Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université de Carthage

École Supérieure de la Statistique et de l'Analyse de l'Information

Rapport de projet de fin d'année

Équilibre général : Développement d'un modèle d'équilibre général calculable néoclassique

Élaboré par : Bellalah Yesmine, Yahyaoui Marwa, Morchdi Manel, Briki Khalil

Encadré par : M.Mabrouk Mohammed

Janvier-Mai 2016

Remerciements

On remercie toutes les personnes qui ont contribué au succès de cet atelier.

Tout d'abord, on adresse nos remerciements à toute l'équipe pédagogique de l'ESSAI pour nous avoir préparé pour cet atelier pendant les deux dernières années.

On tiens à remercier vivement notre professeur, M.Mohamed Mabrouk , pour son encadrement, le temps passé ensemble et le partage de son expertise.

Table des matières

Table des figures

1 Introduction

Un modèle d'équilibre général calculable (MEGC) est un modèle de simulation visant à donner une représentation de l'ensemble des transactions d'une économie de marché.

Les modèles d'équilibre général calculable (MEGC) sont une classe de modèles économiques qui utilisent des données économiques réelles pour estimer comment une économie pourrait réagir à des changements de politique, de technologie, de ressources, ou d'autres facteurs externes. Ils ont la particularité de prendre en compte, de façon plus ou moins détaillée, toutes les composantes d'une économie, suivant la théorie de l'équilibre général. Ainsi, leur développement repose sur la construction de bases de données complètes et cohérentes, souvent sous forme de matrices de comptabilité sociale.

Plus précisément, les modèles d'équilibre général calculables sont des modèles multisectoriels qui s'inspirent des travaux de Johansen (1960). Ils simulent l'opération des marchés des biens et des facteurs et capturent les interactions entre les structures de production et de l'emploi, les revenus des facteurs de production, la distribution des revenus aux individus et aux ménages et la structure de la demande. D'inspiration essentiellement néoclassique, ces modèles ont évolué et incorporent un certain nombre de caractéristiques non néoclassiques, par exemple : des déséquilibres sur le marché du travail, dus à la rigidité des salaires de certaines catégories de travail, ou encore l'immobilité du capital entre les secteurs productifs dans le court terme.

1.1 Histoire

Au milieu des années 70, les économistes ont eu besoin d'un MEGC , suite aux limites des modèles macro-économiques traditionnels, pour l'étude de politiques plus performantes et ciblées en tenant compte des effets de redistribution, pour l'étude des politiques fiscales. Ce modèle a été développé au sein des administrations nationales et des organisations internationales

Aux années 80-90 , ce modèle a évolué grâce aux progrès informatiques, mais il n'était pas assez développée pour expliquer les besoins initiaux.

A partir de 1990, le modèle calculable est devenu utilisé diversement : fiscalité , épargne, finance, environnement, commerce international, retraites ...

1.2 Forces et Limites

— Forces

- Mise en évidence des canaux de transmission
- Évaluation d'une politique économique et/ou d'un choc externe
- Critère pour arbitrer entre 2 politiques : le bien être des agents
- Souplesse par rapport aux modèles théoriques d'équilibre général
- Peu de données sont nécessaires.

— Limites

- La valeur des paramètres ne fait pas consensus.
- La situation de l'économie est supposée initialement en équilibre général même pour les économies en transition.

1.3 Fondement Théorique

On considère une économie à l biens, m consommateurs et n producteurs.

Le consommateur i dispose d'une dotation initiale $w_i \in \mathbb{R}^p$. Ses préférences sont représentées par une fonction d'utilité u_i. On note x_i le vecteur de $\mathbb{R}^p$ représentant les décisions de consommation du consommateur i pour chacun des biens. Une composante de peut être négative. Dans ce cas, le consommateur vend le bien concerné.

Le producteur j est caractérisé par le sous-ensemble de $\mathbb{R}^p$ des vecteurs de production y_j de $\mathbb{R}^p$ qu'il peut réaliser, noté . Un vecteur de production de représente une situation d production réalisable pour le producteur j. Si une composante de est positive, il s'agit d'un output. Si elle est négative, il s'agit d'un input.

Un état de l'économie est un n+m-uplet de $\mathbb{R}^p$: $((x_i)_{1 \preceq m}, (x_j)_{1 \preceq n})$.
Le vecteur de demande totale est x= $\sum_i x_i$.
Le vecteur offre totale est y= $\sum_j y_j$.
Le vecteur de ressources initiales de l'économie est w= $\sum_i w_i$.

On se situe dans une économie de propriété privée. Ainsi, un consommateur i détient une part θ_{ij} du producteuri, de sorte que $\sum_i \theta_{ij}$ =1.

Le vecteur prix est p $\in \mathbb{R}^p_+$. Le profit du producteur j s'écrit $\pi_j = p.y_j$.

Un état $((x_i)_{1 \preceq m}, (x_j)_{1 \preceq n})$ est dit équilibre concurrentiel de propriété privée supporté par le vecteur prix p $\in \mathbb{R}^p_+$ si et seulement si :

1- Le vecteur d'excès de demande z= x-y-w est nul
2- Pour chaque producteur j, le vecteur y_j maximise le profit π_j pour $y'_j \in Y_j$.
3- Pour chaque consommateur i, le vecteur x_i maximise l'utilité $u_i(x'_i)$ et vérifiant $p.x'_i \preceq p.w_i + \sum_{j=1}^{n} \theta_{ij}.p.y_j$.

— Théorème d'existence de Debreu

Il existe un vecteur de prix p tel que l'économie de propriété privée définie ci-dessus possède un equilibre concurrentiel supporté par p si :

1. Les fonctions d'utilités sont strictement concaves, possèdent chacune un minorant et ne sont pas saturables.

2. La dotation initiale de chaque consommateur est strictement préférable au minorant.

3. 0$\in Y_j$, pour tout j, ce qui signifie que tout producteur a la possibilité de ne rien faire.

4 . Y_j est fermé est convexe pour tout j. En termes de fonction de production, cela signifie que la fonction de production est concave.

5. $Y_j \cap (-Y_j) \subset 0$, ce qui signifie que la production est irréversible.

6 . Si tous les inputs sont nuls, les outputs seront aussi nul.

2 Modèle sans taxe

On considère une économie à deux biens, deux facteurs de production, le capital et le travail, et un consommateur représentatif. Chaque bien est produit par un secteur qui utilise comme input certaines quantités des divers biens, du capital et du travail.

— Production et matrice des comptes sociaux

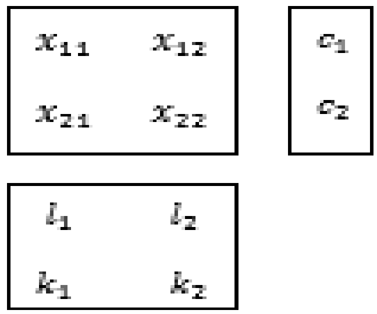

Figure 1 – Matrice des comptes sociaux

- c_1 et $c_2$représentent les quantités de bien 1 et bien 2 utilisées en consommation finale du bien 1 et bien 2 (respectivement).

Pour produire y_1 unités de bien 1, il faut x_{11}unités de bien 1, x_{21} unités de bien 2, l_1 unités de travail et k_1 unités de capital.

La fonction de production du bien 1 est de la forme Cobb-Douglas :

- $y_1 = A_1(x_{11})^{\beta}_{11}(x_{21})^{\beta}_{21}(l_1)^{y}_{l1}(k_1)^{y}_{k1}$
- $y_2 = A_2(x_{12})^{\beta}_{12}(x_{22})^{\beta}_{22}(l_2)^{y}_{l2}(k_2)^{y}_{k2}$

y_1 et y_2 sont les fonctions de productions, où A_1 et A_2 sont 2 constantes

— Ressources = Emplois

- $y_1 = x_{11} + x_{12} + c_1$
- $y_2 = x_{21} + x_{22} + c_2$

— Recettes = Dépenses

- $p_1y_1 = p_1x_{11} + p_2x_{12} + wl_1 + rk_1$
- $p_2y_2 = p_1x_{12} + p_2x_{22} + wl_2 + rk_2$

— Bilan des consommateurs

La société est composée de 2 classes, une classe des travailleurs et une classe des capitalistes.

Dans notre modèle on considère que tous les individus sont identiques et que chaque individu est autant travailleur que capitaliste.

— Recettes = Dépenses

-$M = w(l_1 + l_2 + r(k_1 + k_2) = p_1c_1 + p_2c_2$

- Conservation de la dotation en facteurs de production

On suppose dans notre modèle que les facteurs l et k sont utilisés à 100%. => pas de chômage.
- $l = l_1 + l_2$ et $k = k_1 + k_2$

- Le consommateur maximise la fonction d'utilité suivante sous contrainte de son revenu et à prix fixés
$U = A_c(c_1)^(\alpha_1))(c_2)^(\alpha_2))$ où A_c est une constante et α_1 ,α_2 sont 2 réels positifs tels que $\alpha_1 + \alpha_2 = 1$.

On cherche à résoudre ce problème :

$$\begin{cases} maxA_c(c_1)^(\alpha_1))(c_2)^(\alpha_2)) \\ s.c.p_1c_1 + p_2c_2 \preceq M \end{cases}$$

==> Conditions d'optimalité :
$\alpha_1 = \frac{p_1c_1}{M}$
$\alpha_2 = \frac{p_2c_2}{M}$

Pour les producteurs :

Secteur 1 :

$$\begin{cases} maxA_1(x_{11})^\beta_{11}(x_{21})^\beta_{21}(l_1)^y_{l1}(k_1)^y_{k1} - (p_1x_{11} + p_2x21 + wl_1 + rk_1) \\ x_{11}, x_{21}, l_1, k_1 dcrivantledomainepossible \end{cases}$$

$==>$ - $p_1\frac{\beta_{11}}{x_{11}}y_1 = p_1$ et $p_1\frac{\beta_{21}}{x_{21}}y_1 = p_2$

- $p_1\frac{Y_{l1}}{l_1}y_1 = w$ et $p_1\frac{Y_{k1}}{k_1}y_1 = r$

De même pour le secteur 2.

2.1 Modélisation et Implémentation

— Inputs

- $A_1, A_2, (\beta_{ij})_{i,j=1,2}, (\gamma_{kj})_{j=1,2}, (\gamma_{lj})_{j=1,2}$
- $A_c, (\alpha_i)_{i=1,2}$
- l , k
avec

$\beta_{11} + \beta_{21} + \gamma_{11} + \gamma_{k1} = \beta_{12} + \beta_{22} + \gamma_{12} + \gamma_{k2} = 1$

— Outputs

- x= $(x_{ij})_{i,j=1,2}$
- y= (y_1, y_2)
- c= (c_1, c_2)
- (l_1, l_2)
- (k_1, k_2)
- (p_1, p_2)
- w
- r

— Algorithme

- On calcule les 4 fonctions d'excès de demande et les 2 fonctions d'excès de prix en fonction des variables (y_1, y_2, p_1, p_2, w, r).

On cherche par la suite le vecteur (y,p,w,r) qui annule ces fonctions :

- Bien 1 : $\delta_1 = x_{11} + x_{12} + c_1 - y_1 = \frac{\beta_{11}p_1y_1+\beta_{12}p_2y_2+\alpha_1(wl+rk)}{p_1} - y_1$
- Bien 2 : $\delta_2 = x_{21} + x_{21} + c_2 - y_2 = \frac{\beta_{21}p_1y_1+\beta_{22}p_2y_2+\alpha_2(wl+rk)}{p_2} - y_2$
- Facteur travail : $\Delta_l = \gamma_{l1}\frac{p_1y_1}{w} + \gamma_{l2}\frac{p_2y}{w} - l$
- Facteur capital : $\Delta_k = \gamma_{k1}\frac{p_1y_1}{r} + \gamma_{k2}\frac{p_2y_2}{r} - k$
- Prix de bien 1 : $\Delta_{p_1} = 1 - p_1A_1(\frac{\beta_{11}}{p_1})^{\beta}_{11}(\frac{\beta_{21}}{p_2})^{\beta}_{21}(\frac{\gamma_{l1}}{w})^{\gamma}_{l1}(\frac{\gamma_{k1}}{r})^{\gamma}_{k1}$
- Prix de bien 2 : $\Delta_{p_2} = 1 - p_2A_2(\frac{\beta_{12}}{p_1})^{\beta}_{12}(\frac{\beta_{22}}{p_2})^{\beta}_{22}(\frac{\gamma_{l2}}{w})^{\gamma}_{l2}(\frac{\gamma_{k2}}{r})^{\gamma}_{k2}$

On cherche finalement à minimiser la fonction $\delta = |\delta_1| + |\delta_1| + |\delta_2| + |\delta_l| + |\delta_k| + |\delta_{p1}| + |\delta_{p2}|$ avec
- $\delta_1 = \frac{\Delta_1}{y_1}$
- $\delta_2 = \frac{\Delta_2}{y_2}$
- $\delta_l = \frac{\Delta_l}{l}$
- $\delta_k = \frac{\Delta_k}{k}$
- $\delta_{p1} = \Delta_{p1}$
- $\delta_{p2} = \Delta_{p2}$

2.2 Exemple implémenté

$\beta = \begin{pmatrix} 1/12 & 3/10 \\ 1/6 & 1/10 \end{pmatrix}$
$\gamma_l = \begin{pmatrix} 1/4 \\ 1/2 \end{pmatrix}$
$\gamma_k = \begin{pmatrix} 1/2 \\ 1/10 \end{pmatrix}$
$\alpha = \begin{pmatrix} 8/15 \\ 7/15 \end{pmatrix}$
$A = \begin{pmatrix} 3.3162987 \\ 3.21646346 \end{pmatrix}$
k=70 l= 80

— Résultat trouvé

	A1=3.3164
p1	1.0000018
p2	0.9999979
y1	119.9953432
y2	99.9965144
w	0.9999630
r	0.9999630
l1	30.0000000
l2	50.0000000
k1	60.0000000
k2	10.0000000
c1	79.9968955
c2	69.9975601

FIGURE 2 – Modèle sans taxe

* Remarque : Pour l'implémentation de ce programme, on a utilisé le logiciel libre R/ RStudio. Pour résoudre le problème de minimisation on a utilisé la fonction optimx.

3 Simulations sur les variations des paramètres techniques

3.1 Cas 1 : Progrès technique neutre sur le secteur 1 : A1 = 4

	A1=3.3162	A1=4	variation en %
p2	0.9999979	1.156201	15.62
y1	119.9953432	149.181789	24.32
y2	99.9965144	107.523156	7.53
w	0.9999630	1.243184	24.32
r	0.9999630	1.243184	24.32
l1	30.0000000	30.000000	0.00
l2	50.0000000	43.244983	-13.51
k1	60.0000000	60.000000	0.00
k2	10.0000000	10.000000	0.00
c1	79.9968955	99.454526	24.32
c2	69.9975601	75.266209	7.53

FIGURE 3 – Variation de A_1

Interprétation :

Suite à la variation de A1, un nouveau équilibre s'est établit.

Tout d'abord , on constate qu'il n' y a aucune variation au niveau de la demande du travail et de capital , ceci est du au fait que la fonction de production de Cobb-Douglas, qui ne tient pas compte des rapports intersectoriels des productivités marginales du travail et de capital.

L'augmentation du progrès technique au niveau de la production du bien 1 , a augmenté la production de bien 1 de 24.3% ce qui a diminué le prix de bien 1. Cette dernière augmentation affecte le prix du bien 2 ,car sa production emploi le bien 1 comme consommation intermédiaire mais ceci augmente la production du bien 2 (légèrement par rapport au bien 1) grâce à la disponibilité du bien 1.

L'intérêt et la salaire augmentent aussi.

3.2 Cas 2 : Augmentation du nombre de travailleurs : l=90

	lt=80	lt=90	variationl%
p1	1.0000018	1.0160876	1.61
p2	0.9999979	0.9819259	-1.81
y1	119.9953432	125.7521433	4.80
y2	99.9965144	108.4392732	8.44
w	0.9999630	0.9464829	-5.35
r	0.9999630	1.0647933	6.48
l1	30.0000000	33.7500000	12.50
l2	50.0000000	56.2500000	12.50
k1	60.0000000	60.0000000	0.00
k2	10.0000000	10.0000000	0.00
c1	79.9968955	83.8347622	4.80
c2	69.9975601	75.9074912	8.44

FIGURE 4 – Variation de l

Interprétation :

L'augmentation de l'offre de travail contribue à l'augmentation de la production de bien 1 et 2.

La modification du travail net touche le capital des 2 entreprises. Ceci est expliqué par la même raison citée auparavant.

La répartition ,de cette augmentation de travail , est égale entre les 2 biens $\Delta l_1 = \Delta l_2 = 12.5\%$, mais cette augmentation a plus de bienfaits sur le bien 2 qui compte plus sur le travail donc il connait un progrès plus important que le bien 1 ($8.44 > 4.8$) , et automatiquement son prix diminue de 1.81% donc les consommateurs vont vers le bien 1 , sa demande augmente , son prix augmente par conséquent.

Le salaire baisse, conséquence directe de la disponibilité de travail (prix de travail diminue) .

Le capital devient rare en le comparant au travail(k=70 et l= 90) donc son prix augmente d'où l'augmentation des intérêts .

3.3 Cas 3 : Remplacement du capital par le travail dans la technologie de production du secteur capitaliste : $\gamma_{l1} = 0.35, \gamma_{k1} = 0.4$

	gammal[1]=1/4 gammak[1]=1/2	gammal[1]=0.35 gammak[1]=0.4	variationg1%
p1	1.0000018	0.9180001	-8.20
p2	0.9999979	1.1027205	10.27
y1	119.9953432	145.0879064	20.91
y2	99.9965144	100.6531173	0.66
w	0.9999630	1.2764110	27.65
r	0.9999630	0.9196501	-8.03
l1	30.0000000	36.5217391	21.74
l2	50.0000000	43.4782609	-13.04
k1	60.0000000	57.9310345	-3.45
k2	10.0000000	12.0689655	20.69
c1	79.9968955	96.7252709	20.91
c2	69.9975601	70.4571821	0.66

FIGURE 5 – Variation de γ_{l1} et γ_{k1}

Interprétation :

Le remplacement du capital par le travail dans la technologie de production du secteur capitaliste c'est à dire , on a diminué la part du capital dans le secteur capitaliste qui va augmenter pour le secteur non capitaliste.

