

## **AGRODEP Technical Note 0017**

**October 2019**

### **Une analyse comparative des méthodes de mise à jour et de rééquilibrage des matrices de comptabilité sociale**

**Fousseini Traoré  
Alhassane Camara  
Kike Yra Fonton**

Les Notes Techniques d'AGRODEP sont conçues pour documenter des outils et des méthodes de pointe. Elles sont distribuées afin d'aider les membres d'AGRODEP à résoudre les problèmes techniques liés à l'utilisation de modèles et de données. Les Notes Techniques ont été relues mais n'ont pas fait l'objet d'un examen externe formel par des pairs à travers le Comité de relecture des publications de l'IFPRI; les opinions exprimées sont celles de l'auteur ou des auteurs et ne reflètent pas nécessairement les opinions d'AGRODEP ou de l'IFPRI.



## Table des matières

<b>Liste des tableaux</b> .....	<b>3</b>
<b>Table des figures</b> .....	<b>4</b>
<b>I. Introduction</b> .....	<b>5</b>
<b>II. Description des méthodes</b> .....	<b>7</b>
<i>a. La méthode de l'entropie croisée</i> .....	7
<i>b. La méthode des Moindres Carrés Ordinaires</i> .....	9
<i>c. Minimisation de la fonction de coût de Huber (1964)</i> .....	10
<i>d. Minimisation de la distance de Hellinger</i> .....	11
<b>III. Données et applications</b> .....	<b>11</b>
<i>a. Données</i> .....	11
<i>b. Résultats</i> .....	12
<i>i) Analyse des différences entre les coefficients mis à jour et observés</i> .....	15
<i>ii) Analyse des changements structurels</i> .....	16
<i>iii) Analyse des comptes les plus affectés</i> .....	18
<i>iv) Effets sur la structure de la production et intensités factorielles (sans modification des méthodes MCO et Huber)</i> .....	24
<i>v) Effets sur la structure de la production et intensités factorielles (en considérant les versions modifiées de Huber et MCO)</i> .....	25
<b>IV. Conclusion</b> .....	<b>29</b>
<b>Annexe</b> .....	<b>31</b>
<b>Références</b> .....	<b>33</b>

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1 Indicateurs macroéconomiques .....</b>	<b>12</b>
<b>Tableau 2: Différences entre les MCS initiale (2006) et observée ( 2011).....</b>	<b>14</b>
<b>Tableau 3 : Écarts absolus moyens (valeur absolue) .....</b>	<b>15</b>
<b>Tableau 4: Écarts proportionnels moyens (valeur absolue).....</b>	<b>16</b>
<b>Tableau 5 : Comparaison des méthodes en termes de cellules (transactions) créées ou supprimées</b>	<b>17</b>
<b>Tableau 6 : Analyse des écarts absolus lorsque les contraintes présentées ci-dessus sont introduites .....</b>	<b>18</b>
<b>Tableau 7 : Analyse des écarts proportionnels lorsque les contraintes présentées ci-dessus sont introduites.....</b>	<b>18</b>
<b>Tableau 8: Déviations observées avec la méthode de l'entropie croisée .....</b>	<b>19</b>
<b>Tableau 9 Déviations observées avec la méthode de Hellinger .....</b>	<b>20</b>
<b>Tableau 10 Déviations observées avec la méthode de Huber .....</b>	<b>21</b>
<b>Tableau 11 : Déviations observées avec la méthode des MCO .....</b>	<b>22</b>
<b>Tableau 12 Déviations observées avec les méthodes MCO<sub>b</sub> et Huber<sub>b</sub>.....</b>	<b>23</b>
<b>Tableau 13 Intensités en capital dans les secteurs .....</b>	<b>28</b>
<b>Tableau 14 Correspondance entre les branches des matrices de 2006 et 2011 .....</b>	<b>31</b>
<b>Tableau 15 Correspondance entre les comptes des facteurs et des institutions des matrices de 2006 et 2011 .....</b>	<b>32</b>

**Table des figures**

**Figure 1 Composition de la production et intensité factorielle .....25**

**Figure 2 Composition de la production et intensité factorielle .....27**

## I. Introduction

Les modèles d'équilibre général calculable (MEGC), largement admis dans la littérature et utilisés comme outils d'analyse d'impacts potentiels de politiques économiques, sont alimentés par des données provenant de la Matrice de Comptabilité Sociale (MCS). Celle-ci appartient à la grande famille des comptes nationaux, représentant l'ensemble des interrelations entre les activités, les institutions d'une économie. Decaluwé, Martens et Savard (2001) en donnent les principales caractéristiques : « d'une part, la MCS offre une présentation cohérente des transactions qui prennent place dans une économie déterminée, qu'ils s'agissent d'un pays, d'une région, ou encore d'un ensemble de pays ou de régions et, d'autre part elle fournit aux décideurs de la politique économique la base comptable d'un cadre analytique susceptible de faciliter leur choix ». <sup>1</sup>

Cependant l'élaboration d'une MCS désagrégée pour une année récente peut se révéler complexe et laborieuse, car elle exige la disponibilité, l'accès, la compilation et la mise en cohérence des données provenant de diverses sources<sup>2</sup>. Par ailleurs, même si certaines de ces données sont disponibles et accessibles au moment de la conception de la MCS, elles peuvent révéler des informations relativement obsolètes et donc moins pertinentes. Une solution proposée dans la littérature est de procéder à une mise à jour d'une MCS préalablement construite dans une période antérieure, en prenant en compte de nouvelles informations disponibles sur la structure de l'économie considérée. (Robinson et al., 2001). A cet effet la littérature offre plusieurs méthodes et ouvre une discussion sur leurs validités, forces et faiblesses.

Dans une étude pionnière, Robinson et al. (2001) s'appuient sur les simulations Monte Carlo en perturbant aléatoirement une MCS initialement équilibrée pour comparer les méthodes Cross-Entropy (CE) et RAS. La MCS ainsi perturbée, est ensuite mise à jour pour être cohérente avec les nouvelles informations en utilisant les deux méthodes. Des résultats, il ressort que si l'analyste s'intéresse à la matrice des coefficients (ratios), la méthode de l'entropie croisée semble supérieure à la méthode RAS. En revanche, si l'attention est portée sur les flux, les deux méthodes sont très proches, la méthode RAS étant légèrement meilleure. Dans un registre similaire, Ahmed et Preckel(2007) analysent la précision des méthodes RAS et CE en comparant un tableau d'entrées-sorties mis à jour par les deux méthodes aux données observées ; les auteurs en concluent que les écarts entre le tableau mis à jour et les données observées sont relativement plus faibles dans le cas de la méthode CE que dans celui de la méthode RAS. Lee (2015) étudie la performance des méthodes RAS, CE, des moindres carrés et la programmation linéaire (sous deux variantes). L'auteur constate que la méthode CE est relativement plus précise que les autres méthodes.

---

<sup>1</sup> Pour plus de détails sur la MCS et son élaboration, voir Fofana (2007), Decaluwé, Martens et Savard (2001), Pyatt et Round (1985)

<sup>2</sup> TRE: Tableau des Ressources et Emplois, TCEI : Tableau des Comptes Economiques Intégrés, TOFE : Tableau des Operations financières de l'Etat, BP : Balance des paiements, une enquête des ménages.

Cependant, même si les travaux précédents soutiennent la relative supériorité de la méthode CE sur la méthode RAS, Gunluk-Senesen et Bates (1988) donnent un avis plus nuancé. Selon ces auteurs l'attractivité des différentes méthodes examinées change à mesure que le niveau d'agrégation est modifié. Au niveau plus agrégé, les méthodes de minimisation de fonctions de pertes ne sont pas satisfaisantes mais le sont après désagrégation. Pour eux, une amélioration considérable du tableau mis à jour peut être obtenue avec peu de désagrégation lorsqu'il est possible de sélectionner le ou les secteurs à désagréger. En outre le critère de proximité/différence que l'on considère peut être biaisé en direction d'une des méthodes du fait de la fonction objectif que l'on retient (critère de minimisation). Enfin il convient de noter que la méthode RAS n'est qu'un cas particulier de la méthode de l'entropie croisée (généralisée).

