

Le Modèle d'Équilibre Général Calculable Pour le Tchad

Version 1.0

Document préparé par Hélène Maisonnave.

Ce document est le fruit des travaux mis sur pied dans le cadre du programme d'appui au « Projet de renforcement des capacités des structures nationales du Tchad en matière de cadrage et d'analyse des politiques économiques au Ministère des Finances et du Budget ». Il est le résultat des contributions de Véronique Robichaud et André Martens (Atelier 1), de Lulit Mitik Bejene et d'André Martens (Ateliers 2 et 3), et d'Hélène Maisonnave et Bernard Decaluwe (Atelier 4). Il constitue l'extrait 2 prévu au contrat de coopération entre le Tchad/UNDP et le PEP/ CRES et clôture la phase II du projet.

Août 2014

Table des matières

INTRODUCTION.....	4
1 LES MODIFICATIONS APPORTÉES À LA MATRICE DE COMPTABILITÉ SOCIALE INITIALE	4
2 ANALYSE DE LA MATRICE DE COMPTABILITÉ SOCIALE DU TCHAD (2008).....	5
2.1 LES RELATIONS DE PRODUCTION	8
2.2 STRUCTURE DU MARCHÉ DES FACTEURS DE PRODUCTION	11
2.3 STRUCTURE DES DÉPENSES DES MÉNAGES	12
2.4 STRUCTURE DU COMMERCE EXTÉRIEUR.....	12
2.5 STRUCTURE DES MARCHÉS DES PRODUITS.....	16
3 STRUCTURE DU MODÈLE TCHADIEN	19
3.1 PRODUCTION	19
3.2 REVENU ET ÉPARGNE DES AGENTS	23
3.2.1 <i>Les ménages</i>	23
3.2.2 <i>Les firmes</i>	26
3.2.3 <i>Le gouvernement</i>	27
3.2.4 <i>Le reste du monde</i>	32
3.2.5 <i>Les transferts</i>	33
3.3 LA DEMANDE.....	34
3.4 OFFRE DE PRODUITS PAR LES PRODUCTEURS LOCAUX ET COMMERCE INTERNATIONAL.....	36
3.5 LES PRIX	40
3.5.1 <i>Les prix à la production</i>	40
3.5.2 <i>Les prix au commerce</i>	42
3.5.3 <i>Les indices de prix</i>	44
3.6 LES ÉQUATIONS D'ÉQUILIBRE	45
3.7 LE PRODUIT INTÉRIEUR BRUT	46
3.8 LES VARIABLES RÉELLES:.....	47
3.9 LE BOUCLAGE MACROÉCONOMIQUE (OU FERMETURE).....	47
4 ÉQUATIONS, ENSEMBLES, VARIABLES ET PARAMÈTRES.....	48
4.1 ÉQUATIONS	48
4.1.1 <i>Production</i>	48
4.1.2 <i>Revenu et épargne</i>	48
4.1.2.1 <i>Ménages</i>	48
4.1.2.2 <i>Firmes</i>	49
4.1.2.3 <i>Gouvernement</i>	49
4.1.2.4 <i>Reste du monde</i>	50
4.1.2.5 <i>Transferts</i>	50
4.1.3 <i>Demande</i>	50
4.1.4 <i>Offre de produits par les producteurs locaux et commerce international</i>	51
4.1.5 <i>Prix</i>	51
4.1.5.1 <i>Production</i>	51
4.1.5.2 <i>Commerce international</i>	52
4.1.5.3 <i>Les indices de prix</i>	52
4.1.6 <i>Équilibre</i>	52
4.1.7 <i>Produit intérieur brut</i>	53
4.1.8 <i>Variables réelles</i>	53

4.2	ENSEMBLES.....	53
4.2.1	<i>Branches et produits</i>	53
4.2.2	<i>Les facteurs de production</i>	54
4.2.3	<i>Agents</i>	54
4.3	VARIABLES.....	54
4.3.1	<i>Variables en volume</i>	54
4.3.2	<i>Variables prix</i>	55
4.3.3	<i>Variables nominales (valeur)</i>	56
4.3.4	<i>Taux et ordonnées à l'origine</i>	57
4.3.5	<i>Paramètres</i>	58
5	BIBLIOGRAPHIE :.....	60

Liste des tableaux

Tableau 1	: Liste des secteurs et des produits dans la MCS 2008.....	7
Tableau 2	: Structure des dépenses des ménages.....	12
Tableau 3	: Taux de pénétration sectorielle des importations et répartition des importations ..	15
Tableau 4	: Structure de la demande par produit (en%).....	18

Liste des figures

Figure 1	: Taux de valeur ajoutée sectorielle.....	8
Figure 2	: Intensité factorielle en travail.....	9
Figure 3	: Contribution sectorielle au PIB.....	10
Figure 4	: Structure du marché du travail.....	11
Figure 5	: Intensités sectorielles à l'exportation.....	13
Figure 6	: Composition des exportations totales :.....	14
Figure 7	: Taux sectoriels apparents de droits de douane à l'exportation et à l'importation.....	16
Figure 8	: Fonction de production (1 ^{er} et 2 ^e niveaux).....	19
Figure 9	: Schéma de commercialisation des produits.....	37

INTRODUCTION

Ce document a pour objectif de présenter la première version du modèle d'équilibre général de l'économie Tchadienne¹. Il est divisé en trois sections. Dans la première, nous présenterons les modifications apportées à la Matrice de Comptabilité Sociale² préparée par Véronique Robichaud³. Ces modifications ont été réalisées par l'équipe de modélisation et Lulit Mitik Beyene lors de l'atelier 3 en janvier 2014. Puis, nous présenterons une analyse de la MCS. Cette analyse fera ressortir les grandes caractéristiques de l'économie tchadienne en 2008, mais également les particularités sectorielles. Dans la troisième section, nous ferons une présentation systématique de la structure théorique du modèle⁴.

1 Les modifications apportées à la Matrice de Comptabilité Sociale initiale⁵

L'atelier 3 avait pour objectif de former les participants sur le modèle PEP. Ainsi, après la revue du modèle, la prochaine étape a consisté à faire tourner un premier modèle PEP standard basé sur la MCS tchadienne. Pour cela, il a fallu procéder à un exercice d'agrégation et de désagrégation de certains comptes de la MCS initiale. La raison principale est que la MCS initiale devait être mise au format PEP, compatible avec l'écriture dans le logiciel GAMS. A cet effet, les modifications suivantes ont été introduites :

1. Les marges de commerce/transport ont été désagrégées de manière à distinguer la marge sur les exports et celle s'appliquant sur les biens fournis localement (voir feuilles MCS Finale 8 et sheet1).
2. Distinction entre la part de la production fournie sur le marché local et celle exportée (net de taxes à l'exportation) (voir feuilles MCS Finale 8 et sheet1).
3. Le revenu mixte a été désagrégé entre la rémunération du travail des travailleurs autonomes et la rémunération du capital de ces derniers. Ensuite, le revenu mixte sous forme de rémunération du travail a été ajouté à la masse salariale initiale. Le même procédé a été suivi pour le revenu du capital des travailleurs autonomes, ce dernier ayant été ajouté au revenu du capital (voir feuille MCS Finale 3 et 4).

¹ Cette première version du modèle a été développée par Lulit Mitik Bényéné et l'équipe de modélisation du Ministère des Finances, lors de la mission numéro 3, en janvier 2014

² Nous utiliserons désormais l'acronyme MCS

³ Le lecteur intéressé est invité à lire les rapports Étapes de construction de la Matrice de Comptabilité Sociale, juin 2013, et Étapes de construction de la MCS désagrégée, décembre 2013. Conjointement à ces rapports, un fichier Excel a été remis à l'équipe.

⁴ Notez que cette version étant une application du modèle PEP 1-1 v2, le lecteur intéressé pourra se référer à Decaluwé et al (2013)

⁵ Cette section a été rédigée par Lulit Mitik Beyene

Un travail d'agrégation a aussi été réalisé pour permettre aux participants, qui travaillaient pour la première fois sur le modèle PEP, d'assimiler plus rapidement les différentes étapes sans avoir à effectuer des manipulations complexes. Dans les semaines qui suivaient l'atelier, les participants avaient pour tâche de désagréger tout ce qui a été modifié. Les ajustements ci-dessous ont été apportés :

1. La MCS initiale distingue les impôts sur la production et les subventions à la production. Dans le modèle PEP, le compte « taxes à la production » s'entend « taxes moins subventions à la production ». Il pourrait être très intéressant de garder la désagrégation, mais cela aurait nécessité de modifier le modèle, et imposer un tel exercice à des participants qui manipulent le modèle PEP pour la première fois n'est pas efficace pour le processus d'apprentissage. Nous avons procédé à l'agrégation entre les impôts et les subventions sur la production (voir feuille MCS Finale 7).
2. De même, les contributions sociales imputées sont versées directement par les branches aux ménages. De manière à simplifier le calibrage du modèle de base, les contributions sociales imputées ont été ajoutées au revenu du travail, ce dernier étant uniquement versé aux ménages (voir feuille MCS Finale 6).
3. La TVA non déductible et les autres taxes indirectes ont été agrégées de manière à avoir une seule catégorie de taxe indirecte à calibrer (voir feuille MCS Finale 7).
4. Une petite partie du pétrole raffiné qu'importe le Tchad (0.06%) est réexportée. Cela a été supprimé puisque l'intégrer nécessite des modifications au code GAMS sans apporter un surplus à l'analyse (voir feuille MCS Finale 8).
5. Les variations de stocks en produits sont exogènes dans le modèle PEP. L'extraction d'hydrocarbures est une activité qui fournit uniquement le marché extérieur et comprend des variations de stocks. Cela a été supprimé pour les mêmes raisons qu'en haut (voir feuille MCS Finale 8).

2 Analyse de la Matrice de Comptabilité Sociale du Tchad (2008)

Avant de commencer l'exercice de modélisation, il importe de relever les caractéristiques structurelles de l'économie tchadienne. Cela peut être fait par une lecture attentive des données de la MCS puisque celle-ci nous donne une photographie instantanée des flux de production, de revenu, de consommation et de transferts de l'ensemble des agents de l'économie. Elle nous révélera en outre la structure des marchés et nous permettra d'anticiper sur les grands canaux de transmission des chocs dans l'économie.

La MCS est basée sur le tableau ressources-emploi de 2008. Cette matrice a les caractéristiques suivantes :

Les branches de production : vingt-trois secteurs correspondant aux secteurs traditionnels de la comptabilité nationale sont identifiés. Cette décomposition est intéressante en particulier parce qu'elle distingue trois types d'activités publiques : la production de services de l'administration générale ainsi que celle du secteur de l'éducation et celui de la santé et de l'action sociale. Cette

décomposition pourra sans doute être utilement exploitée ultérieurement pour analyser l'impact des politiques de dépenses publiques sur le bien-être des populations.

Les produits : vingt-trois produits, correspondant à la même classification que celle des branches, sont identifiés. Par contre, la sous-matrice des « branches produits » n'est pas diagonale, ce qui permet à plusieurs branches de fournir le même produit.

Les facteurs : les facteurs de production sont divisés en deux catégories : un agrégat travail, qui comprend le travail salarié et une partie du revenu mixte, et un agrégat capital, comprenant le capital et une fraction du revenu mixte⁶.

Les agents : la MCS 2008 détermine les catégories traditionnelles d'agents : les firmes, les ménages, le gouvernement et les transactions avec l'étranger.

Les entreprises (firmes) : toutes les firmes, qu'elles soient publiques ou privées, sont agrégées en un seul agent. Une désagrégation plus fine des firmes serait souhaitable (par exemple, firmes pétrolières et autres firmes) dans la mesure où la fiscalité est très différente selon la nature des firmes.

Les ménages : deux catégories de ménages sont identifiées, les ménages à proprement parler et les Instituts Sans But Lucratif (ISBL). Dans une étape ultérieure, il serait souhaitable d'avoir une désagrégation plus fine des ménages, avec par exemple, une distinction entre les ménages ruraux et les ménages urbains.

L'État (gouvernement) : il n'y a pas de distinction entre paliers de gouvernement, mais un certain nombre de comptes-écrans ont été créés afin de fournir de l'information sur divers instruments de politiques fiscales. Ainsi, la MCS distingue explicitement les impôts sur le revenu (des ménages ou des firmes), les autres impôts sur la production nets de subventions (aucune information n'est fournie sur les charges salariales ou les impôts sur le capital), la TVA sur les produits, les droits de douanes sur les importations et les taxes sur les produits exportés. Du côté des dépenses, l'État consomme évidemment la production de services publics (administration centrale, ainsi qu'une large part des produits d'éducation et de santé) et fait des transferts aux différents agents.

Le reste du monde : dans la MCS actuelle, le reste du monde est agrégé. Si l'équipe de modélisateurs est intéressée à évaluer les relations commerciales du Tchad avec divers partenaires (par exemple, pays d'Afrique Centrale, Europe et reste du monde), il serait intéressant de désagréger ce compte.

Le compte de l'accumulation : La MCS 2008 tient compte de la formation brute de capital fixe (FBCF) et des variations de stocks. Ces distinctions seront particulièrement utiles si l'équipe tchadienne décidait de poursuivre la modélisation dans un cadre dynamique.

⁶ Comme indiqué plus haut dans le document, la décomposition du revenu mixte a été réalisée par Lulit Mitik Beyene avec l'équipe, lors de la mission de janvier 2014

Tableau 1 : Liste des secteurs et des produits dans la MCS 2008

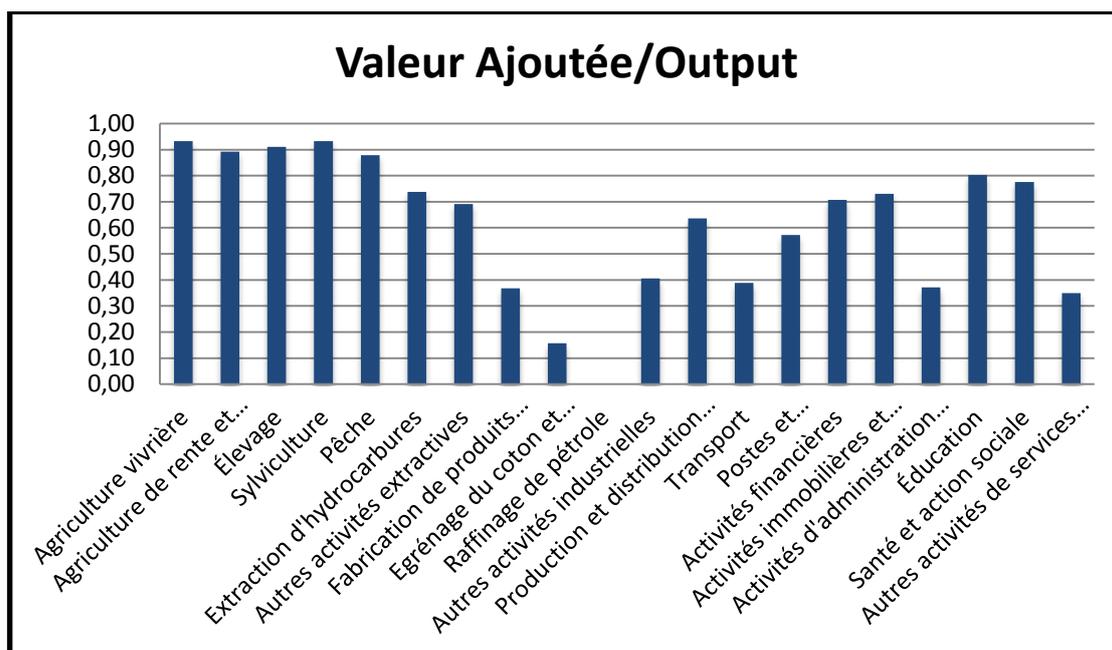
Agriculture vivrière
Agriculture de rente et industrielle
Élevage
Sylviculture
Pêche
Extraction d'hydrocarbures
Autres activités extractives
Fabrication de produits alimentaires, de boissons et de tabac
Égrenage du coton et industrie textile
Raffinage de pétrole
Autres activités industrielles
Production et distribution électricité, gaz et eau
Construction
Commerce et réparations
Hôtellerie et restauration
Transport
Postes et télécommunications
Activités financières
Activités immobilières et services aux entreprises
Activités d'administration publique
Éducation
Santé et action sociale
Autres activités de services aux ménages

Source : MCS 2008

2.1 Les relations de production

Pour connaître la nature des technologies de production utilisées par la firme représentative dans chaque secteur de production, nous allons analyser différents indicateurs, tels le taux de valeur ajoutée par branche, la contribution de chaque secteur au PIB, et l'intensité factorielle pour chaque branche d'activité.