L'augmentation de travail pour le secteur 1 a augmenté directement les salaires des travailleurs dans le secteur 1 ce qui va attirer les travailleurs du secteur 2,ce qui va augmenter les salaires d'une part , et d'autre part, ceci n'est pas du tout bénéfique pour ce secteur car il compte surtout sur le travail, ce qui va augmenter son cout et son prix. Par conséquent, a consommation baisse, d'où sa production.

Les intérêts diminuent, parce que le capital n'est plus la ressource la plus recherchée , il perd sa valeur.

3.4 Cas 4 : Remplacement du capital par le travail dans la technologie de production du secteur non capitaliste : $\gamma_{l2} = 0.57, \gamma_{k2} = 0.03$

	gammal[2]=0.5 gammak[2]=1/10	gammal[2]=0.57 gammak[2]=0.03	variationgamma2%
p1	1.0000018	0.9694209	-3.06
p2	0.9999979	1.0361304	3.61
y1	119.9953432	158.3661195	31.98
y2	99.9965144	123.4749861	23.48
w	0.9999630	1.3913061	39.14
r	0.9999630	1.1514257	15.15
l1	30.0000000	27.5862069	-8.05
l2	50.0000000	52.4137931	4.83
k1	60.0000000	66.6666667	11.11
k2	10.0000000	3.3333333	-66.67
c1	79.9968955	105.5774130	31.98
c2	69.9975601	86.4324902	23.48

FIGURE 6 – Variation de γ_{l2} et γ_{k2}

Interprétation :

Contrairement au cas précédent , le remplacement de capital par le travail est fait pour le secteur 2 qui est non capitaliste. Ce remplacement est bénéfique pour les 2 secteurs , car pour le secteur , le capital va augmenter.

La production des 2 biens augmente. Le prix de bien 2 baisse grâce à l'augmentation de y2, qui augmente aussi les salaires, ce qui va attirer les travailleurs du secteur 1.

4 Simulations sur les variations de taxes

4.1 Définition

Prélèvement à caractère fiscal, destiné à alimenter la trésorerie de l'État, d'une collectivité locale ou d'un établissement public administratif en contrepartie d'un service rendu aux administrés

Il y a 2 types de taxes : directs et indirects :

- Directe : Imposée aux consommateurs et aux entreprises
- Indirecte : touche les transactions(TVA pour les consommateurs , taxes ad-valorem pour les entreprises)

L'état dans notre modèle jour le rôle de distribution : elle collecte la somme et la redistribue aux ménages. L'état n'offre pas de services ou de biens publics.

4.2 Équations du modèle avec taxes

On note :
- Le taux de la taxe sur la consommation intermédiaire du bien i pour la production du bien j par τ_{ij}^x.
- Le taux de la taxe sur la consommation finale du bien i par τ_i^c.
- Le taux de la taxe sur l'utilisation du capitalpar le secteur i par τ_i^k.
- Le taux de la taxe sur l'utilisation du travail par le secteur i par τ_i^l.

* Remarque : Un taux de taxe peut être négatif , il s'agit d'une subvention.

— Programme du consommateur

$$\begin{cases} maxA_c(c_1)^(\alpha_1))(c_2)^(\alpha_2)) \\ s.c.(1+\tau_1^c)p_1c_1 + (1+\tau_2^c)p_2c_2 \preceq M \end{cases}$$

==> Conditions d'optimalité :

$\alpha_1 = \frac{(1+\tau_1^c)p_1c_1}{M}$
$\alpha_2 = \frac{(1+\tau_2^c)p_2c_2}{M}$

==> Le revenu devient $M = w(l_1 + l_2 + r(k_1 + k_2) + T^x + T^c + T^f$ avec
- $T^x = \tau_{11}^x p_1 x_{11} + \tau_{21}^x p_2 x_{21} + \tau_{12}^x p_1 x_{12} + \tau_{22}^x p_2 x_{22}$ taxe totale sur les consommations intermédiaires
- $T^c = \tau_1^c p_1 c_1 + \tau_2^c p_2 c_2$ taxe totale sur les consommations.
- $T^f = \tau_{k1} r k_1 + \tau_{k2} r k_2 + \tau_{l1} r l_1 + \tau_{l2} w l_2$ taxe totale sur l'utilisation des facteurs de production l et k.

* Secteur 1 :

- $p_1 \frac{\beta_{11}}{x_{11}} y_1 = p_1(1+\tau_{11}^x)$ et $p_1 \frac{\beta_{21}}{x_{21}} y_1 = p_2(1+\tau_{21}^x)$

- $p_1 \frac{Y_{l1}}{l_1} y_1 = w(1+\tau_{l1})$ et $p_1 \frac{Y_{k1}}{k_1} y_1 = r(1+\tau_{k1}^x)$

De même pour le secteur 2.

— Matrice des comptes sociaux avec taxes

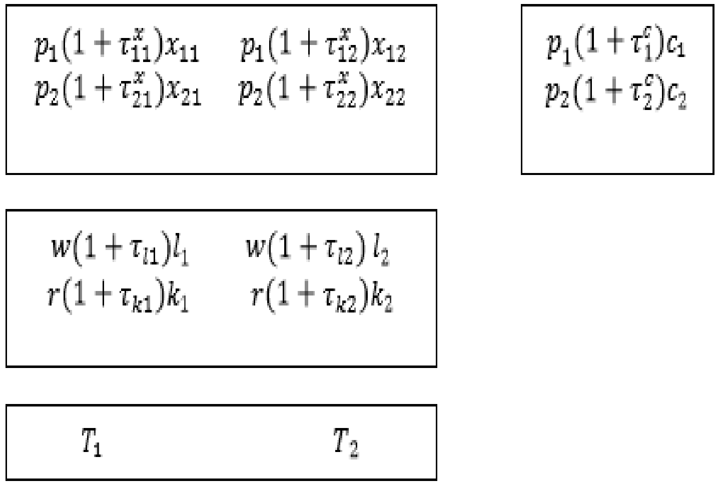

FIGURE 7 – Matrice des comptes sociaux avec taxes

avec $T_1 = \tau_{11}^x p_1 x_{11} + \tau_{12}^x p_1 x_{12} + \tau_1^c p_1 c_1$ et $T_2 = \tau_{21}^x p_2 x_{21} + \tau_{22}^x p_2 x_{22} + \tau_2^c p_2 c_2$

4.3 Implémentation et résolution du modèle avec taxe

On ajoute aux données du modèle sans taxes les taux de taxes $\tau_{11}^x, \tau_{12}^x, \tau_{21}^x, \tau_{22}^x, \tau_1^c, \tau_2^c$, et on détermine, comme dans le modèle sans taxes le vecteur $(x_{11}, x_{21}, x_{12}, x_{22}, y_1, y_2, c_1, c_2, k_1, k_2, l_1, l_2, p_1, p_2, w, r)$ avec :

-Fonction de déséquilibre de la demande du bien 1 : $\Delta_1^d = p_1(x_{11} + x_{12} + c_1) - p_1 y_1 = \frac{p_1 y_1 \beta_{11}}{1+\tau 11^x} + fracp_2 y_2 \beta_{12} 1 + \tau 12^x + \frac{M\alpha_1}{1+\tau_1^c} - p_1 y_1$

-Fonction de déséquilibre de la demande du bien 2 : $\Delta_2^d = p_2(x_{21} + x_{22} + c_2) - p_2 y_2 = \frac{p_1 y_1 \beta_{21}}{1+\tau 21^x} + fracp_2 y_2 \beta_{22} 1 + \tau 22^x + \frac{M\alpha_2}{1+\tau_2^c} - p_2 y_2$

- Fonction de déséquilibre de la demande de capital : $\Delta_k = \frac{p_1 y_1 \gamma_{k1}}{r(1+\tau k1)} + fracp_2 y_2 \gamma_{k2} r(1+\tau k2) - (k_1 + k_2)$

- Fonction de déséquilibre de la demande de travail : $\Delta_l = \frac{p_1 y_1 \gamma_{l1}}{r(1+\tau l1)} + fracp_2 y_2 \gamma_{l2} r(1+\tau l2) - (l_1 + l_2)$

- Fonction de déséquilibre du prix du bien 1 par rapport au cout de production :
$\Delta_1^\pi = 1 - A_1 p_1 [(\frac{\beta_{11}}{p_1(1+\tau_{11}^x)})_{11}^\beta (\frac{\beta_{21}}{p_2(1+\tau_{21}^x)})_{21}^\beta (\frac{\gamma_{l1}}{w(1+\tau_{l1})})_{l1}^\gamma (\frac{\gamma_{k1}}{r(1+\tau_{k1})})_{k1}^\gamma]$

- Fonction de déséquilibre du prix du bien 2 par rapport au cout de production :
$\Delta_2^\pi = 1 - A_2 p_2 [(\frac{\beta_{12}}{p_1(1+\tau_{12}^x)})_{12}^\beta (\frac{\beta_{22}}{p_2(1+\tau_{22}^x)})_{22}^\beta (\frac{\gamma_{l2}}{w(1+\tau_{l2})})_{l2}^\gamma (\frac{\gamma_{k2}}{r(1+\tau_{k2})})_{k2}^\gamma]$

- Fonction de déséquilibre du revenu par rapport aux dépenses du consommateur : $wl + rk + \tau_{11}^x \frac{p_1 y_1 \beta_{11}}{1+\tau_{11}^x} + \tau_{12}^x \frac{p_2 y_2 \beta_{12}}{1+\tau_{12}^x + \tau_{21}^x} \frac{p_1 y_1 \beta_{21}}{1+\tau_{21}^x} + \tau_{22}^x \frac{p_2 y_2 \beta_{22}}{1+\tau_{22}^x} + w\tau_{l1} l_1 + w\tau_{l2} l_2 + r\tau_{k1} k_1 + r\tau_{k2} k_2$

On cherche à trouver l'état qui annule simultanément les fonctions de déséquilibre $\Delta_1^d, \Delta_2^d, \Delta^k, \Delta^l, \Delta_1^\pi, \Delta_2^\pi, \Delta^M$.

4.4 Exemple de modèle avec taxes

on prend l'exemple cité précédemment et on ajoute les taxes suivantes :
- $\tau_c = 20\%$
- $\tau_x = 20\%$
- $\tau_{k1} = 20\%$

On trouve les résultats suivants :

RStudio: Notebook Output

	tc=20%	tx=20%	tk=20%
p1	0	-1.68	-0.12
p2	0	1.96	0.14
w	0	-8.01	2.90
r	0	-8.33	-11.89
y1	0	-6.86	2.89
y2	0	-9.52	2.84
c1	0	0.69	3.18
c2	0	-2.90	2.90
k1	0	-0.10	-2.81
k2	0	0.63	16.88
l1	0	-0.46	-0.13
l2	0	0.27	0.08

Figure 8 – Exemple avec taxes

— Interprétations

Cas 1 : $\tau_c = 20\%$: Taxe uniforme sur la consommation

Une taxe uniforme sur la consommation ne modifie pas l'équilibre initial, aucune variation n'est enregistrée.
Ceci s'explique par le fait que les taxes sont redistribuées aux consommateurs. Tous les consommateurs sont homogènes et la taxe est uniforme.

Cas 2 : $\tau_x = 20\%$ Taxe sur les consommations intermédiaires

Cette taxe modifie certainement l'équilibre initial.
On remarque tout d'abord que l'utilité diminue. Cette taxe n'a pas pour but d'améliorer la situation économique, mais plutôt elle est là pour des raisons environnementales, sociales , ...

On remarque aussi la hausse des prix des biens, et la baisse des salaires et des intérêts, d'où le pouvoir d'achat des consommateurs diminue.
La taxe sur la consommation intermédiaire augmente le cout de production des 2 biens, d'où l'augmentation des prix.
On remarque de plus, que la part de bien 2 des consommations intermédiaires dans le cout de production total est supérieur à celle de bien 1, ce qui rend le secteur 2 plus sensible à une taxe pareille. Le secteur 2 migre vers diminuer sa consommation intermédiaire, ce qui va augmenter les rémunérations salariés.

Cas 3 : $\tau_{k_1} = 20\%$ taxe sur le capital employé dans le secteur 1
Cette taxe perturbe l'équilibre initial, mais elle ne touche pas le travail, pour la raison citée dans la partie simulation sur les variations des paramètres techniques (Equation de Cobb-Douglas).
La taxe sur le capital du secteur 1, l'oblige à diminuer son capital (sa production diminue), qui va migrer vers le secteur 2 (non capitaliste) (sa production augmente), on obtient donc le nouvel équilibre.

5 Prise en compte de l'Épargne

5.1 Définition

L'épargne est la partie du revenu qui - pendant une période donnée - n'est pas dépensé. Cette somme d'argent n'est pas détruite immédiatement par une dépense de consommation et peut être conservée sous forme liquide (constitution d'encaisses ou de réserves motivées par une recherche de précaution ou l'échéance d'une dépense importante à venir), ou être réinvestie dans le circuit économique sous la forme d'un placement ou d'un investissement.

Tous les agents économiques peuvent ou doivent épargner. C'est le fait des ménages, mais aussi des entreprises (autofinancement), de l'économie nationale (qui doit pour ce faire se ménager une balance des paiements courants excédentaire) ainsi que de l'État (problématique de l'excédent budgétaire).

La notion d'épargne cache des discordes théoriques relatives aux déterminants de l'épargne, aux conséquences de l'épargne sur l'économie globale et même aux différentes façons de mesurer l'épargne.

5.2 Équations du modèle à l'introduction de l'épargne

Une nouvelle variable s'ajoute s_2 qui est la variable épargne. Elle est inconnue et sera déterminée pour un nouveau programme qui tient compte des anciennes équations avec une petite modification et une nouvelle équation qui décrit le comportement d'épargne : $s_2 = S[\frac{wl+rk}{i(p_1,p_2)}]$

Les équations restent les mêmes sauf :
- $y_2 = x_{21} + x_{22} + c_2 + s_2$
- $\alpha_1 = \frac{p_1 c_1}{wl+rk-p_2 s_2}$
- $\alpha_2 = \frac{p_2 c_2}{wl+rk-p_2 s_2}$

S est la fonction décrivant le comportement d'épargne réelle en fonction du revenu réel et $i(p_1, p_2)$ est un indice de prix permettant de déflater le revenu nominal wl + rk. Cet indice peut être pris comme la dépense minimale pour obtenir une utilité égale à l'utilité de la situation de référence avec les prix.

Si k_ne capital disponible au début de la nième période, la boucle suivante permet de calculer les équilibres successifs

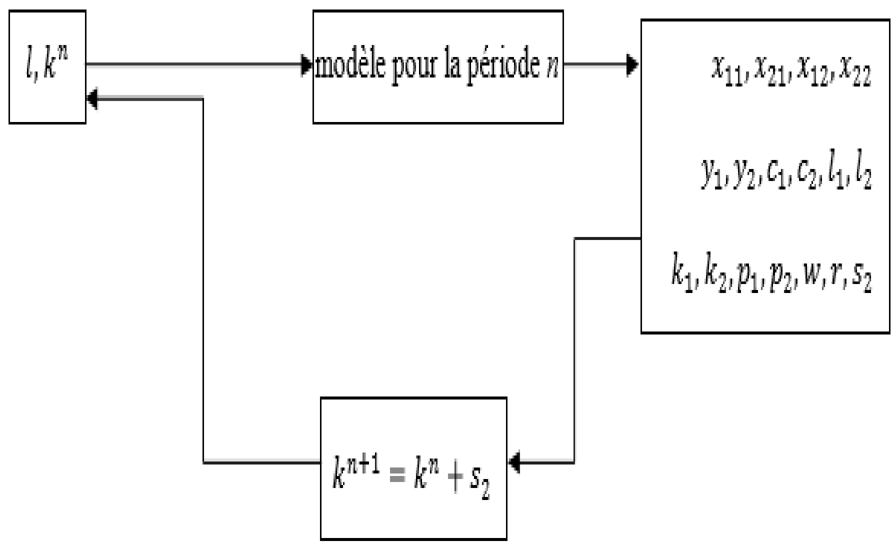

FIGURE 9 – Modèle avec épargne

Pour ce modèle, on va prendre une fonction linéaire pour la fonction d'épargne pour des raisons de simplification.

