauvreté dans un cadre en équilibre général

1. L'approche par la microsimulation

L'approche microsimulation a été développée pour répondre aux critiques souvent adressées à l'approche des ménages représentatifs qui suppose que la population d'un pays est représentée par une ou plusieurs catégories homogènes de ménages. À l'intérieur de chaque ménage représentatif, la dispersion des revenus est supposée constante suite aux réformes des politiques économiques ou des chocs exogènes. Bien que cette approche permette de prendre en compte les échanges inter-ménages au sein de chaque groupe représentatif, elle ignore les changements intra-ménages dans la distribution des revenus. Pour y remédier, deux approches de microsimulation existent: les microsimulations totalement intégrées et les microsimulations séquentielles.

L'approche microsimulation intégrée a été développée et appliquée en premier lieu par Bourguinon *et al.* (1991) et Chiappori et Bourguignon (1991) puis par Cogneau et Robilliard (2000). Elle consiste à modéliser le comportement d'un large échantillon de ménages aussi bien au niveau des sources de revenus que des postes de consommation. Cette approche de microsimulation nécessite la disponibilité des données brutes des enquêtes sur la consommation et le revenu des ménages et des enquêtes sur le travail. Suite à ces travaux pionniers, une autre approche de microsimulation totalement intégrée a été développée. Elle remplace simplement le ménage représentatif dans un modèle d'équilibre général par une large population de ménages, voir à ce sujet Chemingui et Thabet (2005), Cockburn (2001), Decaluwe *et al.* (1999). Cependant, son application pose un problème d'équilibre de la matrice de comptabilité sociale suite aux problèmes

d’inconsistance entre les données de la comptabilité nationale et les données individuelles d'enquêtes (Robilliard et Robinson 2003)[7].

Concernant l’approche de microsimulation séquentielle, elle consiste à calculer les nouveaux indicateurs de pauvreté ou de bien-être pour chaque groupe de ménage en utilisant les informations sur les variations des prix et les revenus des différentes catégories de ménages transmises par le modèle EGC. À l’instar de l’approche précédente, cette méthode nécessite aussi la disponibilité des données brutes sur les revenus et les dépenses des ménages. Par ailleurs, cette méthode suppose que les ménages ne réagissent pas aux changements des prix relatifs ce qui signifie l’absence des effets de retour souvent évoqués comme principal avantage des modèles d’équilibre général. C’est pourquoi l’approche microsimulation séquentielle est connue sous le nom d’approche comptable.

Aussi bien pour la microsimulation intégrée que séquentielle, la question dynamique reste problématique du fait de l’absence de séries d'enquêtes de ménages qui permettent de calibrer le comportement des mêmes ménages individuels tout au long de la période d’analyse. Face à ce coût élevé aussi bien en termes de données que de techniques de modélisation, son avantage n’est pas toutefois prouvé. En effet, Rutherford *et al.* (2005) ont montré que l’application de l’approche micro-simulation n’ajoute pas grand-chose à l’approche des ménages représentatifs. Souvent on parle du passage d’un échantillon de quelques ménages représentatifs à un échantillon plus élargi pour rester néanmoins dans la représentativité.

Dans la perspective d’appliquer le modèle DIVA sur les pays africains et comme la plupart de ces pays ne possédaient pas jusqu’à présent d'enquêtes représentatives sur les dépenses et les revenus des ménages, il est plus approprié d’utiliser une approche, certes plus simpliste, mais qui présente l’avantage d’applicabilité dans tous les pays africains. Même pour les pays qui produisent d’une manière régulière des enquêtes de ménages, la

---

[7] Des techniques ont été développées pour assurer la réconciliation entre les données micro et macro (voir Robinson *et al.* 2001 et Robinson et El-Said 2000).

majorité d'entre eux se limitent aux aspects des dépenses et ignorent l'aspect revenu, c'est le cas de la Tunisie et du Maroc. À cet inconvénient s'ajoute la difficulté d'accéder aux données brutes qui sont souvent traitées comme confidentielles dans la plupart de ces pays. Pour toutes ces raisons, nous pensons utiliser l'approche élasticité croissance de la réduction de la pauvreté comme un outil standard d'analyse de la pauvreté tout en laissant la porte ouverte à l'application des autres approches dans le cas où les données sont disponibles et accessibles.