Figure 1 : Taux de valeur ajoutée sectorielle



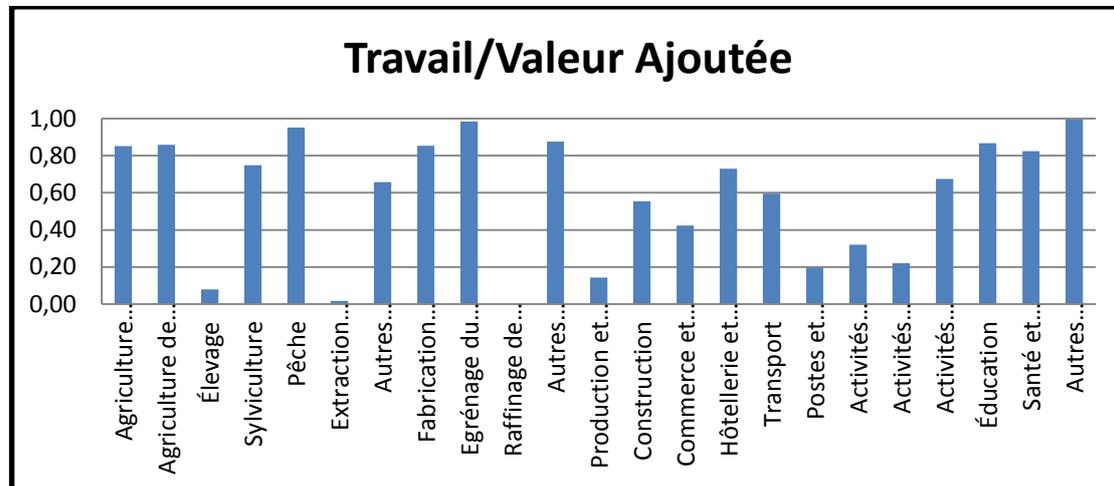
Source : Calculs de l'auteur à partir de la MCS 2008

La figure 1 ci-dessus montre les taux de valeur ajoutée sectorielle par unité produite. On constate que la plupart des secteurs sont très intensifs en valeur ajoutée, notamment les secteurs agricoles (agriculture vivrière, de rente, élevage, sylviculture, pêche). Seuls quelques secteurs tels l'égrenage du coton, les autres activités industrielles et les transports affichent des taux de valeur ajoutée relativement faibles. Ces derniers exerceront un fort effet d'entraînement aussi bien à la hausse qu'à la baisse sur les autres branches de production; en effet, par unité produite, ils ont un fort recours à des produits intermédiaires.

En termes de technologie de production, les branches agricoles sont (hormis le secteur de l'élevage) toutes très intensives en travail avec des coefficients d'intensité en travail supérieurs à 80 %. Un choc qui affecterait négativement ces branches aurait donc un important effet sur les revenus tirés du travail. De même, les secteurs publics (administration, éducation et santé), ainsi que le secteur de services à la personne, sont très intensifs en travail.

Les secteurs de l'extraction, de l'eau, gaz et électricité, ainsi que celui de la construction sont intensifs en capital. De manière plus générale, les secteurs de services privés sont plus intensifs en capital.

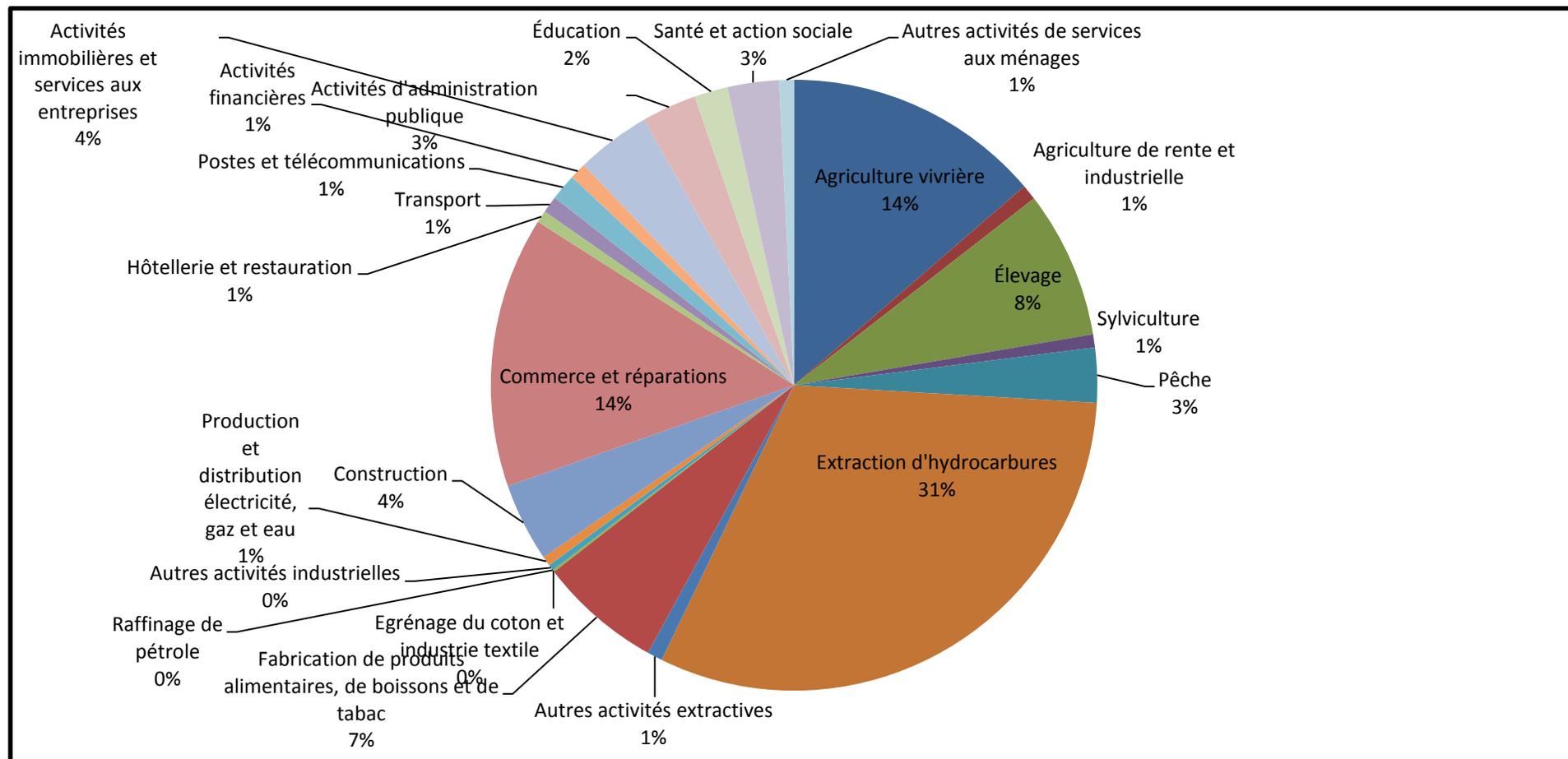
Figure 2 : Intensité factorielle en travail



Source : Calculs de l'auteur à partir de la MCS 2008

En termes de contribution au PIB pour l'année 2008, on constate que les principaux secteurs contributeurs sont l'extraction d'hydrocarbures (31%), les activités de commerce et réparations (14%) et l'agriculture vivrière (14%). Les activités publiques (santé, administration et éducation) représentent 8% du PIB, autant que le secteur de l'élevage.

Figure 3. Contribution sectorielle au PIB



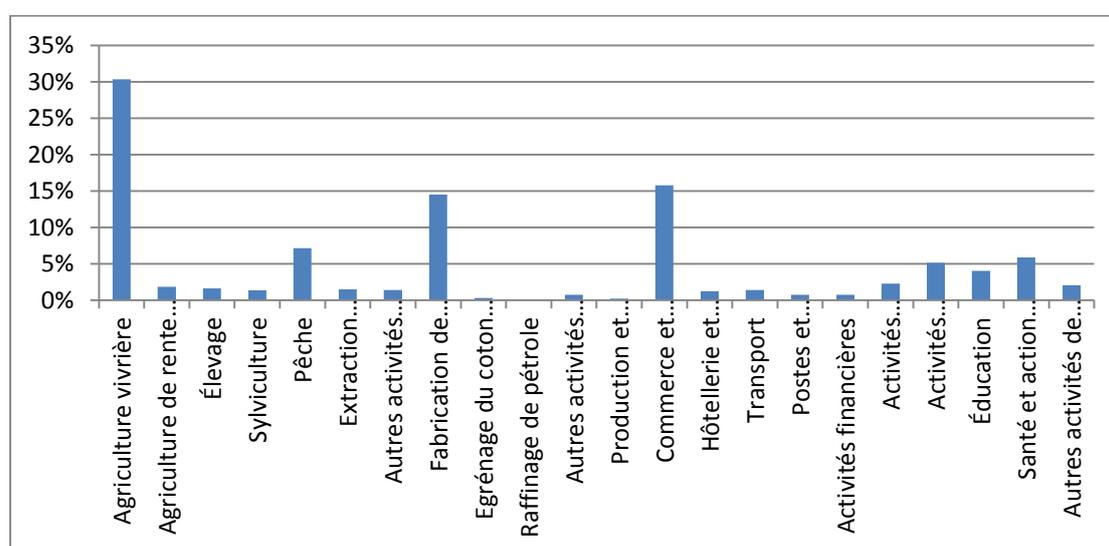
Source : Calculs de l'auteur à partir de la MCS 2008

2.2 Structure du marché des facteurs de production

Dans un modèle d'équilibre général, il y aura autant de prix de facteurs de production qu'il y a de marchés différents pour chaque facteur. Dans cette première version du modèle tchadien, nous avons un agrégat travail et un agrégat capital. Nous avons fait l'hypothèse dans la modélisation que les travailleurs sont mobiles d'une branche à l'autre alors que le capital est spécifique par secteur.

La figure 4 ci-dessous montre que les deux secteurs les plus pourvoyeurs de main d'œuvre sont l'agriculture vivrière (un peu plus de 30% de l'offre totale de travailleurs), et le secteur du commerce (autour de 16%).

Figure 4. Structure du marché du travail



Source : Calculs de l'auteur à partir de la MCS 2008

En ce qui concerne le marché du facteur capital, on constate évidemment que c'est le secteur de l'extraction d'hydrocarbure qui concentre la majorité de l'excédent brut d'exploitation. Nous postulons que le capital installé par secteur est immobile, il n'y a donc pas de raison de parler d'un marché du capital. Par contre, le coût du capital sectoriel pourra fluctuer à la hausse ou à la baisse selon qu'un choc de demande affectera positivement ou négativement la branche en question. Une distinction entre capital hydrocarbure et autre type de capital serait souhaitable dans une version ultérieure du modèle.

2.3 Structure des dépenses des ménages

Comme on le sait, les revenus des ménages proviennent de la rémunération des facteurs de production dont ils sont détenteurs, ainsi que des transferts entre institutions.

En fonction de leurs préférences individuelles, ces ménages allouent leurs revenus primaires entre des transferts à d'autres agents (y compris le reste du monde), paient des impôts directs, épargnent une partie de leurs revenus et en utilisent une grande part pour la consommation. En examinant les coefficients calculés au Tableau 2, on constate qu'en 2008, les ménages ont une propension moyenne à consommer qui est supérieure à 90 % de leurs revenus. Pour les ISBL, cette proportion chute logiquement à 33%. Les taux apparents moyens de taxes directes sont très faibles, 1% pour les ménages et zéro pour les ISBL. Les ménages reçoivent des transferts, principalement du gouvernement et des firmes. Leur propension moyenne à épargner est quasiment nulle, alors que pour les ISBL, cette proportion se monte à 63%.

Tableau 2 : Structure des dépenses des ménages

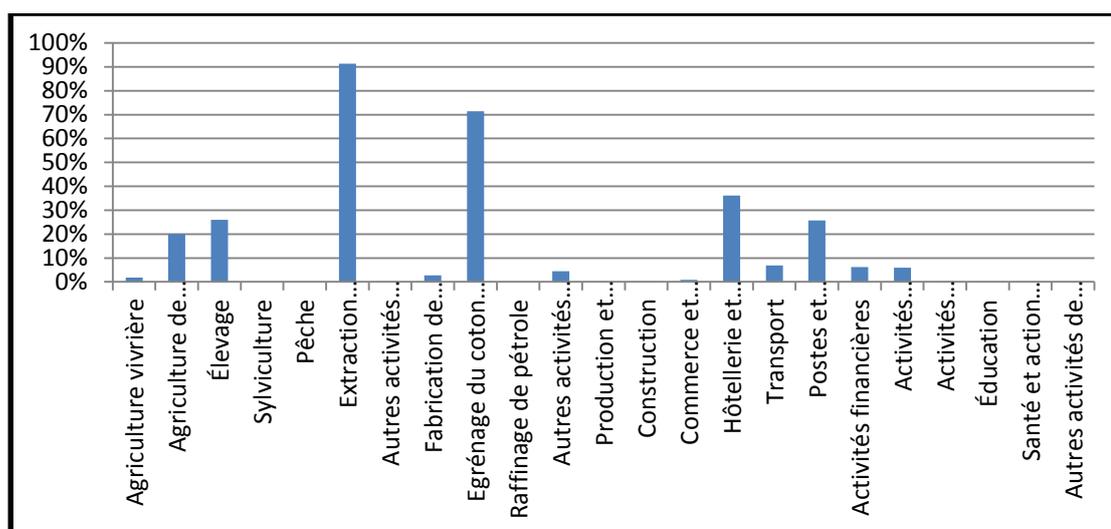
	CTH/YH	DTH/YH	TR/YH	SH/YH	Total
Ménages	0,94	0,01	0,04	0,00	1
ISBL	0,33	0,00	0,03	0,63	1

Source : Calculs de l'auteur à partir de la MCS 2008

2.4 Structure du commerce extérieur

La MCS 2008 fournit également des données sur la structure du commerce extérieur. Du point de vue des exportations, on peut mesurer les intensités à l'exportation sectorielle et l'importance de chaque marché de destination (local ou export). En calculant la part des exportations totales dans la production sectorielle, on mesure, d'une certaine façon, la performance sectorielle à l'exportation du secteur concerné. Simultanément, ce coefficient nous donne une idée du degré de dépendance du secteur à des fluctuations des prix ou de la demande mondiale.