5.3 Exemple sans taxes

— Algorithme

1-On fixe le nombre de période à 4 :

2- On initialise les paramètres

$s = 20\%$
$S = s(\frac{wl+rk}{id})$

3- On détermine la solution du système $(p_1, p_2, w, r, Y_1, Y_2)$ suivant les équations écrites auparavant , en modifiant seulement l'équation $\delta_2 = \frac{\beta_{21}p_1y_1+\beta_{22}p_2y_2+\alpha_2(wl+rk)}{p_2} + \frac{s_2(wl+rk)}{p_2} - y_2$

4- On calcule ($x_{11}, x_{12}, x_{21}, x_{22}, l_1, l_2, k_1, k_2$)

5- on répète 3 fois l'algorithme ci-dessus en injectant la solution trouvée et en modifiant K_n tel que $K_{n+1} = k_n + s_2$

— Résultat trouvé

	periode1	periode2	periode3	periode4
	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>
k	70.0000000	100.0460229	135.5320040	176.4336849
p1	0.9848772	0.9395758	0.9000795	0.8683812
p2	1.0175678	1.0738289	1.1278477	1.1750199
y1	110.7216873	138.2298776	164.3168699	193.0032430
y2	112.1237618	124.2001507	138.2940056	149.9923142
w	1.0538572	1.2394277	1.4370231	1.6252760
r	0.9417363	0.7823968	0.6607042	0.5748500

FIGURE 10 – Épargne $(p_1, p_2, w, r, Y_1, Y_2)$

	periode1	periode2	periode3	periode4
	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>
x[1,1]	9.226807	11.51916	13.69307	16.08360
x[2,1]	17.860770	20.15800	21.85553	23.77270
x[1,2]	34.753630	42.58402	51.98693	60.88707
x[2,2]	11.212376	12.42002	13.82940	14.99923
l[1]	25.868606	26.19706	25.72997	25.78030
l[2]	54.131397	53.80294	54.27003	54.21970
k[1]	57.896922	82.99972	111.92471	145.77750
k[2]	12.115231	17.04630	23.60732	30.65912
c[1]	81.353014	100.71490	121.17946	142.14647
c[2]	68.897021	77.10784	84.61892	91.91985

FIGURE 11 – Épargne $(x_{11}, x_{12}, x_{21}, x_{22}, l_1, l_2, k_1, k_2)$

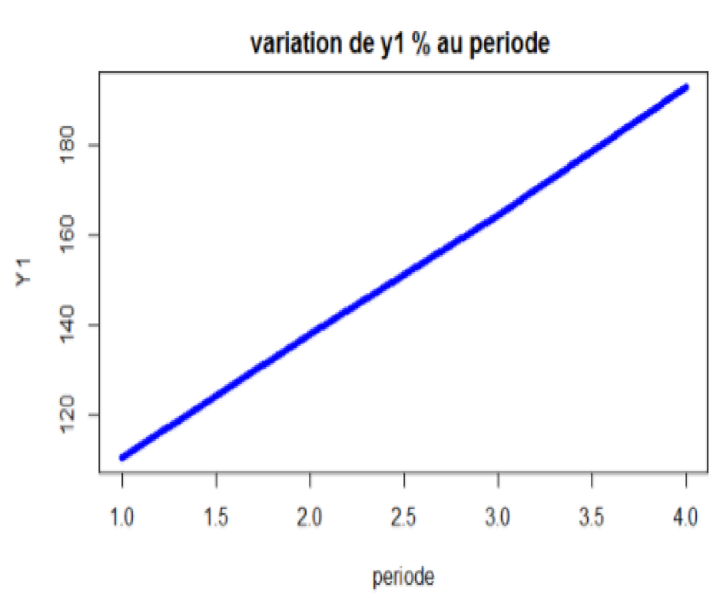

FIGURE 12 – Variation de y_1 par période

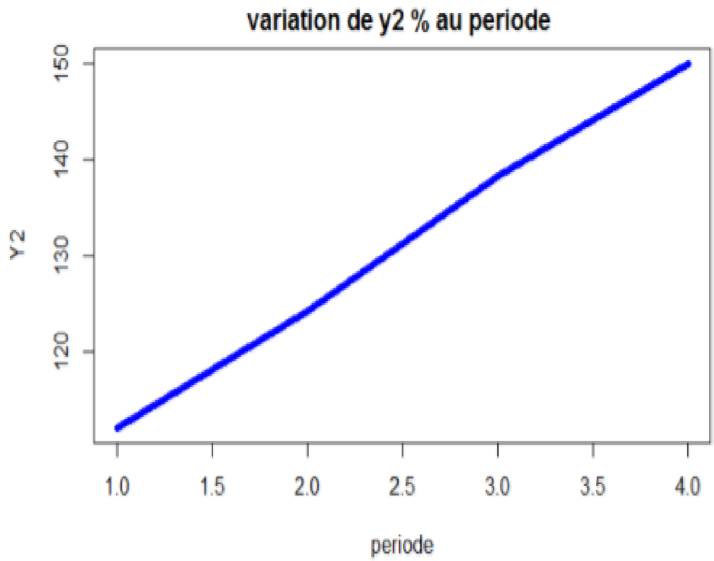

FIGURE 13 – Variation de y_2 par période

	variation1 %	variation2 %	variation3 %
p1	-4.599703	-4.203630	-3.521717
p2	5.528980	5.030485	4.182501
y1	24.844446	18.872181	17.457960
y2	10.770588	11.347695	8.459014
w	17.608693	15.942472	13.100198
r	-16.919752	-15.553831	-12.994340

FIGURE 14 – Variation par période de $(y_1, y_2, p_1, p_2, w, r)$

— Analyse et interprétation

L'introduction de la composante épargne initialement affecté au bien 2 elle se transforme immédiatement en capital. On a alors une augmentation du capital K dans tout les cas. Le capital augmente, il est donc plus disponible, son rendement (taux d'intérêt r) diminue nettement . Par conséquent et du au condition d'équilibre imposé par le modèle, les salaires augmentent malgré une demande de travail quasi constante.

Y2 augmente vu que l'épargne est affecté au bien 2.

L'augmentation du capital (induite par une augmentation d'épargne) est favorable au secteur 1 beaucoup plus qu'au secteur 2. L'augmentation de la production du bien 1 est plus importante que celle du secteur 2 .La quantité du bien 1 est plus abondante son prix diminue et, proportionnellement, le bien 2 devient plus rare. Donc son prix augmente.

Cette variation du prix va changer la consommation intermédiaire des 2 producteur . L'augmentation de la consommation du bien 1 est plus importante que celle du bien 2 .

Malgré une augmentation du prix du bien 2 sa consommation intermédiaire augment car la capacité à produire est plus importante que la variation du prix du bien 2 . Les producteur supporte cette augmentation des prix (Cette analyse est valable pour les deux producteur).

Les consommation finale pour les deux bien augmente car les salaires augmente plus que la variation des prix. Le pouvoir d'achat des ménage s'améliore de période en période .

Conclusion : Dans l'absolu , l'épargne est bénéfique et indicatrice de croissance et de prospérité économique.
On vérifiera par la suite si cela change dans le cas d'un changement de paramètre ou de facteurs.
Nous essayerons par la suite de comparer chaque variation selon le cas qui se présente avec les résultats obtenu lors de l'introduction de l'épargne sans modification. Nous étudierons les différences entre les variation périodique d'un cas par rapport au cas initial qu'on vient d'analyser .

5.4 Simulations sur les variations des paramètres techniques

5.4.1 Cas 1 : Progrès technique neutre sur le secteur 1 : A1 = 4

	periode1 <dbl>	periode2 <dbl>	periode3 <dbl>	periode4 <dbl>
k	70.0000000	104.9004315	147.0573049	196.3914427
p1	0.9202165	0.8716661	0.8346944	0.8007336
p2	1.0996856	1.1699607	1.2293707	1.2891378
y1	137.3486959	175.9925385	218.5263750	256.9245052
y2	120.8107835	136.3738258	148.9496972	165.6340460
w	1.2253071	1.4765935	1.7144735	1.9774322
r	1.0925369	0.8832841	0.7446948	0.6324947

FIGURE 15 – Épargne $(p_1, p_2, w, r, Y_1, Y_2)$

	periode1 <dbl>	periode2 <dbl>	periode3 <dbl>	periode4 <dbl>
x[1,1]	11.44572	14.66604	18.21053	21.41038
x[2,1]	19.15556	21.85355	24.72847	26.59763
x[1,2]	43.31172	54.91277	65.81369	79.99855
x[2,2]	12.08108	13.63738	14.89497	16.56340
l[1]	25.78752	25.97308	26.59749	26.00950
l[2]	54.21248	54.02706	53.40251	53.99050
k[1]	57.84269	86.83883	122.46812	162.63226
k[2]	12.16013	18.06350	24.58919	33.75919
c[1]	101.13687	128.96949	157.61182	188.10159
c[2]	74.05239	84.07636	93.63570	102.23256

FIGURE 16 – Épargne $(x_{11}, x_{12}, x_{21}, x_{22}, l_1, l_2, k_1, k_2)$

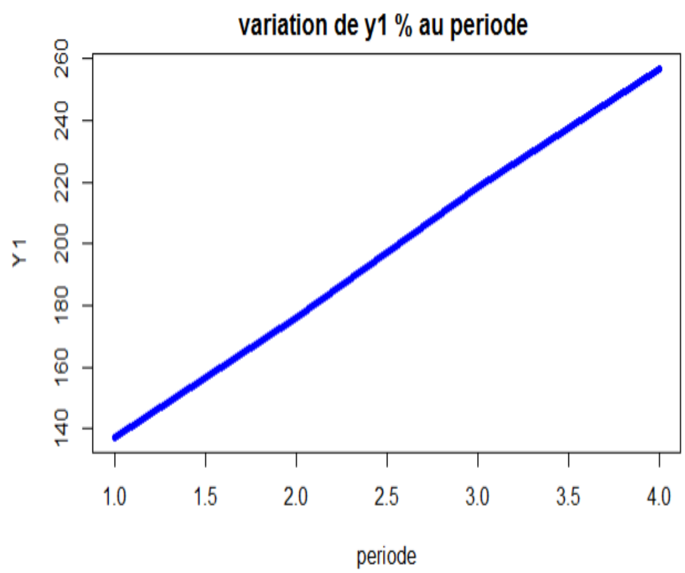

FIGURE 17 – Variation de y_1 par période

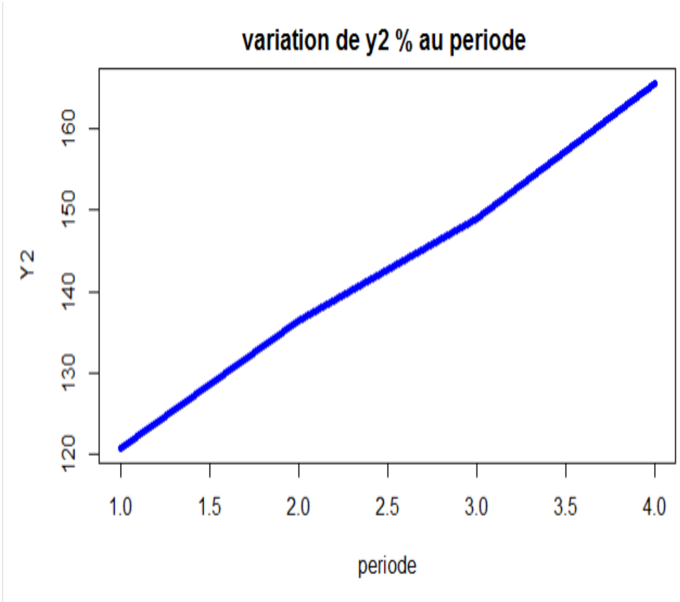

FIGURE 18 – Variation de y_2 par période

	variation1 %	variation2 %	variation3 %
p1	-5.275982	-4.241497	-4.068645
p2	6.390470	5.077953	4.861601
y1	28.135573	24.167977	17.571394
y2	12.882163	9.221617	11.201331
w	20.508029	16.110056	15.337578
r	-19.152926	-15.690236	-15.066581

FIGURE 19 – Variation de $(p_1, p_2, w, r, Y_1, Y_2)$ par période en %

	periode1	periode2	periode3	periode4
k	0.000000	4.848851	8.516898	10.950563
p1	-6.391874	-7.596502	-8.845394	-7.570980
p2	7.841151	9.449364	11.164800	9.414825
y1	25.237679	24.472941	27.836605	32.938660
y2	7.199556	13.872339	9.758695	16.884238
w	15.512046	20.780577	20.165317	20.615379
r	16.954794	11.138453	8.115351	11.492861

FIGURE 20 – Différence de variation périodique entre épargne avec et sans variation de paramètre A_1 en %

Interprétation :

Une augmentation de A1 augmentera la production du bien 1.

La variation de y1 dans ce cas est plus importante qu'auparavant. En effet, avec un renforcement capitaliste du à la nouvelle composante épargne donnera plus d efficacité dans la production du bien 1.

Le bien 1 va être plus abondant qu'aupravant. On a donc une plus importante diminution du prix du bien 1 . Par conséquent, le producteur 2 sera obligé d'augmenter le prix du bien 2. Le prix du bien 2 augmente plus qu'auparavant.

Cette augmentation du progrès technique est plus favorable pour le producteur 1 qui gagne en compétitivité.

De plus ,la consommation intermédiaire des producteur ainsi que la consommation finale des ménages est plus importante.

L'augmentation de la variation de y2 (production en bien 2) est expliquée par la composante épargne mais aussi par la consommation intermédiaire en bien 1 qui est moins cher.

Toutes les variations sont du même signe qu'initialement et sont amplifiées.

La capacité de production de l'économie est plus importante, des salaires qui augmentent plus avec une demande de travail quasi constante. Cette mesure est très bénéfique pour l'économie en sa globalité .

5.4.2 Cas 2 : Augmentation du nombre de travailleurs : l=90

	periode1	periode2	periode3	periode4
	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>
k	70.0000000	101.9885937	140.1218086	184.3417927
p1	1.0015632	0.9514388	0.9120770	0.8788538
p2	0.9982164	1.0585408	1.1109085	1.1590316
y1	116.5417395	145.8807551	177.4176189	209.3423178
y2	120.8823517	136.7020325	149.6315507	162.9255011
w	0.9946037	1.1870054	1.3729790	1.5601468
r	1.0061234	0.8220095	0.6960502	0.6014600

FIGURE 21 – Épargne $(p_1, p_2, w, r, Y_1, Y_2)$

	periode1 <dbl>	periode2 <dbl>	periode3 <dbl>	periode4 <dbl>
x[1,1]	9.711812	12.15673	14.78480	17.44519
x[2,1]	19.488747	21.85345	24.27721	26.45618
x[1,2]	36.143524	45.62711	54.67530	64.45981
x[2,2]	12.088235	13.67020	14.96316	16.29255
l[1]	29.339304	29.23251	29.46486	29.48141
l[2]	60.660718	60.95367	60.53514	60.51860
k[1]	58.006765	84.42519	116.24057	152.94556
k[2]	11.993236	17.60377	23.88146	31.39624
c[1]	85.169776	106.87874	129.28728	152.49405
c[2]	74.773416	84.05675	92.87891	101.17711

FIGURE 22 – Épargne $(x_{11}, x_{12}, x_{21}, x_{22}, l_1, l_2, k_1, k_2)$

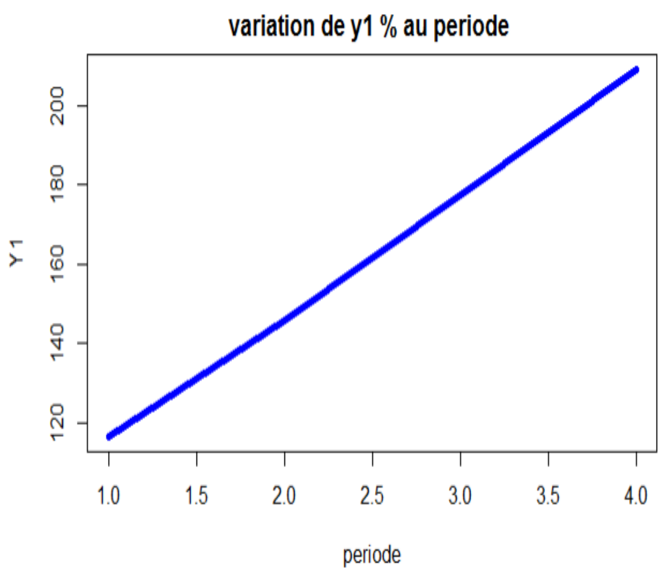

FIGURE 23 – Variation de y_1 par période

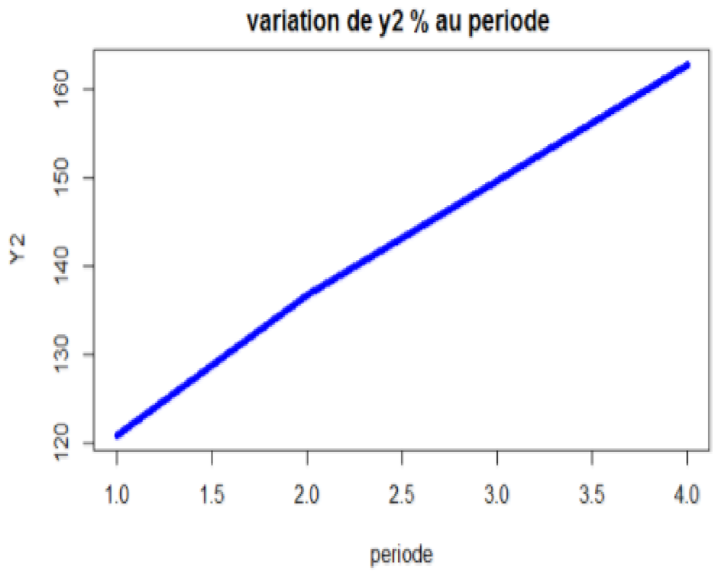

FIGURE 24 – Variation de y_2 par période

	variation1 %	variation2 %	variation3 %
p1	-5.004624	-4.137077	-3.642592
p2	6.043218	4.947154	4.331877
y1	25.174685	21.618248	17.994097
y2	13.086841	9.458176	8.884457
w	19.344559	15.667461	13.632243
r	-18.299337	-15.323337	-13.589556

FIGURE 25 – Variation de $(p_1, p_2, w, r, Y_1, Y_2)$ par période en %

	periode1	periode2	periode3	periode4
k	0.000000	1.9486982	3.4133863	4.147937
p1	1.579617	0.7613284	-0.2212468	1.291347
p2	-1.775221	-0.8630484	0.2534543	-1.455678
y1	4.633183	2.7946757	4.7800935	7.458105
y2	8.665720	14.0815304	8.9069776	16.153909
w	-5.253583	-2.5787960	-4.3364626	-4.363394
r	6.362931	3.0307498	1.7411870	5.401463

FIGURE 26 – Différence de variation périodique entre épargne avec et sans variation de paramètre l en %

Interprétation :

Cette augmentation du nombre de travailleur stimule la production des deux secteur, cependant le secteur 2 connait une plus grande relance de productivité que le secteur 1.

Celui-ci est non capitaliste c'est-à-dire qu'il dépend plus des travailleurs que du capital.

La production du bien 1 augmente plus qu'auparavant. Son prix diminue plus qu'initialement.

L'augmentation du nombre de salarié limite l'augmentation du salaire car la demande de travail augmente. Par conséquent l'intérêt diminue largement moins que dans la situation initiale (épargne uniquement).

L'augmentation du nombre de travailleur va naturellement augmenter en quantité la consommation finale qui est influencé par la variation des prix de chaque bien.

Cependant on ne peut pas conclure sur le pouvoir d'achat des consommateur .