Un défi majeur à relever lorsqu'il s'agit de mettre à jour une MCS pour une année récente, est de prendre en compte les changements structurels survenus durant la période qui sépare la date de la SAM initiale et celle de la SAM finale. Ces changements sont reflétés par l'apparition de nouvelles transactions (type 1) ou les changements de signe des transactions nettes (type 2). Les changements de type 1 peuvent affecter toute cellule de la SAM ayant un sens économique. Ainsi, le défi auquel fait face l'analyste est (i) d'identifier ces cellules affectées avant la procédure de mise à jour, (ii) de trouver les méthodes adéquates pour les prendre en compte dans la SAM mise à jour au lieu de l'application d'une méthode purement statistique. Les changements de type 2 concernent généralement les épargnes provenant du gouvernement, du reste du monde ou des différentes catégories de ménages. Lorsqu'ils surviennent (par exemple, pour diverse raisons, l'épargne publique peut changer d'une valeur négative vers une valeur positive entre deux dates), il est alors important pour l'analyste de trouver les méthodes pour les introduire comme contraintes dans la mise à jour de la SAM. Un autre défi, non moins important est le traitement des valeurs négatives (subvention ou épargne). En général les fonctions de minimisation dans les méthodes d'optimisation utilisées dans l'exercice de mise à jour de la SAM (par exemple, l'entropie croisée) ne permettent pas le traitement de valeur négative). Ici, le challenge pour l'analyste est d'employer les techniques qui permettent le maintien des signes des transaction telles que les subventions, mais également assez flexible pour prendre en compte les changements structurels liés au changement de signe affectant les épargnes.

Dans la lignée des analyses présentées ci-dessus<sup>3</sup>, l'objectif de cette Note Technique est de proposer une analyse comparative de quatre méthodes (CE, MCO, Huber et Hellinger) dans la mise à jour d'une MCS. Les différences entre cette Note et les études citées peuvent se décliner comme suit :

- i. Au-delà de la comparaison des méthodes CE et RAS, cette Note donne des applications des méthodes de Huber et Hellinger, qui sont quasiment absentes dans la littérature sur la mise à jour des MCS.

---

<sup>3</sup> A l'exception de Lee (2014)

- ii. A la différence des études basées sur les expériences Monte Carlo (Robinson et al., 2001), la comparaison des différentes méthodes dans cette note s'appuie sur l'analyse des écarts entre la structure de la MCS actualisée celle de la MCS observée<sup>4</sup>. En outre, contrairement à Ahmed et Preckel (2007), la présente étude compare la performance de ces méthodes selon différents critères : a) analyse des écarts entre les coefficients actualisés et les coefficients observés, b) la capacité des méthodes à répliquer les changements structurels (apparition d'une nouvelle transaction ou changement de signes), c) identification des comptes les plus affectés, d) analyse des changements de la structure de la production et des intensités factorielles.

La section 1 présente une description des méthodes CE, MCO, Huber et Hellinger appliquées au problème de mise à jour de la MCS, la section 2 présente les données et les résultats de l'application, avant de tirer une conclusion.

## II. Description des méthodes

Dans cette section, nous présentons les différentes méthodes qui seront utilisées dans l'exercice de mise à jour d'une MCS. L'accent est mis sur le cadre théorique de ces approches.

### *a. La méthode de l'entropie croisée*

La méthode de l'entropie croisée est une méthode flexible et puissante lorsqu'il s'agit de données dispersées et incohérentes. Elle permet d'incorporer des erreurs de variables, des contraintes d'inégalité et des connaissances préalables sur une partie quelconque de la MCS. Robinson et al (2001) décrivent la technique d'entropie croisée comme une méthode de résolution des problèmes d'estimation sous-déterminée. Le problème est sous-déterminé car, pour une matrice  $n \times n$ , nous cherchons à identifier  $n^2$  paramètres inconnus non négatifs (c'est-à-dire les cellules de la MCS). Cependant, il n'y a que  $2n-1$  restrictions indépendantes de sommation des lignes et des colonnes. En d'autres termes, des restrictions doivent être imposées au problème d'estimation afin que nous ayons suffisamment d'informations pour obtenir une solution unique et fournir assez de degrés de liberté. La philosophie sous-jacente de l'estimation de l'entropie est d'utiliser toutes et seulement les informations disponibles pour le problème en question : la procédure d'estimation ne doit pas ignorer les informations disponibles, ni ajouter de fausses informations.

Dans le cas de l'estimation des MCS, une "information" pourrait suggérer qu'il y ait une erreur de mesure concernant les variables et que certaines parties de la MCS sont connues avec plus de certitude que d'autres. Il peut y avoir une MCS d'une année précédente, où le problème d'entropie consiste à estimer un nouvel

---

<sup>4</sup> Ahmed et Preckel (2007) dans le cas du tableau entrée-sortie



ensemble de coefficients "proches" du précédent en utilisant de nouvelles informations pour la mettre à jour. En outre, "Information" peut également renvoyer à des contraintes de moment (somme des lignes et des colonnes, moyenne des sommes de la colonne). Outre les valeurs des lignes et des colonnes, les "informations" peuvent par ailleurs, consister en certains agrégats économiques tels que la valeur ajoutée totale, la consommation agrégée, l'investissement, la consommation publique, les exportations et les importations. Ces informations peuvent être incorporées en tant que restrictions linéaires supplémentaires sur les éléments pertinents de la MCS. En plus des contraintes d'égalité telles que celles mentionnées ci-dessus, les informations peuvent aussi être incorporées sous la forme de contraintes d'inégalité imposant des limites sur les macro-agrégats mentionnés. Enfin, on peut vouloir restreindre les cellules qui sont nulles dans la matrice initiale afin qu'elles restent identiques après la procédure d'équilibrage d'entropie.

Adoptant les mêmes notations que Robinson et al., soit la MCS définie comme une matrice T avec les éléments  $T_{ij}$  représentant le paiement du compte de la colonne j au compte de ligne i. Comme mentionné ci-dessus, les matrices de comptabilité sociale sont des cadres comptables cohérents qui ne permettent pas les fuites. En d'autres termes, chaque somme de ligne ( $y_i$ ) dans la MCS doit être égale à la somme de la colonne correspondante ( $y_j$ ) :

$$y_i = \sum_j T_{i,j} = \sum_j T_{j,i} \quad (1)$$

La division de chaque cellule de la matrice par le total génère une matrice de coefficients  $a_{i,j}$  :

$$a_{i,j} = \frac{T_{i,j}}{\sum_{i,j} T_{i,j}} \quad (2)$$

En partant d'une matrice initiale  $a_{i,j}^0$ , le problème de l'entropie croisée est de trouver un nouvel ensemble de coefficients  $a_{i,j}$ , qui minimisent la mesure de la distance de Cross Entropy (CE) appelée distance de Kullback-Leibler (1951)<sup>5</sup>, entre la matrice initiale  $a_{i,j}^0$  et la nouvelle matrice de coefficients estimée  $a_{i,j}$ . Le problème se pose comme suit :

$$\text{Min } CE_{\{a_{i,j}\}} = \sum_{i,j} a_{i,j} \ln \left( \frac{a_{i,j}}{a_{i,j}^0} \right) \quad (3)$$

S. C:

$$\sum_{i,j} a_{i,j} = 1 \quad (4)$$

---

<sup>5</sup> Pour être plus formel, on parlera plutôt ici de « divergence » de Kullback-Leibler car la mesure n'est pas symétrique et ne satisfait pas l'inégalité triangulaire.

$$\sum_{i,j} G_{i,j}^k a_{i,j} = \gamma^k \quad (5)$$

L'équation 3 est la fonction objectif à minimiser, l'équation 4 est la contrainte d'additivité et finalement l'équation 5 traduit une série de contraintes macroéconomiques. G est une matrice d'agrégation n x n avec 1 pour des cellules représentant la contrainte macro et zéros ailleurs, et  $\gamma$  est la valeur de la contrainte d'agrégat.

Les mesures d'entropie croisée reflètent la manière dont la quantité d'informations que nous avons introduite dans le programme déplace la matrice équilibrée (mise à jour) par rapport à la matrice initiale. Ainsi, plus les informations sont contraignantes, plus la distance entre les deux matrices augmentera. Si au contraire les informations ne sont pas contraignantes, la distance d'entropie croisée sera égale à zéro.