2. L'approche de l'élasticité croissance de la réduction de la pauvreté

Il est fortement admis que la croissance économique et l'inégalité des revenus sont les principaux déterminants de la réduction de la pauvreté. Ainsi, la vitesse avec laquelle un taux de croissance économique donné réduit la pauvreté dépend fortement de la distribution des revenus. À titre d'exemple, et sur la base d'un large échantillon de pays en développement, la Banque mondiale (2000) a montré que le taux de pauvreté d'une économie caractérisée par un indice de Gini égal à 0,2 baisse de 3,05% pour une croissance supplémentaire de 1% alors que pour une autre économie caractérisée par un indice Gini égal à 0,6 le taux de pauvreté ne baisse que de 1,6% pour une même croissance. Dans une étude sur vingt pays en développement, Bruno *et al.* (1998) montrent qu'une croissance de 10% dans le revenu moyen engendre une réduction de 20% dans la proportion de la population vivant avec moins de 1 dollar par jour. De leur côté, Roemer et Gugerty (1997) sur la base de données de 26 pays en développement, ont trouvé qu'une croissance de 10% du PIB par an est associée à une croissance de 9,2% du revenu moyen des 20% les plus pauvres de la population. En l'absence de changements majeurs dans la distribution des revenus, une croissance plus accélérée du PIB par habitant devrait entraîner une plus forte réduction de la pauvreté.

La revue de la littérature sur les travaux concernant la relation entre croissance économique et réduction de la pauvreté permet d'identifier deux approches différentes. La première est basée sur des régressions linéaires où

l’évolution des indicateurs de pauvreté entre deux périodes est expliquée par la croissance du revenu ou du PIB par habitant et par d’autres variables importantes (voir Ravallion et Chen (1997), de Janvry et Sadoulet (1998), Dollar et Kraay (2000) pour plus de détails sur cette approche).

La deuxième approche est celle présentée par Bourguignon (2000) qui a défini l’identité analytique liant la croissance du revenu moyen pour une population donnée, le changement de la distribution des revenus relatifs, et la réduction de la pauvreté. Il a aussi analysé la relation théorique entre la réduction de la pauvreté, le niveau de développement, et la distribution des revenus lorsque celle-ci est maintenue constante sur une période donnée. L’approche de Bourguignon qui prolonge les travaux de Ravallion et Huppi (1991), Datt et Ravallion (1992) et Kakwani (1993), souligne l’importance du niveau initial du PIB par habitant et quelques caractéristiques de la distribution du revenu. Par ailleurs, Bourguignon (2000) souligne que l’utilisation des régressions linéaires n’est pas satisfaisante et suggère la combinaison de la croissance du PIB d’une manière non linéaire avec le niveau initial du PIB par habitant ainsi qu’avec les caractéristiques de la distribution du revenu.

En pratique, la consommation est préférée par rapport au revenu dans l’estimation de l'élasticité de réduction de la pauvreté pour plusieurs raisons. La première raison découle du fait que la consommation est beaucoup moins fluctuante que le revenu car elle représente un certain comportement des ménages difficile à changer rapidement. Deuxièmement, l’estimation de la consommation est beaucoup plus fiable que le revenu (Deaton 1997). La troisième raison découle de l’approche d’analyse elle-même utilisée dans l’estimation des effets des réformes des politiques économiques. Puisqu’il s’agit d’un modèle calculable d’équilibre général, l’utilisation de la consommation réelle par habitant justifie l’estimation de plusieurs élasticité-croissance de réduction de pauvreté par catégorie de ménage prise et par conséquent de disposer d’estimation sur les nouveaux taux de pauvreté par catégorie. Astrup et Dessus (2005) ainsi que Chemingui (2005) fournissent plus de détails sur les avantages de cette approche.

Sur le plan empirique, des méthodes différentes pourraient être utilisées pour l'estimation de l'élasticité croissance de la réduction de la pauvreté. La première se base sur les données brutes des enquêtes de consommation des ménages pour une période donnée. Une méthode alternative se base sur la variation du nombre des pauvres et du PIB par habitant entre deux périodes t et t_1. Une approche alternative se base uniquement sur les résultats des enquêtes de dépenses des ménages. D'une manière générale, cette approche offre l'avantage qu'elle se base sur des méthodes alternatives d'estimations selon la nature des données disponibles dans un pays donné. Même pour les pays où l'estimation propre de cette élasticité est impossible, il est tout à fait possible et justifié d'utiliser des estimations pour des pays plus ou moins semblables ou même d'adopter un intervalle de valeurs pour cette élasticité.

Une fois cette élasticité estimée, l'utilisateur utilise la valeur de la variation de la consommation réelle par habitant pour calculer le nouveau nombre de pauvres spécifique à une simulation donnée et à une année donnée.

Considérons:

NO_b Nombre de pauvres à l'année de base

NO_t Nombre de pauvres à la période t

CFH_b Consommation finale par habitant à l'année de base

CFH_t Consommation finale par habitant à la période t

CPI_{tb} Indice des prix a la consommation finale entre l'année de base et la période t

ε Élasticité croissance de la réduction de la pauvreté

Ainsi le nouveau nombre de pauvres est donné par l'équation suivante:

$$NO_t = NO_b \varepsilon \frac{\frac{CFH_t}{CPI_{tb}} - CFH_b}{CFH_b}$$

(A3.1)

3. Estimation de l'élasticité croissance de réduction de la pauvreté à partir des données micro sur les dépenses des ménages