Les consommations intermédiaire augment vu que les 2 secteur connaissent une croissance de leur production du à l'augmentation des ressources humaines.

5.4.3 Cas 3 : Remplacement du capital par le travail dans la technologie de production du secteur capitaliste : $\gamma_{l1} = 0.35, \gamma_{k1} = 0.4$

	periode1 <dbl>	periode2 <dbl>	periode3 <dbl>	periode4 <dbl>
k	70.0000000	98.6563934	131.4017890	167.9929751
p1	0.9760147	0.9428670	0.9152717	0.8939822
p2	1.0281343	1.0695461	1.1064780	1.1366431
y1	109.4595088	127.6917246	145.8242665	165.0317525
y2	102.4876649	116.5941241	125.0420973	134.6678477
w	1.1251403	1.2887272	1.4466596	1.5854211
r	0.7610106	0.6145451	0.5115849	0.4424060

FIGURE 27 – Épargne $(p_1, p_2, w, r, Y_1, Y_2)$

	periode1 <dbl>	periode2 <dbl>	periode3 <dbl>	periode4 <dbl>
x[1,1]	9.121626	10.64098	12.15202	13.75265
x[2,1]	17.318439	18.76128	20.10415	21.63321
x[1,2]	32.388166	39.67775	45.34927	51.36655
x[2,2]	10.248766	11.65941	12.50421	13.46678
l[1]	33.233129	32.69793	32.29100	32.57015
l[2]	46.825756	48.38215	47.81924	48.27402
k[1]	56.153796	78.36451	104.35714	133.39372
k[2]	13.846204	20.29189	27.04465	34.59928
c[1]	78.294976	92.61227	106.60932	120.00524
c[2]	65.035195	71.43771	77.16324	82.58725

FIGURE 28 – Épargne $(x_{11}, x_{12}, x_{21}, x_{22}, l_1, l_2, k_1, k_2)$

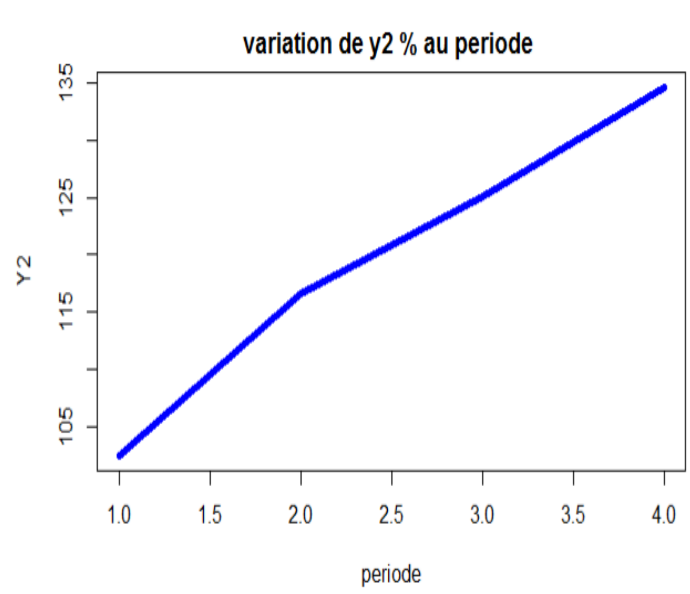

FIGURE 29 – Variation de y_1 par période

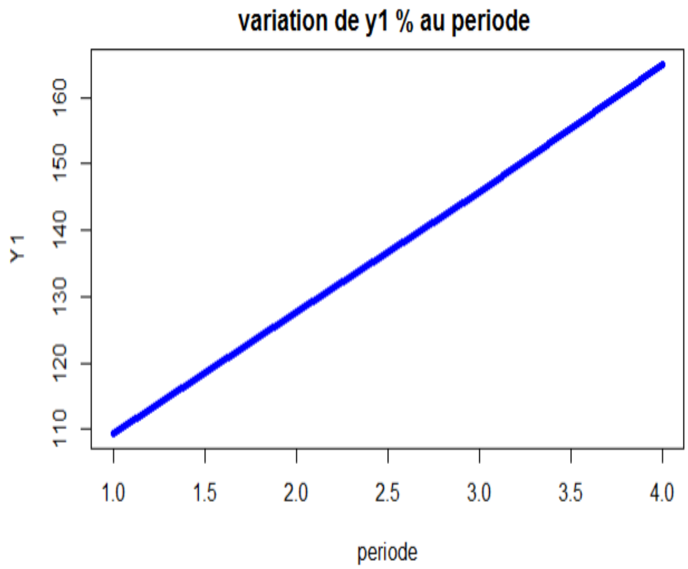

FIGURE 30 – Variation de y_2 par période

	variation1 %	variation2 %	variation3 %
p1	-3.396234	-2.926738	-2.326029
p2	4.027856	3.453047	2.726223
y1	16.656585	14.200248	13.171666
y2	13.764056	7.245625	7.698008
w	14.539246	12.254912	9.591855
r	-19.246188	-16.753896	-13.522458

FIGURE 31 – Variation de $(p_1, p_2, w, r, Y_1, Y_2)$ par période en %

	periode1	periode2	periode3	periode4
k	0.0000000	-1.45381603	-3.7142493	-6.588723
p1	-0.8255612	0.01758572	0.7728563	3.490246
p2	0.9519168	-0.02009418	-0.8760091	-3.844951
y1	-3.3194982	-12.72214675	-16.0933533	-20.195892
y2	-7.9297631	-8.43786892	-13.7728134	-14.356049
w	13.7904604	9.50860997	0.6386860	-3.989486
r	-28.4725179	-33.05574279	-34.1010055	-33.769151

FIGURE 32 – Différence de variation périodique entre épargne avec et sans variation des paramètres γ_{l1} et γ_{k1} en %

Interprétation :

Malgré une fuite des capitaux du secteur capitaliste au secteur non capitaliste, la production a augmenté, mais avec une moindre ampleur qu'initialement. D où une diminution des prix du bien 1 de moindre ampleur et de même pour l'augmentation du prix du bien 2 . D'autre part cette fuite des capitaux a été bénéfique pour le secteur 2.

Une augmentation moins importante des salaire peut être expliquée par la forte demande de travail dans le secteur qui a moins besoin de travail, la valeur ajoutée de l'effort fournit par les travailleurs diminue et mécaniquement leurs rémunération suit cette tendance.

Les capitaux se trouvent dans le secteur qui les met le moins en valeur. Les capitaux ont donc moins de valeur, leur rendement diminue plus qu'auparavant.

Conclusion : On observe une dévaluation de toute les valeurs mais une amplification de la variation négative des intérêts. Cette mesure n'est pas aussi efficace que dans le cas d'une épargne sans cette forme de transfert de capitaux.

5.4.4 Cas 4 : Remplacement du capital par le travail dans la technologie de production du secteur non capitaliste : $\gamma_{l2} = 0.57, \gamma_{k2} = 0.03$

	periode1	periode2	periode3	periode4
	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>
k	70.0000000	103.1055043	142.0627840	186.6420414
p1	1.0146488	0.9504911	0.9000859	0.8623975
p2	0.9835173	1.0597470	1.1278384	1.1843420
y1	119.2640266	149.4354682	179.8740923	212.7982344
y2	126.7038061	138.8050119	149.9508285	159.4235446
w	1.2660439	1.4919399	1.7109263	1.9051231
r	0.9177716	0.7315924	0.6055223	0.5219762

FIGURE 33 – Épargne $(p_1, p_2, w, r, Y_1, Y_2)$

	periode1 <dbl>	periode2 <dbl>	periode3 <dbl>	periode4 <dbl>
x[1,1]	9.938669	12.452956	14.989508	17.73319
x[2,1]	20.506518	22.338206	23.925138	25.82540
x[1,2]	36.844885	46.428062	56.368055	65.68154
x[2,2]	12.670381	13.880501	14.995083	15.94235
l[1]	23.895518	23.800738	23.657088	24.08200
l[2]	56.104510	56.199297	56.342915	56.49128
k[1]	65.926588	97.073920	133.688007	175.79028
k[2]	4.073412	6.031973	8.378897	10.85176
c[1]	87.006803	109.297264	132.074080	154.50418
c[2]	78.540737	85.775488	92.227986	98.44160

FIGURE 34 – Épargne $(x_{11}, x_{12}, x_{21}, x_{22}, l_1, l_2, k_1, k_2)$

	variation1 %	variation2 %	variation3 %
p1	-6.323138	-5.303069	-4.187200
p2	7.750723	6.425250	5.009901
y1	25.298024	20.369076	18.303993
y2	9.550783	8.029837	6.317215
w	17.842670	14.677962	11.350390
r	-20.286002	-17.232288	-13.797369

FIGURE 35 – Variation de $(p_1, p_2, w, r, Y_1, Y_2)$ par période en %

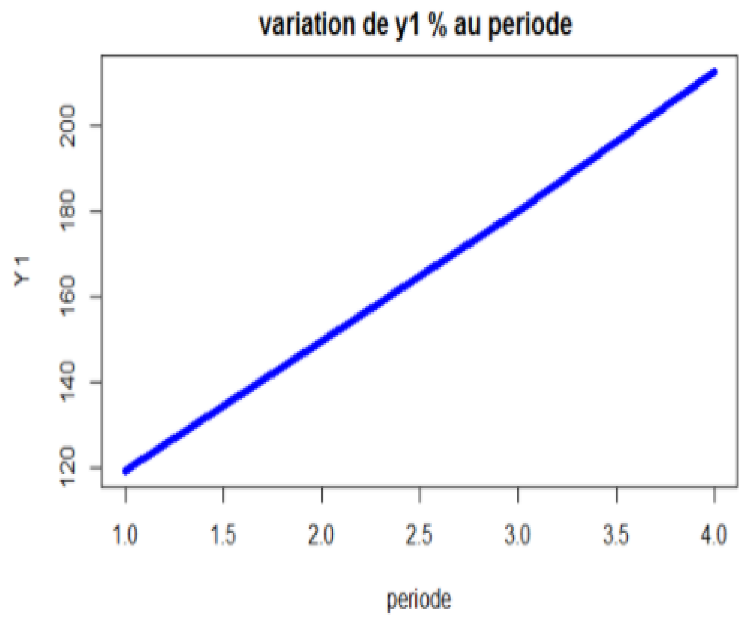

FIGURE 36 – Variation de y_1 par période

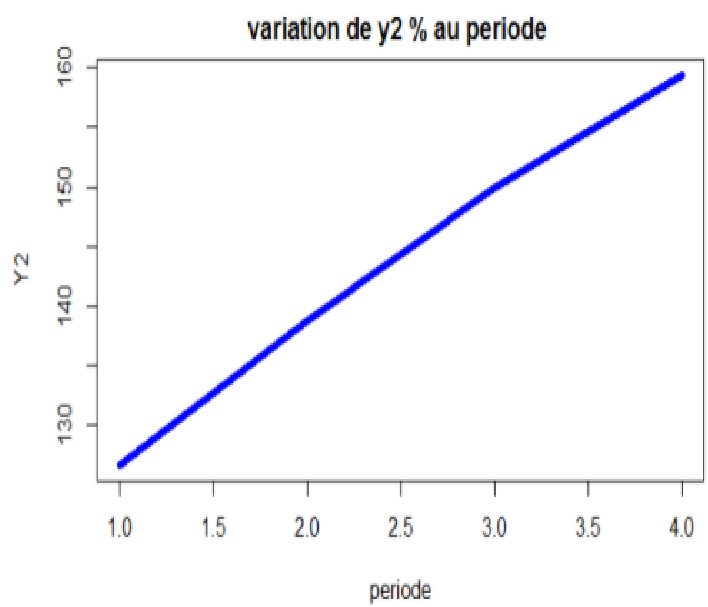

FIGURE 37 – Variation de y_2 par période

	periode1	periode2	periode3	periode4
k	0.000000	3.0651719	4.845874	5.4475127
p1	2.906765	0.6609686	-1.533040	-0.4923298
p2	-3.221615	-0.7500799	1.781293	0.5656461
y1	7.077299	5.2994995	6.230851	9.8538348
y2	13.898846	15.8365234	9.139357	12.9294341
w	20.603938	22.4481240	19.210316	16.3481463
r	-2.977232	-8.3021325	-11.491211	-8.1257080

FIGURE 38 – Différence de variation périodique entre épargne avec et sans variation des paramètres γ_{l2} et γ_{k2} en %

Interprétation :

L'augmentation de la production du secteur 2 est cette fois plus importante que celle d'un transfert de travailleur plus important en rendement que le transfert en capital. Le prix de bien 2 augmente en moins qu'auparavant.

L'offre de travail du secteur 2 augmente alors le salaire augmente.

L'épargne qui est fonction de w et r augmente en raison d'une plu grande augmentation du salaire que de l'intérêt c'est pour cette raison que le capital augmente par rapport à la situation initiale.

On remarque 2 tendances de ces séries. Cette analyse n'est valable que pour les 2 premières périodes. Les tendance reprend son cycle initial en raison de l'augmentation périodique de l'épargne.

Le système subit un choc et reprend sa tendance initial.

Cette mesure n'inglue sur l'économie qu'en court terme.

5.5 Exemple avec taxes

— Algorithme
1- On fixe le nombre de période à 4

2- On initialise les paramètres

$s = 20\%$
$S = s(\frac{wl+rk}{id})$

$\tau c = 0, tauk_1 = 0, taux = 0$

3- On modifie à chaque fois les taxes à 20%.
4- On détermine la solution du système $(p_1, p_2, r, w, Y_1, Y_2)$ suivant les mêmes équations qu'auparavant, seulement l'équation de Δ_2 change :
$\Delta_2^d = \frac{p_1 y_1 \beta_{21}}{1+\tau 21^x} + fracp_2 y_2 \beta_{22} 1 + \tau 22^x + \frac{M\alpha_2}{1+\tau_2^c} + \frac{s_2(wl+rk)}{1+\tau_c} - p_2 y_2$

5- On calcule ($x_{11}, x_{12}, x_{21}, x_{22}, l_1, l_2, k_1, k_2$)

6- on répète 3 fois l'algorithme ci-dessus en injectant la solution trouvée et en modifiant k_n tel que $k_{n+1} = k_n + s_2$

5.5.1 Cas 1 : $\tau_x = 20\%$ Taxe sur les consommations intermédiaires

— Résultat trouvé

	periode1 <dbl>	periode2 <dbl>	periode3 <dbl>	periode4 <dbl>
k	70.0000000	97.6123811	131.2107936	169.9935589
p1	0.9661005	0.8926908	0.8870820	0.8304985
p2	1.0402012	1.1385225	1.1467532	1.2364716
y1	101.7802598	128.7500164	170.0646609	178.4504572
y2	103.0519511	119.8460427	142.9129649	147.2932805
w	0.9772181	1.2110043	1.2761823	1.6013590
r	0.8554922	0.7285113	0.6997842	0.5399082

Figure 39 – Épargne $(p_1, p_2, w, r, Y_1, Y_2)$

	periode1 <dbl>	periode2 <dbl>	periode3 <dbl>	periode4 <dbl>
x[1,1]	8.481688	10.72917	14.17206	14.87087
x[2,1]	15.754958	16.82502	21.92586	19.97658
x[1,2]	33.286838	45.85487	55.42415	65.78842
x[2,2]	10.305195	11.98460	14.29130	14.72933
l[1]	25.155581	23.72699	29.55324	23.13704
l[2]	54.846900	56.33647	64.20944	56.86544
k[1]	57.469814	78.88276	107.79130	137.24820
k[2]	12.530186	18.72962	23.41949	33.73240
c[1]	76.216726	100.36595	116.58528	141.20972
c[2]	61.938870	68.85792	78.91246	82.99031

FIGURE 40 – Épargne avec taxe $(x_{11}, x_{12}, x_{21}, x_{22}, l_1, l_2, k_1, k_2)$

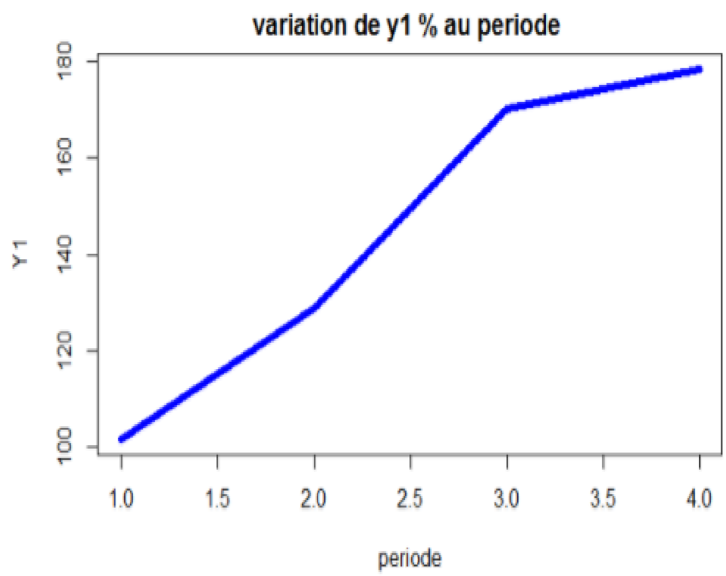

FIGURE 41 – Variation de y_1 par période

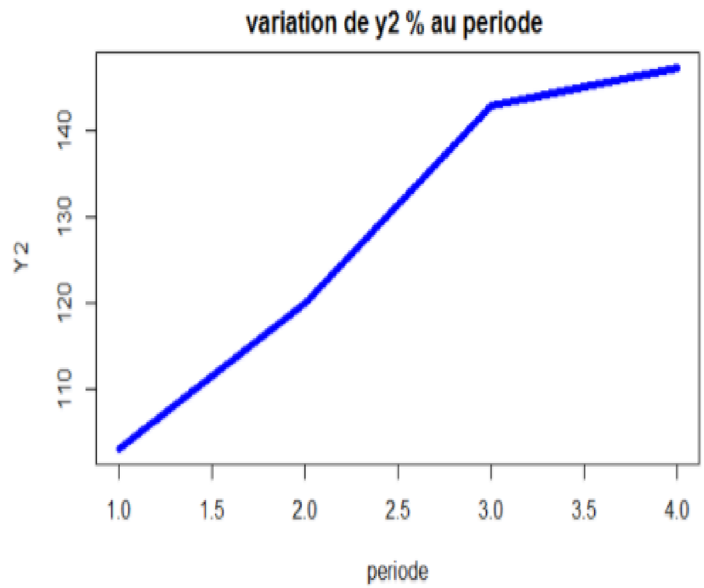

Figure 42 – Variation de y_2 par période

	periode1 <dbl>	periode2 <dbl>	periode3 <dbl>	periode4 <dbl>
k	0.000000	-2.432701	-3.358644	-3.822014
p1	-1.903600	-5.057525	-1.011454	-3.764044
p2	2.220817	6.110748	1.168609	4.482369
y1	-8.039191	-5.214637	6.859349	-4.096375
y2	-8.120566	-7.198232	-4.002959	-6.949727
w	-7.281693	-3.992062	-12.519550	-3.603178
r	-9.147404	-6.214756	7.740038	-3.557225

Figure 43 – Variation et comparaison entre modèle avec et sans taxe de $(p_1, p_2, w, r, Y_1, Y_2)$ par période en %

— Interprétation

La consommation intermédiaire reste la même tandis que cette fois la consommation est taxée.