A noter que le problème de l'entropie croisée, présenté ci-dessus peut également être formulé en introduisant l'incertitude dans les contraintes, on parle alors d'Entropie Croisée Généralisée (voir Golan, 1996)

#### *b. La méthode des Moindres Carrés Ordinaires*

En gardant les mêmes notations que précédemment, la méthode des MCO consiste à trouver une nouvelle matrice de coefficients  $a_{i,j}$  à partir d'une matrice initiale  $a_{i,j}^0$ , en minimisant la somme des carrés des écarts entre  $a_{i,j}$  et  $a_{i,j}^0$  : le programme de minimisation peut être formulé comme suit :

$$\text{Min } MCO_{\{a_{i,j}\}} = \sum_{i,j} (a_{i,j} - a_{i,j}^0)^2 \quad (6)$$

S. C:

$$\sum_{i,j} a_{i,j} = 1 \quad (7)$$

$$\sum_{i,j} G_{i,j}^k a_{i,j} = \gamma^k \quad (8)$$

Cette approche suppose qu'il existe une relation linéaire entre les variables dépendantes  $a_{i,j}$  et  $a_{i,j}^0$ . Les équations 7 et 8 représentent les mêmes contraintes que dans le problème de l'entropie. L'introduction des déviations au carré implique que les grands écarts sont plus pénalisés que les petits. Cependant, le principal inconvénient de la méthode des moindres carrés est qu'elle n'est pas robuste aux valeurs aberrantes. En effet, comme signalé précédemment, en raison de la croissance rapide de la courbe quadratique, les valeurs éloignées exercent une influence excessive et peuvent entraîner un minimum loin de la valeur souhaitée.

c. *Minimisation de la fonction de coût de Huber (1964)*

La méthode Huber cherche à minimiser une fonction de coût de l'erreur, hybride de la norme L1 (valeur absolue de l'erreur) et des moindres carrés. La fonction de coût de Huber prend la forme quadratique pour les petites valeurs de l'erreur (ici écart entre les éléments de la matrice initiale et ceux de la matrice mise à jour), et devient linéaire pour les valeurs de l'erreur au-delà d'un seuil donné. En tant que tel, elle conserve la stabilité des outliers, propriété reflétée par la fonction L1. En gardant les mêmes notations que précédemment, le programme d'optimisation peut être formulé comme suit :

$$\text{Min } HU_{\{a_{i,j}\}} = \sum_{i,j} C(a_{i,j}^0 - a_{i,j}) \quad (9)$$

S. C:

$$\sum_{i,j} a_{i,j} = 1 \quad (10)$$

$$\sum_{i,j} G_{i,j}^k a_{i,j} = \gamma^k \quad (11)$$

$$C(\delta) = \begin{cases} \delta^2 & \text{si } |\delta| < b \\ 2b|\delta| - b^2 & \text{autrement} \end{cases} \quad (12)$$

La fonction de coût C continue ; elle a la propriété agréable d'être convexe, ce qui rend la convergence vers un minimum global plus fiable. Le minimum est tout à fait à l'abri de l'influence des valeurs aberrantes, car il représente un compromis entre l'estimation du Maximum de vraisemblance des inliers et de la médiane des valeurs aberrantes. La valeur du b est choisie de sorte à être approximativement égale au seuil d'aberrance.

Cependant du point de vue pratique la fonction de coût du Huber pose des problèmes de dérivabilité qui rendent difficile la convergence des algorithmes d'optimisation. Afin de contourner ce problème, la pseudo-fonction de coût Huber libellée comme suit, est utilisée :

$$C(\delta) = 2b^2 \left( \sqrt{1 + \left(\frac{\delta}{b}\right)^2} - 1 \right) \quad (13)$$

Cette fonction est très similaire à la fonction de coût Huber, mais a des dérivées continues de tous ordres. Notez qu'elle se rapproche de  $\delta^2$  pour les petits  $\delta$  et est linéaire avec la pente  $2b$  pour les grands  $\delta$ . Afin donc de déterminer le seuil (b) qui servira de ligne de démarcation entre les petites et les grandes déviations

nous procédons à partir des erreurs absolues obtenues sur l'estimation de la matrice mise à jour à partir de la méthode OLS, à une représentation sur une boîte à moustache. Cette représentation va permettre de détecter les outliers de la série. Le seuil retenu correspond à la limite de la moustache supérieure donnée par :

$$\min [\max(\delta_{ij}), Q3 + 1.5 * (Q3 - Q1)]$$

où  $\delta_{ij}$  représente l'erreur absolue sur les flux entre les comptes  $i$  et  $j$  obtenue avec la méthode OLS, et  $Q3$  et  $Q1$  respectivement les troisième et premier quartiles de la série de ces erreurs absolues.

#### d. Minimisation de la distance de Hellinger

Ici on cherche à minimiser la distance de Hellinger  $H(a_{i,j}^0, a_{i,j})$  où  $a_{i,j}^0$ , et  $a_{i,j}$  représentent respectivement les coefficients de la matrice initiale et de la matrice mise à jour.

$$\text{Min } HE_{\{a_{i,j}\}} = \sum_{i,j} \left( \sqrt{a_{i,j}^0} - \sqrt{a_{i,j}} \right)^2 \quad (14)$$

S. C:

$$\sum_{i,j} a_{i,j} = 1 \quad (15)$$

$$\sum_{i,j} G_{i,j}^k a_{i,j} = \gamma^k \quad (16)$$

Les équations 15 et 16 sont les mêmes dans que dans les autres problèmes présentés plus haut. L'équation 1 est la fonction objectif à minimiser. Comme pour la méthode de l'entropie croisée, une hypothèse implicite retenue ici est que les coefficients peuvent être assimilés à des probabilités. Cependant contrairement à la « distance de Kullback-Leibler », la distance de Hellinger est symétrique. Néanmoins elles font toutes les deux parties de la famille des f-divergences (Csiszar et Shields, 2004).

### III. Données et applications

#### a. Données

Les données utilisées dans cette application sont celles des MCS<sup>6</sup> du Rwanda. Nous disposons d'une MCS construite dans une période antérieure (initiale) et d'une MCS construite dans une période récente (observée). L'exercice est donc de procéder à une actualisation de la MCS initiale et de la comparer à la

---

<sup>6</sup> Ces MCS sont construites par l'Institut International de Recherche sur les Politiques Alimentaires (IFPRI)

MCS observée. L'actualisation est faite en imposant des contraintes macroéconomiques caractérisant la nouvelle structure de l'économies considérée ; ces contraintes proviennent des données de la Banque Mondiale (World Development Indicators)

Cependant, avant de procéder à la mise à jour de la MCS initiale, il faut d'abord chercher à assurer la cohérence entre les MCS initiale et observée. La MCS initiale (2006) inclut 117 comptes dont 53 comptes d'activités, 53 comptes de produits, 3 comptes de facteurs et 8 comptes institutionnels ; la MCS finale (2011) inclut 126 comptes dont 54 comptes d'activités, 54 comptes de produits, 9 comptes de facteurs et 9 comptes institutionnels. Nous procédons à différentes agrégations pour trouver la correspondance entre les matrices initiales et observées (voir les tableaux 13 et 14 dans l'annexe). Nous obtenons ainsi 24 comptes dans les deux matrices.

Les contraintes macroéconomiques à inclure dans les différentes méthodes (programmes d'optimisation) sont des ratios reflétant la structure du PIB (voir les tableaux 1).

Dans le tableau 1, nous constatons que la structure des économies telle que révélée par les données des MCS sur les différentes périodes, est très semblable à celle que montrent les données de la Banque mondiale. Il devient alors possible d'utiliser les informations de l'institution comme sources de données externes pour mettre à jour la MCS initiale.

*Tableau 1 Indicateurs macroéconomiques*

Indicateurs	MCS		WDI		Ratio WDI/MCS	
	2006	2011	2006	2011	2006	2011
Part du primaire <sup>1</sup> dans le PIB	0.36	0.26	0.36	0.28	0.99	1.09
Part de l'industrie dans le PIB	0.12	0.14	0.13	0.17	1.10	1.19
Part des services dans le PIB	0.44	0.54	0.45	0.47	1.01	0.88
Part des dépenses dans le PIB <sup>2</sup>	0.94	0.93	0.96	0.92	1.02	0.99
Part de l'investissement dans le PIB	0.17	0.20	0.17	0.23	0.97	1.13

Source : Auteurs

Note : 1 : agriculture et élevage ; 2 incluant les dépenses de consommation finale des ménages et les dépenses publiques du gouvernement.