Figure 5 : Intensités sectorielles à l'exportation

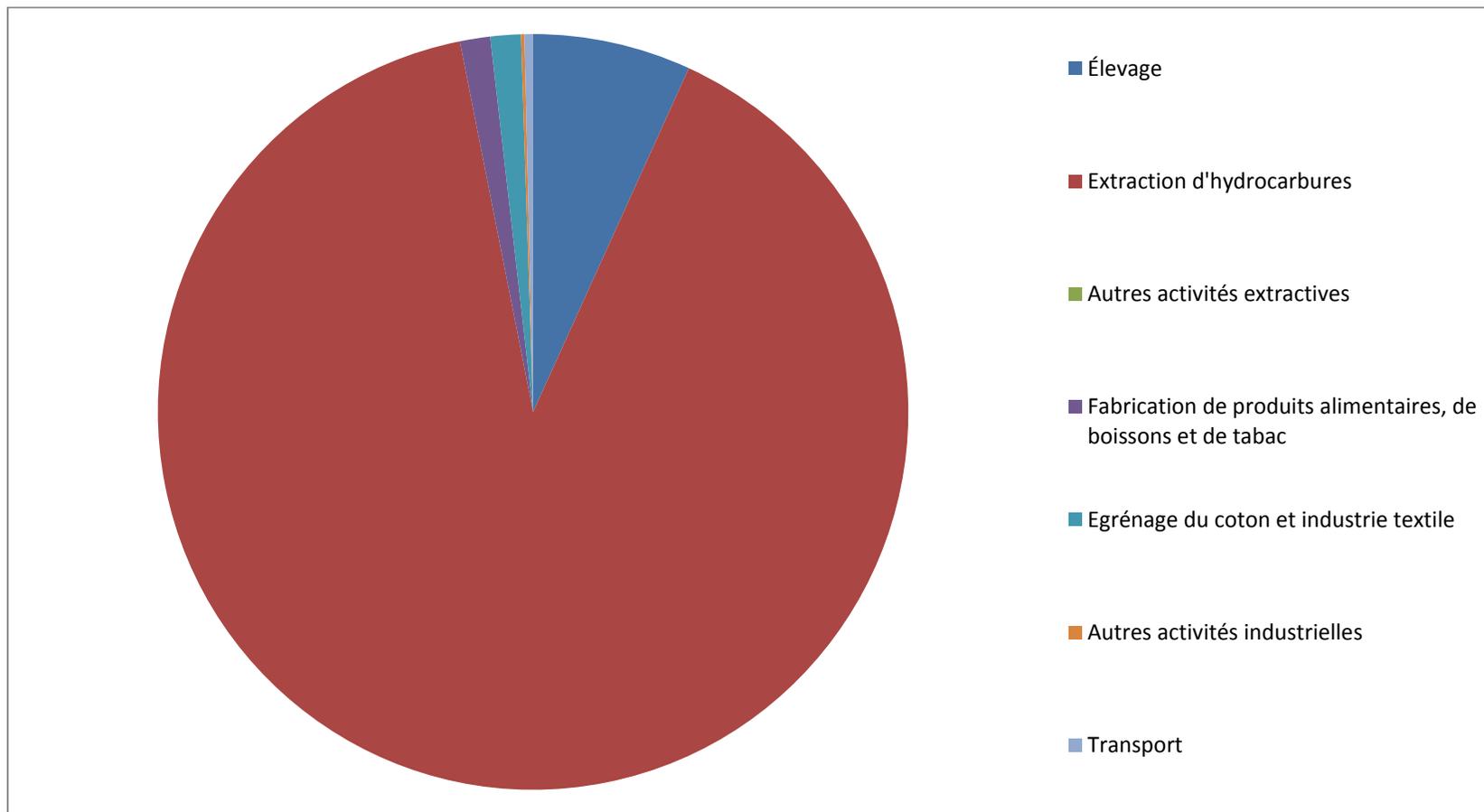


Source : Calculs de l'auteur à partir de la MCS 2008

Sans surprise, on constate que le secteur de l'extraction exporte plus de 90% de sa production. Il est suivi par le secteur de l'égrénage du coton (70%), puis, dans une moindre mesure, par le secteur de l'hôtellerie (35%), des postes et télécommunications (25%), de l'élevage (25%) et de l'agriculture de rente (20%). Hormis pour ces secteurs, la production tchadienne est essentiellement tournée vers la satisfaction du marché intérieur.

En termes de composition des exportations totales, (figure 6), l'extraction d'hydrocarbures et les produits de l'élevage représentent la quasi-totalité des exportations tchadiennes.

Figure 6 : Composition des exportations totales :



Source : Calculs de l'auteur à partir de la MCS 2008

Un calcul semblable peut s'appliquer à l'importation. Le taux de pénétration des importations, c'est-à-dire la part des importations dans les ressources totales du produit sur le marché intérieur, va donc mesurer à la fois le degré de dépendance vis-à-vis de l'étranger pour l'approvisionnement du marché intérieur, mais également la pression qu'exercent les concurrents étrangers sur les marchés intérieurs.

Tableau 3 : Taux de pénétration sectorielle des importations et répartition des importations

	Taux de pénétration des importations	IM/IMT
Agriculture vivrière	0,06	0,03
Agriculture de rente et industrielle	0,00	0,00
Élevage	0,02	0,00
Sylviculture	0,00	0,00
Pêche	0,01	0,00
Extraction d'hydrocarbures	0,00	0,00
Autres activités extractives	0,07	0,00
Fabrication de produits alimentaires, de boissons et de tabac	0,20	0,16
Égrenage du coton et industrie textile	0,69	0,03
Raffinage de pétrole	0,68	0,09
Autres activités industrielles	0,63	0,33
Production et distribution électricité, gaz et eau	0,09	0,00
Construction	0,00	0,00
Commerce et réparations	0,00	0,00
Hôtellerie et restauration	0,07	0,00
Transport	0,73	0,18
Postes et télécommunications	0,14	0,01
Activités financières	0,06	0,00
Activités immobilières et services aux entreprises	0,38	0,16
Activités d'administration publique	0,00	0,00
Éducation	0,00	0,00
Santé et action sociale	0,00	0,00
Autres activités de services aux ménages	0,00	0,00

Source : Calculs de l'auteur à partir de la MCS 2008

L'approvisionnement en produits de transports (73%), d'égrenage de coton et industrie textile (69%), raffinage du pétrole (68%) et les produits industriels (68%) sont très dépendants des importations. Pour le reste des produits, le Tchad s'approvisionne principalement sur son marché intérieur.

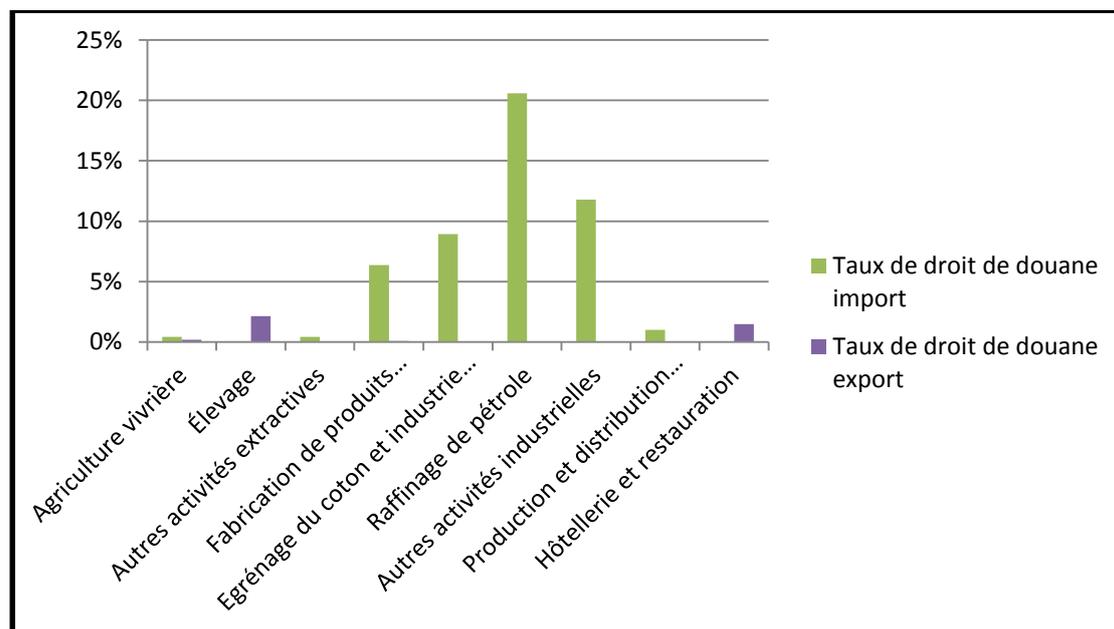
En termes de composition des importations, les produits industriels (33%), les produits de transports (18%), et les produits immobiliers et de services aux entreprises (16%) représentent les principales importations tchadiennes.

Du point de vue de la fiscalité qui touche le commerce extérieur, seuls les produits de l'élevage, les produits de l'hôtellerie-restauration, les produits de l'égrenage, de l'agriculture vivrière et les produits alimentaires sont taxés à l'export. Toutefois, ces taux de taxes sont relativement très faibles (moins de 5% pour le plus taxé).

Du côté des droits de douane à l'import, les produits industriels sont relativement touchés, avec par exemple un taux de plus de 20% pour les produits de raffinage du pétrole, autour de 12% pour les autres produits industriels, entre 5 et 10% pour les produits alimentaires et l'égrenage de coton. Les taux de droits de douane appliqués sur l'eau, l'agriculture vivrière et les activités extractives sont très faibles (moins de 2%).

Il est à noter toutefois que ces taux sont des taux apparents et sont donc nécessairement plus faibles que les tarifs applicables selon le code des douanes. Ils sont le résultat d'une multitude de facteurs comme les exemptions, la fraude, l'efficacité dans le recouvrement des taxes, etc.

Figure 7 : Taux sectoriels apparents de droits de douane à l'exportation et à l'importation



Source : Calculs de l'auteur à partir de la MCS 2008

2.5 Structure des marchés des produits

Dans un modèle d'équilibre général, on postule l'équilibre du marché des produits. Les prix des produits sont ainsi déterminés par les conditions d'offre de production et les éléments de la demande. Analyser la composition de la demande est particulièrement utile, car cela nous renseigne sur le poids de la demande finale par rapport à la demande intermédiaire, et sur les motifs de la dépense. S'agit-il des dépenses de consommation, des dépenses publiques ou des dépenses pour motif d'investissement?

Le tableau 4 nous présente la composition de la demande pour chacun des produits. On constate que les produits de l'agriculture vivrière, des postes et télécommunications, les services aux ménages et les produits alimentaires (boissons et tabac) sont très dépendants de la consommation finale, puisque plus de 80% de la demande totale de chacun de ces produits l'est au titre de la consommation finale. Dans le cas des services aux ménages, c'est

même l'intégralité de la demande totale est composée de consommation finale. On conçoit alors facilement que ces produits seront particulièrement sensibles à une variation du revenu des ménages (à la hausse ou à la baisse).

Les produits de services publics (administration, éducation et santé) sont quant à eux très dépendants (au moins à 64%) de la consommation publique. Une variation du budget du gouvernement aura, toutes choses égales par ailleurs, un impact important sur ces produits.

Les produits d'agriculture de rente, d'hôtellerie, de transports et de pêche, vont dépendre quant à eux des relations avec les autres secteurs. En effet, ces produits sont principalement utilisés au titre de consommations intermédiaires par les autres branches, et donc seront influencés par les variations dans la production des différentes branches.

Dans le même sens, le produit « commerce » est principalement utilisé comme marge par les autres secteurs, et sera donc lui aussi très dépendant de l'activité des autres branches.

Seuls quatre produits sont utilisés comme des biens d'investissements : les produits de l'élevage (cheptel par exemple), la construction, les autres activités industrielles et les activités immobilières et services aux entreprises. Pour chacun de ces produits, une augmentation (ou une diminution) du budget d'investissement total aura un impact plus ou moins important. Pour la construction par exemple, la demande totale étant entièrement satisfaite par les biens d'investissements, une variation de l'investissement total entrainera une répercussion immédiate sur ce produit, et donc sur le secteur qui le produit.

Finalement, seuls deux produits sont stockés (élevage et égrenage de coton), et cette proportion est très faible. Les variations de stocks représentent des « invendus » : ces biens ont été produits au cours de l'année 2008 mais n'ont pas été utilisés, et sont donc stockés.

Tableau 4 : Structure de la demande par produit (en%)

	Consommation finale	Consommation publique	Consommation intermédiaire totale	Marges	Formation brute de capital fixe	Variation des stocks	Total
Agriculture vivrière	0,86	0,00	0,14	0,00	0,00	0,00	1
Agriculture de rente et industrielle	0,07	0,00	0,93	0,00	0,00	0,00	1
Élevage	0,37	0,00	0,43	0,00	0,12	0,08	1
Sylviculture	0,57	0,00	0,43	0,00	0,00	0,00	1
Pêche	0,21	0,00	0,79	0,00	0,00	0,00	1
Extraction d'hydrocarbures	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
Autres activités extractives	0,41	0,00	0,59	0,00	0,00	0,00	1
Fabrication de produits alimentaires, de boissons et de tabac	0,90	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	1
Égrenage du coton et industrie textile	0,68	0,00	0,22	0,00	0,00	0,10	1
Raffinage de pétrole	0,28	0,00	0,72	0,00	0,00	0,00	1
Autres activités industrielles	0,35	0,00	0,31	0,00	0,34	0,00	1
Production et distribution électricité, gaz et eau	0,45	0,00	0,55	0,00	0,00	0,00	1
Construction	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1
Commerce et réparations	0,04	0,00	0,09	0,87	0,00	0,00	1
Hôtellerie et restauration	0,13	0,00	0,87	0,00	0,00	0,00	1
Transport	0,11	0,00	0,89	0,00	0,00	0,00	1
Postes et télécommunications	0,82	0,00	0,18	0,00	0,00	0,00	1
Activités financières	0,18	0,00	0,82	0,00	0,00	0,00	1
Activités immobilières et services aux entreprises	0,16	0,00	0,57	0,00	0,27	0,00	1
Activités d'administration publique	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1
Éducation	0,31	0,64	0,06	0,00	0,00	0,00	1
Santé et action sociale	0,36	0,64	0,01	0,00	0,00	0,00	1
Autres activités de services aux ménages	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1

Source : Calculs de l'auteur à partir de la MCS 2008

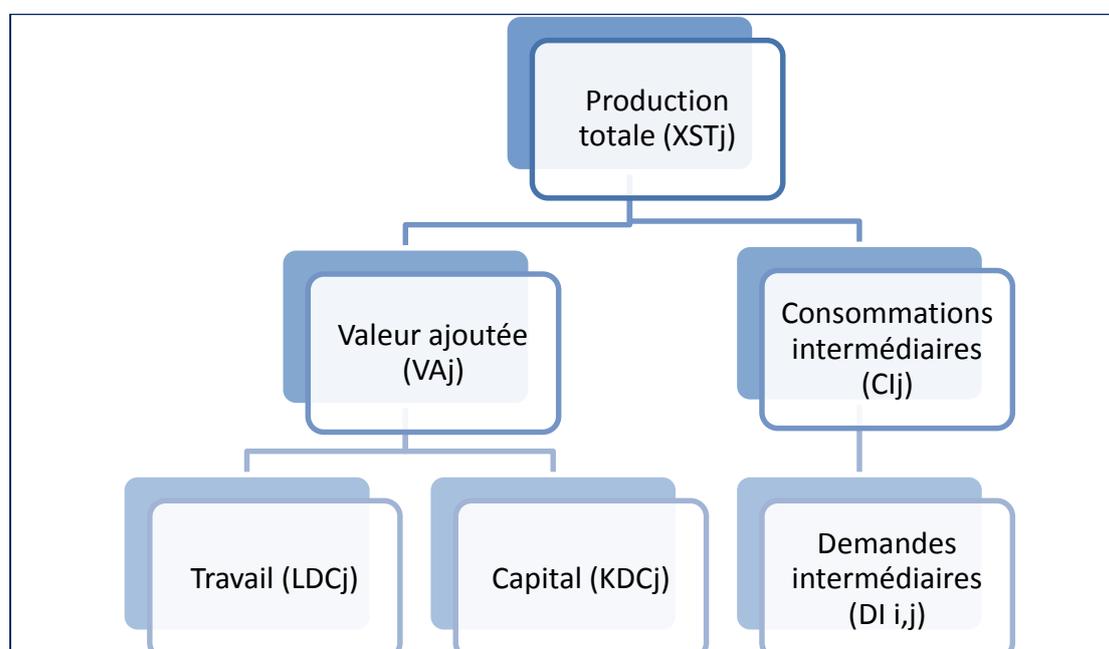
3 STRUCTURE DU MODÈLE TCHADIEN⁷

3.1 Production

Toutes les firmes appartenant à une même branche d'activités exercent leurs activités dans un environnement parfaitement concurrentiel. Ainsi, chaque firme représentative de la branche minimise ses coûts de production sous la contrainte de la technologie disponible et du système de prix qui, du fait de la nature concurrentielle du marché, est considéré comme une donnée sur laquelle la firme représentative n'a pas d'emprise.

Les technologies de production sont représentées par plusieurs niveaux d'imbrication de fonctions d'agrégation. La figure 8 ci-dessous représente les deux premiers niveaux d'imbrication.

Figure 8. Fonction de production (1^{er} et 2^e niveaux)



Au niveau supérieur (équations 1 et 2), la production totale de chaque industrie XST_j est obtenue de la combinaison de parts fixes de valeur ajoutée VA_j et de consommation intermédiaire totale CI_j . En d'autres termes, les deux inputs sont strictement complémentaires suivant une technologie de type Leontief dans laquelle les coefficients en volume sont constants.