Les 2 secteurs subissent ces taxes et diminuent leurs production. Étant donnée que le secteur 2 utilise plus de bien intermédiaire que ke secteur 1, cette diminution de production de production est plus importante que le secteur 1, alors le prix de bien 2 augmente et celui de bien 1 diminue.

Sachant que K est fonction de l'épargne qui inclue le travail et le capital et que l'offre de travail diminue, les salaires diminuent, par conséquent le capital initialement , puis augmente vu que l'épargne progresse à chaque période.

5.5.2 Cas 2 : $\tau_c = 20\%$ Taxe uniforme sur la consommation

— <u>Résultat trouvé</u>

	periode1	periode2	periode3	periode4
	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>
k	70.0000000	100.0391335	135.5062973	176.1952036
p1	0.9859884	0.9423701	0.9079051	0.8768800
p2	1.0162572	1.0701906	1.1167443	1.1620137
y1	111.3812438	140.6193015	169.4124146	199.0383862
y2	111.2424025	120.8463482	131.4494486	143.6487483
w	1.0497534	1.2268155	1.3981234	1.5886700
r	0.9459343	0.7915960	0.6759439	0.5930761

FIGURE 44 – Épargne $(p_1, p_2, w, r, Y_1, Y_2)$

	periode1 <dbl>	periode2 <dbl>	periode3 <dbl>	periode4 <dbl>
x[1,1]	9.28177	11.71828	14.11770	16.58653
x[2,1]	18.01063	20.63736	22.95518	25.03309
x[1,2]	34.39723	41.17128	48.50576	57.10764
x[2,2]	11.12424	12.08463	13.14494	14.36487
l[1]	26.15391	27.00394	27.50301	27.46524
l[2]	53.84641	52.70908	52.49731	52.53508
k[1]	58.04876	83.70143	113.77452	147.14197
k[2]	11.95124	16.33771	21.71710	28.14509
c[1]	81.24269	100.36301	119.51001	140.85745
c[2]	68.97005	77.32895	85.01568	93.00724

FIGURE 45 – Épargne avec taxe $(x_{11}, x_{12}, x_{21}, x_{22}, l_1, l_2, k_1, k_2)$

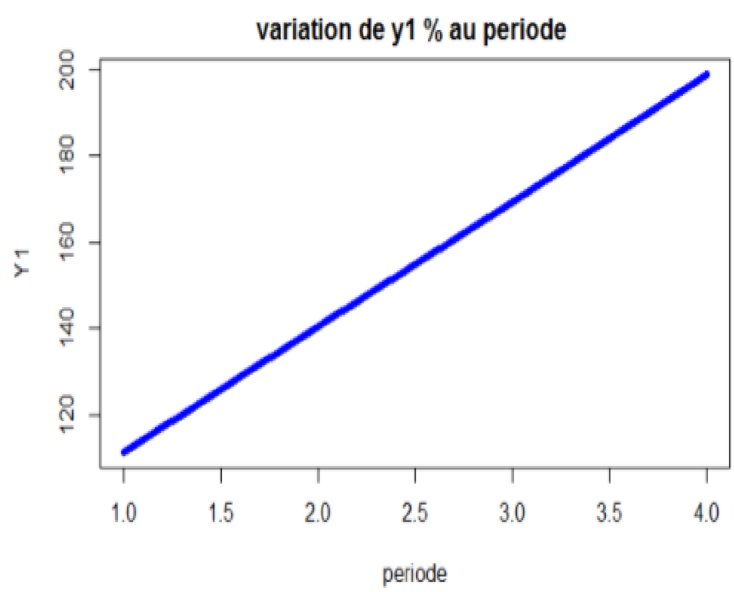

FIGURE 46 – Variation de y_1 par période

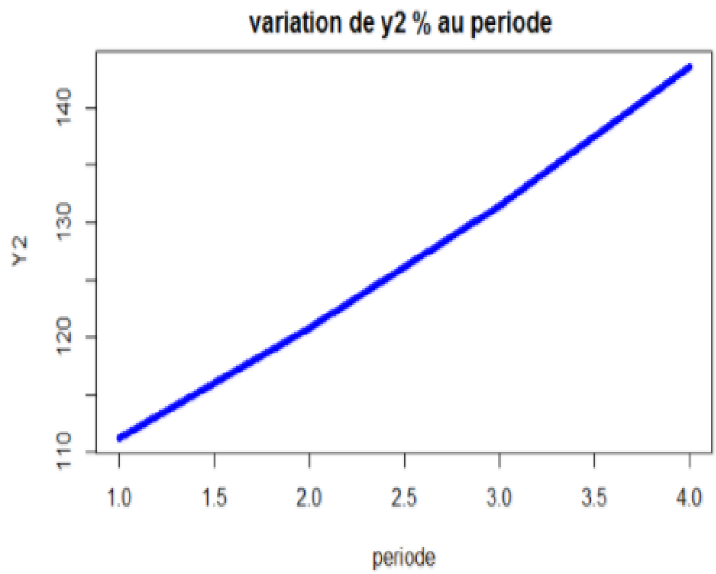

Figure 47 – Variation de y_2 par période

	periode1 <dbl>	periode2 <dbl>	periode3 <dbl>	periode4 <dbl>
k	0.0000000	-0.007069274	-0.1948553	-0.3132825
p1	0.1157901	0.226136268	1.3121738	1.6105170
p2	-0.1321675	-0.257816754	-1.4788299	-1.8093575
y1	0.6355190	3.523493487	6.4495125	6.9680796
y2	-0.8180939	-6.423653758	-11.7031954	-9.2521040
w	-0.3995588	-2.738554576	-4.1606641	-4.3670154
r	0.4574667	1.906485970	4.0695462	5.9400700

Figure 48 – Variation et comparaison entre modèle avec et sans taxe de $(p_1, p_2, w, r, Y_1, Y_2)$ par période en %

— Interprétation

On remarque une légère variation des paramètres. Cette taxe est légèrement défavorable au secteur 2 et aux consommateurs et elle est positive pour le rendement du capital et le secteur 1 qui est capitaliste.

L'offre de travail diminue légèrement par rapport au cas sans taxes.
les salaires diminuent .

5.5.3 Cas 1 : $\tau_{k_1} = 20\%$ taxe sur le capital employé dans le secteur 1

— <u>Résultat trouvé</u>

	periode1	periode2	periode3	periode4
	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>
k	70.0000000	98.0678365	133.1785184	173.6809445
p1	1.0021177	0.9558271	0.9142246	0.8834435
p2	0.9975852	1.0529885	1.1079266	1.1521525
y1	111.8495998	120.5403892	142.8403753	166.6083537
y2	109.6238221	123.0478384	138.3204300	158.9447354
w	1.0337573	1.1683394	1.3618770	1.5323963
r	0.8234086	0.8370354	0.7025305	0.6139204

Figure 49 – Épargne $(p_1, p_2, w, r, Y_1, Y_2)$

	periode1 <dbl>	periode2 <dbl>	periode3 <dbl>	periode4 <dbl>
x[1,1]	9.32080	10.04503	11.90336	13.88403
x[2,1]	18.72630	18.23631	19.64453	21.29190
x[1,2]	32.73840	40.66676	50.28815	62.18685
x[2,2]	10.96238	12.30478	13.83204	15.89447
l[1]	27.10657	24.65374	23.97210	24.01289
l[2]	52.89400	55.44962	56.26385	59.75235
k[1]	68.06248	68.82371	92.94129	119.87634
k[2]	13.28127	15.47939	21.81384	29.82936
c[1]	74.68939	97.95547	118.13998	138.37850
c[2]	65.65015	77.80230	85.29957	92.84222

FIGURE 50 – Épargne avec taxe $(x_{11}, x_{12}, x_{21}, x_{22}, l_1, l_2, k_1, k_2)$

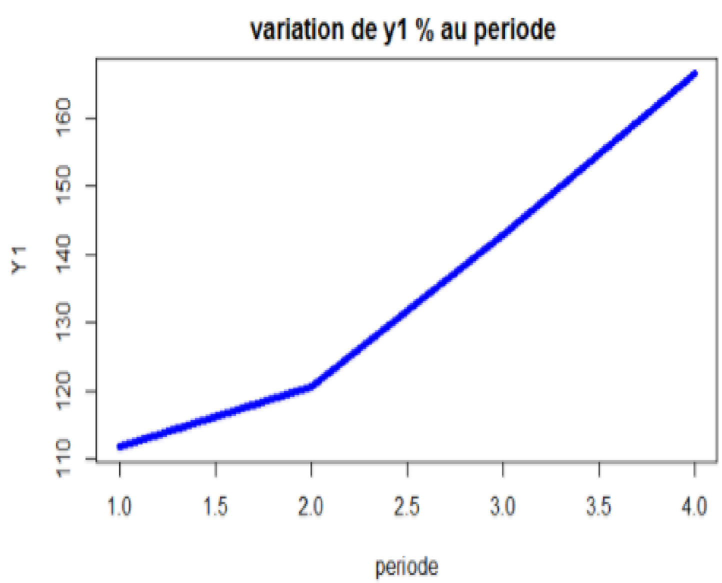

FIGURE 51 – Variation de y_1 par période

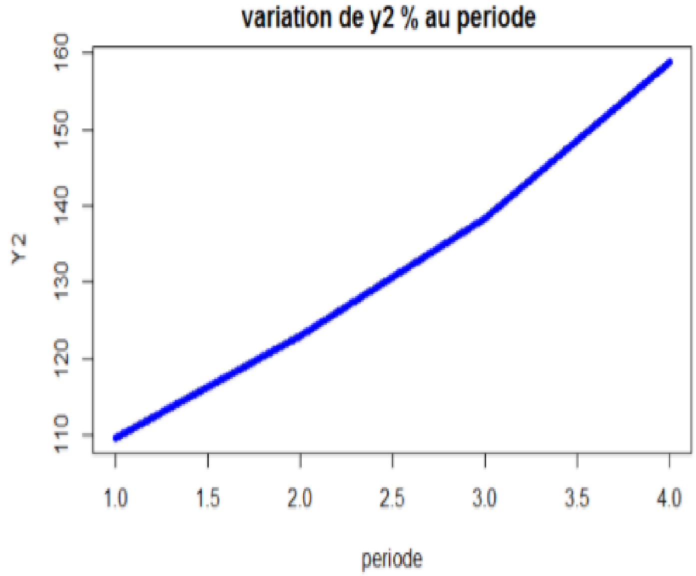

FIGURE 52 – Variation de y_2 par période

	periode1 <dbl>	periode2 <dbl>	periode3 <dbl>	periode4 <dbl>
k	0.000000	-1.977456	-1.909346	-1.7357856
p1	1.753534	1.657352	2.017352	2.3710816
p2	-1.967067	-1.861057	-2.256744	-2.6426354
y1	1.058689	-11.258539	-10.246906	-10.4606102
y2	-2.261194	-4.718948	-7.087842	0.4109015
w	-1.917266	-7.374515	-6.645302	-7.7545190
r	-12.554662	7.756154	8.162861	9.6634514

FIGURE 53 – Variation et comparaison entre modèle avec et sans taxe de $(p_1, p_2, w, r, Y_1, Y_2)$ par période en %

— Interprétation
Il est clair que la variation de production des 2 secteurs va diminuer mais en proportions différentes. Vu que le secteur 1 est capitaliste, et que le secteur 2 ne l'est pas, le bien 1 devient plus rare que le bien 2.

Son prix augmente plus que l'augmentation du prix de bien 2.
La production de secteur 2, dépendant au travailleurs, diminue. Son offre de travail diminue, alors la variation des salaires entre les 2 cas est négative.
Le capital étant taxé, il devient plus rare, son rendement augmente par rapport au cas sans taxe. Cette mesure est favorable plus au rendement du capital qu'à la production.

6 Conclusion

Le modèle d'équilibre général décrit les mécanismes qui régissent l'économie.

L'évolution des différentes composantes respectant le principe d'offre et de demande malgré certaines hypothèses contraignantes.

Les simulations sur un transfert de capital et de travail ainsi qu'une modification des techniques donnent des résultats économiquement plausibles.

L'introduction de la composante taxe nous a permis de comprendre les mécanismes du système.

Une taxe sur la consommation finale ne modifie rien du système à cause de la redistribution des richesses au sein de l'économie.

Une taxe sur la consommation intermédiaire modifie l'équilibre en faveur du secteur qui consomme le moins.

Le modèle d'équilibre général ne tient pas compte de l'importance de celle-ci dans le bien être collectif (difficile à modéliser).

L'introduction de l'épargne est bénéfique pour l'ensemble de l'économie, malgré la variation des paramètres étudiés et de l'introduction de la taxe.

Le modèle prévoit une relance économique lors d'une augmentation périodique de l'épargne.

7 Bibliographie

- Support de projet de Mr.Mabrouk.
-http://www.master211.dauphine.fr/fileadmin/mediatheque/masters/Master_111/supportmegc.pdf
-http://www.memoireonline.com/07/09/2306/les-modeles-dequilibre-general-calculables.html
- https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89quilibre_g%C3%A9n%C3%A9ral_calculable
- http://www.persee.fr/doc/reco_0035-2764_1992_num_43_4_409387