## *b. Résultats*

Avant de présenter les résultats, il est important de rappeler que les différents programmes d'optimisation exposés plus haut ont été exécutés sans imposer une contrainte de maintien des zéros ou des signes de la MCS initiale. En effet l'objectif ici est de comparer la MCS actualisée à celle qui est observée pour une année récente<sup>7</sup>, qui pourrait inclure certains changements structurels intervenus dans l'économie (apparition d'un flux dans une cellule, déficit ou excédent public, ...). Une comparaison des matrices

<sup>7</sup> Certains exercices d'actualisation imposent cette contrainte afin de maintenir dans une certaine mesure la structure de certains comptes dans la MCS initiale.

initiale et observée permet déjà de voir qu'un changement est apparu dans la structure des comptes entre 2006 et 2011. Relativement à la MCS initiale (2006), la MCS observée (2011) présente 5 nouvelles transactions : importations des produits de l'élevage, importations de services privés, versement des salaires au reste du monde, versement des revenus du capital au gouvernement et les exportations de services. (voir le tableau 2, les cellules en fond jaune.). Il convient de tester si les méthodes proposées dans cette recherche permettent de reproduire ces changements dans la MCS simulée. Toutefois, dans la mesure où certaines cellules de la MCS doivent rester vides par définition, les éventuelles transactions concernant ces cellules n'ayant aucune signification économique, on procéderait à un rééquilibrage avec contraintes si de telles occasions se présentaient.

Tableau 2: Différences entre les MCS initiale (2006) et observée ( 2011)

		a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9	a10	a11	a12	a13	a14	a15	a16	a17	a18	a19	a20	a21	a22	a23	a24	
Agriculture	a1																									
Elevage, pêche, sylviculture	a2																									
Extraction	a3																									
Transformation, prod. Alim	a4																									
Autres Industries	a5																									
Services privés	a6																									
Administration Publique	a7																									
Agriculture	a8																									
Elevage, pêche, sylviculture	a9																									
Extraction	a10																									
Transformation, prod. Alim	a11																									
Autres Industries	a12																									
Services privés	a13																									
Administration Publique	a14																									
Travail	a15																									
Capital	a16																									
Marges	a17																									
Ménages	a18																									
Taxes directes	a19																									
Tarifs douaniers	a20																									
Taxes sur les ventes	a21																									
Gouvernement	a22																									
Epargnes/Investissement	a23																									
Reste du monde	a24																									

Source : Auteurs

Nous comparons les performances des différentes méthodes utilisées en (i) analysant les différences entre les coefficients actualisés et ceux provenant de la MCS observée, (ii) identifiant l'apparition d'une nouvelle valeur ou le maintien des signes et des zéros dans une cellule ; (iii) identifiant les comptes les plus affectés, (iv) comparant la structure de la production (par secteur) résultant de la MCS actualisée et celle qui est observée dans la MCS récente, et les intensités factorielles (par secteur) de la MCS actualisée et de la MCS observée.

*i) Analyse des différences entre les coefficients mis à jour et observés*

Nous présentons deux mesures de différence entre les coefficients : les écarts absolus moyens et les écarts proportionnels moyens. En moyenne les écarts absolus sont au moins 1.17 fois plus grands avec les méthodes Huber et MCO, relativement aux deux autres méthodes. La méthode de Hellinger et l'entropie présentent quasiment les mêmes résultats. (voir tableau 3).

*Tableau 3 : Écarts absolus moyens (valeur absolue)*

<b>Écarts absolus</b>	<b>Obs</b>	<b>Mean</b>	<b>Std. Dev.</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>
CE	576	0.0004785	0.0020273	0	0.0185584
HELLINGER	576	0.000477	0.0020267	0	0.0185584
MCO	576	0.0005574	0.0022177	0	0.0223009
HUBER	576	0.0005563	0.0022159	0	0.0222394
MCO <sup>b</sup>	576	0.000561	0.0021345	0	0.019688
HUBER <sup>b</sup>	576	0.0005291	0.0020303	0	0.0184323

<sup>b</sup> les écarts relatifs sont introduits dans la fonction objectif à minimiser.  
Source : auteurs

Les méthodes MCO<sup>b</sup> et HUBER<sup>b</sup> sont relativement plus précises que MCO et HUBER, même si elles restent moins performantes que CE et Hellinger.

En ce qui concerne les écarts proportionnels, le calcul a été réduit aux cellules qui n'ont pas de valeurs nulles<sup>8</sup>. Le tableau 4 montre que les méthodes de Hellinger et CE présentent les écarts proportionnels les plus élevés relativement aux autres méthodes. Les méthodes de Huber et MCO modifiées sont relativement plus précises ; Cela reflète toutefois un biais naturel, les fonctions objectifs de ces deux dernières méthodes reposant sur une minimisation de la somme des écarts proportionnels.

<sup>8</sup> Pour éviter les divisions par zéros, et garder le même nombre de cellules dans les différentes méthodes



Tableau 4: Écart proportionnels moyens (valeur absolue)

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
CE	91	1.600031	7.680123	0.0030538	72.4061
HE	91	1.534106	7.482143	0.0058156	70.58877
MCO <sup>b</sup>	91	1.290636	5.836826	0.0100438	54.37582
HUBER <sup>b</sup>	91	1.2906	5.835788	0.0021862	54.37077

Source : auteurs

<sup>b</sup> les écarts relatifs sont introduits dans la fonction objectif à minimiser.

## ii) Analyse des changements structurels

Dans le tableau 5 sont présentés les performances des différentes méthodes lorsqu'il s'agit de respecter les changements structurels survenus entre 2006 et 2011. Nous avons montré plus haut que, relativement à la MCS initiale (2006), la MCS observée (2011) présente 5 nouvelles transactions<sup>9</sup>. Dans cette section, nous nous interrogeons sur la capacité des méthodes considérées, à pouvoir répliquer ces changements. Les résultats montrent que les 4 méthodes ne peuvent pas reproduire ces changements. De plus, les méthodes Huber et MCO apparaissent relativement moins bonnes dans cet exercice. En effet, ces méthodes assimilent à zéro les transactions qui ont des poids relatifs faibles dans la MCS initiale. En conséquence, elles conduisent à un nombre plus élevé des comptes ayant des transactions nulles dans la MCS simulée alors que leurs correspondantes dans la MCS observée sont non nulles. En d'autres termes, les méthodes Huber et MCO, surestiment le nombre de zéros dans la matrice simulée. Cependant, lorsqu'on introduit une modification en minimisant les écarts relatifs dans l'optimisation, ces méthodes gagnent en performance. Par ailleurs le fait de ne pas imposer une contrainte de maintien des zéros de la MCS initiale, fait que les méthodes de Huber et MCO créent des valeurs dans les matrices simulées alors que leurs correspondantes dans la MCS observée sont nulles ; il faut remarquer par contre que l'introduction des écarts relatifs dans le problème d'optimisation de ces méthodes améliore leurs performances même si elles restent inférieures à celles des méthodes CE et Hellinger, qui donnent de meilleurs résultats.

Finalement, toutes ces méthodes ont, par définition, du mal à reproduire les changements de signe intervenus dans les cellules. Le fait de recourir aux logarithmes et à la racine carrée notamment expliquent cela. En effet dans la MCS initiale, le compte épargne du gouvernement est négatif alors que sa valeur dans la MCS observée est positive. Les résultats montrent que les méthodes CE et Hellinger maintiennent les

<sup>9</sup> Importations des produits de l'élevage, importations de services, versement des salaires au reste du monde, versement des revenus du capital au gouvernement et les exportations de services.

signes de la MCS initiale. Du fait du poids faible de l'épargne publique dans la MCS initiale, les méthodes de Huber et MCO, l'assimilent à zéro dans la MCS simulée.

Tableau 5 : Comparaison des méthodes en termes de cellules (transactions) créées ou supprimées

	Rwanda					
	CE	Hellinger	Huber	MCO	Huber <sup>b</sup>	MCO <sup>b</sup>
Cellules ayant des valeurs nulles dans la matrice simulée alors que leurs correspondants dans la matrice observée ont des valeurs non nulles	5 <sup>10</sup>	5 <sup>11</sup>	18 <sup>12</sup>	18 <sup>13</sup>	3 <sup>14</sup>	5 <sup>15</sup>
Cellules ayant des valeurs non nulles dans la matrice simulée alors que leurs correspondants dans la matrice observée ont des valeurs nulles	0	0	82	76	23	32
Cellules ayant des valeurs négatives dans la matrice simulée alors que leurs correspondants dans la matrice observée ont des valeurs positives : compte épargne du gouvernement	1=compte de l'épargne publique	1=compte de l'épargne publique	0	0	1=compte de l'épargne publique	1=compte de l'épargne publique
Cellules ayant des valeurs positives dans la matrice simulée alors que leurs correspondants dans la matrice observée ont des valeurs négatives (%)	0	0	0	0	0	0

<sup>b</sup> les écarts relatifs sont introduits dans la fonction objectif à minimiser.