⁷ Ce document s'appuie sur le modèle PEP 1-1 v2 appliqué au Tchad, développé lors de la mission de janvier 2014 par Mme Lulit Mitik Beyené et l'équipe de modélisation tchadienne.

1. $VA_j = v_j XST_j$
2. $CI_j = io_j XST_j$

où :

CI_j	Consommation intermédiaire totale de la branche j
VA_j	Valeur ajoutée de la branche j
XST_j	Production totale agrégée de la branche j
v_j	Coefficient (Leontief – valeur ajoutée)
io_j	Coefficient (Leontief – consommation intermédiaire)

Au deuxième niveau, la valeur ajoutée de la branche j est représentée par une fonction à élasticité de substitution constante (CES) associant du travail composite LDC_j et du capital composite KDC_j . Comme son nom l'indique, un facteur composite est lui-même le résultat de la combinaison de plusieurs éléments (voir plus loin).

$$3. VA_j = B_j^{VA} \left[\beta_j^{VA} LDC_j^{-\rho_j^{VA}} + (1 - \beta_j^{VA}) KDC_j^{-\rho_j^{VA}} \right]^{\frac{1}{\rho_j^{VA}}}$$

où :

VA_j	Valeur ajoutée de la branche j
KDC_j	Demande de capital composite par la branche j
LDC_j	Demande de travail composite par la branche j
B_j^{VA}	Paramètre d'échelle (CES – valeur ajoutée)
β_j^{VA}	Paramètre distributif (CES – valeur ajoutée)
ρ_j^{VA}	Paramètre d'élasticité (CES – valeur ajoutée)

Les propriétés de la fonction CES sont intéressantes, car cette fonction permet de préciser le degré de substitution entre les facteurs de production à la suite d'une modification de leurs prix relatifs. Elle permet en outre de capter l'hypothèse plus traditionnelle d'une fonction de production de type Cobb-Douglas (CD) lorsque le paramètre σ_j^{VA} qui mesure le degré de substitution entre facteurs prend une valeur unitaire. Lorsque la technologie de production ne permet que peu de substitution entre facteurs, le paramètre sera inférieur à l'unité et, dans le cas contraire, supérieur à l'unité.

La minimisation des coûts par les firmes permet de dériver la demande de facteurs de production. La firme cherchera à utiliser les facteurs de production jusqu'au point où la valeur de la productivité marginale de ce facteur est égale à son coût, c'est-à-dire au taux de

salaires composite WC_j et au coût du capital composite RC_j . Cette demande de facteurs peut s'exprimer sous forme relative et s'écrire selon l'équation 4 ci-dessous⁸ :

$$4. \quad LDC_j = \left[\frac{\beta_j^{VA}}{1 - \beta_j^{VA}} \frac{RC_j}{WC_j} \right]^{\sigma_j^{VA}} KDC_j$$

où :

RC_j	Coût du capital composite dans la branche j
WC_j	Taux de rémunération du travail composite dans la branche j
KDC_j	Demande de capital composite par la branche j
LDC_j	Demande de travail composite par la branche j
β_j^{VA}	Paramètre distributif (CES – valeur ajoutée)
σ_j^{VA}	Élasticité de substitution dans la CES

La fonction de production comprend un troisième niveau d'imbrication tant au niveau de la main-d'œuvre que du capital.

Dans cette version du modèle, nous n'avons qu'un seul type de travailleur et qu'un seul type de capital. En effet, la MCS utilisée est agrégée de telle sorte que l'agrégat travail comprend à la fois le travail formel et informel. Dans une version ultérieure du modèle, les deux différents types de travail ont été désagrégés dans la MCS et intégrés dans le modèle. Nous présentons tout de même les équations suivantes (identifiant les différents types de travail, de sorte que quand nous aurons désagrégé le compte « travail » et le compte « capital », nous n'aurons pas besoin de réécrire les équations.

Dans cette version du modèle, nous postulons que les travailleurs sont parfaitement mobiles d'un secteur à un autre dans l'économie, de sorte qu'il n'y a qu'un taux de salaire. En revanche, pour le stock de capital, nous supposons qu'il est fixe, entraînant un rendement du capital différent selon les secteurs.

Mathématiquement, nous supposons que les demandes de travail et capital composites sont des fonctions CES, décrites par les équations suivantes :

$$5. \quad LDC_j = B_j^{LD} \left[\sum_l \beta_{l,j}^{LD} LD_{l,j}^{-\rho_j^{LD}} \right]^{-\frac{1}{\rho_j^{LD}}}$$

où :

LDC_j	Demande de travail composite par la branche j
---------	---

8 On trouvera à l'annexe C de Decaluwé et al (2013) « The PEP Standard Computable General Equilibrium Model v2.1 – Single-Country, Static Version » (2013) une démonstration de cette dérivation.

$LD_{l,j}$	Demande de travail de catégorie l par la branche j
B_j^{LD}	Paramètre d'échelle (CES – travail composite)
$\beta_{l,j}^{LD}$	Paramètre distributif (CES – travail composite)
ρ_j^{LD}	Paramètre d'élasticité (CES – travail composite)

L'équation 5 est une forme généralisée de la CES qui, dans le cas présent, ne contient aucune catégorie différentes de travailleurs. En choisissant cette forme, nous postulons implicitement qu'une fois choisi le degré plus ou moins élevé de substituabilité entre deux catégories de travailleurs, ce même taux s'applique également entre toute autre paire de travailleurs.

$$6. \quad LD_{l,j} = \left[\frac{\beta_{l,j}^{LD} WC_j}{W_l} \right]^{\sigma_j^{LD}} \left(B_j^{LD} \right)^{\sigma_j^{LD-1}} LDC_j$$

où :

LDC_j	Demande de travail composite par les branches j
$LD_{l,j}$	Demande de travail de catégorie l par les branches j
WC_j	Taux de rémunération du travail composite dans les branches j .
W_l	Taux de rémunération du travail de type l
B_j^{LD}	Paramètre d'échelle pour les branches j (CES – travail composite)
$\beta_{l,j}^{LD}$	Paramètre distributif pour les branches j (CES – travail composite)
σ_j^{LD}	Paramètre d'élasticité pour les branches j (CES – travail composite)

Du côté du facteur capital, le 3^e niveau de hiérarchisation permet également de tenir compte de différents types de capital. Comme dans le cas de la demande de travail composite, nous avons gardé la formulation générale pour des extensions futures.

$$7. \quad KDC_j = B_j^{KD} \left[\sum_k \beta_{k,j}^{KD} KD_{k,j}^{-\rho_j^{KD}} \right]^{-\frac{1}{\rho_j^{KD}}}$$

$$8. \quad KD_{k,j} = \left[\frac{\beta_{k,j}^{KD} RC_j}{R_{k,j}} \right]^{\sigma_j^{KD}} \left(B_j^{KD} \right)^{\sigma_j^{KD-1}} KDC_j$$

où :

KDC_j	Demande de capital composite par la branche j
$KD_{k,j}$	Demande de capital de type k par la branche j
RC_j	Coût du capital composite dans la branche j

$R_{k,j}$	Coût du capital de type k dans la branche j
B_j^{KD}	Paramètre d'échelle (CES – capital composite)
$\beta_{k,j}^{KD}$	Paramètre distributif (CES – capital composite)
σ_j^{KD}	Paramètre d'élasticité (CES – capital composite).

Également au deuxième niveau de la fonction de production, la consommation intermédiaire totale de chaque branche est obtenue par la combinaison des divers produits selon une technologie de type Leontief. Cela implique que nous postulons que pour produire un bien, la firme est obligée de recourir à des matières premières en proportions fixes de la consommation intermédiaire totale. Comme les consommations intermédiaires totales sont elles-mêmes une proportion fixe de l'output, un accroissement de l'output de la firme impliquera un accroissement proportionnel de la demande de chacune des consommations intermédiaires.

Formellement, on a :

$$9. DI_{i,j} = a_{ij} CI_j$$

où :

$DI_{i,j}$	Consommation intermédiaire en produit i par la branche j
CI_j	Consommation intermédiaire totale de la branche j
a_{ij}	Coefficient input-output

3.2 Revenu et épargne des agents

Le modèle offre l'avantage de prendre en compte plusieurs catégories de ménages. L'ensemble des ménages h est donc composé de 2 types de ménages, les ménages et les ISBL déterminés dans la MCS 2008. À côté des ménages, nous avons les firmes⁹, un agent « gouvernement » et le reste du monde.

3.2.1 Les ménages

Les revenus des ménages proviennent des revenus issus de la rémunération des facteurs de production (travail et capital) et de ceux issus des transferts inter agents. Ainsi, on a :

$$10. YH_h = YHL_h + YHK_h + YHTR_h$$

où :

YH_h	Revenu total du ménage h
--------	----------------------------

⁹ Notons que dans cette version du modèle, l'agent firme n'est pas désagrégé.

YHK_h	Revenu du capital du ménage h
YHL_h	Revenu du travail du ménage h
$YHTR_h$	Revenu de transferts du ménage h

Chaque catégorie de ménages reçoit une part fixe de la masse salariale totale payée pour chaque catégorie de travailleurs sur le marché de l'emploi.

$$11. YHL_h = \sum_{j,l} \left(\lambda_{h,l}^{WL} W_l \sum_j (LD_{l,j}) \right)$$

où :

YHL_h	Revenu du travail du ménage h
$LD_{l,j}$	Demande de travail de catégorie l par les branches j
W_l	Taux de rémunération du travail de type l sur le marché du travail
$\lambda_{h,l}^{WL}$	Part de la rémunération du travail de type l reçu par le ménage h

De même, les ménages reçoivent une part des revenus du capital.

$$12. YHK_h = \lambda_h^{RK} \left(\sum_j R_j KD_j \right)$$

où :

YHK_h	Revenu du capital du ménage h
KD_j	Demande de capital composite par la branche j
R_j	Taux de rémunération du capital dans la branche j
λ_h^{RK}	Part de la rémunération du capital reçue par le ménage h

Enfin, les ménages reçoivent des transferts des autres agents, principalement des firmes, sous forme de dividendes, par exemple de l'État (allocations), et des transferts en provenance du reste du monde.

$$13. YHTR_h = \sum_{ag} TR_{h,ag}$$

où :

$YHTR_h$	Revenu de transferts reçus par le ménage h
$TR_{ag,agj}$	Transferts payés de l'agent agj et reçus par l'agent ag

En déduisant les taxes directes payées au gouvernement et les autres transferts au gouvernement (sécurité sociale, retraite, etc.), on détermine le revenu disponible de chaque catégorie de ménage h , soit :

$$14. YDH_h = YH_h - TDH_h - TR_{gvt,h}$$

où :

YDH_h	Revenu disponible du ménage h
YH_h	Revenu total du ménage h
TDH_h	Impôts directs sur le revenu du ménage h
$TR_{gvt,h}$	Autres transferts du ménage au gouvernement

Le budget de consommation des ménages s'obtient en déduisant du revenu disponible l'épargne et les transferts versés aux agents autres que le gouvernement.

$$15. CTH_h = YDH_h - SH_h - \sum_{agn} TR_{agn,h}$$

où :

YDH_h	Revenu disponible du ménage h
CTH_h	Budget de consommation du ménage h
SH_h	Épargne du ménage h
$TR_{agn,h}$	Transferts du ménage aux agents non gouvernementaux

Enfin, l'épargne des ménages est une fonction linéaire du revenu disponible. Cette formulation diffère de celle fréquemment utilisée qui consiste à postuler que l'épargne est une proportion fixe du revenu disponible. L'équation 16, au contraire, permet de postuler que la propension marginale à épargner (et donc à consommer) est différente de la propension moyenne. En effet, il arrive fréquemment, lorsque la désagrégation des différentes catégories de ménages est suffisamment fine, que l'épargne de certains d'entre eux est négative. Calculer une propension moyenne dans ces conditions a des répercussions non souhaitables. En effet, une hausse du revenu d'un tel ménage le pousse à désépargner encore plus alors qu'on s'attendrait à ce que l'augmentation de ses revenus le conduise à réduire ses emprunts et à rembourser ses dettes plutôt que de les augmenter. Avec l'équation 16, ce phénomène est éliminé puisqu'une propension marginale à épargner peut être positive même lorsque la propension moyenne ne l'est pas¹⁰. Lorsque l'épargne observée d'un ménage est négative, l'ordonnée à l'origine de la fonction d'épargne sera négative et on postulera une propension marginale à épargner positive. En outre, la

10 Toutefois, en l'absence d'information, nous postulons dans le code GAMS que l'ordonnée à l'origine est nulle.

formulation de l'équation 16 permettra également une indexation (totale ou partielle) aux variations des prix à la consommation¹¹.

$$16. SH_h = PIXCON^\eta sh0_h + sh1_h YDH_h$$

où :

SH_h	Épargne du ménage h
YDH_h	Revenu disponible du ménage h
$PIXCON$	Indice des prix à la consommation
$sh1_h$	Propension marginale à épargner (pente)
$sh0$	Ordonnée à l'origine de la fonction d'épargne
η	Taux d'indexation au coût de la vie

3.2.2 Les firmes

Le revenu des firmes provient des revenus du capital ainsi que des transferts reçus des autres agents.

$$17. YF_f = YFK_f + YFTR_f$$

$$18. YFK_f = \lambda_f^{RK} \left(\sum_j R_j KD_j \right)$$

$$19. YFTR_f = \sum_{ag} TR_{f,ag}$$

où :

YF_f	Revenu total des entreprises
YFK_f	Revenu du capital des entreprises
$YFTR_f$	Revenu de transferts des entreprises
KD_j	Demande de capital composite par la branche j
R_j	Taux de rémunération du capital dans la branche j
$TR_{f,ag}$	Transferts des autres agents vers les entreprises
λ_f^{RK}	Part de la rémunération du capital reçu par la firme

Les revenus du capital distribués aux firmes excluent donc, comme pour les ménages, les revenus du capital générés par la branche de l'administration publique.

Le revenu disponible des firmes s'obtient en déduisant les taxes directes du revenu brut des firmes.

11 Cette approche est particulièrement utile pour tester l'homogénéité du modèle. Dans ce cas, le paramètre η sera égal à 1.

$$20. YDF_f = YF_f - TDF_f$$

où :

YDF_f	Revenu disponible des entreprises
YF_f	Revenu total des entreprises
TDF_f	Impôt sur le revenu des entreprises

Enfin, l'épargne des firmes se calcule de façon résiduelle. En effet, on soustrait les transferts versés par les firmes aux autres agents du revenu disponible des firmes.

$$21. SF_f = YDF_f - \sum_{ag} TR_{ag,f}$$

où :

SF_f	Épargne des firmes
YDF_f	Revenu disponible des entreprises
$TR_{ag,f}$	Transferts des entreprises à l'agent ag

3.2.3 Le gouvernement

Les revenus de l'État proviennent d'un ensemble de sources allant des revenus fiscaux aux revenus non fiscaux. Le modèle proposé permet de modéliser chacune de ces sources qui constituent autant d'instruments de politique à la disposition du gouvernement. La MCS tchadienne prend en considération les taxes directes sur les ménages et firmes, les taxes indirectes sur les produits (TVA), les taxes à la production, les droits de douanes, et les taxes à l'exportation.