Pour un seuil de pauvreté donné z et une certaine mesure du niveau de vie individuelle Y qui pourrait être sous la forme de l'équivalent revenu par personne adulte ou son niveau de dépenses de consommation, la distribution du revenu à la période t, est représentée par la fonction cumulative $F_t(Y)$, qui représente la proportion de la population disposant d'un revenu ou d'un niveau de dépenses pour consommation, inférieur à Y. Le taux de pauvreté (The headcount index) pourrait être formuler par:

$$H_t = F_t(z)$$

(A3.2)

Entre deux périodes temps t et t', le taux de pauvreté pourrait varier de la manière suivante:

$$\Delta H = H_{t'} - H_t = F_{t'}(z) - F_t(z)$$

Afin de mettre en évidence la contribution de la croissance dans cette identité relative à la variation de la pauvreté dans le temps, Bourguignon a défini la distribution du revenu relatif à la période t, $\tilde{F}_t(X)$ comme étant la distribution du revenu après la normalisation du revenu moyen. Tout changement dans la distribution totale du revenu pourrait être représenté par deux opérations successives: i) du changement proportionnel de tous les revenus ce qui laisse leur distribution inchangée; ii) un changement dans la distribution des revenus relatifs, ce qui par définition, laisse le revenu

moyen inchangé. Le premier changement est celui de l'effet croissance alors que le deuxième est l'effet distribution. Ceci pourrait s'écrire comme suit:

$$\Delta H = H_{t'} - H_t = \left[\widetilde{F}_t\left(\frac{z}{\overline{y_{t'}}}\right) - \widetilde{F}_t\left(\frac{z}{\overline{y_t}}\right)\right] + \left[\widetilde{F}_{t'}\left(\frac{z}{\overline{y_{t'}}}\right) - \widetilde{F}_t\left(\frac{z}{\overline{y_{t'}}}\right)\right]$$

(A3.3)

La première partie de l'équation à droite représente l'effet croissance exprimé à une distribution constante des revenus relatifs, alors que la deuxième partie de l'équation représente l'effet distribution. En transformant l'équation (A3.2) en concept d'élasticité, l'élasticité croissance de la réduction de la pauvreté est définie comme suit:

$$\varepsilon = Lim_{t' \to t} \frac{\left[\widetilde{F}_t\left(\frac{z}{\overline{y_{t'}}}\right) - \widetilde{F}_t\left(\frac{z}{\overline{y_t}}\right)\right] / \widetilde{F}_t\left(\frac{z}{\overline{y_t}}\right)}{\left(\overline{y_{t'}} - \overline{y_t}\right) / \overline{y_t}}$$

(A3.4)

Une approximation de l'équation (A3.2) pourrait être obtenue dans le cas où la distribution pourrait être assumée à une distribution Log-normale:

$$\widetilde{F}_t(X) = \Pi\left[\frac{Log(X)}{\sigma} + \frac{1}{2}\sigma\right]$$

Avec Π( ), la fonction cumulative de la distribution normale et σ, l'écart type du logarithme du revenu. En substituant cette expression en (A3.2) il est montré que le changement dans le seuil de pauvreté entre deux périodes t et t' dépend du niveau du revenu moyen pendant ces deux périodes,

exprimé comme la proportion du seuil de pauvreté, et écart type de la distribution du revenu au cours des deux périodes.
En permettant à *t'* de varier proche de *t* dans l'expression (A3.2) et en prenant les limites comme dans (A3.3) on obtient:

$$\frac{\Delta H}{H_t} = \lambda\left[\frac{Log\left(z/\overline{y_t}\right)}{\sigma} + \frac{1}{2}\sigma\right].\left[-\frac{\Delta Log\left(\overline{y}\right)}{\sigma} + \left(\frac{1}{2} - \frac{Log\left(z/\overline{y_t}\right)}{\sigma^2}\right)\Delta\sigma\right]$$

(A3.5)

Avec λ, le ratio de la densité de la fonction cumulative de la distribution normale, $\Delta Log\left(\overline{y}\right)$, le taux de croissance de l'économie et $\Delta\sigma$, la variation dans écart type du logarithme du revenu. En se basant sur cette expression et en suivant (A3.3), l'élasticité croissance de la pauvreté, ε, pourrait être définie comme le changement relatif dans le taux de pauvreté pour un point de pourcentage dans le revenu moyen (ou aussi dans la consommation moyenne) pour une inégalité relative constante, σ:

$$\varepsilon = -\frac{\Delta H}{\Delta Log\left(\overline{y}\right)H_t} = \frac{1}{\sigma}\lambda.\left[\frac{Log\left(z/\overline{y_t}\right)}{\sigma} + \frac{1}{2}\sigma\right]$$

(A3.6)

Cette expression permet de montrer que l'élasticité croissance de la pauvreté, est une fonction croissante du niveau de développement, mesuré par l'inverse du ratio $z/\overline{y_t}$, et une fonction décroissante du niveau d'inégalité du revenu relatif mesuré par écart type du logarithme du revenu, σ.