Source : auteurs

Ces résultats indiquent qu'il convient donc d'être très prudent dans l'exercice de mise à jour. D'abord les comptes susceptibles de changer de signe (surtout les comptes d'épargne) devront être fixés au niveau de la valeur observée pour l'année cible. En outre, dans le but de ne pas créer des transactions n'ayant pas de sens économique, il convient de fixer à zéro les cellules présentant au départ des transactions nulles, surtout pour la méthode Huber et les MCO.

Nous reprenons donc l'exercice en fixant d'une part toutes les cellules nulles au départ à zéro, et d'autre part en intégrant le niveau du solde public (en % du PIB) avec le signe positif observé en 2011.

La prise en compte de la nouvelle contrainte liée au solde public et la fixation des cellules nulles au départ à zéro dans la SAM simulée, permet de réduire les écarts absolus entre la SAM simulée et la SAM observée (Voir table 6). La réduction des écarts est relativement plus importante avec les méthodes Huber et MCO

<sup>10</sup> Ces cinq comptes résultent de la différence entre la MCS initiale et la MCS observée. Ces comptes ont été présentés plus haut.

<sup>11</sup> Ces cinq comptes résultent de la différence entre la MCS initiale et la MCS observée. Ces comptes ont été présentés plus haut.

<sup>12</sup> Incluant 4 des 5 comptes résultant de la différence entre la MCS initiale et la MCS observée.

<sup>13</sup> Incluant 4 des 5 comptes résultant de la différence entre la MCS initiale et la MCS observée.

<sup>14</sup> Revenu du travail verse au reste du monde, revenu du capital reçu par le gouvernement, les exportations de services.

<sup>15</sup> Ces cinq comptes résultent de la différence entre la MCS initiale et la MCS observée. Ces comptes ont été présentés plus haut

et leurs versions modifiées ; il faut remarquer ces versions modifiées gagnent en performance relativement aux autres méthodes.

*Tableau 6 : Analyse des écarts absolus lorsque les contraintes présentées ci-dessus sont introduites*

<b>Écarts absolus</b>	<b>Obs</b>	<b>Mean</b>	<b>Std. Dev.</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>
CE	576	0.0004354	0.0018493	0	0.0185584
HELLINGER	576	0.0004342	0.0018453	0	0.0185584
MCO	576	0.0004961	0.0020928	0	0.0209747
HUBER	576	0.0004941	0.0020875	0	0.0211208
MCO <sup>b</sup>	576	0.0004278	0.0018495	0	0.0185584
HUBER <sup>b</sup>	576	0.0004457	0.0019369	0	0.0185584

<sup>b</sup> les écarts relatifs sont introduits dans la fonction objectif à minimiser.

Source : auteurs

En termes d'écarts proportionnels, toutes les méthodes utilisent l'information additionnelle pour réduire les écarts entre la SAM simulée et la SAM observée. Toutefois, comme signalé plus haut, du fait de la nature de la fonction objectif, le gain en performance est relativement plus élevé avec les versions modifiées des méthodes MCO<sup>b</sup> et Huber<sup>b</sup>.

*Tableau 7 : Analyse des écarts proportionnels lorsque les contraintes présentées ci-dessus sont introduites*

<b>Variable</b>	<b>Obs</b>	<b>Mean</b>	<b>Std. Dev.</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>
CE	91	0.7735783	1.671276	0.0052806	9.846386
HE	91	0.7580043	1.630112	0.0000259	9.900541
MCO <sup>b</sup>	91	0.6888942	1.549918	0.0068873	10.87809
HUBER <sup>b</sup>	91	0.6921274	1.551873	0.0095737	10.8891

<sup>b</sup> les écarts relatifs sont introduits dans la fonction objectif à minimiser.

Source : auteurs

### *iii) Analyse des comptes les plus affectés*

Il est tout aussi important d'identifier les comptes les plus affectés selon les différentes méthodes. Pour cela nous calculons les écarts proportionnels, les valeurs extrêmes sont celles qui présentent une déviation supérieure à 75% en valeur absolue par rapport à la SAM 2011 observée.

Les tableaux 8 à 11 montrent les comptes présentant une déviation supérieure à 75% en valeur absolue, selon les différentes méthodes. Il est aisé de constater que les méthodes Huber et MCO présentent environ 2 fois plus de comptes affectés que les méthodes entropie croisées et Hellinger.

Tableau 8: Déviations observées avec la méthode de l'entropie croisée

		a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9	a10	a11	a12	a13	a14	a15	a16	a17	a18	a19	a20	a21	a22	a23	a24
Agriculture	a1																								
Elevage, pêche, sylviculture	a2																								
Extraction	a3																								
Transformation, prod. Alim	a4																								
Autres Industries	a5																								
Services privés	a6																								
Administration Publique	a7																								
Agriculture	a8																								
Elevage, pêche, sylviculture	a9																								
Extraction	a10																								
Transformation, prod. Alim	a11																								
Autres Industries	a12																								
Services privés	a13																								
Administration Publique	a14																								
Travail	a15																								
Capital	a16																								
Marges	a17																								
Ménages	a18																								
Taxes directes	a19																								
Tarifs douaniers	a20																								
Taxes sur les ventes	a21																								
Gouvernement	a22																								
Epargnes/Investissement	a23																								
Reste du monde	a24																								

Note : les comptes en fond coloré présentant une déviation supérieure à 75% en valeur absolue

Source : auteurs

Tableau 9 Déviations observées avec la méthode de Hellinger

		a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9	a10	a11	a12	a13	a14	a15	a16	a17	a18	a19	a20	a21	a22	a23	a24
Agriculture	a1																								
Elevage, pêche, sylviculture	a2																								
Extraction	a3																								
Transformation, prod. Alim	a4																								
Autres Industries	a5																								
Services privés	a6																								
Administration Publique	a7																								
Agriculture	a8																								
Elevage, pêche, sylviculture	a9																								
Extraction	a10																								
Transformation, prod. Alim	a11																								
Autres Industries	a12																								
Services privés	a13																								
Administration Publique	a14																								
Travail	a15																								
Capital	a16																								
Marges	a17																								
Ménages	a18																								
Taxes directes	a19																								
Tarifs douaniers	a20																								
Taxes sur les ventes	a21																								
Gouvernement	a22																								
Epargnes/Investissement	a23																								
Reste du monde	a24																								

Note : les comptes en fond coloré présentant une déviation supérieure à 75% en valeur absolue

Source : auteurs

Tableau 10 Déviations observées avec la méthode de Huber

		a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9	a10	a11	a12	a13	a14	a15	a16	a17	a18	a19	a20	a21	a22	a23	a24
Agriculture	a1																								
Elevage, pêche, sylviculture	a2																								
Extraction	a3																								
Transformation, prod. Alim	a4																								
Autres Industries	a5																								
Services privés	a6																								
Administration Publique	a7																								
Agriculture	a8																								
Elevage, pêche, sylviculture	a9																								
Extraction	a10																								
Transformation, prod. Alim	a11																								
Autres Industries	a12																								
Services privés	a13																								
Administration Publique	a14																								
Travail	a15																								
Capital	a16																								
Marges	a17																								
Ménages	a18																								
Taxes directes	a19																								
Tarifs douaniers	a20																								
Taxes sur les ventes	a21																								
Gouvernement	a22																								
Epargnes/Investissement	a23																								
Reste du monde	a24																								

Note : les comptes en fond coloré présentant une déviation supérieure à 75% en valeur absolue

Source : auteurs

Tableau 11 : Déviations observées avec la méthode des MCO

		a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9	a10	a11	a12	a13	a14	a15	a16	a17	a18	a19	a20	a21	a22	a23	a24	
Agriculture	a1																									
Elevage, pêche, sylviculture	a2																									
Extraction	a3																									
Transformation, prod. Alim	a4																									
Autres Industries	a5																									
Services privés	a6																									
Administration Publique	a7																									
Agriculture	a8																									
Elevage, pêche, sylviculture	a9																									
Extraction	a10																									
Transformation, prod. Alim	a11																									
Autres Industries	a12																									
Services privés	a13																									
Administration Publique	a14																									
Travail	a15																									
Capital	a16																									
Marges	a17																									
Ménages	a18																									
Taxes directes	a19																									
Tarifs douaniers	a20																									
Taxes sur les ventes	a21																									
Gouvernement	a22																									
Epargnes/Investissement	a23																									
Reste du monde	a24																									