Le revenu total de l'État est donné par l'équation 22 :

$$22. YG = YGK + TDHT + TDFT + TPRDN + TPRCTS + YGTR$$

où :

YG	Revenu total du gouvernement
YGK	Revenu du capital du gouvernement
$YGTR$	Revenu de transferts du gouvernement
$TPRCTS$	Recettes publiques provenant des taxes sur les produits
$TPRDN$	Recettes publiques provenant des taxes à la production
$TDFT$	Impôt sur le revenu des entreprises
$TDHT$	Recettes fiscales totales provenant des impôts sur le revenu des ménages

Le gouvernement reçoit une part du revenu du capital de l'économie :

$$23. YGK = \lambda_{gvt}^{RK} \sum_j R_j KD_j$$

où :

YGK	Revenu du capital du gouvernement
KD_j	Demande de capital par la branche j
R_j	Taux de rémunération du capital dans la branche j
λ_{gvt}^{RK}	Part de la rémunération du capital reçu par le gouvernement

La somme des taxes directes payées par les ménages $TDHT$ est donnée par l'équation suivante :

$$24. TDHT = \sum_h TDH_h$$

où :

TDH_h	Impôts directs sur le revenu du ménage h
$TDHT$	Recettes fiscales totales provenant des impôts sur le revenu des ménages

De même, pour les firmes :

$$25. TDFT = \sum_f TDF_f$$

Où :

TDF_f	Impôts directs sur le revenu des firmes de type f
$TDFT$	Recettes fiscales totales provenant des impôts sur le revenu des firmes

Les équations suivantes décrivent les différentes autres sources de revenus de l'État. Les taxes totales à la production $TPRDN$ sont la somme des taxes sur la masse salariale, des taxes sur les revenus du capital, ainsi que des autres taxes à la production (équation 26). Les taxes totales sur la masse salariale sont simplement la somme des taxes sur la masse salariale dans chaque branche d'activité. Il en est de même pour les taxes totales sur les revenus du capital et les taxes totales à la production (équation 29).

$$26. TPRDN = TIWT + TIKT + TIPT$$

$$27. TIWT = \sum_{l,j} TIW_{l,j}$$

$$28. TIKT = \sum_{k,j} TIK_{k,j}$$

$$29. TIPT = \sum_j TIP_j$$

où :

$TPRDN$	Taxes totales à la production
$TIWT$	Taxes totales sur la masse salariale
$TIKT$	Taxes totales sur les revenus du capital
$TIPT$	Recettes publiques totales provenant des taxes à la production
$TIW_{l,j}$	Taxes sur la masse salariale de type l dans la branche d'activité j
$TIK_{k,j}$	Taxes sur les revenus du capital de type k dans la branche d'activité j
TIP_j	Recettes publiques provenant des taxes à la production de la branche j

Les taxes totales sur les produits (équation 30) se calculent comme la somme des taxes indirectes totales sur les produits, $TICT$ des droits de douanes totaux sur importations $TIMT$ ainsi que la somme des taxes à l'exportation $TIXT$.

$$30. TPRCTS = TICT + TIMT + TIXT$$

$$31. TICT = \sum_i TIC_i$$

$$32. TIMT = \sum_i TIM_i$$

$$33. TIXT = \sum_i TIX_i$$

où :

$TPRCTS$	Recettes publiques provenant des taxes sur les produits
$TICT$	Recettes publiques totales provenant des taxes indirectes
$TIMT$	Recettes publiques totales provenant des tarifs douaniers
$TIXT$	Recettes publiques totales provenant des taxes à l'exportation
TIX_i	Recettes publiques provenant des taxes à l'exportation du produit i
TIC_i	Recettes publiques provenant des taxes indirectes sur le produit i
TIM_i	Recettes publiques provenant des tarifs douaniers sur le produit i

Le revenu des transferts de l'État est la somme des transferts reçus par l'État :

$$34. YGTR = \sum_{agn} TR_{gvt,agn}$$

Où :

$YGTR$	Revenu de transferts de l'État
$TR_{ag,agj}$	Transferts de l'agent agj à l'agent ag

Les taxes directes des ménages, de même que celles des firmes, sont une fonction linéaire de leur revenu. En ce sens, les justifications présentées pour expliquer la forme fonctionnelle de la fonction d'épargne sont ici adaptées aux mêmes considérations. Ainsi, une firme qui, à

l'année de base, ne paie aucune taxe sur ses profits se verrait toutefois appliquer un taux de taxe marginal positif si ses revenus sont à la hausse. Il en est de même pour les ménages : une augmentation de leurs revenus au-delà d'un certain seuil les ferait contribuer positivement aux revenus de l'État.¹² Une formule d'indexation $PIXCON^n$ permet de garder éventuellement constantes leurs contributions en terme réel.

$$35. TDH_h = PIXCON^n ttdh0_h + ttdh1_h YH_h$$

$$36. TDF_f = PIXCON^n ttdf0_f + ttdf1_f YFK_f$$

où :

TDF_f	Impôt sur le revenu des entreprises
TDH_h	Impôt sur le revenu du ménage h
YFK_f	Revenu du capital des entreprises
YH_h	Revenu total du ménage h
$ttdf1_f$	Taux marginal d'imposition des entreprises (pente)
$ttdh1_h$	Taux marginal d'imposition des ménages (pente)
$ttdh0_h$	Ordonnée à l'origine de la fonction de taxe directe des ménages
$ttdf0_f$	Ordonnée à l'origine de la fonction de taxe directe des firmes

Cette formulation ne permet évidemment pas de prendre en considération un système fiscal progressif où les taux de taxation varieraient en fonction du niveau de revenu. Cette possibilité, si elle reflétait la législation fiscale de la Côte d'Ivoire, pourrait faire l'objet d'une investigation ultérieure.

Les trois équations suivantes décrivent le mode de calcul des taxes sur la masse salariale par branche, des taxes sur l'excédent brut d'exploitation et des taxes à la production par branche:

$$37. TIW_{l,j} = ttiw_{l,j} W_l LD_{l,j}$$

$$38. TIK_{k,j} = tik_{k,j} R_{k,j} KD_{k,j}$$

$$39. TIP_j = tip_j PP_j XST_j$$

où :

$TIW_{l,j}$:	Recettes publiques provenant des taxes à la production de la branche j
tip_j :	Taux de taxe à la production de la branche j
TIP_j :	Recettes publiques provenant des taxes à la production de la branche j
PP_j :	Prix de la production totale de la branche j
XST_j :	Production totale agrégée de la branche j

¹² Pour le moment et en absence d'information, nous postulons dans le code GAMS que les ordonnées à l'origine sont nulles.

Comme on l'a déjà signalé, la MCS ne permet pas de distinguer si les taxes à la production s'appliquent d'une manière différenciée sur chacun des facteurs de production (charges sociales sur la masse salariale ou taxe sur le capital) ou indifféremment sur l'output brut. On postule donc ici que les charges que incombent aux entrepreneurs sont proportionnelles à la valeur de leur production.

Les taxes indirectes sur les produits TIC_i sont collectées sur les marchandises produites au Tchad et vendues sur le marché local ainsi que sur les produits importés (équation 40). L'assiette de cette taxe est donc composée de la valeur de la production vendue sur le marché local et sur celui des importations, y compris les droits de douanes. Elle n'est pas discriminatoire par rapport à l'origine, intérieure ou étrangère, du produit. Les équations 41 et 42 donnent respectivement les revenus tirés des droits de douane qui s'appliquent sur une assiette en monnaie locale et taxes sur les exportations.

$$40. TIC_i = ttic_i \left[PL_i + \sum_{ij} PC_{ij} tmr g_{ij,i} \right] DD_i + \left[(1 + ttim_i) PWM_i e + \sum_{ij} PC_{ij} tmr g_{ij,i} \right] IM_i$$

$$41. TIM_i = ttim_i PWM_i e IM_i$$

$$42. TIX_{ia} = ttix_{ia} \left(PE_{ia} + \sum_{iaj} PC_{iaj} tmr g_{iaj,i}^X \right) EXD_{ia}$$

où :

TIC_i	Recettes fiscales provenant des taxes indirectes sur le produit i
$ttic_i$	Taux de taxe sur le produit i
PL_i	Prix du produit i vendu sur le marché intérieur (excluant les taxes sur les produits)
PC_i	Prix du produit i vendu sur le marché (incluant toutes les taxes sur les produits)
$tmr g_{i,ij}$	Taux de marge appliqué au produit i
DD_i	Demande intérieure totale en produit i
IM_i	Volume de produit i importé
PWM_i	Prix mondial du produit importé i (en devises)
e	Taux de change
$ttim_i$	Taux de tarif douanier sur l'importation de produit i
TIM_i	Recettes fiscales provenant des tarifs douaniers sur le produit i
$ttix_i$	Taux de taxe à l'exportation de produit i
TIX_i	Recettes fiscales provenant des taxes à l'exportation de produit i
$tmr g_{i,ij}^X$	Taux de marge à l'export appliqué au produit i
PE_i	Prix reçu pour l'exportation du produit i (excluant les taxes à l'export)

EXD_i Demande mondiale pour le produit exporté i

Finalement, le solde courant de l'État se calcule en déduisant du revenu de l'État les différents transferts aux autres agents (ménages, reste du monde), ainsi que la somme des dépenses de l'État en biens et services.

$$43. SG = YG - \sum_{agn,g} TR_{agn,gvt} - G$$

où :

SG : Épargne de l'État
 G : Dépenses publiques courantes en biens et services
 $TR_{agn,gvt}$: Transferts de l'État aux autres agents
 YG : Revenus de l'État

3.2.4 Le reste du monde

Les trois équations suivantes se rapportent aux transactions avec l'étranger. Les revenus du reste du monde (équation 44) se composent des importations tchadiennes, du revenu du capital total généré au Tchad détenu par des étrangers, ainsi que des transferts effectués par les agents tchadiens (ménages et gouvernement) au profit du reste du monde.

$$44. YROW = e \sum_i PWM_i IM_i + \lambda_{row}^{RK} \left(\sum_j R_{j,t} KD_{k,j} \right) + \sum_{agd} TR_{row,agd}$$

où :

$YROW$ Revenu du reste du monde
 e Taux de change
 PWM_i Prix mondial du produit importé i (en devises)
 IM_i Volume du produit i importé
 KD_j Demande de capital composite par la branche j
 R_j Taux de rémunération du capital dans la branche j
 λ_{row}^{RK} Part de la rémunération du capital versée à l'agent rdm
 $TR_{row,agd}$ Transferts de l'agent *intérieure* au rdm

$$45. SROW = YROW - \sum_{ia} PE_{ia}^{FOB} EXD_{ia} - \sum_{agd} TR_{agd,row}$$

L'épargne de l'étranger est déterminée par la différence entre les revenus et les dépenses. Les dépenses des étrangers sont composées des achats de produits tchadiens (nos exportations), et des transferts en provenance de l'étranger en faveur d'agents intérieurs.

où :

$YROW$	Revenu de l'étranger
$TR_{agd,row}$	Transferts de l'agent rdm au profit d'un agent intérieur
$SROW$	Épargne du rdm
PE_i^{FOB}	Prix FOB du produit exporté i (en monnaie locale)
EXD_i	Demande du rdm pour le produit exporté i

Finalement, le déséquilibre de la balance des opérations courantes CAB est financé par l'épargne étrangère $SROW$:

$$46. SROW = -CAB$$

où :

$SROW$	Épargne étrangère
CAB	Balance des opérations courantes

3.2.5 Les transferts

Le modèle tient compte des transferts entre agents. Dans la plupart des MEGC, les transferts sont traités de manière exogène. Ici, nous faisons l'hypothèse que certains transferts sont proportionnels au revenu de l'agent payeur. C'est le cas pour les transferts payés par les ménages (équation 47) et par les firmes (équation 49). Quant aux transferts par les ménages à l'État, ils sont une fonction linéaire des revenus (équation 48). Pour les autres transferts reçus par les agents en provenance de l'État ou du reste du monde, ils sont fixés en termes réels à leur valeur d'origine (d'où l'apparition, dans les équations 50 et 51 de l'indice des prix à la consommation).

$$47. TR_{agngh} = \lambda_{agngh}^{TR} YDH_h$$

$$48. TR_{gvt,h} = PIXCON^\eta tr0_h + tr1_h YH_h$$

$$49. TR_{ag,f} = \lambda_{ag,f}^{TR} YDF_f$$

$$50. TR_{agn,g,gvt} = PIXCON^\eta TR_{agn,g,gvt}^0$$

$$51. TR_{agd,row} = PIXCON^\eta TR_{agd,row}^0$$

où :

$TR_{agn,g,h}$	Transferts payés par un agent non gouvernemental par un ménage h
$TR_{gv',h}$	Transferts payés à l'État par un ménage h
$TR_{ag,f}$	Transferts payés à un agent par les firmes
$TR_{agn,g',gv'}$	Transferts payés à un agent non gouvernemental par l'État
$TR_{agd,row}$	Transferts payés à un agent par le reste du monde
YH_h	Revenu total du ménage h
YDF_f	Revenu disponible des firmes
YDH_h	Revenu disponible du ménage h
$PIXCON$	Indice des prix à la consommation
$tr1_h$	Taux marginal des transferts des ménages au gouvernement
$tr0_h$	Ordonnée à l'origine de la fonction de transferts
$\lambda_{ag,agj}^{TR}$	Paramètre distributif (fonction de transferts entre agents)
η	Élasticité d'indexation des transferts

3.3 La demande

La demande de produits et services, qu'ils proviennent de la production locale ou qu'ils soient importés, est égale à la demande de consommation des ménages, à la demande de biens aux fins d'investissement, à la demande des administrations publiques, à la demande de biens intermédiaires, et à la demande de marges.

Dans le modèle tchadien, les ménages fixent leur budget de consommation pour maximiser leur bien-être en fonction de leurs préférences individuelles. Nous postulons qu'ils le font dans le but de maximiser une fonction d'utilité de type « Stone-Geary ». Cela se traduit par un comportement de dépenses caractérisé par deux éléments : un niveau de consommation de certains biens jugé incompressible, et un autre où la demande de produits ou de services est influencée par le niveau des prix.

Sur le plan théorique, cette spécification est intéressante, car contrairement à une hypothèse où l'on postule que les parts budgétaires du panier de consommation du ménage sont constantes, la fonction d'utilité « Stone-Geary » et le système linéaire de dépenses qui en découle n'imposent ni des élasticités-prix croisées nulles, ni une élasticité-revenu unitaire¹³.

$$52. \quad PC_i C_{i,h} = PC_i C_{i,h}^{MIN} + \gamma_{i,h}^{LES} \left(CTH_h - \sum_{ij} PC_{ij} C_{ij,h}^{MIN} \right)$$

où :

PC_i Prix à la consommation du produit i (incluant les taxes et les marges)

13 On trouvera dans l'annexe C4 de Decaluwé et al (2013) « The PEP Standard Computable General Equilibrium Model v2.1, Single-Country, Static Version » une démonstration des propriétés de cette fonction.

C_i	Consommation des ménages en produit i par le ménage h
$C_{i,h}^{MIN}$	Consommation jugée incompressible du bien i par le ménage h
$\gamma_{i,h}^{CONSO}$	Part marginale du produit i dans le budget de consommation du ménage h
CTH_h	Budget de consommation du ménage h

La demande de biens d'investissement comprend la Formation Brute de Capital Fixe(FBCF) et les variations de stocks de produits et services. Ces deux composantes sont bien différentes l'une de l'autre, et si la FBCF ne peut être négative (même si l'investissement net peut l'être), les variations de stocks rapportées dans la MCS peuvent être positives ou négatives. Leurs fluctuations dans le temps peuvent être dues à des facteurs conjoncturels qui se reflètent dans la MCS de base. Pour éviter ces biais, nous postulons que les variations de stocks sont exogènes en volume alors que la formation brute de capital fixe est endogène.

Dans l'équation 54, nous obtenons la FBCF¹⁴ en soustrayant du total des dépenses d'investissement IT le coût des variations de stocks d'inventaires. Par la suite, nous faisons l'hypothèse que la répartition des biens d'investissement dans le budget d'investissement se fait en maintenant des parts budgétaires fixes, ce qui implique qu'avec un budget d'investissement donné, la demande de biens i d'investissement est inversement reliée à son coût d'acquisition, ainsi que pour la répartition des biens et services consommés par le gouvernement dans le budget de dépenses du gouvernement (équation 55).