8 Annexe

```
# P r paration des fonctions d'excs␣de␣demande␣:

par est un vecteur qui contient les variables inconnues avec par = (p2,y1,y2,w,r)

#declaration des varia#definition de la fonction de la somme des excs de demandes relative
#declaration des varia#definition de la fonction de la somme des excs de demandes relative
x=matrix(c(0,0,0,0),nrow = 2,ncol = 2)
beta=matrix(c(1/12,1/6,3/10,1/10),nrow = 2,ncol = 2)

gammal=c(1/4,1/2)
gammak=c(1/2,1/10)
alpha=c(8/15,7/15)
A=c(3.3162,3.2164)
k=c(0,0)
l=c(0,0)
y=c(0,0)
p=c(0,0)
w=0
r=NAip=0
ip=0
c=c(0,0)
kt=70;lt=80
Ac=1

#definition de la fonction de la somme des excs de demandes relatives
fn<- function(par){
  delta1=(beta[1,1]*par[2]+beta[1,2]*par[1]*par[3]+alpha[1]*(par[4]*lt+par[5]*kt))-par[2]
  delta2=((beta[2,1]*par[2]+beta[2,2]*par[1]*par[3]+alpha[2]*(par[4]*lt+par[5]*kt))/par[1])
  deltal=gammal[1]*par[2]/par[4]+gammal[2]*((par[1]*par[3])/par[4])-lt
  deltak=gammak[1]*(par[2]/par[5])+gammak[2]*((par[1]*par[3])/par[5])-kt
  deltap1=1-(A[1]*(beta[1,1]^beta[1,1])*((beta[2,1]/par[1])^beta[2,1])*((gammal[1]/par[4])^
  deltap2=1-(par[1]*A[2]*(beta[1,2]^beta[1,2])*((beta[2,2]/par[1])^beta[2,2])*((gammal[2]/

  d1=abs(delta1/par[2])
  d2=abs(delta2/par[3])
  dl=abs(deltal/lt)
  dk=abs(deltak/kt)
  dp1=abs(deltap1)
  dp2=abs(deltap2)

  d=d1+d2+dl+dk+dp1+dp2
  return(d)
}

#recherche du minimum golbal
library(optimx)
solution <- optim(c(1,100,100,1,1), fn , method="Nelder-Mead" ,control = list(maxit=5000 ,
#tourner le programme de minimisation 3 fois, en initialisant chaque fois avec le r sulta
```

```
for (i in 1:10){
  solution <- optim(solution$par, fn , method="Nelder-Mead" ,control = list(maxit=5000 , p
}
solution$par

#insertion des resultats dans les variables appropriees
p[1]=1
p[2]=solution$par[1]
y[1]=solution$par[2]
y[2]=solution$par[3]
w=solution$par[4]
r=solution$par[5]

#calcul de la valeur de l'indice_de_prix
ip=(p[1]^alpha[1])*(p[2]^alpha[2])

#calcul des nouvelles valeurs des outputs (p1*,p2*,y1*,y2*,w*,r*)=(1/p,p2/p,y1,y2,w/p,r/p)
p[1]=1/ip
p[2]=solution$par[1]/ip
y[1]=solution$par[2]
y[2]=solution$par[3]
w=solution$par[4]/ip
r=solution$par[5]/ip

x[1,1]=beta[1,1]*y[1]
x[2,1]=(beta[2,1]*y[1]*p[1])/p[2]
x[1,2]=(beta[1,2]*y[2]*p[2])/p[1]
x[2,2]=beta[2,2]*y[2]
l[1]=gammal[1]*y[1]*p[1]/w
l[2]=gammal[2]*y[2]*p[2]/w
k[1]=p[1]*gammak[1]*y[1]/r
k[2]=p[2]*gammak[2]*y[2]/r
M=w*lt+r*kt
c[1]=M*alpha[1]/p[1]
c[2]=M*alpha[2]/p[2]


#on reprend le meme travail en modifiant la valeur de A1   4 :


#declaration des varia#definition de la fonction de la somme des excs de demandes relative
#declaration des varia#definition de la fonction de la somme des excs de demandes relative
xa=matrix(c(0,0,0,0),nrow = 2,ncol = 2)
beta=matrix(c(1/12,1/6,3/10,1/10),nrow = 2,ncol = 2)
gammal=c(1/4,1/2)
gammak=c(1/2,1/10)
alpha=c(8/15,7/15)
A=c(4,3.2164)
ka=c(0,0)
la=c(0,0)
ya=c(0,0)
```

```
pa=c(0,0)
wa=0
ra=NAip=0
ipa=0
ca=c(0,0)
kt=70;lt=80
Ac=1

#definition de la fonction de la somme des excs de demandes relatives
fna<- function(par){
  delta1=(beta[1,1]*par[2]+beta[1,2]*par[1]*par[3]+alpha[1]*(par[4]*lt+par[5]*kt))-par[2]
  delta2=((beta[2,1]*par[2]+beta[2,2]*par[1]*par[3]+alpha[2]*(par[4]*lt+par[5]*kt))/par[1])
  deltal=gammal[1]*par[2]/par[4]+gammal[2]*((par[1]*par[3])/par[4])-lt
  deltak=gammak[1]*(par[2]/par[5])+gammak[2]*((par[1]*par[3])/par[5])-kt
  deltap1=1-(A[1]*(beta[1,1]^beta[1,1])*((beta[2,1]/par[1])^beta[2,1])*((gammal[1]/par[4])^
  deltap2=1-(par[1]*A[2]*(beta[1,2]^beta[1,2])*((beta[2,2]/par[1])^beta[2,2])*((gammal[2]/

  d1=abs(delta1/par[2])
  d2=abs(delta2/par[3])
  dl=abs(deltal/lt)
  dk=abs(deltak/kt)
  dp1=abs(deltap1)
  dp2=abs(deltap2)

  d=d1+d2+dl+dk+dp1+dp2
  return(d)
}

#recherche du minimum golbal
library(optimx)
sola <- optim(c(1,100,100,1,1), fna , method="Nelder-Mead" ,control = list(maxit=5000 , pa
#tourner le programme de minimisation 3 fois, en initialisant  chaque fois avec le  r sulta
for (i in 1:10){
  sola <- optim(sola$par, fna , method="Nelder-Mead" ,control = list(maxit=5000 , parscale
}
sola$par


#insertion des resultats dans les variables appropriees
pa[1]=1
pa[2]=solution$par[1]
ya[1]=solution$par[2]
ya[2]=solution$par[3]
wa=solution$par[4]
ra=solution$par[5]

#calcul de la valeur de l'indice␣de␣prix
ipa=(pa[1]^alpha[1])*(pa[2]^alpha[2])

#calcul des nouvelles valeurs des outputs (p1*,p2*,y1*,y2*,w*,r*)=(1/p,p2/p,y1,y2,w/p,r/p)
pa[1]=1/ipa
```

```
pa[2]=sola$par[1]/ipa
ya[1]=sola$par[2]
ya[2]=sola$par[3]
wa=sola$par[4]/ipa
ra=sola$par[5]/ipa

xa[1,1]=beta[1,1]*ya[1]
xa[2,1]=(beta[2,1]*ya[1]*pa[1])/pa[2]
xa[1,2]=(beta[1,2]*ya[2]*pa[2])/pa[1]
xa[2,2]=beta[2,2]*ya[2]
la[1]=gammal[1]*ya[1]*pa[1]/wa
la[2]=gammal[2]*ya[2]*p[2]/wa
ka[1]=pa[1]*gammak[1]*ya[1]/ra
ka[2]=pa[2]*gammak[2]*ya[2]/ra
Ma=wa*lt+ra*kt
ca[1]=Ma*alpha[1]/pa[1]
ca[2]=Ma*alpha[2]/pa[2]

#porcentages
per_wa=round(((wa/w)-1),digits=4)
per_ra=round(((ra/r)-1),digits=4)
per_pa=round(((pa/p)-1),digits=4)
per_ca=round(((ca/c)-1),digits=4)
per_xa=round(((xa/x)-1),digits=4)
per_ya=round(((ya/y)-1),digits=4)
per_la=round(((la/l)-1),digits=4)
per_ka=round(((ka/k)-1),digits=4)

### de comparaison   r  capitulatif  :


s1<-c(pa[1],pa[2],ya[1], ya[2] , wa ,ra ,la[1] ,la[2],ka[1] ,ka[2] ,ca[1] ,ca[2])
s<-c(p[1],p[2],y[1], y[2] , w ,r ,l[1] ,l[2],k[1] ,k[2] ,c[1] ,c[2])



variationA<-c( per_pa[1]*100,per_pa[2]*100 ,per_ya[1]*100 ,per_ya[2]*100 ,per_wa*100 ,per_r
s<-c(p[1],p[2],y[1], y[2] , w ,r ,l[1] ,l[2],k[1] ,k[2] ,c[1] ,c[2])

tabA<-cbind(s, s1 , variationA)
rownames(tabA)<-c("p1" ,"p2" , "y1","y2" ,"w","r","l1","l2","k1","k2","c1","c2"
)
colnames(tabA)<-c("A1=3.3162","A1=4" , "variation␣en␣%")
tabA


#simulation
##variation du gammal2:1/2->0.57
##variation du gammak2:0.1->0.03
#declaration des varia#definition de la fonction de la somme des excs de demandes relative
#declaration des varia#definition de la fonction de la somme des excs de demandes relative
```

```
xg=matrix(c(0,0,0,0),nrow = 2,ncol = 2)
beta=matrix(c(1/12,1/6,3/10,1/10),nrow = 2,ncol = 2)
gammal=c(1/4,0.57)
gammak=c(1/2,0.03)
alpha=c(8/15,7/15)
Ag=c(3.3162,3.2164)
kg=c(0,0)
lg=c(0,0)
yg=c(0,0)
pg=c(0,0)
wg=0
rg=NAip=0
ipg=0
cg=c(0,0)
kt=70;lt=80
Ac=1

#definition de la fonction de la somme des excs de demandes relatives
fng<- function(par){
  delta1=(beta[1,1]*par[2]+beta[1,2]*par[1]*par[3]+alpha[1]*(par[4]*lt+par[5]*kt))-par[2]
  delta2=((beta[2,1]*par[2]+beta[2,2]*par[1]*par[3]+alpha[2]*(par[4]*lt+par[5]*kt))/par[1])
  deltal=gammal[1]*par[2]/par[4]+gammal[2]*((par[1]*par[3])/par[4])-lt
  deltak=gammak[1]*(par[2]/par[5])+gammak[2]*((par[1]*par[3])/par[5])-kt
  deltap1=1-(A[1]*(beta[1,1]^beta[1,1])*((beta[2,1]/par[1])^beta[2,1])*((gammal[1]/par[4])^
  deltap2=1-(par[1]*A[2]*(beta[1,2]^beta[1,2])*((beta[2,2]/par[1])^beta[2,2])*((gammal[2]/p

  d1=abs(delta1/par[2])
  d2=abs(delta2/par[3])
  dl=abs(deltal/lt)
  dk=abs(deltak/kt)
  dp1=abs(deltap1)
  dp2=abs(deltap2)

  d=d1+d2+dl+dk+dp1+dp2
  return(d)
}

#recherche du minimum golbal
library(optimx)
solg <- optim(c(1,100,100,1,1), fng , method="Nelder-Mead" ,control = list(maxit=5000 , pa
#tourner le programme de minimisation 3 fois, en initialisant  chaque fois avec le  r sulta
for (i in 1:10){
  solg <- optim(solg$par, fng , method="Nelder-Mead" ,control = list(maxit=5000 , parscale
}
solg$par

#insertion des resultats dans les variables appropriees
pg[1]=1
pg[2]=solg$par[1]
yg[1]=solg$par[2]
yg[2]=solg$par[3]
```

```
wg=solg$par[4]
rg=solg$par[5]

#calcul de la valeur de l'indice de prix
ipg=(pg[1]^alpha[1])*(pg[2]^alpha[2])

#calcul des nouvelles valeurs des outputs (p1*,p2*,y1*,y2*,w*,r*)=(1/p,p2/p,y1,y2,w/p,r/p)
pg[1]=1/ipg
pg[2]=solg$par[1]/ipg
yg[1]=solg$par[2]
yg[2]=solg$par[3]
wg=solg$par[4]/ipg
rg=solg$par[5]/ipg

xg[1,1]=beta[1,1]*yg[1]
xg[2,1]=(beta[2,1]*yg[1]*pg[1])/pg[2]
xg[1,2]=(beta[1,2]*yg[2]*pg[2])/pg[1]
xg[2,2]=beta[2,2]*yg[2]
lg[1]=gammal[1]*yg[1]*pg[1]/wg
lg[2]=gammal[2]*yg[2]*pg[2]/wg
kg[1]=pg[1]*gammak[1]*yg[1]/rg
kg[2]=pg[2]*gammak[2]*yg[2]/rg
Mg=wg*lt+rg*kt
cg[1]=Mg*alpha[1]/pg[1]
cg[2]=Mg*alpha[2]/pg[2]

#variation
#porcentages
per_wg=round(((wg/w)-1),digits=4)
per_rg=round(((rg/r)-1),digits=4)
per_pg=round(((pg/p)-1),digits=4)
per_cg=round(((cg/c)-1),digits=4)
per_xg=round(((xg/x)-1),digits=4)
per_yg=round(((yg/y)-1),digits=4)
per_lg=round(((lg/l)-1),digits=4)
per_kg=round(((kg/k)-1),digits=4)

#tab
sg<-c(pg[1],pg[2],yg[1], yg[2] , wg ,rg ,lg[1] ,lg[2],kg[1] ,kg[2] ,cg[1] ,cg[2])
s<-c(p[1],p[2],y[1], y[2] , w ,r ,l[1] ,l[2],k[1] ,k[2] ,c[1] ,c[2])
tabg<-cbind(s ,sg,variationgamma2)
rownames(tabg)<-c("p1" ,"p2" , "y1","y2" ,"w","r","l1","l2","k1","k2","c1","c2"
)

variationgamma2<-c( per_pg[1]*100,per_pg[2]*100 ,per_yg[1]*100 ,per_yg[2]*100 ,per_wg*100

colnames(tabg)<-c( " gammal[2]=0.5 gammak[2]=1/10" ,          "gammal[2]=0.57 gammak[2]=0.03"
tabg


##variation du gammal1:1/4->0.35
```

```
##variation du gammak1:1/2->0.4

#declaration des varia#definition de la fonction de la somme des excs de demandes relative
#declaration des varia#definition de la fonction de la somme des excs de demandes relative
xg1=matrix(c(0,0,0,0),nrow = 2,ncol = 2)
beta=matrix(c(1/12,1/6,3/10,1/10),nrow = 2,ncol = 2)
gammal=c(0.35,0.5)
gammak=c(0.4,1/10)
alpha=c(8/15,7/15)
Ag1=c(3.3162,3.2164)
kg1=c(0,0)
lg1=c(0,0)
yg1=c(0,0)
pg1=c(0,0)
wg1=0
rg1=NAip=0
ipg1=0
cg1=c(0,0)
kt=70;lt=80
Ac=1

#definition de la fonction de la somme des excs de demandes relatives
fng1<- function(par){
  delta1=(beta[1,1]*par[2]+beta[1,2]*par[1]*par[3]+alpha[1]*(par[4]*lt+par[5]*kt))-par[2]
  delta2=((beta[2,1]*par[2]+beta[2,2]*par[1]*par[3]+alpha[2]*(par[4]*lt+par[5]*kt))/par[1])
  deltal=gammal[1]*par[2]/par[4]+gammal[2]*((par[1]*par[3])/par[4])-lt
  deltak=gammak[1]*(par[2]/par[5])+gammak[2]*((par[1]*par[3])/par[5])-kt
  deltap1=1-(A[1]*(beta[1,1]^beta[1,1])*((beta[2,1]/par[1])^beta[2,1])*((gammal[1]/par[4])^
  deltap2=1-(par[1]*A[2]*(beta[1,2]^beta[1,2])*((beta[2,2]/par[1])^beta[2,2])*((gammal[2]/

  d1=abs(delta1/par[2])
  d2=abs(delta2/par[3])
  dl=abs(deltal/lt)
  dk=abs(deltak/kt)
  dp1=abs(deltap1)
  dp2=abs(deltap2)

  d=d1+d2+dl+dk+dp1+dp2
  return(d)
}

#recherche du minimum golbal
library(optimx)
solg1 <- optim(c(1,100,100,1,1), fng1 , method="Nelder-Mead" ,control = list(maxit=5000 , 
#tourner le programme de minimisation 3 fois, en initialisant  chaque fois avec le  r sulta
for (i in 1:10){
  solg1 <- optim(solg1$par, fng1 , method="Nelder-Mead" ,control = list(maxit=5000 , parsc
}
solg1$par
```

```
#insertion des resultats dans les variables appropriees
pg1[1]=1
pg1[2]=solg1$par[1]
yg1[1]=solg1$par[2]
yg1[2]=solg1$par[3]
wg1=solg1$par[4]
rg1=solg1$par[5]

#calcul de la valeur de l'indice de prix
ipg1=(pg1[1]^alpha[1])*(pg1[2]^alpha[2])

#calcul des nouvelles valeurs des outputs (p1*,p2*,y1*,y2*,w*,r*)=(1/p,p2/p,y1,y2,w/p,r/p)
pg1[1]=1/ipg1
pg1[2]=solg1$par[1]/ipg1
yg1[1]=solg1$par[2]
yg1[2]=solg1$par[3]
wg1=solg1$par[4]/ipg1
rg1=solg1$par[5]/ipg1

xg1[1,1]=beta[1,1]*yg1[1]
xg1[2,1]=(beta[2,1]*yg1[1]*pg1[1])/pg1[2]
xg1[1,2]=(beta[1,2]*yg1[2]*pg1[2])/pg1[1]
xg1[2,2]=beta[2,2]*yg1[2]
lg1[1]=gammal[1]*yg1[1]*pg1[1]/wg1
lg1[2]=gammal[2]*yg1[2]*pg1[2]/wg1
kg1[1]=pg1[1]*gammak[1]*yg1[1]/rg1
kg1[2]=pg1[2]*gammak[2]*yg1[2]/rg1
Mg1=wg1*lt+rg1*kt
cg1[1]=Mg1*alpha[1]/pg1[1]
cg1[2]=Mg1*alpha[2]/pg1[2]

#variation
#porcentages
per_wg1=round(((wg1/w)-1),digits=4)
per_rg1=round(((rg1/r)-1),digits=4)
per_pg1=round(((pg1/p)-1),digits=4)
per_cg1=round(((cg1/c)-1),digits=4)
per_xg1=round(((xg1/x)-1),digits=4)
per_yg1=round(((yg1/y)-1),digits=4)
per_lg1=round(((lg1/l)-1),digits=4)
per_kg1=round(((kg1/k)-1),digits=4)

#tab
sg1<-c(pg1[1],pg1[2],yg1[1], yg1[2] , wg1 ,rg1 ,lg1[1] ,lg1[2],kg1[1] ,kg1[2] ,cg1[1] ,cg1