Note : les comptes en fond coloré présentant une déviation supérieure à 75% en valeur absolue

Source : auteurs

Tableau 12 Déviations observées avec les méthodes MCOB et Huber<sup>b</sup>

		a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9	a10	a11	a12	a13	a14	a15	a16	a17	a18	a19	a20	a21	a22	a23	a24
Agriculture	a1																								
Elevage, pêche, sylviculture	a2																								
Extraction	a3																								
Transformation, prod. Alim	a4																								
Autres Industries	a5																								
Services privés	a6																								
Administration Publique	a7																								
Agriculture	a8																								
Elevage, pêche, sylviculture	a9																								
Extraction	a10																								
Transformation, prod. Alim	a11																								
Autres Industries	a12																								
Services privés	a13																								
Administration Publique	a14																								
Travail	a15																								
Capital	a16																								
Marges	a17																								
Ménages	a18																								
Taxes directes	a19																								
Tarifs douaniers	a20																								
Taxes sur les ventes	a21																								
Gouvernement	a22																								
Epargnes/Investissement	a23																								
Reste du monde	a24																								

<sup>b</sup> les écarts relatifs sont introduits dans la fonction objectif à minimiser.

Source : Auteurs

Note : les comptes en fond coloré présentant une déviation supérieure à 75% en valeur absolue



*iv) Effets sur la structure de la production et intensités factorielles (sans modification des méthodes MCO et Huber)*

Dans les secteurs de l'industrie (A3 a A5) et des services (A6 et A7) qui ont connu une augmentation de leur part dans le PIB entre les deux dates, les 4 méthodes présentent une sur-estimation de la part de la valeur ajoutée dans la production dans presque tous les secteurs. Il faut remarquer que les écarts sont relativement plus élevés avec les méthodes Huber et MCO<sup>16</sup> (voir la figure 1). En termes d'intensités factorielles, nous pouvons remarquer que :

- (i) Dans les sous-secteurs (A3, A4) de l'industrie, qui sont intensifs en capital (dans la MCS initiale de 2006), les méthodes Huber et MCO sous-estiment la part de ce dernier facteur au détriment du travail alors que les écarts résultant de la méthode de CE et Hellinger sont presque nuls ; en revanche dans le sous-secteur A5 intensif en capital également mais relativement dans une moindre mesure lorsqu'on le compare avec les sous-secteurs A3 et A4, on observe une surestimation de la part du capital ; la surestimation est légèrement plus grande avec les méthodes CE et Hellinger.
- (ii) Dans les services (A6) intensifs en travail, les quatre méthodes présentent une sous-estimation de la part du travail et par là, une surestimation de la part du capital. Il faut remarquer que les 4 méthodes présentent des écarts nuls dans le secteur A7 (services publics).

Dans le secteur primaire<sup>17</sup> qui a connu une baisse de la part de la valeur ajoutée dans la production entre les deux dates, les méthodes de Huber et MCO sous-estiment la part de la valeur ajoutée dans la production des différents sous-secteurs alors que les méthodes de CE et de Hellinger présentent des écarts presque nuls. Dans le sous-secteur A1 intensif en capital (dans la MCS initiale), on observe une surestimation de la part de ce dernier facteur dans la valeur ajoutée. Au niveau du sous-secteur A2 qui est intensif en travail, on observe également une surestimation de la part de ce dernier facteur. La surestimation est plus grande avec les méthodes Huber et MCO.

---

<sup>16</sup> Excepté le secteur A5 où Les MCO présentent un écart relativement plus faible.

<sup>17</sup> Ou plus de 90% de la production est due à la valeur ajoutée (MCS initiale)

Figure 1 Composition de la production et intensité factorielle



Source : Auteurs

v) Effets sur la structure de la production et intensités factorielles (en considérant les versions modifiées de Huber et MCO

Dans les secteurs de l'industrie (A3, A4), les méthodes MCO<sup>b</sup> et Huber<sup>b</sup> sous-estiment la part de la valeur ajoutée dans la production alors que les méthodes Hellinger et CE surestiment cette part ; la surestimation

est plus grande que la sous-estimation. Dans le secteur A5, les 4 méthodes présentent une surestimation de la valeur ajoutée.

Dans les services (A6), les 4 méthodes présentent une surestimation de la part de la valeur ajoutée dans la production. Les écarts sont relativement plus élevés avec les méthodes CE et Hellinger. En revanche, dans le secteur A7, les 4 méthodes présentent une sous-estimation de la part de la valeur ajoutée. Les écarts sont par contre relativement plus élevés avec les méthodes MCO<sup>b</sup> et Huber<sup>b</sup>. (voir la figure 2). En termes d'intensités factorielles, nous pouvons également remarquer que :

(iii) Dans les sous-secteurs (A3, A4) de l'industrie, qui sont intensifs en capital (dans la MCS initiale de 2006), les 4 méthodes présentent les écarts presque nuls pour l'intensité du capital<sup>18</sup> ; en revanche dans le sous-secteur A5 intensif en capital également mais relativement dans une moindre mesure lorsqu'on le compare avec les sous-secteurs A3 et A4, on observe une surestimation de la part du capital ; la surestimation est plus grande avec Huber<sup>b</sup>.

(iv) Dans les services (A6) intensifs en travail, les quatre méthodes présentent une sous-estimation de la part du travail et par là, une surestimation de la part du capital. Les 4 méthodes présentent des écarts nuls dans le secteur A7 (services publiques).

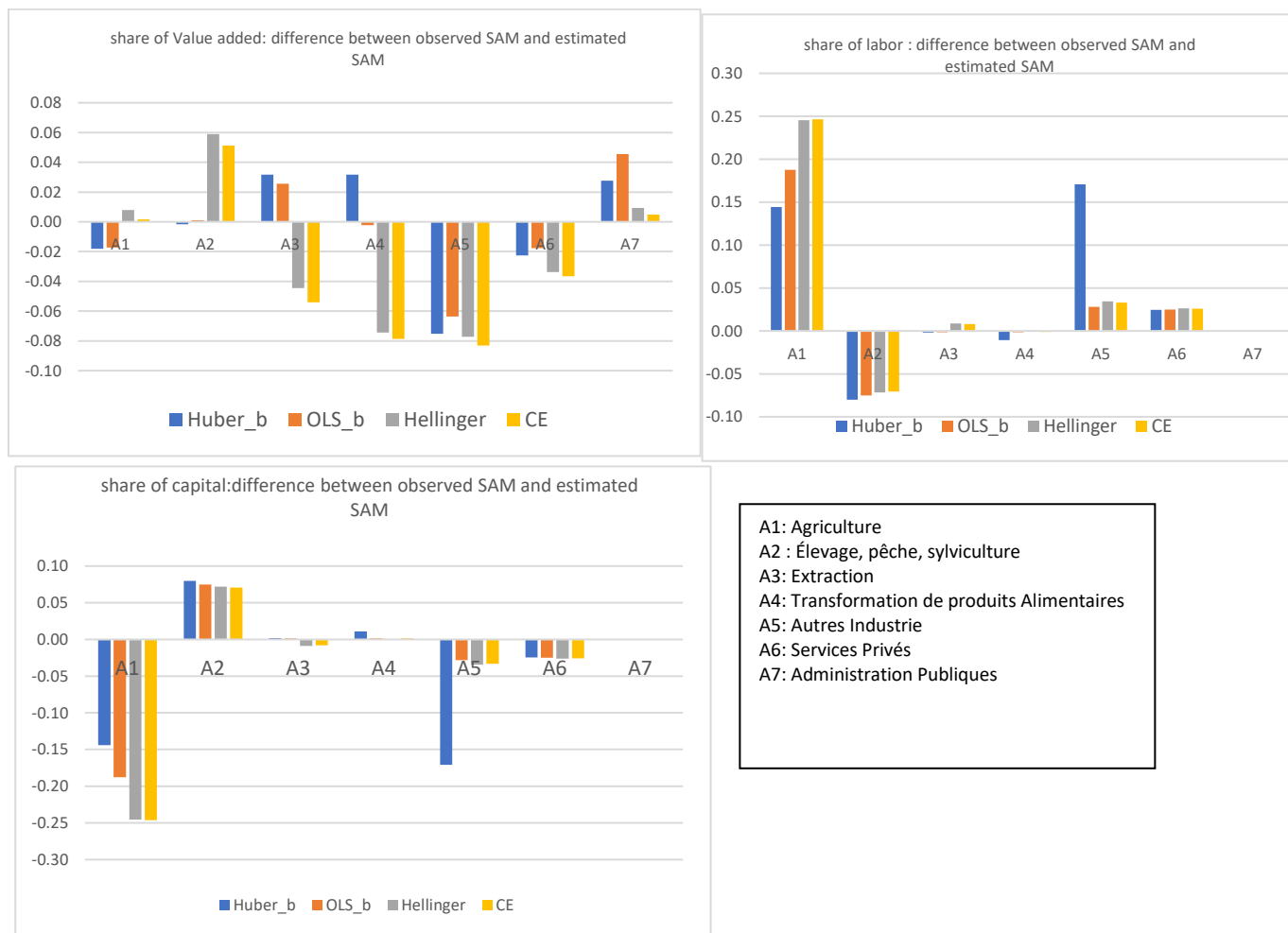
Dans le secteur primaire<sup>19</sup> qui a connu une baisse de la part de la valeur ajoutée dans la production entre les deux dates, les méthodes de Huber<sup>b</sup> et MCO<sup>b</sup> surestiment la part de la valeur ajoutée dans la production du secteur A1 alors que les méthodes CE et Hellinger présentent des écarts presque nuls. En revanche, CE et Hellinger sous-estiment la part de la valeur ajoutée dans la production du secteur A2 alors que les méthodes de Huber<sup>b</sup> et MCO<sup>b</sup> présentent des écarts presque nuls. Dans le sous-secteur A1 intensif en capital (dans la MCS initiale), on observe une surestimation de la part de ce dernier facteur dans la valeur ajoutée. Au niveau du sous-secteur A2 qui est intensif en travail, on observe également une surestimation de la part de ce dernier facteur. La surestimation est plus grande avec les méthodes Huber<sup>b</sup> et MCO<sup>b</sup> dans le secteur A2 alors qu'elle est plus grande avec Hellinger et CE dans le secteur A1.