Ainsi :

$$53. GFCF = IT - \sum_i PC_i VSTK_i$$

$$54. PC_i INV_i = \gamma_i^{INV} GFCF$$

où :

$GFCF$	Formation brute de capital fixe
$VSTK_i$	Variation des stocks d'inventaire du produit i
PC_i	Prix à la consommation du produit i (incluant les taxes et les marges)
INV	Demande finale de produit i à des fins d'investissement
IT	Investissement total (valeur)
γ_i^{INV}	Part des dépenses en biens d'investissement i

Nous ferons la même hypothèse pour déterminer le comportement de dépenses de l'État. Avec un budget donné, celui-ci répartit ses dépenses par poste budgétaire, et chaque poste est une proportion fixe du budget total. Par conséquent, la quantité demandée de chaque produit varie en proportion contraire de son prix.

$$55. PC_i CG_i = \gamma_i^{GVT} G$$

14 GFCF, de l'anglais « Gross Fixed Capital Formation ».

où :

PC_i	Prix à la consommation du produit i (incluant les taxes et les marges)
γ_i^{GVT}	Part du produit i dans les dépenses publiques
G	Dépenses publiques courantes en biens et services
CG_i	Consommation publique en produit i (volume)

La demande intermédiaire totale en produit i est la somme des demandes intermédiaires de toutes les branches en produit i :

$$56. DIT_i = \sum_j DI_{i,j}$$

où :

$DI_{i,j}$	Consommation intermédiaire en produit i par la branche j
DIT_i	Demande intermédiaire totale en produit i

Finalement, la demande totale de marge est la somme des marges utilisées sur le marché local, sur les produits provenant de l'importation et sur les produits destinés à l'exportation.

$$57. MRGN_i = \sum_{ij} tmg_{i,ij} D_{ij} + \sum_{ij} tmg_{i,ij} IM_{ij} + \sum_{ij} tmg_{i,ij}^X EXD_{ij}$$

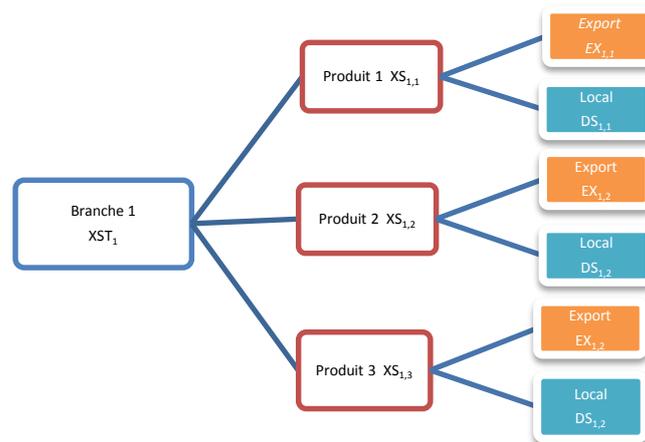
Où :

$MRGN_i$	Volume de marge en produit i
$tmg_{i,ij}$	Taux de marge appliqué au produit i
DD_i	Demande intérieure totale en produit i
IM_i	Volume de produit i importé
$tmg_{i,ij}^X$	Taux de marge à l'export appliqué au produit i
EXD_i	Demande mondiale pour le produit exporté i

3.4 Offre de produits par les producteurs locaux et commerce international

Nous avons vu dans la section précédente sur la matrice de comptabilité sociale qu'une branche d'activité peut produire plusieurs produits. Pour bien comprendre les différentes étapes de la commercialisation des produits, on pourra examiner la figure 9 :

Figure 9. Schéma de commercialisation des produits



Tout d'abord, le producteur doit décider de la gamme des produits qu'il mettra sur le marché, ce qu'il fera en tenant compte de la nature des produits et de leur prix de marché. Nous postulons comme d'habitude que les différents produits sont écoulés sur des marchés différents et qu'ils sont différents les uns des autres. Du point de vue du producteur, ils ne sont pas parfaitement substituables et ils s'écoulent sur les marchés à des prix différents.

La production totale de la branche j (XST_j) est donc répartie entre différents produits $XS_{j,i}$ dont les quantités optimales, qui maximisent les revenus de l'entrepreneur, sont données par l'équation 58. La quantité produite de chacun des biens va donc dépendre du prix du produit $P_{j,i}$ par rapport aux prix de base de la production totale de la branche j .

$$58. XST_j = B_j^{XT} \left[\sum_i \beta_{j,i}^{XT} XS_{j,i}^{\rho_j^{XT}} \right]^{\frac{1}{\rho_j^{XT}}}$$

$$59. XS_{j,i} = \frac{XST_j}{(B_j^{XT})^{1+\sigma_j^{XT}}} \left[\frac{P_{j,i}}{\beta_{j,i}^{XT} PT_j} \right]^{\sigma_j^{XT}}$$

où :

- $XS_{j,i}$: Production en produit i par la branche j
- XST_j : Production totale agrégée de la branche j
- $P_{j,i}$: Prix de base de la production de la branche j en produit i
- PT_j : Prix de base de la production totale de la branche j
- B_j^{XT} : Paramètre d'échelle (CET – output total)
- $\beta_{j,i}^{XT}$: Paramètre distributif (CET – output total)
- ρ_j^{XT} : Paramètre d'élasticité (CET – output total)
- σ_j^{XT} : Élasticité (CET – output total)

Dans une deuxième étape, le producteur devra choisir un lieu de destination de sa production. Puisque l'économie est ouverte, l'offre de produit i par la branche j est soit exportée $EX_{j,i}$, soit vendue sur le marché local $DS_{j,i}$. Toutefois, comment le producteur décide-t-il d'une telle allocation? Son choix dépendra du prix qu'il recevra s'il vend son produit à l'exportation PE_i , du prix qu'il recevra s'il vend son produit sur le marché local PL_i , de ses parts de marchés initiales $\beta_{j,i}^X$ et de la facilité avec laquelle il pourra détourner sa production pour l'écouler sur un marché plutôt qu'un autre $\rho_{j,i}^X$. Compte tenu de tous ces éléments, le producteur tentera de maximiser les revenus qu'il pourra tirer des différents marchés sur lesquels il opère. On traduira la contrainte à laquelle le producteur fait face par l'équation 60. Cette équation permettra de dériver le comportement optimal de vente sur les différents marchés (équation 61). Dans cette dernière équation, on voit bien que, toutes choses étant égales par ailleurs, si le prix reçu sur le marché d'exportation augmente, l'offre relative d'exportation augmente.

$$60. XS_{j,i} = B_{j,i}^X \left[\beta_{j,i}^X EX_{j,i}^{\rho_{j,i}^X} + (1 - \beta_{j,i}^X) DS_{j,i}^{\rho_{j,i}^X} \right]^{\frac{1}{\rho_{j,i}^X}}$$

$$61. EX_{j,i} = \left[\frac{1 - \beta_{j,i}^X}{\beta_{j,i}^X} \frac{PE_i}{PL_i} \right]^{\sigma_{j,i}^X} DS_{j,i}$$

où :

$XS_{j,i}$	Production en produit i par la branche j
$DS_{j,i}$	Offre intérieure de produit i par la branche j
$EX_{j,i}$	Quantité de produit i exporté par la branche j
PE_i	Prix reçu pour l'exportation du produit i (excluant les taxes à l'export)
PL_i	Prix du produit i vendu sur le marché intérieur (excluant les taxes sur les produits)
$B_{j,i}^X$	Paramètre d'échelle (CET – marché mondial et intérieur)
$\beta_{j,i}^X$	Paramètre distributif (CET – marché mondial et intérieur)
$\rho_{j,i}^X$	Paramètre d'élasticité (CET – marché mondial et intérieur)

Même si nous supposons que le Tchad est un petit pays, au sens du commerce international, c'est-à-dire qu'il n'a pas d'influence sur les prix mondiaux de ses produits d'exportation, il serait difficile de postuler que les exportateurs tchadiens peuvent vendre toutes les quantités qu'ils souhaitent sur les marchés internationaux, car cela voudrait dire que l'élasticité-prix de la demande mondiale est infinie. Au contraire, nous ferons l'hypothèse que le Tchad fait face à des contraintes d'exportation, et que si le pays veut accroître ses parts de marché à l'exportation, elle ne peut le faire qu'en diminuant ses prix, c'est-à-dire en

offrant un prix d'exportation PE_i^{FOB} plus intéressant que l'équivalent en monnaie locale du prix mondial du produit i $e PWX_i$.

En termes techniques, notre hypothèse signifie que le pays fait face à une demande d'exportation à élasticité-prix finie.

$$62. EXD_{ia} = EXD_{ia}^0 \left(\frac{e PWX_{ia}}{PE_{ia}^{FOB}} \right)^{\sigma_{ia}^{XD}}$$

où :

EXD_i	Demande mondiale pour le produit exporté i
EXD_i^0	Demande mondiale initiale pour le produit exporté i
e	Taux de change
PE_i^{FOB}	Prix FOB du produit exporté i (en monnaie locale)
PWX_i	Prix mondial du produit exporté i (en devises)
σ_i^{XD}	Élasticité-prix de la demande mondiale pour le produit i

Du côté des sources d'approvisionnement, nous reprenons les hypothèses traditionnelles du commerce international. Les produits disponibles sur le marché ont été soit importés, soit produits localement. Dans son choix entre un produit d'origine locale ou étrangère, l'acheteur tiendra compte du prix relatif sur les deux marchés, ainsi que de la part initiale des importations et du degré de substituabilité entre les produits. Dans la théorie économique, cette hypothèse est connue sous le nom d'hypothèse d'Armington.

$$63. Q_{i,t} = B_i^M \left[\beta_i^M IM_{i,t}^{-\rho_i^M} + (1 - \beta_i^M) DD_{i,t}^{-\rho_i^M} \right]^{\frac{-1}{\rho_i^M}}$$

$$64. IM_{i,t} = \left[\frac{\beta_i^M PD_{i,t}}{1 - \beta_i^M PM_{i,t}} \right]^{\sigma_i^M} DD_{i,t}$$

où :

Q_i	Quantité demandée en produit i
IM_i	Quantité de produit i importé
DD_i	Demande intérieure totale en produit i
PD_i	Prix du produit i vendu sur le marché intérieur (incluant taxes)
PM_i	Prix du produit importé i (incluant taxes et tarifs)
B_i^M	Paramètre d'échelle (CES – produit composite)
β_i^M	Paramètre distributif (CES – produit composite)
ρ_i^M	Paramètre d'élasticité (CES – produit composite)

σ_i^M : Élasticité (CES – produit composite)

3.5 Les prix

3.5.1 Les prix à la production¹⁵

La valeur de la production sectorielle est la somme des coûts des matières premières et de la valeur ajoutée (équation 65).

$$65. PP_j XST_j = PVA_j VA_j + PCI_j CI_j$$

où :

PP_j Prix de la production totale de la branche j
 PCI_j Indice de prix de la consommation intermédiaire de la branche j
 PVA_j Prix de la valeur ajoutée de la branche j

D'autre part, le prix de l'output incluant les taxes est calculé à partir du prix sortie usine auquel on ajoute les taxes à la production.

$$66. PT_j = (1 + tip_j) PP_j$$

où :

PT_j Prix de base de la production totale de la branche j
 tip_j Taux de taxe à la production de la branche j
 PP_j Prix de la production totale de la branche j

Le prix des consommations intermédiaires est une moyenne des prix des demandes intermédiaires de la branche. Dans l'équation 82, les poids représentent la part de la consommation intermédiaire du bien i par la branche j par rapport à la consommation intermédiaire de la branche j .

$$67. PCI_j = \sum_i PC_i (DI_{i,j} / CI_j)$$

où :

PCI_j : Indice de prix de la consommation intermédiaire de la branche j
 PC_i : Prix à la consommation du produit i (incluant les taxes et les marges)

15 Dans la discussion des équations de prix, nous ne reproduirons pas la définition des variables, sauf celles des prix puisqu'elles ont toutes déjà été définies. Nous ne le ferons que si de nouvelles variables interviennent pour la première fois.

Selon le même principe d'agrégation, le prix de la valeur ajoutée est la somme du coût unitaire de la main d'œuvre et du coût du capital composite pondérée par la valeur ajoutée.

$$68. PVA_j VA_j = WC_j LDC_j + RC_j KDC_j$$

où :

- PVA_j : Prix de la valeur ajoutée de la branche j
 RC_j : Taux de rémunération du capital composite dans la branche j
 WC_j : Taux de rémunération des travailleurs

L'équation 69 calcule le taux de salaire moyen par branche, compte tenu de la composition en travailleurs de chacune des branches. Notons que dans le code GAMS, cette équation est grisée car redondante. L'équation 70 détermine quant à elle le taux de salaire incluant les taxes.

$$69. WC_j LDC_j = \sum_l WTI_{l,j} LD_{l,j}$$

$$70. WTI_{l,j} = W_l (1 + ttw_{l,j})$$

Où

- WC_j : Taux de salaire moyen par branche j
 $WTI_{l,j}$: Taux de salaire par catégorie de travail l et par branche j incluant les taxes
 W_l : Taux de salaire par catégorie de travail l

L'équation 71 ci-dessous détermine le taux de rendement du capital moyen par branche. Tout comme l'équation 68 ci-dessus, dans le code GAMS cette équation est grisée. L'équation 72 détermine le taux de rendement du capital incluant les taxes. Finalement, l'équation 73 s'applique dans le cas où le capital est mobile entre les secteurs.

$$71. RC_j = \frac{\sum_k R_{k,j} KD_{k,j}}{KDC_j}$$

$$72. RTI_{k,j} = R_{k,j} (1 + ttik_{k,j})$$

$$73. R_{k,j} = RK_k$$

où :

RC_j	Taux de rendement du capital moyen par branche j
$RTI_{k,j}$	Taux de rendement du capital par catégorie de capital k et par branche j incluant les taxes
$R_{k,j}$	Taux de rendement du capital par catégorie de capital k et par branche j
RK_k	Taux de rendement par type de capital k

Le prix moyen de la branche j est une somme pondérée des produits vendus par cette branche. Cette équation sera également omise dans la résolution numérique du modèle puisque le calcul de PT est déjà implicitement calculé dans l'association des équations 65 et 66.

Par contre, si la branche ne produit qu'un seul bien, la valeur de PT_j ne peut être calculée avec les équations 65 et 66 et il faut alors retenir l'équation 74.

$$74 \text{ bis } PT_j = \frac{\sum_i P_{j,i} XS_{j,i}}{XST_j}$$

$$74. P_{j,i} = PT_j \{si XSO_{j,i} = XSTO_j\}$$

où :

PT_j	Prix de base de la production totale de la branche j
$P_{j,i}$	Prix de base de la production de la branche j en produit i

3.5.2 Les prix au commerce

Comme on le sait, les industries ont la possibilité de vendre leurs produits à l'étranger ou sur le marché local. Aussi le prix que le producteur reçoit est-il une moyenne pondérée par les quantités respectives des prix qu'il reçoit lorsqu'il vend sa production sur le marché local et lorsqu'il l'exporte.

$$75. P_{j,i} XS_{j,i} = PE_i EX_{j,i} + PL_i DS_{j,i}$$

où :

$P_{j,i}$	Prix de base de la production de la branche j en produit i
PE_i	Prix reçu pour l'exportation du produit i (excluant les taxes à l'exportation)
PL_i	Prix du produit i vendu sur le marché intérieur (excluant les taxes sur les produits)

Le prix facturé au reste du monde pour les exportations est calculé à partir du prix reçu par le producteur auquel s'ajoutent les éventuelles taxes à l'exportation. En d'autres mots, et compte tenu des prix mondiaux sur les deux marchés et de la dimension géographique des taxes imposées sur les produits exportés, le producteur reçoit un prix inférieur au prix payé par l'acheteur étranger.

$$76. \left[PE_i + \sum_{ij} PC_{ij} \text{tmrg}_{ij,i}^X \right] (1 + \text{ttix}_i) = PE_i^{FOB}$$

où :

PE_i	Prix reçu pour l'exportation du produit i (excluant les taxes à l'exportation)
PE_i^{FOB}	Prix FOB du produit exporté i (en monnaie locale)
ttix_i	Taux de taxes à l'exportation de produit i

Comme il a été expliqué précédemment, les biens achetés pour satisfaire la demande de consommation, de consommation intermédiaire ou de biens d'investissement sont des biens composites. Leurs prix sont donc également une somme pondérée des prix des produits locaux ou importés. Le prix local du produit i est d'abord calculé à partir du prix reçu par le producteur auquel s'ajoutent les taxes indirectes locales et les marges.