s<-c(p[1],p[2],y[1], y[2] , w ,r ,l[1] ,l[2],k[1] ,k[2] ,c[1] ,c[2])
variationg1<-c( per_pg1[1]*100,per_pg1[2]*100 ,per_yg1[1]*100 ,per_yg1[2]*100 ,per_wg1*100

tabg1<-cbind(s ,sg1,variationg1)
rownames(tabg1)<-c("p1" ,"p2" , "y1","y2" ,"w","r","l1","l2","k1","k2","c1","c2"
)
colnames(tabg1)<-c( " gammal[1]=1/4 gammak[1]=1/2" ,          "gammal[1]=0.35 gammak[1]=0.4",
```

```
tabg1



##variation du l:80->90:


#declaration des varia#definition de la fonction de la somme des excs de demandes relative
#declaration des varia#definition de la fonction de la somme des excs de demandes relative
xl=matrix(c(0,0,0,0),nrow = 2,ncol = 2)
beta=matrix(c(1/12,1/6,3/10,1/10),nrow = 2,ncol = 2)
gammal=c(1/4,0.5)
gammak=c(1/2,1/10)
alpha=c(8/15,7/15)
Al=c(3.3162,3.2164)
kl=c(0,0)
ll=c(0,0)
yl=c(0,0)
pl=c(0,0)
wl=0
rl=NAip=0
ipl=0
cl=c(0,0)
kt=70;lt=90
Ac=1

#definition de la fonction de la somme des excs de demandes relatives
fnl<- function(par){
  delta1=(beta[1,1]*par[2]+beta[1,2]*par[1]*par[3]+alpha[1]*(par[4]*lt+par[5]*kt))-par[2]
  delta2=((beta[2,1]*par[2]+beta[2,2]*par[1]*par[3]+alpha[2]*(par[4]*lt+par[5]*kt))/par[1])
  deltal=gammal[1]*par[2]/par[4]+gammal[2]*((par[1]*par[3])/par[4])-lt
  deltak=gammak[1]*(par[2]/par[5])+gammak[2]*((par[1]*par[3])/par[5])-kt
  deltap1=1-(A[1]*(beta[1,1]^beta[1,1])*((beta[2,1]/par[1])^beta[2,1])*((gammal[1]/par[4])^
  deltap2=1-(par[1]*A[2]*(beta[1,2]^beta[1,2])*((beta[2,2]/par[1])^beta[2,2])*((gammal[2]/

  d1=abs(delta1/par[2])
  d2=abs(delta2/par[3])
  dl=abs(deltal/lt)
  dk=abs(deltak/kt)
  dp1=abs(deltap1)
  dp2=abs(deltap2)

  d=d1+d2+dl+dk+dp1+dp2
  return(d)
}

#recherche du minimum golbal
library(optimx)
sol <- optim(c(1,100,100,1,1), fnl , method="Nelder-Mead" ,control = list(maxit=5000 , par
#tourner le programme de minimisation 3 fois, en initialisant  chaque fois avec le  r sulta
for (i in 1:10){
```

```
  sol <- optim(sol$par , fnl , method="Nelder-Mead" ,control = list(maxit=5000 , parscale =
}
sol$par

#insertion des resultats dans les variables appropriees
pl[1]=1
pl[2]=sol$par[1]
yl[1]=sol$par[2]
yl[2]=sol$par[3]
wl=sol$par[4]
rl=sol$par[5]

#calcul de la valeur de l'indice␣de␣prix
ipl=(pl[1]^alpha[1])*(pl[2]^alpha[2])

#calcul des nouvelles valeurs des outputs (p1*,p2*,y1*,y2*,w*,r*)=(1/p,p2/p,y1,y2,w/p,r/p)
pl[1]=1/ipl
pl[2]=sol$par[1]/ipl
yl[1]=sol$par[2]
yl[2]=sol$par[3]
wl=sol$par[4]/ipl
rl=sol$par[5]/ipl

xl[1,1]=beta[1,1]*yl[1]
xl[2,1]=(beta[2,1]*yl[1]*pl[1])/pl[2]
xl[1,2]=(beta[1,2]*yl[2]*pl[2])/pl[1]
xl[2,2]=beta[2,2]*yl[2]
ll[1]=gammal[1]*yl[1]*pl[1]/wl
ll[2]=gammal[2]*yl[2]*pl[2]/wl
kl[1]=pl[1]*gammak[1]*yl[1]/rl
kl[2]=pl[2]*gammak[2]*yl[2]/rl
Ml=wl*lt+rl*kt
cl[1]=Ml*alpha[1]/pl[1]
cl[2]=Ml*alpha[2]/pl[2]


#variation
#porcentages
per_wl=round(((wl/w)-1),digits=4)
per_rl=round(((rl/r)-1),digits=4)
per_pl=round(((pl/p)-1),digits=4)
per_cl=round(((cl/c)-1),digits=4)
per_xl=round(((xl/x)-1),digits=4)
per_yl=round(((yl/y)-1),digits=4)
per_ll=round(((ll/l)-1),digits=4)
per_kl=round(((kl/k)-1),digits=4)

#tab
sl<-c(pl[1],pl[2],yl[1], yl[2] , wl ,rl ,ll[1] ,ll[2],kl[1] ,kl[2] ,cl[1] ,cl[2])
s<-c(p[1],p[2],y[1], y[2] , w ,r ,l[1] ,l[2],k[1] ,k[2] ,c[1] ,c[2])
variationl<-c( per_pl[1]*100,per_pl[2]*100 ,per_yl[1]*100 ,per_yl[2]*100 ,per_wl*100 ,per_
```

```
tabl<-cbind(s ,sl,variationl)
rownames(tabl)<-c("p1" ,"p2" , "y1","y2" ,"w","r","l1","l2","k1","k2","c1","c2"
)
colnames(tabl)<-c( " lt=80" ,          "lt=90","variationl%")

tabl


#taxe

#taxe :tx=0%  TC=20%  tk1=0%




#declaration des variables du modele avec taxe
x0=matrix(c(0,0,0,0),nrow = 2,ncol = 2)
k0=c(0,0)
l0=c(0,0)
y0=c(0,0)
p0=c(0,0)
w0=0
r0=0
ip0=0
c0=c(0,0)
M0=0

#definition de la taxe
tx=matrix(c(0,0,0,0),nrow = 2,ncol = 2)
tc=c(0.2,0.2)
tl=c(0,0)
tk=c(0,0)


#definition de la fonction de la somme des excs de demandes relatives
fn0<- function(par){
  delta1=(beta[1,1]*par[2])/(1+tx[1,1])+(beta[1,2]*par[1]*par[3])/(1+tx[1,2])+alpha[1]*par
  delta2=(beta[2,1]*par[2])/(1+tx[2,1])+(beta[2,2]*par[1]*par[3])/(1+tx[2,2])+alpha[2]*par
  deltak=gammak[1]*par[2]/(par[5]*(1+tk[1]))+gammak[2]*par[1]*par[3]/(par[5]*(1+tk[2]))-k[1
  deltal=gammal[1]*par[2]/(par[4]*(1+tl[1]))+gammal[2]*par[1]*par[3]/(par[4]*(1+tl[2]))-l[1
  deltap1=1-A[1]*((beta[1,1]/(1+tx[1,1]))^beta[1,1])*((beta[2,1]/(par[1]*(1+tx[1,1])))^beta
  deltap2=1-par[1]*A[2]*((beta[1,2]/(1+tx[1,2]))^beta[1,2])*((beta[2,2]/(par[1]*(1+tx[1,2])
  deltam=par[4]*(l[1]+l[2])+par[5]*(k[1]+k[2])+(beta[1,1]*par[2]*tx[1,1])/(1+tx[1,1])+(beta

  d1=abs(delta1/par[2])
  d2=abs(delta2/par[3])
  dl=abs(deltal/lt)
  dk=abs(deltak/kt)
  dp1=abs(deltap1)
  dp2=abs(deltap2)
```

```
  dm=abs(deltam)

  d=d1+d2+dl+dk+dp1+dp2+dm
  return(d)
}


#recherche du minimum golbal

library(optimx)
solution0 <- optim(c(solution$par[1],solution$par[2],solution$par[3],solution$par[4],soluti
solution0


#tourner le programme de minimisation 3 fois, en initialisant  chaque fois avec le  r sulta
for (i in 1:100){
  solution0 <- optim(solution0$par, fn0 , method="Nelder-Mead" ,control = list(maxit=5000
}
solution0


#insertion des resultats dans les variables appropriees

p0[1]=1
p0[2]=solution0$par[1]


#calcul de la valeur de l'indice␣de␣prix
ip0=(p0[1]^alpha[1])*(p0[2]^alpha[2])

#calcul des nouvelles valeurs des outputs (p1*,p2*,y1*,y2*,w*,r*)=(1/p,p2/p,y1,y2,w/p,r/p)
p0[1]=1/ip0
p0[2]=solution0$par[1]/ip0
y0[1]=solution0$par[2]
y0[2]=solution0$par[3]
w0=solution0$par[4]/ip0
r0=solution0$par[5]/ip0
M0=solution0$par[6]/ip0

x0[1,1]=(beta[1,1]*y0[1]*p0[1])/(p0[1]*(1+tx[1,1]))
x0[2,1]=(beta[2,1]*y0[1]*p0[1])/(p0[2]*(1+tx[2,1]))
x0[1,2]=(beta[1,2]*y0[2]*p0[2])/(p0[1]*(1+tx[1,2]))
x0[2,2]=(beta[2,2]*y0[2]*p0[2])/(p0[1]*(1+tx[2,2]))
l0[1]=gammal[1]*y0[1]*p0[1]/((1+tl[1])*w0)
l0[2]=gammal[2]*y0[2]*p0[2]/((1+tl[2])*w0)
k0[1]=gammak[1]*y0[1]*p0[1]/((1+tk[1])*r0)
k0[2]=gammak[2]*y0[2]*p0[2]/((1+tk[2])*r0)
c0[1]=M0*alpha[1]/((1+tc[1])*p0[1])
c0[2]=M0*alpha[2]/((1+tc[2])*p0[2])
```

```
Tx=tx[1,1]*p[1]*x[1,1]+tx[2,1]*p[2]*x[2,1]+tx[1,2]*p[1]*x[1,2]+tx[2,2]*p[2]*x[2,2]
Tc=tc[1]*p[1]*c[1]+tc[2]*p[2]*c[2]
Tf=tk[1]*r*k[1]+tk[2]*r*k[2]+tl[1]*w*l[1]+tl[2]*w*l[2]


per_w0=round(((w0/w)-1),digits=4)
per_r0=round(((r0/r)-1),digits=4)
per_p0=round(((p0/p)-1),digits=4)
per_c0=round(((c0/c)-1),digits=4)
per_x0=round(((x0/x)-1),digits=4)
per_y0=round(((y0/y)-1),digits=4)
per_l0=round(((l0/l)-1),digits=4)
per_k0=round(((k0/k)-1),digits=4)
per_w0
per_r0
per_p0
per_c0
per_x0
per_y0
per_l0
per_k0



##taxe : tx=20%

#X est un vecteur dans R^6 qui contient les variables inconnues avec x = (p2,y1,y2,w,r,M)




#declaration des variables du modele avec taxe
x1=matrix(data=NA,nrow = 2,ncol = 2)
k1=c(0,0)
l1=c(0,0)
y1=c(0,0)
p1=c(0,0)
w1=0
r1=0
ip1=0
c1=c(0,0)
M=0

#definition de la taxe
tx=matrix(c(0.2,0.2,0.2,0.2),nrow = 2,ncol = 2)
tc=c(0,0)
tl=c(0,0)
tk=c(0,0)


#definition de la fonction de la somme des excs de demandes relatives
```

```
fn1<- function(par){
  delta1=(beta[1,1]*par[2])/(1+tx[1,1])+(beta[1,2]*par[1]*par[3])/(1+tx[1,2])+alpha[1]*par
  delta2=(beta[2,1]*par[2])/(1+tx[2,1])+(beta[2,2]*par[1]*par[3])/(1+tx[2,2])+alpha[2]*par
  deltak=gammak[1]*par[2]/(par[5]*(1+tk[1]))+gammak[2]*par[1]*par[3]/(par[5]*(1+tk[2]))-k[1
  deltal=gammal[1]*par[2]/(par[4]*(1+tl[1]))+gammal[2]*par[1]*par[3]/(par[4]*(1+tl[2]))-l[1
  deltap1=1-A[1]*((beta[1,1]/(1+tx[1,1]))^beta[1,1])*((beta[2,1]/(par[1]*(1+tx[1,1])))^beta
  deltap2=1-par[1]*A[2]*((beta[1,2]/(1+tx[1,2]))^beta[1,2])*((beta[2,2]/(par[1]*(1+tx[1,2])
  deltam=par[4]*(l[1]+l[2])+par[5]*(k[1]+k[2])+(beta[1,1]*par[2]*tx[1,1])/(1+tx[1,1])+(beta

  d1=abs(delta1/par[2])
  d2=abs(delta2/par[3])
  dl=abs(deltal/lt)
  dk=abs(deltak/kt)
  dp1=abs(deltap1)
  dp2=abs(deltap2)
  dm=abs(deltam)

  d=d1+d2+dl+dk+dp1+dp2+dm
  return(d)
}


#recherche du minimum golbal

library(optimx)
solution1 <- optim(c(solution$par[1],solution$par[2],solution$par[3],solution$par[4],soluti
solution1


#tourner le programme de minimisation 3 fois, en initialisant  chaque fois avec le  r sulta
for (i in 1:100){
  solution1 <- optim(solution1$par, fn1 , method="Nelder-Mead" ,control = list(maxit=6000
}
solution1

#insertion des resultats dans les variables appropriees
p1[1]=1
p1[2]=solution1$par[1]
y1[1]=solution1$par[2]
y1[2]=solution1$par[3]
w1=solution1$par[4]
r1=solution1$par[5]
M=solution1$par[6]

#calcul de la valeur de l'indice de prix
ip1=(p1[1]^alpha[1])*(p1[2]^alpha[2])

#calcul des nouvelles valeurs des outputs (p1*,p2*,y1*,y2*,w*,r*)=(1/p,p2/p,y1,y2,w/p,r/p)
p1[1]=1/ip1
p1[2]=solution1$par[1]/ip1
y1[1]=solution1$par[2]
```

```
y1[2]=solution1$par[3]
w1=solution1$par[4]/ip1
r1=solution1$par[5]/ip1
M=solution1$par[6]/ip1

x1[1,1]=(beta[1,1]*y1[1]*p1[1])/(p1[1]*(1+tx[1,1]))
x1[2,1]=(beta[2,1]*y1[1]*p1[1])/(p1[2]*(1+tx[2,1]))
x1[1,2]=(beta[1,2]*y1[2]*p1[2])/(p1[1]*(1+tx[1,2]))
x1[2,2]=(beta[2,2]*y1[2]*p1[2])/(p1[1]*(1+tx[2,2]))
l1[1]=gammal[1]*y1[1]*p1[1]/((1+tl[1])*w1)
l1[2]=gammal[2]*y1[2]*p1[2]/((1+tl[2])*w1)
k1[1]=gammak[1]*y1[1]*p1[1]/((1+tk[1])*r1)
k1[2]=gammak[2]*y1[2]*p1[2]/((1+tk[2])*r1)
c1[1]=M*alpha[1]/((1+tc[1])*p1[1])
c1[2]=M*alpha[2]/((1+tc[2])*p1[2])


Tx=tx[1,1]*p[1]*x[1,1]+tx[2,1]*p[2]*x[2,1]+tx[1,2]*p[1]*x[1,2]+tx[2,2]*p[2]*x[2,2]
Tc=tc[1]*p[1]*c[1]+tc[2]*p[2]*c[2]
Tf=tk[1]*r*k[1]+tk[2]*r*k[2]+tl[1]*w*l[1]+tl[2]*w*l[2]


per_w=round(((w1/w)-1),digits=4)
per_r=round(((r1/r)-1),digits=4)
per_p=round(((p1/p)-1),digits=4)
per_c=round(((c1/c)-1),digits=4)
per_x=round(((x1/x)-1),digits=4)
per_y=round(((y1/y)-1),digits=4)
per_l=round(((l1/l)-1),digits=4)
per_k=round(((k1/k)-1),digits=4)
per_w
per_r
per_p
per_c
per_x
per_y
per_l
per_k


##taxe :tx=0% TC=0% tk1=20%

#declaration des variables du modele avec taxe
x2=matrix(data=0,nrow = 2,ncol = 2)
k2=c(0 ,0)
l2=c(0 ,0)
y2=c(0 ,0)
p2=c(0 ,0)
w2=0
r2=0
iP2=0
```

```
c2=c(0  ,0)
M2=0

#definition de la taxe
tx=matrix(c(0,0,0,0),nrow = 2,ncol = 2)
tc=c(0,0)
tl=c(0,0)
tk=c(0.2,0)


#definition de la fonction de la somme des excs de demandes relatives
fn2<- function(par){
  delta1=(beta[1,1]*par[2])/(1+tx[1,1])+(beta[1,2]*par[1]*par[3])/(1+tx[1,2])+alpha[1]*par
  delta2=(beta[2,1]*par[2])/(1+tx[2,1])+(beta[2,2]*par[1]*par[3])/(1+tx[2,2])+alpha[2]*par
  deltak=gammak[1]*par[2]/(par[5]*(1+tk[1]))+gammak[2]*par[1]*par[3]/(par[5]*(1+tk[2]))-k[1
  deltal=gammal[1]*par[2]/(par[4]*(1+tl[1]))+gammal[2]*par[1]*par[3]/(par[4]*(1+tl[2]))-l[1
  deltap1=1-A[1]*((beta[1,1]/(1+tx[1,1]))^beta[1,1])*((beta[2,1]/(par[1]*(1+tx[1,1])))^beta
  deltap2=1-par[1]*A[2]*((beta[1,2]/(1+tx[1,2]))^beta[1,2])*((beta[2,2]/(par[1]*(1+tx[1,2])
  deltam=par[4]*(l[1]+l[2])+par[5]*(k[1]+k[2])+(beta[1,1]*par[2]*tx[1,1])/(1+tx[1,1])+(beta

  d1=abs(delta1/par[2])
  d2=abs(delta2/par[3])
  dl=abs(deltal/lt)
  dk=abs(deltak/kt)
  dp1=abs(deltap1)
  dp2=abs(deltap2)
  dm=abs(deltam)

  d=d1+d2+dl+dk+dp1+dp2+dm
  return(d)
}


#recherche du minimum golbal

library(optimx)
solution2 <- optim(c(solution$par[1],solution$par[2],solution$par[3],solution$par[4],soluti
solution2


#tourner le programme de minimisation 3 fois, en initialisant   chaque fois avec le  r sulta
for (i in 1:10){
  solution2 <- optim(solution2$par, fn2 , method="Nelder-Mead" ,control = list(maxit=6000
}
solution2

p2[1]=1
p2[2]=solution2$par[1]

#calcul de la valeur de l'indice de prix
ip2=(p2[1]^alpha[1])*(p2[2]^alpha[2])
```

```
#calcul des nouvelles valeurs des outputs (p1*,p2*,y1*,y2*,w*,r*)=(1/p,p2/p,y1,y2,w/p,r/p)
p2[1]=1/ip2
p2[2]=solution2$par[1]/ip2
y2[1]=solution2$par[2]
y2[2]=solution2$par[3]
w2=solution2$par[4]/ip2
r2=solution2$par[5]/ip2
M2=solution2$par[6]/ip2

x2[1,1]=(beta[1,1]*y2[1]*p2[1])/(p2[1]*(1+tx[1,1]))
x2[2,1]=(beta[2,1]*y2[1]*p2[1])/(p2[2]*(1+tx[2,1]))
x2[1,2]=(beta[1,2]*y2[2]*p2[2])/(p2[1]*(1+tx[1,2]))