---

<sup>18</sup> Même si on observe une légère surestimation des méthodes CE et Hellinger dans A3, et une légère sous-estimation de Huber dans A4

<sup>19</sup> Ou plus de 90% de la production est due à la valeur ajoutée (MCS initiale)

Figure 2 Composition de la production et intensité factorielle



Source : Auteurs

Par ailleurs, il est aussi important d'évaluer la capacité des méthodes de mise à jour à reproduire l'évolution des intensités factorielles. Le tableau 13 présente l'évolution des intensités factorielles par secteur entre 2006 et 2011, ainsi que les simulations par les différentes méthodes. En général, ce sont les méthodes CE et Hellinger et les versions modifiées de Huber et Hellinger qui respectent les évolutions constatées (conservation ou non de la part supérieure ou inférieure à 50% mais aussi le sens de l'évolution) entre 2006 et 2011 avec un seul cas où elles n'y arrivent pas (secteur A5). En outre ce sont ces méthodes qui respectent le sens de l'évolution des parts entre les deux dates (augmentation ou diminution). La méthode des moindres carrées et celle de Huber (sans modification) ont du mal à reproduire ces faits. Plus particulièrement, ces méthodes donnent de très mauvaises estimations des intensités factorielles du secteur A2. En effet ce secteur est relativement le plus intensif en travail (excepté le secteur A7 utilisant exclusivement le travail). Pour répartir les effets d'un choc négatif sur la valeur ajoutée du secteur, les méthodes Huber et

MCO comparativement aux deux autres, surestiment davantage (dans une large mesure) la part de ce facteur, attribuant essentiellement la valeur ajoutée au travail dans ce secteur.

Tableau 13 Intensités en capital dans les secteurs

	SAM 2006	SAM 2011	CE 2011	Hellinger 2011	MCO 2011	Huber 2011	MCO <sup>b</sup> 2011	Huber <sup>b</sup> 2011
A1	0.76	0.521	0.768	0.767	0.801	0.799	0.709	0.665
A2	0.371	0.451	0.381	0.38	0	0	0.376	0.372
A3	0.516	0.518	0.527	0.527	0.479	0.48	0.517	0.516
A4	0.56	0.571	0.57	0.572	0.531	0.531	0.570	0.560
A5	0.511	0.488	0.521	0.523	0.506	0.506	0.516	0.659
A6	0.479	0.463	0.489	0.489	0.479	0.479	0.488	0.488
A7	0	0	0	0	0	0	0.000	0.000

<sup>b</sup>Les écarts relatifs sont introduits dans la fonction objectif à minimiser.

Source : Auteurs

Au regard des analyses présentées plus haut, il est possible de tirer les conclusions suivantes sur la supériorité et la robustesse de la méthode de l'entropie croisée, de celle de Hellinger et les celles des versions modifiées des MCO et Huber :

- En moyenne, relativement aux autres méthodes, l'entropie croisée et la méthode de Hellinger présentent des erreurs plus faibles dans l'estimation des coefficients (ratio) de la MCS.
- Lorsque l'on introduit une modification (écarts relatifs) dans la fonction objectif de minimisation dans les méthodes MCO et Huber, elles gagnent en performance et font parfois mieux que CE et Hellinger. Cela est toutefois lié en partie à la nature de la fonction objectif.
- Lorsque les changements structurels interviennent (apparition de nouvelles transactions, changement de signes), les méthodes proposées ne peuvent les reproduire. Cependant, les méthodes entropie croisée et Hellinger restent relativement supérieures aux autres pour des raisons suivantes : (i) en ce qui concerne l'apparition de nouvelles transactions, dans la matrice actualisée avec les méthodes MCO et Huber, les transactions ayant un poids faible dans la MCS initiale sont réduites à zéro. En outre ; la comparaison de la MCS actualisée grâce à ces méthodes avec la MCS observée, montre l'apparition de nombreuses nouvelles transactions alors que la réalité est toute autre ; cependant l'introduction d'une modification dans la fonction objectif dans ces méthodes permettent d'accroître la performance de ces méthodes au même niveau que les méthodes Hellinger et CE; (ii) sans introduction d'une contrainte de maintien des zéros, les méthodes Huber et MCO ont tendance à créer des valeurs qui en réalité ne devraient pas apparaître dans la MCS, et ce malgré l'introduction de la modification.

- Les méthodes Huber et MCO soulignent environ 2 fois plus de comptes présentant une déviation supérieure à 75% en valeur absolue que les méthodes entropie croisée et Hellinger. Cependant, l'introduction de la modification dans la fonction objectif élimine ces écarts.
- En général, les méthodes proposées dans cette note, surestiment ou sous-estiment, la part de la valeur ajoutée dans la production des secteurs ayant connu une croissance ou une baisse de leurs contributions au PIB. Les surestimations ou sous-estimations peuvent être plus de 2 fois plus élevées avec les méthodes de Huber et MCO lorsque les modifications ne sont pas introduites dans la fonction objectif.
- Lorsqu'un choc positif ou négatif affecte la valeur ajoutée d'un secteur dans le PIB, les méthodes proposées dans cette note, sous-estiment ou surestiment la part du facteur dans lequel les sous-secteurs sont relativement intensifs ou moins intensifs. Les méthodes entropie croisée et Hellinger et les versions modifiées de Huber et MCO présentent de meilleures performances<sup>20</sup>.
- Par ailleurs, les résultats des analyses montrent que les méthodes de Hellinger et d'entropie croisée et les versions modifiées de MCO et Huber permettent de mieux reproduire l'évolution des intensités factorielles par rapport aux méthodes MCO et Huber.

#### **IV. Conclusion**

Les MCS font partie de la grande famille des comptes nationaux, qui alimentent principalement les modèles d'équilibre général calculable, largement utilisés dans les évaluations ex-ante de politiques publiques. Cependant l'élaboration d'une MCS désagrégée pour une année récente peut se révéler complexe et laborieuse, car elle exige la disponibilité, l'accès, la compilation et la mise en cohérence des données provenant de diverses sources<sup>21</sup>. La littérature propose une procédure de mise à jour d'une MCS préalablement construite dans une période antérieure, en prenant en compte de nouvelles informations disponibles sur la structure de l'économie considérée.