Ainsi :

$$77. PD_i = (1 + \text{ttic}_i) \left(PL_i + \sum_{ij} PC_{ij} \text{tmrg}_{ij,i} \right)$$

où :

PL_i	Prix du produit i vendu sur le marché intérieur (excluant les taxes sur les produits)
PD_i	Prix du produit i vendu sur le marché intérieur (incluant les taxes)

Pour ce qui est des importations, leur prix en monnaie nationale est déterminé à partir du prix mondial des importations converti en monnaie nationale, auquel on ajoute les droits de douane, les taxes indirectes et les marges.

$$78. PM_i = (1 + \text{ttic}_i) \left[(1 + \text{ttim}_i) PWM_i e + \left(\sum_{ij} PC_{ij} \text{tmrg}_{ij,i} \right) \right]$$

où :

PM_i	Prix du produit importé i (incluant les taxes et tarifs)
PWM_i	Prix mondial du produit importé i (en devises)

e Taux de change nominal

Le prix du produit composite disponible sur le marché intérieur sera donc une moyenne pondérée du prix local avec taxes et du prix du produit importé. Plus les importations accapareront le marché intérieur, plus les fluctuations de leur prix se répercuteront sur les prix intérieurs. Ainsi obtient-on l'équation suivante, qui tient compte de l'importance des deux marchés d'approvisionnement.

$$79. PC_i = PM_i(IM_i / Q_i) + PD_i(D_i / Q_i)$$

où :

PM_i : Prix du produit importé i (incluant les taxes et tarifs)

PD_i : Prix du produit i vendu sur le marché intérieur (incluant les taxes)

PC_i : Prix à la consommation du produit i (incluant les taxes et les marges)

3.5.3 Les indices de prix

Nous calculons divers indices de prix : un déflateur du PIB, un indice du prix à la consommation, un indice du prix des biens d'investissement ainsi qu'un indice des prix de la consommation publique.

$$80. PIXGDP = \sqrt{\frac{\sum_j PVA_j VAO_j}{\sum_j PVA_j^0 VA_j^0} \frac{\sum_j PVA_j VA_j}{\sum_j PVA_j^0 VA_j}}$$

$$81. PIXCON = \frac{\sum_i PC_i CO_i}{\sum_i PCO_i CO_i}$$

$$82. PIXINV = \prod_i \left(\frac{PC_{i_t}}{PCO_{i_t}} \right)^{\gamma_i}$$

$$83. PIXGVT = \prod_i \left(\frac{PC_i}{PCO_i} \right)^{\gamma_i^{GVT}}$$

où :

PC_i : Prix à la consommation du produit i (incluant les taxes et les marges)

$PIXCON$: Indice de prix à la consommation des ménages

$PIXGDP$: Déflateur du PIB

$PIXGVT$: Indice de prix à la consommation publique

$PIXINV$: Indice de prix à l'investissement privé

PVA_j : Prix de la valeur ajoutée de la branche j

$\gamma_{i,h}^{CONSO}$: Part du produit i dans le budget de consommation du ménage h

γ_i^{INV} :	Part du produit i dans l'investissement privé total
γ_i^{GVT} :	Part du produit i dans le budget du gouvernement

3.6 Les équations d'équilibre

L'équation 84 exprime la condition d'équilibre sur le marché des produits. La quantité demandée en produit i est égale à la somme de la demande finale des ménages, de la consommation de l'État, de la demande intermédiaire totale, de la demande en biens d'investissement et de la demande de marges :

$$84. Q_i = \sum_h C_{i,h} + CG_i + INV_i + DIT_i + VSTK_i + MRGN_i$$

où :

Q_i	Quantité demandée en produit i
$C_{i,h}$	Consommation des ménages h en produit i
CG_i	Consommation publique en produit i
DIT_i	Demande intermédiaire totale en produit i
INV_i	Demande finale de produit i aux fins d'investissement (FBCF)
$MRGN_i$	Demande de marge i

Les équations 85 et 86 représentent les équations d'équilibre sur le marché des facteurs. L'équation 85 détermine le taux de salaire par type de travail. Nous postulons que le travail est mobile entre les secteurs et qu'il n'y a pas de chômage. L'équation 86 représente l'équilibre sur le marché du capital.

$$85. \sum_j LD_{l,j} = LS_l$$

$$86. \sum_j KD_{k,j} = KS_k$$

où :

LS_l	Offre totale de travailleurs de type l
$LD_{l,j}$	Demande de travail de type l par les branches j
$KD_{k,j}$	Demande de capital de type k par la branche j
KS_k	Offre totale de capital de type k dans l'économie

L'équation 87 nous donne l'identité épargne-investissement. L'investissement total est égal à la somme des épargnes des agents dans l'économie (épargnes des domestiques et épargne du reste du monde).

$$87. IT = \sum_h SH_h + \sum_f SF_f + SG + SROW$$

où :

IT	Investissement total
SF_f	Épargne des firmes
SG	Épargne du gouvernement
SH_h	Épargne du ménage h
$SROW$	Épargne du reste du monde

La demande de produit i est égale à la somme des offres des branches pour ce produit.

$$88. \sum_j DS_{j,i} = DD_i$$

où :

DD_i	Demande intérieure totale en produit i
$DS_{j,i}$	Offre intérieure de produit i par la branche j

Finalement, l'équation 89 impose la condition d'équilibre sur le marché de l'exportation. Cette équation postule que l'offre d'exportation est égale à la demande.

$$89. \sum_j EX_{j,i} = EXD_i$$

où :

$EX_{j,i}$	Quantité de produit i exporté par la branche j
EXD_i	Demande mondiale pour le produit exporté i

3.7 Le produit intérieur brut

Ce dernier bloc d'équations calcule le PIB suivant les trois définitions. L'équation 90 définit le PIB au prix de base, alors que l'équation 91 calcule le PIB au prix du marché. L'équation 92 calcule le PIB selon l'approche des revenus et l'équation 93 selon l'approche de la demande finale.

$$90. GDP^{BP} = \sum_j PVA_j VA_j + TIPT$$

$$\begin{aligned}
91. \quad GDP^{MP} &= GDP^{BP} + TPRCTS \\
92. \quad GDP^{IB} &= \sum_{l,j} W_l LD_{l,j} + \sum_j R_j KD_j + TPROD N + TPRCTS \\
93. \quad GDP^{FD} &= \sum_i PC_i \left[\sum_h C_{i,h} + CG_i + INV_i + VSTK_i \right] \\
&\quad + \sum_i PE_i^{FOB} EX_i - \sum_i e PWM_i IM_i
\end{aligned}$$

3.8 Les variables réelles:

Finalement, les équations suivantes calculent certaines variables réelles. Ces variables supplémentaires servent à l'analyse des résultats. Il s'agit de la consommation réelle des ménages, des dépenses réelles du gouvernement, du PIB réel et de l'investissement réel.

$$\begin{aligned}
94. \quad CTH_h^{REAL} &= CTH_h / PIXCON \\
95. \quad G^{REAL} &= G / PIXGVT \\
96. \quad GDP^{BP_REAL} &= GDP^{BP} / PIXGDP \\
97. \quad GDP^{MP_REAL} &= GDP^{MP} / PIXCON \\
98. \quad GFCF^{REAL} &= GFCF / PIXINV
\end{aligned}$$

3.9 Le bouclage macroéconomique (ou fermeture)

Le bouclage, ou fermeture du modèle, indique les différentes hypothèses macroéconomiques retenues.

Dans cette version, nous avons conservé la fermeture du modèle PEP 1-1 v2. Nous supposons que le taux de change nominal est le numéraire de notre modèle. Il est donc fixe.

Nous supposons également que les dotations en facteurs sont fixes (travail et capital). Nous supposons que le capital est fixe par secteur alors que le travail est mobile entre les branches.

Comme nous l'avons mentionné plus haut, nous faisons l'hypothèse que le Tchad est un petit pays, c'est-à-dire qu'elle n'a aucune influence sur les prix mondiaux. Techniquement, cette hypothèse se traduit par l'exogénéité des prix mondiaux des exportations et des importations. Nous supposons également que le Tchad ne peut pas s'endetter sans limite auprès du reste du monde. De fait, la balance des opérations courantes est exogène.

Nous avons également fixé les transferts payés par le gouvernement et le reste du monde aux agents, n'ayant pas d'information pour les traiter différemment.

Enfin, nous supposons que la dépense de l'État en biens et services (le budget) est une variable exogène. Cette variable est une variable de politique économique, utile pour faire

des simulations, dans la mesure où le gouvernement peut décider d'augmenter ou de diminuer le budget qu'il alloue à tel ou tel ministère.

4 Équations, ensembles, variables et paramètres

4.1 Équations

4.1.1 Production

1. $VA_j = v_j XST_j$
2. $CI_j = i\omega_j XST_j$
3. $VA_j = B_j^{VA} \left[\beta_j^{VA} LDC_j^{-\rho_j^{VA}} + (1 - \beta_j^{VA}) KDC_j^{-\rho_j^{VA}} \right]^{-\frac{1}{\rho_j^{VA}}}$
4. $LDC_j = \left[\frac{\beta_j^{VA}}{1 - \beta_j^{VA}} \frac{RC_j}{WC_j} \right]^{\sigma_j^{VA}} KDC_j$
5. $LDC_j = B_j^{LD} \left[\sum_l \beta_{l,j}^{LD} LD_{l,j}^{-\rho_j^{LD}} \right]^{-\frac{1}{\rho_j^{LD}}}$
6. $LD_{l,j} = \left[\frac{\beta_{l,j}^{LD} WC_j}{W_l} \right]^{\sigma_j^{LD}} (B_j^{LD})^{\sigma_j^{LD}-1} LDC_j$
7. $KDC_j = B_j^{KD} \left[\sum_k \beta_{k,j}^{KD} KD_{k,j}^{-\rho_j^{KD}} \right]^{-\frac{1}{\rho_j^{KD}}}$
8. $KD_{k,j} = \left[\frac{\beta_{k,j}^{KD} RC_j}{R_{k,j}} \right]^{\sigma_j^{KD}} (B_j^{KD})^{\sigma_j^{KD}-1} KDC_j$
9. $DI_{i,j} = aij_{i,j} CI_j$

4.1.2 Revenu et épargne

4.1.2.1 Ménages

10. $YH_h = YHL_h + YHK_h + YHTR_h$
11. $YHL_h = \sum_{j,l} \left(\lambda_{h,l}^{WL} w_l \sum_j (LD_{l,j}) \right)$
12. $YHK_h = \lambda_h^{RK} \left(\sum_j R_j KD_j \right)$
13. $YHTR_h = \sum_{ag} TR_{h,ag}$
14. $YDH_h = YH_h - TDH_h - TR_{gvt',h}$

$$15. CTH_h = YDH_h - SH_h - \sum_{agng} TR_{agng,h}$$

$$16. SH_h = PIXCON^n sh0_h + sh1_h YDH_h$$

4.1.2.2 Firmes

$$17. YF_f = YFK_f + YFTR_f$$

$$18. YFK_f = \lambda_f^{RK} \left(\sum_j R_j KD_j \right)$$

$$19. YFTR_f = \sum_{ag} TR_{f,ag}$$

$$20. YDF_f = YF_f - TDF_f$$

$$21. SF_f = YDF_f - \sum_{ag} TR_{ag,f}$$

4.1.2.3 Gouvernement

$$22. YG = YGK + TDHT + TDFT + TPRDN + TPRCTS + YGTR$$

$$23. YGK = \lambda_{gvt}^{RK} \sum_j R_j KD_j$$

$$24. TDHT = \sum_h TDH_h$$

$$25. TDFT = \sum_f TDF_f$$

$$26. TPRDN = TIWT + TIKT + TIPT$$

$$27. TIWT = \sum_{l,j} TIW_{l,j}$$

$$28. TIKT = \sum_{k,j} TIK_{k,j}$$

$$29. TIPT = \sum_j TIP_j$$

$$30. TPRCTS = TICT + TIMT + TIXT$$

$$31. TICT = \sum_i TIC_i$$

$$32. TIMT = \sum_i TIM_i$$

$$33. TIXT = \sum_i TIX_i$$

$$34. YGTR = \sum_{agng} TR_{gvt,agng}$$

$$35. TDH_h = PIXCON^n ttdh0_h + ttdh1_h YH_h$$

$$36. TDF_f = PIXCON^n ttdf0_f + ttdf1_f YFK_f$$

$$37. TIW_{l,j} = ttiw_{l,j} W_l LD_{l,j}$$

$$38. TIK_{k,j} = ttik_{k,j} R_{k,j} KD_{k,j}$$

$$39. TIP_j = ttip_j PP_j XST_j$$

$$40. TIC_i = ttic_i \left[PL_i + \sum_{ij} PC_{ij} tmr g_{ij,i} \right] DD_i + \left[(1 + ttim_i) PWM_i e + \sum_{ij} PC_{ij} tmr g_{ij,i} \right] IM_i$$

$$41. TIM_i = ttim_i PWM_i e IM_i$$

$$42. TIX_{ia} = tlix_{ia} \left(PE_{ia} + \sum_{iaj} PC_{iaj} tmr g_{iaj,i}^X \right) EXD_{ia}$$

$$43. SG = YG - \sum_{agn g} TR_{agn g, gvt} - G$$

4.1.2.4 Reste du monde

$$44. YROW = e \sum_i PWM_i IM_i + \lambda_{row}^{RK} \left(\sum_j R_{j,t} KD_{k,j} \right) + \sum_{agd} TR_{row, agd}$$

$$45. SROW = YROW - \sum_{ia} PE_{ia}^{FOB} EXD_{ia} - \sum_{agd} TR_{agd, row}$$

$$46. SROW = -CAB$$

4.1.2.5 Transferts

$$47. TR_{agn g, h} = \lambda_{agn g, h}^{TR} YDH_h$$

$$48. TR_{gvt, h} = PIXCON^\eta tr0_h + tr1_h YH_h$$

$$49. TR_{ag, f} = \lambda_{ag, f}^{TR} YDF_f$$

$$50. TR_{agn g, gvt'} = PIXCON^\eta TR_{agn g, gvt'}^0$$

$$51. TR_{agd, row} = PIXCON^\eta TR_{agd, row}^0$$

4.1.3 Demande

$$52. PC_i C_{i, h} = PC_i C_{i, h}^{MIN} + \gamma_{i, h}^{LES} \left(CTH_h - \sum_{ij} PC_{ij} C_{ij, h}^{MIN} \right)$$

$$53. GFCF = IT - \sum_i PC_i VSTK_i$$

$$54. PC_i INV_i = \gamma_i^{INV} GFCF$$

$$55. PC_i CG_i = \gamma_i^{GVT} G$$

$$56. DIT_i = \sum_j DI_{i, j}$$

$$57. MRGN_i = \sum_{ij} tmrg_{i,ij} D_{ij} + \sum_{ij} tmrg_{i,ij} IM_{ij} + \sum_{ij} tmrg_{i,ij}^X EXD_{ij}$$

4.1.4 Offre de produits par les producteurs locaux et commerce international

$$58. XST_j = B_j^{XT} \left[\sum_i \beta_{j,i}^{XT} XS_{j,i}^{\rho_j^{XT}} \right]^{\frac{1}{\rho_j^{XT}}}$$

$$59. XS_{j,i} = \frac{XST_j}{\left(B_j^{XT} \right)^{1+\sigma_j^{XT}}} \left[\frac{P_{j,i}}{\beta_{j,i}^{XT} PT_j} \right]^{\sigma_j^{XT}}$$

$$60. XS_{j,i} = B_{j,i}^X \left[\beta_{j,i}^X EX_{j,i}^{\rho_j^X} + (1 - \beta_{j,i}^X) DS_{j,i}^{\rho_j^X} \right]^{\frac{1}{\rho_j^X}}$$

$$61. EX_{j,i} = \left[\frac{1 - \beta_{j,i}^X}{\beta_{j,i}^X} \frac{PE_i}{PL_i} \right]^{\sigma_{j,i}^X} DS_{j,i}$$

$$62. EXD_{ia} = EXD_{ia}^O \left(\frac{e PWX_{ia}}{PE_{ia}^{FOB}} \right)^{\sigma_{ia}^{XD}}$$

$$63. Q_{i,t} = B_i^M \left[\beta_i^M IM_{i,t}^{-\rho_i^M} + (1 - \beta_i^M) DD_{i,t}^{-\rho_i^M} \right]^{\frac{-1}{\rho_i^M}}$$

$$64. IM_{i,t} = \left[\frac{\beta_i^M}{1 - \beta_i^M} \frac{PD_{i,t}}{PM_{i,t}} \right]^{\sigma_i^M} DD_{i,t}$$