Plusieurs méthodes ont été développées à cet effet, ouvrant ainsi une discussion sur leurs validités, forces et faiblesses. Cette étude, à la différence de celles existant dans la littérature, présente des applications des méthodes de Huber et Hellinger en plus de celles des méthodes d'entropie croisée et des moindres carrés ordinaires employées dans l'actualisation d'une MCS. Par ailleurs, elle compare la performance de ces méthodes selon différents critères : analyse des écarts entre les coefficients actualisés et les coefficients

---

<sup>20</sup> L'exception est faite pour le sous-secteur A5

<sup>21</sup> TRE: Tableau des Ressources et Emplois, TCEI : Tableau des Comptes Economiques Intégrés, TOFE : Tableau des Operations financières de l'Etat, BP : Balance des paiements, une enquête des ménages.

observés, réplication des changements structurels, identification des comptes les plus affectés, analyse du changement de la structure de la production et des intensités factorielles.

Des analyses comparatives effectuées montrent que les méthodes de l'entropie croisée et de Hellinger sont relativement supérieures aux deux autres méthodes (sans modifications) en ce sens qu'elles minimisent les erreurs sur les coefficients estimés, ne modifient pas significativement la structure des comptes (pas de création de nouvelles valeurs) et préservent plutôt bien les intensités factorielles. Cependant, les résultats présentés ci-dessus doivent être interprétés avec précaution. Nous avons utilisé un seul exemple numérique alors que les conclusions seraient plus robustes si elles étaient tirées à partir de plusieurs exemples. Par conséquent, nous suggérons, pour de futures recherches, de procéder au même exercice en utilisant différentes SAMs de structures différentes.

## Annexe

Tableau 14 Correspondance entre les branches des matrices de 2006 et 2011

2011		2006	
awhea	Wheat	awhea	Wheat
amaiz	Maize	amaiz	Maize
arice	Paddy rice	arice	Paddy rice
asorg	Sorghum	asorg	Sorghum
apota	Irish potatoes	apota	Irish potatoes
aspot	Sweet potatoes	aspot	Sweet potatoes
acass	Cassava	acass	Cassava
aroot	Other roots	aroot	Other roots
apuls	Pulses	apuls	Pulses
avege	Other vegables	avege	Vegables
abana	Bananas	abana	Bananas/plantains
afrui	Other fruits	afrui	Fruits
aoils	Oil seed	aoils	Oil seeds
acoff	Coffee	acoff	Coffee
agtea	Green tea	agtea	Green tea
apyre	Pyrethium	aotex	Other export crops
aotex	Other export crops		
<b>Agriculture in SAM</b>			
aboli	Bovine cattle, live	aboli	Bovine cattle, live
ashli	Sheep and goats, live	ashli	Sheep and goats, live
aswli	Swine, live	aswli	Swine, live
apoli	Poultry, live	apoli	Poultry, live
amilk	Raw milk	amilk	Raw milk
aegg	Eggs	aegg	Eggs
aoliv	Other livestock products	aoliv	Other livestock products
afore	Forestry	afore	Forestry
afish	Fishing	afish	Fishing
<b>Livestock, fishing and forestry in SAM</b>			
amini	Mining	amini	Mining
<b>Mining</b>			
amfdp	Meat, fish and dairy products	amfdp	Meat, fish and dairy products
acere	Processed cereals	acere	Processed cereals
acomg	Processed coffee	acomg	Processed coffee
atemg	Processed tea	atemg	Processed tea
abake	Bakery, processed sugar	abake	Bakery & processed sugar
atbev	Traditional beverages	atbev	Traditional beverages
antbe	Modern beverages	antbe	Modern beverages
atoba	Tobacco	atoba	Tobacco
<b>Food processing n SAM</b>			
atext	Textile and clothing	atext	Textile and clothing
awood	Wood, paper and printing	awood	Wood, paper and printing
achem	Chemicals	achem	Chemicals
amine	Non-metalic minerals	amine	Non-metalic minerals
afurn	Furniture and other manufactured products	afurn	Furniture and other manufactured products
aelec	Electricity, gas and water	aelec	Electricity, gas and water
acons	Construction	acons	Construction
<b>Other industry</b>			



areta	Wholesale and retail trade	areta	Wholesale and retail trade
ahote	Hotels and restaurants	ahote	Hotels and restaurants
atran	Transports	atran	Transports
acom		acom	
m	Communication	m	Communication
afina	Finance and insurance	afina	Finance and insurance
arsta	Real estate	arsta	Real estate
aserv	Business services	aserv	Business services
arepa	Repair	arepa	Repair
aeduc	Education	aeduc	Education
aheal	Health	aheal	Health
aoser	Other personal services	aoser	Other personal services
<b>Private service</b>			
agov	Public administration	agov	Public administration
<b>Public service</b>			

*Tableau 15 Correspondance entre les comptes des facteurs et des institutions des matrices de 2006 et 2011*

<b>2011</b>		<b>2006</b>	
flab-ag	Labor - Agriculture	flab	Labor
flab-us	Labor - Unskill		
flab-ls	Labor - Low Skill		
flab-hs	Labor - High Skill		
<b>Labor</b>			
fnd	Crop land	fcap	Capital
fliv	Livestock	fnd	Land
fcap-ag	Capital - Agriculture		
fcap-na	Capital - Non-Agriculture		
fcap-ss	Capital - Sector Specific		
<b>Capital</b>			
hhd-rur	Rural households	hhd	Households
hhd-urb	Urban households		
<b>Households</b>			
trc	Transaction costs	trc	Transaction costs
gov	Government	gov	Government account
dtax	Direct taxes	dtax	Direct Taxes
mtax	Import tariffs	mtax	Import duties & tariffs
stax	Sales taxes	stax	Sales taxes
s-i	Savings/investment	s-i	Savings-investment
row	Rest of world	row	Rest of the world
<b>Institutions</b>			

## Références

- Ahmed, S. A., & Preckel, P. V. (2007, July). A comparison of RAS and entropy methods in updating IO tables. In *American Agricultural Economics Association, 2007 Annual Meeting* (pp. 1-20).
- Csiszár, I. & Shields, P. (2004). *"Information Theory and Statistics: A Tutorial"* (PDF). *Foundations and Trends in Communications and Information Theory*.  
[https://www.renyi.hu/~csiszar/Publications/Information\\_Theory\\_and\\_Statistics:\\_A\\_Tutorial.pdf](https://www.renyi.hu/~csiszar/Publications/Information_Theory_and_Statistics:_A_Tutorial.pdf)
- Decaluwé, B., Martens, A., & Savard, L. (2001). *La politique économique du développement et les modèles d'équilibre général calculable: une introduction à l'application de l'analyse mésoéconomique aux pays en développement*. PUM.
- Fofana, I. (2007). Elaborer une matrice de comptabilité sociale pour l'analyse d'impacts des chocs et politiques macroéconomiques. *Centre Interuniversitaire sur le Risque, les Politiques Economiques et l'Emploi (CIRPEE)*.
- Golan, A., & Judge, G. (1996). Recovering information in the case of underdetermined problems and incomplete economic data. *Journal of statistical planning and inference*, 49(1), 127-136.
- Golan, A., Judge, G. G., & Miller, D. (1996). *Maximum entropy econometrics: Robust estimation with limited data* (pp. 6-38). New York: Wiley.
- Günlük-Şenesen, G., & Bates, J. M. (1988). Some experiments with methods of adjusting unbalanced data matrices. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (Statistics in Society)*, 473-490.
- International Food Policy Research Institute (IFPRI). 2012. A 2006 Social Accounting Matrix for Rwanda - Social Accounting Matrix (SAM) 2006. Washington, DC: International Food Policy Research Institute (IFPRI) [dataset]. <https://doi.org/10.7910/DVN/9N5QEK>.
- International Food Policy Research Institute (IFPRI). 2014. Rwanda Social Accounting Matrix (SAM), 2011. Washington, DC: International Food Policy Research Institute (IFPRI) [dataset]. <http://dx.doi.org/10.7910/DVN/28532>.
- Lee, M. C., & Su, L. E. (2015). Social accounting matrix balanced based on mathematical optimization method and general algebraic modeling system. *Oxford Journal of Scientific Research*, 75.
- Robinson, S., Cattaneo, A., & El-Said, M. (2001). Updating and estimating a social accounting matrix using cross entropy methods. *Economic Systems Research*, 13(1), 47-64.