4.1.5 Prix

4.1.5.1 Production

$$65. PP_j XST_j = PVA_j VA_j + PCI_j CI_j$$

$$66. PT_j = (1 + tip_j) PP_j$$

$$67. PCI_j = \sum_i PC_i (DI_{i,j} / CI_j)$$

$$68. PVA_j VA_j = WC_j LDC_j + RC_j KDC_j$$

$$69. WC_j LDC_j = \sum_l WTI_{l,j} LD_{l,j}$$

$$70. WTI_{l,j} = W_l (1 + tiw_{l,j})$$

$$71. RC_j = \frac{\sum_k R_{k,j} KD_{k,j}}{KDC_j}$$

$$72. RTI_{k,j} = R_{k,j} (1 + ttik_{k,j})$$

$$73. R_{k,j} = RK_k$$

$$74. P_{j,i} = PT_j \{si XSO_{j,i} = XSTO_j\}$$

4.1.5.2 Commerce international

$$75. P_{j,i} XS_{j,i} = PE_i EX_{j,i} + PL_i DS_{j,i}$$

$$76. \left[PE_i + \sum_{ij} PC_{ij} tmrg_{ij,i}^X \right] (1 + ttix_i) = PE_i^{FOB}$$

$$77. PD_i = (1 + ttic_i) \left(PL_i + \sum_{ij} PC_{ij} tmrg_{ij,i} \right)$$

$$78. PM_i = (1 + ttic_i) \left[(1 + ttim_i) PWM_i e + \left(\sum_{ij} PC_{ij} tmrg_{ij,i} \right) \right]$$

$$79. PC_i = PM_i (IM_i / Q_i) + PD_i (D_i / Q_i)$$

4.1.5.3 Les indices de prix

$$80. PIXGDP = \sqrt{\frac{\sum_j PVA_j VAO_j \sum_j PVA_j VA_j}{\sum_j PVA_j^0 VA_j^0 \sum_j PVA_j^0 VA_j}}$$

$$81. PIXCON = \frac{\sum_i PC_i CO_i}{\sum_i PCO_i CO_i}$$

$$82. PIXINV = \prod_i \left(\frac{PC_i}{PCO_i} \right)^{\gamma_i}$$

$$83. PIXGVT = \prod_i \left(\frac{PC_i}{PCO_i} \right)^{\gamma_i^{GVT}}$$

4.1.6 Équilibre

$$84. Q_i = \sum_h C_{i,h} + CG_i + INV_i + DIT_i + VSTK_i + MRGN_i$$

$$85. \sum_j LD_{l,j} = LS_l$$

$$86. \sum_j KD_{k,j} = KS_k$$

$$87. IT = \sum_h SH_h + \sum_f SF_f + SG + SROW$$

$$88. \sum_j DS_{j,i} = DD_i$$

$$89. \sum_j EX_{j,i} = EXD_i$$

4.1.7 Produit intérieur brut

$$90. GDP^{BP} = \sum_j PVA_j VA_j + TIPT$$

$$91. GDP^{MP} = GDP^{BP} + TPRCTS$$

$$92. GDP^{IB} = \sum_{l,j} W_l LD_{l,j} + \sum_j R_j KD_j + TPROD_N + TPRCTS$$

$$93. GDP^{FD} = \sum_i PC_i \left[\sum_h C_{i,h} + CG_i + INV_i + VSTK_i \right] \\ + \sum_i PE_i^{FOB} EX_i - \sum_i e PWM_i IM_i$$

4.1.8 Variables réelles

$$94. CTH_h^{REAL} = CTH_h / PIXCON$$

$$95. G^{REAL} = G / PIXGVT$$

$$96. GDP^{BP_REAL} = GDP^{BP} / PIXGDP$$

$$97. GDP^{MP_REAL} = GDP^{MP} / PIXCON$$

$$98. GFCF^{REAL} = GFCF / PIXINV$$

4.2 Ensembles

4.2.1 Branches et produits

Toutes les branches :

$$j, jj \in J = \left\{ \begin{array}{l} b1, b2, b3, b4, b5, b6, b7, b8, b10, b11, b12, b13, b14, b15, b16, b17, b18 \\ b19, b20, b21, b22, b23 \end{array} \right\}$$

Tous les produits :

$$ia, iaj \in IA = \left\{ \begin{array}{l} p1, p2, p3, p4, p5, p6, p7, p8, p9, p10, p11, p12, p13, p14, p15, p16, p17 \\ p18, p19, p20, p21, p22, p23 \end{array} \right\}$$

Tous les produits sauf P6 (raffinerie, n'existe pas dans la MCS 2008)

$$i, ij \in IA = \left\{ \begin{array}{l} p1, p2, p3, p4, p5, p7, p8, p9, p10, p11, p12, p13, p14, p15, p16, p17 \\ p18, p19, p20, p21, p22, p23 \end{array} \right\}$$

4.2.2 Les facteurs de production

$$l, lj \in L = \{lab\}$$

$$k, kj \in K = \{cap\}$$

4.2.3 Agents

Tous les agents:

$$ag, agj \in AG = H \cup F \cup \{GVT, ROW\} = \{HH, ISBL, firm, GVT, ROW\}$$

$$h, hj \in H \subset AG =$$

Ménages : $\{HH, ISBL\}$

Agents non gouvernementaux : $agng \in AGNG \subset AG = H \cup F \cup \{ROW\} = \{\{HH, ISBL, firm, ROW\}\}$

Agents nationaux : $agd \in AGD \subset AG = H \cup F \cup \{GVT\} = \{HH, ISBL, firm, GVT\}$

4.3 Variables

4.3.1 Variables en volume

$C_{i,h}$: Consommation des ménages en produit i

CG_i : Consommation publique en produit i

CI_j : Consommation intermédiaire totale de la branche j

$C_{i,h}^{MIN}$: Consommation minimale en produit i par le ménage de type h

CTH_h^{REAL} : Budget réel de consommation du ménage de type h

DD_i :	Demande intérieure totale en produit i
$DI_{i,j}$:	Consommation intermédiaire en produit i par la branche j
DIT_i :	Demande intermédiaire totale en produit i
$DS_{j,i}$:	Offre intérieure de produit i par la branche j
$EX_{j,i}$:	Quantité de produit i exporté par la branche j
EXD_i :	Demande du reste du monde pour le produit exporté i
G^{REAL} :	Dépenses publiques courantes réelles en biens et services
GDP^{BP_REAL} :	PIB réel au prix de base
GDP^{MP_REAL} :	PIB réel au prix de marché
$GFCF^{REAL}$:	Formation brute de capital fixe réelle
IM_i :	Quantité de produit i importé
INV_i :	Demande finale totale de produit i pour fin d'investissement (FBCF)
$KD_{k,j}$:	Demande de capital de type k par la branche j
KDC_j :	Demande de capital composite par la branche j
KS_j :	Offre totale de capital par branche j
$LD_{l,j}$:	Demande de travail de type l par la branche j
LS_l :	Offre totale de travailleurs de type l
$MARGN_i$:	Demande de marge en produit i
Q_i :	Quantité demandée en produit i
VA_j :	Valeur ajoutée de la branche j
$VSTK_i$:	Variation de stock pour le produit i
$XS_{j,i}$:	Production en produit i par la branche j
XST_j :	Production totale agrégée de la branche j

4.3.2 Variables prix

e :	Taux de change
$P_{j,i}$:	Prix de base de la production de la branche j en produit i
PC_i :	Prix à la consommation du produit i (incluant les taxes et les marges)
PCI_j :	Indice de prix de la consommation intermédiaire de la branche j
PD_i :	Prix du produit i vendu sur le marché intérieur (incluant taxes)
PE_i :	Prix reçu pour l'exportation du produit i (excluant les taxes à l'export)
PE_i :	Prix reçu pour l'exportation du produit i (excluant les taxes à l'export)
PE_i^{FOB} :	Prix FOB du produit exporté i vers le RDM (en monnaie locale)
$PIXCON$:	Indice de prix à la consommation des ménages
$PIXGDP$:	Déflateur du PIB
$PIXGVT$:	Indice de prix à la consommation publique
$PIXINV$:	Indice de prix à l'investissement

PL_i :	Prix du produit i vendu sur le marché intérieur (excluant les taxes sur les produits)
PM_i :	Prix du produit importé i (incluant taxes et tarifs)
PP_j :	Prix de la production totale de la branche j
PT_j :	Prix de base de la production totale de la branche j
PVA_j :	Prix de la valeur ajoutée de la branche j
PWM_i :	Prix mondial du produit importé i (en devises)
PWX_i :	Prix mondial du produit exporté i (en devises)
$R_{k,j}$:	Taux de rendement du capital de type k dans la branche j
RC_j :	Taux de rendement du capital composite dans la branche j
RK_k :	Taux de rendement du capital de type k (si le capital est mobile)
$RTI_{k,j}$:	Taux de rendement du capital de type k incluant les taxes dans la branche j
W_l :	Taux de rémunération des travailleurs de type l
WC_j :	Taux de rémunération moyen dans la branche j
$WTI_{l,j}$:	Taux de rémunération des travailleurs de type l incluant les taxes dans le secteur j

4.3.3 Variables nominales (valeur)

CAB :	Balance des opérations courantes
CTH_h :	Budget de consommation du ménage h
G :	Dépenses publiques courantes en biens et services
GDP^{BP} :	PIB au prix de base
GDP^{FD} :	PIB au prix de marché (demande finale)
GDP^{IB} :	PIB au prix de marché (revenu)
GDP^{MP} :	PIB au prix de marché
$GFCF$:	Formation brute de capital fixe
IT :	Investissement total
SF_f :	Épargne des firmes de type f
SG :	Épargne du gouvernement
SH_h :	Épargne du ménage h
$SROW$:	Épargne du reste du monde
TDF_f :	Impôt sur le revenu des entreprises de type f
$TDFT$:	Recettes fiscales totales provenant des impôts sur le revenu des firmes
TDH_h :	Impôt sur le revenu du ménage h
$TDHT$:	Recettes fiscales totales provenant des impôts sur le revenu des ménages
TIC_i :	Recettes publiques provenant des taxes indirectes sur le produit i
$TICT$:	Recettes publiques totales provenant des taxes indirectes
$TIK_{k,j}$:	Recettes publiques provenant des taxes sur le capital de type k dans la branche j

$TIKT$:	Recettes publiques totales provenant des taxes sur le capital
TIM_i :	Recettes publiques provenant des tarifs douaniers sur le produit i
$TIMT$:	Recettes publiques totales provenant des tarifs douaniers
TIP_j :	Recettes publiques provenant des taxes à la production de la branche j
$TIPT$:	Recettes publiques totales provenant des taxes à la production
$TIW_{l,j}$:	Recettes publiques provenant des taxes sur la masse salariale de type l de la branche j
$TIWT$:	Recettes publiques totales provenant des taxes sur la masse salariale
TIX_i :	Recettes publiques provenant des taxes à l'exportation de produit i
$TIXT$:	Recettes publiques totales provenant des taxes à l'exportation
$TPRCTS$:	Recettes publiques provenant des taxes sur les produits
$TPRODN$:	Recettes publiques provenant des taxes sur la production
$TR_{ag,agj}$:	Transferts de l'agent agj à l'agent ag
YDF_f :	Revenu disponible des entreprises de type f
YDH_h :	Revenu disponible du ménage h
YF_f :	Revenu total des entreprises de type f
YFK_f :	Revenu du capital des entreprises de type f
$YFTR_f$:	Revenu de transferts des entreprises de type f
YG :	Revenu total du gouvernement
YGK :	Revenu du capital du gouvernement
$YGTR$:	Revenu de transferts du gouvernement
YH_h :	Revenu total du ménage h
YHK_h :	Revenu du capital du ménage h
YHL_h :	Revenu du travail du ménage h
$YHTR_h$:	Revenu de transferts du ménage h
$YROW$:	Revenu du reste du monde

4.3.4 Taux et ordonnées à l'origine

$sh0_h$:	Ordonnée à l'origine (épargne des ménages de type h)
$sh1_h$:	Pente (épargne des ménages de type h)
$tr0_h$:	Ordonnée à l'origine (transferts du ménage de type h au gouvernement)
$tr1_h$:	Taux des transferts des ménages de type h au gouvernement
$ttdf0_f$:	Ordonnée à l'origine (revenu des entreprises)
$ttdf1_f$:	Taux d'imposition des entreprises de type f
$ttdh0_h$:	Ordonnée à l'origine (revenu des ménages de type h)
$ttdh1_h$:	Taux d'imposition des ménages
$ttic_i$:	Taux de taxe sur le produit i
$ttik_{k,j}$:	Taux de taxe sur le capital de type k dans la branche j
$ttim_i$:	Taux de tarif douanier sur l'importation de produit i

$ttip_j$:	Taux de taxe à la production de la branche j
$ttiwl_{l,j}$:	Taux de taxe sur la masse salariale de type l dans la branche j
$ttix_i$:	Taux de taxe à l'exportation de produit i

4.3.5 Paramètres

$aij_{i,j}$:	Coefficient input-output
B_j^{KD} :	Paramètre d'échelle (CES – capital composite)
B_j^{LD} :	Paramètre d'échelle (CES – travail composite)
B_i^M :	Paramètre d'échelle (CES – produit composite)
B_j^{VA} :	Paramètre d'échelle (CES – valeur ajoutée)
$B_{j,i}^X$:	Paramètre d'échelle (CET – marché mondial et intérieur)
B_j^{XT} :	Paramètre d'échelle (CET –output total)
$\beta_{k,j}^{KD}$:	Paramètre distributif (CES – capital composite)
$\beta_{l,j}^{LD}$:	Paramètre distributif (CES – travail composite)
β_i^M :	Paramètre distributif (CES – produit composite)
β_j^{VA} :	Paramètre distributif (CES – valeur ajoutée)
$\beta_{j,i}^X$:	Paramètre distributif (CET – marché mondial et intérieur)
$\beta_{j,i}^{XT}$:	Paramètre distributif (CET –output total)
η :	Élasticité prix des transferts et paramètres indexés
$frisch_h$:	Paramètre de Frisch (fonction LES)
γ_i^{GVT} :	Part du produit i dans la dépense courante totale en biens et services.
γ_i^{INI} :	Part du produit i dans la dépense d'investissement
$\gamma_{i,h}^{LES}$:	Part marginale du produit i pour le ménage de type h
io_j :	Coefficient (Leontief – consommation intermédiaire)
$kmob$:	Paramètre binaire
$\lambda_{ag,k}^{RK}$:	Part de la rémunération du capital reçu par l'agent ag
$\lambda_{ag,agj}^{TR}$:	Paramètre distributif (fonction de transferts entre agents)
$\lambda_{h,l}^{WL}$:	Part de la rémunération du travail reçu par le ménage h
ρ_j^{KD} :	Paramètre d'élasticité (CES – capital composite)
ρ_j^{LD} :	Paramètre d'élasticité (CES – travail composite)
ρ_i^M :	Paramètre d'élasticité (CES – produit composite)
ρ_j^{VA} :	Paramètre d'élasticité (CES – valeur ajoutée)
$\rho_{j,i}^X$:	Paramètre d'élasticité (CET – marché mondial et intérieur) ;
ρ_j^{XT} :	Paramètre d'élasticité (CET – output total)

σ_j^{KD} :	Élasticité de substitution (CES – capital composite)
σ_j^{LD} :	Élasticité de substitution (CES – travail composite)
σ_i^M :	Élasticité (CES – produit composite)
σ_j^{VA} :	Élasticité (CES – valeur ajoutée)
$\sigma_{j,i}^X$:	Élasticité (CET – marché mondial et intérieur)
σ_i^{XD} :	Élasticité-prix de la demande du reste du monde pour le produit
σ_j^{XT} :	Élasticité (CET –output total)
$\sigma_{i,h}^Y$:	Élasticité (fonction LES)
$tmrg_{i,ij}$:	Taux de marge i appliqué au produit ij
$tmrg_{i,ij}^X$:	Taux de marge i appliqué au produit exporté ij
v_j :	Coefficient (Leontief – valeur ajoutée)

5 Bibliographie :

Decaluwé, B., A. Lemelin, V.Robichaud et H.Maisonnave (2013) « PEP-1-1 (Single-Country, Static Version), version 2.1», disponible en ligne sur le site www.pep-net.org

Robichaud, V. (2013) « Étapes de construction de la MCS 2008 pour le Tchad », rapport interne au projet PNUD-PEP (juin 2013)

Robichaud, V. (2013) « Étapes de construction de la MCS 2008 désagrégée pour le Tchad », rapport interne au projet PNUD-PEP (décembre 2013)