x2[2,2]=(beta[2,2]*y2[2]*p2[2])/(p2[1]*(1+tx[2,2]))
l2[1]=gammal[1]*y2[1]*p2[1]/((1+tl[1])*w2)
l2[2]=gammal[2]*y2[2]*p2[2]/((1+tl[2])*w2)
k2[1]=gammak[1]*y2[1]*p2[1]/((1+tk[1])*r2)
k2[2]=gammak[2]*y2[2]*p2[2]/((1+tk[2])*r2)
c2[1]=M2*alpha[1]/((1+tc[1])*p2[1])
c2[2]=M2*alpha[2]/((1+tc[2])*p2[2])


Tx=tx[1,1]*p[1]*x[1,1]+tx[2,1]*p[2]*x[2,1]+tx[1,2]*p[1]*x[1,2]+tx[2,2]*p[2]*x[2,2]
Tc=tc[1]*p[1]*c[1]+tc[2]*p[2]*c[2]
Tf=tk[1]*r*k[1]+tk[2]*r*k[2]+tl[1]*w*l[1]+tl[2]*w*l[2]


per_w2=round(((w2/w)-1),digits=4)
per_r2=round(((r2/r)-1),digits=4)
per_p2=round(((p2/p)-1),digits=4)
per_c2=round(((c2/c)-1),digits=4)
per_x2=round(((x2/x)-1),digits=4)
per_y2=round(((y2/y)-1),digits=4)
per_l2=round(((l2/l)-1),digits=4)
per_k2=round(((k2/k)-1),digits=4)
per_w2
per_r2
per_p2
per_c2
per_x2
per_y2
per_l2
per_k2


#Tableau de comparaison  r capitulatif  :


variation0<-c( per_p0[1],per_p0[2] ,per_w0 ,per_r0 ,per_y0[1] ,per_y0[2] ,per_c0[1] ,per_c0

variation2<-c( per_p2[1]*100,per_p2[2]*100 ,per_w2*100 ,per_r2*100 ,per_y2[1]*100 ,per_y2[2
```

```
variation1<-c( per_p[1]*100,per_p[2]*100 ,per_w*100 ,per_r*100 ,per_y[1]*100 ,per_y[2]*100
tab<-cbind(variation0 , variation1 , variation2)
rownames(tab)<-c("p1" ,"p2" , "w","r" ,"y1","y2","c1","c2","k1","k2","l1","l2" )
colnames(tab)<-c("␣tc=20%␣" ,"tx=20%" ,"tk=20%" )
tab


##epargne sans taxe

#declaration des varia#definition de la fonction de la somme des excs de demandes relative
#declaration des varia#definition de la fonction de la somme des excs de demandes relative
x=matrix(c(0,0,0,0),nrow = 2,ncol = 2)
beta=matrix(c(1/12,1/6,3/10,1/10),nrow = 2,ncol = 2)
gammal=c(1/4,1/2)
gammak=c(1/2,1/10)
alpha=c(8/15,7/15)
A=c(3.3162,3.2164)
k=c(0,0)
l=c(0,0)
y=c(0,0)
p=c(0,0)
w=0
r=NAip=0
ip=0
c=c(0,0)

lt=80

kt=70;
Ac=1
s=0.2


#definition de la fonction de la somme des excs de demandes relatives
fn<- function(par){
  delta1=(beta[1,1]*par[2]+beta[1,2]*par[1]*par[3]+alpha[1]*(par[4]*lt+par[5]*kt))-par[2]
  delta2=((beta[2,1]*par[2]+beta[2,2]*par[1]*par[3]+alpha[2]*(par[4]*lt+par[5]*kt)+(s*(par
  deltal=gammal[1]*par[2]/par[4]+gammal[2]*((par[1]*par[3])/par[4])-lt
  deltak=gammak[1]*(par[2]/par[5])+gammak[2]*((par[1]*par[3])/par[5])-kt
  deltap1=1-(A[1]*(beta[1,1]^beta[1,1])*((beta[2,1]/par[1])^beta[2,1])*((gammal[1]/par[4])^
  deltap2=1-(par[1]*A[2]*(beta[1,2]^beta[1,2])*((beta[2,2]/par[1])^beta[2,2])*((gammal[2]/p



  d1=abs(delta1/par[2])
  d2=abs(delta2/par[3])
  dl=abs(deltal/lt)
  dk=abs(deltak/kt)
  dp1=abs(deltap1)
  dp2=abs(deltap2)
```

```
  d=d1+d2+dl+dk+dp1+dp2
  return(d)
}

#recherche du minimum golbal
library(optimx)
solution=optim(c(1,120,100,1,1), fn, method="Nelder-Mead" ,control = list(maxit=5000 , par
solution$par

#tourner le programme de minimisation 3 fois, en initialisant  chaque fois avec le  r sulta
for (i in 1:3){
  solution <- optim(solution$par, fn , method="Nelder-Mead" ,control = list(maxit=5000 , p
}

##insertion des resultats dans les variables appropriees

#insertion des resultats dans les variables appropriees


p[1]=1
p[2]=solution$par[1]
y[1]=solution$par[2]
y[2]=solution$par[3]
w=solution$par[4]
r=solution$par[5]

#calcul de la valeur de l'indice␣de␣prix
ip=(p[1]^alpha[1])*(p[2]^alpha[2])

#calcul des nouvelles valeurs des outputs (p1*,p2*,y1*,y2*,w*,r*)=(1/p,p2/p,y1,y2,w/p,r/p)
p[1]=1/ip
p[2]=solution$par[1]/ip
y[1]=solution$par[2]
y[2]=solution$par[3]
w=solution$par[4]/ip
r=solution$par[5]/ip
s1=s*(solution$par[4]*lt+solution$par[5]*kt)/ip


x[1,1]=beta[1,1]*y[1]
x[2,1]=(beta[2,1]*y[1]*p[1])/p[2]
x[1,2]=(beta[1,2]*y[2]*p[2])/p[1]
x[2,2]=beta[2,2]*y[2]
l[1]=gammal[1]*y[1]*p[1]/w
l[2]=gammal[2]*y[2]*p[2]/w
k[1]=p[1]*gammak[1]*y[1]/r
k[2]=p[2]*gammak[2]*y[2]/r
M=w*lt+r*kt
c[1]=M*alpha[1]/p[1]
c[2]=M*alpha[2]/p[2]
```

```
m1=rep(0,28)
m=matrix(m1, ncol=4,nrow=7)
m[1,1]=kt
m[2,1]=1/ip
m[3,1]=solution$par[1]/ip
m[4,1]=solution$par[2]
m[5,1]=solution$par[3]
m[6,1]=solution$par[4]/ip
m[7,1]=solution$par[5]/ip
m11=rep(0,40)
m2=matrix(m11, ncol=4,nrow=10)
m2[1,1]=beta[1,1]*y[1]
m2[2,1]=(beta[2,1]*y[1]*p[1])/p[2]
m2[3,1]=(beta[1,2]*y[2]*p[2])/p[1]
m2[4,1]=beta[2,2]*y[2]
m2[5,1]=gammal[1]*y[1]*p[1]/w
m2[6,1]=gammal[2]*y[2]*p[2]/w
m2[7,1]=p[1]*gammak[1]*y[1]/r
m2[8,1]=p[2]*gammak[2]*y[2]/r
M=w*lt+r*kt
m2[9,1]=M*alpha[1]/p[1]
m2[10,1]=M*alpha[2]/p[2]

for( i in 2:4){
  m[1,i]=m[1,i-1]+s1
  fn<- function(par){
     delta1=(beta[1,1]*par[2]+beta[1,2]*par[1]*par[3]+alpha[1]*(par[4]*lt+par[5]*m[1,i]))-p
     delta2=((beta[2,1]*par[2]+beta[2,2]*par[1]*par[3]+alpha[2]*(par[4]*lt+par[5]*m[1,i])+(s
     deltal=gammal[1]*par[2]/par[4]+gammal[2]*((par[1]*par[3])/par[4])-lt
     deltak=gammak[1]*(par[2]/par[5])+gammak[2]*((par[1]*par[3])/par[5])-m[1,i]
     deltap1=1-(A[1]*(beta[1,1]^beta[1,1])*((beta[2,1]/par[1])^beta[2,1])*((gammal[1]/par[4]
     deltap2=1-(par[1]*A[2]*(beta[1,2]^beta[1,2])*((beta[2,2]/par[1])^beta[2,2])*((gammal[2]


     d1=abs(delta1/par[2])
     d2=abs(delta2/par[3])
     dl=abs(deltal/lt)
     dk=abs(deltak/m[1,i])
     dp1=abs(deltap1)
     dp2=abs(deltap2)
     d=d1+d2+dl+dk+dp1+dp2
     return(d)
  }

  #recherche du minimum golbal
  library(optimx)
  solution=optim(c(solution$par[1],solution$par[2],solution$par[3],solution$par[4],solution
  solution$par

  for(j in 1:3){
```

```
    solution <- optim(solution$par , fn , method="Nelder-Mead" ,control = list(maxit=5000 ,

  }
  solution$par
  #insertion des resultats dans les variables appropriees

  #calcul de la valeur de l'indice␣de␣prix
␣␣ip=(1^alpha[1])*(solution$par[1]^alpha[2])

␣␣#calcul␣des␣nouvelles␣valeurs␣des␣outputs␣(p1*,p2*,y1*,y2*,w*,r*)=(1/p,p2/p,y1,y2,w/p,r/p
␣␣m[2,i]=1/ip
␣␣m[3,i]=solution$par[1]/ip
␣␣m[4,i]=solution$par[2]
␣␣m[5,i]=solution$par[3]
␣␣m[6,i]=solution$par[4]/ip
␣␣m[7,i]=solution$par[5]/ip
␣␣s1=s*(solution$par[4]*lt+solution$par[5]*m[1,i])/ip



␣␣m2[1,i]=beta[1,1]*m[4,i]
␣␣m2[2,i]=(beta[2,1]*m[4,i]*m[2,i])/m[3,i]
␣␣m2[3,i]=(beta[1,2]*m[5,i]*m[3,i])/m[2,i]
␣␣m2[4,i]=beta[2,2]*m[5,i]
␣␣m2[5,i]=gammal[1]*m[4,i]*m[2,i]/m[6,i]
␣␣m2[6,i]=gammal[2]*m[5,i]*m[3,i]/m[6,i]
␣␣m2[7,i]=m[2,i]*gammak[1]*m[4,i]/m[7,i]
␣␣m2[8,i]=m[3,i]*gammak[2]*m[5,i]/m[7,i]
␣␣M=m[6,i]*lt+m[7,i]*m[1,i]
␣␣m2[9,i]=M*alpha[1]/m[2,i]
␣␣m2[10,i]=M*alpha[2]/m[3,i]

}


#tableau␣de␣resultat

data1=data.frame(m)
row.names(data1)=c("k"␣,"p1","p2","y1","y2","w","r")
colnames(data1)=c("periode1"␣,␣"periode2"␣,"periode3"␣,␣"periode4")
data1


data2=data.frame(m2)
row.names(data2)=c("x[1,1]"␣,"x[2,1]","x[1,2]","x[2,2]","l[1]","l[2]","k[1]","k[2]","c[1]"
colnames(data2)=c("periode1"␣,␣"periode2"␣,"periode3"␣,␣"periode4")
data2


library(plotly)
library(ggplot2)
```

```
data1
Y1=c(data1[4,1],data1[4,2],data1[4,3],data1[4,4])

j1␣=␣plot(␣x=␣c(1,2,3,4),y=Y1,␣type␣=␣"l",␣col␣=␣"blue",xlab="periode",␣lwd␣=␣5␣,main␣=␣"v


Y2=c(data1[5,1],data1[5,2],data1[5,3],data1[5,4])

j2␣=␣plot(␣x=␣c(1,2,3,4),y=Y2,␣type␣=␣"l",␣col␣=␣"blue",xlab="periode",␣lwd␣=␣5␣,main␣=␣"v

#tableau␣de␣variation

variation1=c(␣((data1[2,2]/data1[2,1])-1)*100␣,␣((data1[3,2]/data1[3,1])-1)*100␣,((data1[4

variation2=c(␣((data1[2,3]/data1[2,2])-1)*100␣,␣((data1[3,3]/data1[3,2])-1)*100␣,((data1[4

variation3=c(␣((data1[2,4]/data1[2,3])-1)*100␣,␣((data1[3,4]/data1[3,3])-1)*100␣,((data1[4


tab=cbind(variation1␣,variation2␣,variation3)
colnames(tab)=c("variation1␣%"␣,"variation2␣%"␣,"variation3␣%")
rownames(tab)=c("p1"␣,"p2"␣␣,"y1","y2","w","r")
tab

#simulation

##variation␣gamma2:

##variation␣du␣gammal2:1/2->0.57
##variation␣du␣gammak2:0.1->0.03
data11=data.frame(m)
row.names(data11)=c("k"␣,"p1","p2","y1","y2","w","r")
colnames(data11)=c("periode1"␣,␣"periode2"␣,"periode3"␣,␣"periode4")
data11


data22=data.frame(m2)
row.names(data22)=c("x[1,1]"␣,"x[2,1]","x[1,2]","x[2,2]","l[1]","l[2]","k[1]","k[2]","c[1]"
colnames(data22)=c("periode1"␣,␣"periode2"␣,"periode3"␣,␣"periode4")
data22


vargamma2=matrix(rep(0,28),ncol=4,nrow=7)
for(i␣in␣1:7)
␣␣for(j␣in␣1:4)
␣␣␣␣vargamma2[i,j]=(data11[i,j]/data1[i,j]-1)*100
vargama2=data.frame(vargamma2)
row.names(vargama2)=c("k"␣,"p1","p2","y1","y2","w","r")
colnames(vargama2)=c("periode1"␣,␣"periode2"␣,"periode3"␣,␣"periode4")
View(vargama2)
```

```
##variation de A1->4:
data1A=data.frame(m)
row.names(data1A)=c("k" ,"p1","p2","y1","y2","w","r")
colnames(data1A)=c("periode1" , "periode2" ,"periode3" , "periode4")
dataA


data2A=data.frame(m2)
row.names(data2A)=c("x[1,1]" ,"x[2,1]","x[1,2]","x[2,2]","l[1]","l[2]","k[1]","k[2]","c[1]'
colnames(data2A)=c("periode1" , "periode2" ,"periode3" , "periode4")
data2A


varA1=matrix(rep(0,28),ncol=4,nrow=7)
for(i in 1:7)
  for(j in 1:4)
    varA1[i,j]=(data1A[i,j]/data1[i,j]-1)*100
varA=data.frame(varA1)
row.names(varA)=c("k" ,"p1","p2","y1","y2","w","r")
colnames(varA)=c("periode1" , "periode2" ,"periode3" , "periode4")
View(varA)

##variation du gammal1:1/4->0.35
##variation du gammak1:1/2->0.4
data1gamma1=data.frame(m)
row.names(data1gamma1)=c("k" ,"p1","p2","y1","y2","w","r")
colnames(data1gamma1)=c("periode1" , "periode2" ,"periode3" , "periode4")
data1gamma1


data2gamma2=data.frame(m2)
row.names(data2gamma2)=c("x[1,1]" ,"x[2,1]","x[1,2]","x[2,2]","l[1]","l[2]","k[1]","k[2]",'
colnames(data2gamma2)=c("periode1" , "periode2" ,"periode3" , "periode4")
data2gamma2

vargamma1=matrix(rep(0,28),ncol=4,nrow=7)
for(i in 1:7)
  for(j in 1:4)
    vargamma1[i,j]=(data1gamma1[i,j]/data1[i,j]-1)*100
vargama1=data.frame(vargamma1)
row.names(vargama1)=c("k" ,"p1","p2","y1","y2","w","r")
colnames(vargama1)=c("periode1" , "periode2" ,"periode3" , "periode4")
View(vargama1)

##variation du l:80->90

data1l=data.frame(m)
row.names(data1l)=c("k" ,"p1","p2","y1","y2","w","r")
colnames(data1l)=c("periode1" , "periode2" ,"periode3" , "periode4")
data1l
```

```
data2l=data.frame(m2)
row.names(data2l)=c("x[1,1]" ,"x[2,1]","x[1,2]","x[2,2]","l[1]","l[2]","k[1]","k[2]","c[1]'
colnames(data2l)=c("periode1" , "periode2" ,"periode3" , "periode4")
data2l

varl=matrix(rep(0,28),ncol=4,nrow=7)
for(i in 1:7)
  for(j in 1:4)
    varl[i,j]=(data1l[i,j]/data1[i,j]-1)*100
varll=data.frame(varl)
row.names(varl)=c("k" ,"p1","p2","y1","y2","w","r")
colnames(varl)=c("periode1" , "periode2" ,"periode3" , "periode4")
varl


#epargne avec taxe

#declaration des varia#definition de la fonction de la somme des excs de demandes relative
#declaration des varia#definition de la fonction de la somme des excs de demandes relative
x=matrix(c(0,0,0,0),nrow = 2,ncol = 2)
beta=matrix(c(1/12,1/6,3/10,1/10),nrow = 2,ncol = 2)
gammal=c(0.25,1/2)
gammak=c(0.5,1/10)
alpha=c(8/15,7/15)
A=c(3.3162,3.2164)
k=c(0,0)
l=c(0,0)
y=c(0,0)
p=c(0,0)
w=0
r=NAip=0
ip=0
c=c(0,0)

lt=90

kt=70;
Ac=1
s=0.2


#definition de la fonction de la somme des excs de demandes relatives
fn<- function(par){
  delta1=(beta[1,1]*par[2]+beta[1,2]*par[1]*par[3]+alpha[1]*(par[4]*lt+par[5]*kt))-par[2]
  delta2=((beta[2,1]*par[2]+beta[2,2]*par[1]*par[3]+alpha[2]*(par[4]*lt+par[5]*kt)+(s*(par
  deltal=gammal[1]*par[2]/par[4]+gammal[2]*((par[1]*par[3])/par[4])-lt
  deltak=gammak[1]*(par[2]/par[5])+gammak[2]*((par[1]*par[3])/par[5])-kt
  deltap1=1-(A[1]*(beta[1,1]^beta[1,1])*((beta[2,1]/par[1])^beta[2,1])*((gammal[1]/par[4])^
  deltap2=1-(par[1]*A[2]*(beta[1,2]^beta[1,2])*((beta[2,2]/par[1])^beta[2,2])*((gammal[2]/
```

```
␣␣d1=abs(delta1/par[2])
␣␣d2=abs(delta2/par[3])
␣␣dl=abs(deltal/lt)
␣␣dk=abs(deltak/kt)
␣␣dp1=abs(deltap1)
␣␣dp2=abs(deltap2)
␣␣d=d1+d2+dl+dk+dp1+dp2
␣␣return(d)
}

#recherche␣du␣minimum␣golbal
library(optimx)
solution=optim(c(1,120,100,1,1),␣fn,␣method="Nelder-Mead"␣,control␣=␣list(maxit=5000␣,␣par
solution$par

#tourner␣le␣programme␣de␣minimisation␣3␣fois,␣en␣initialisant␣ ␣chaque␣fois␣avec␣le␣ r sulta
for␣(i␣in␣1:3){
␣␣solution␣<-␣optim(solution$par,␣fn␣,␣method="Nelder-Mead"␣,control␣=␣list(maxit=5000␣,␣p
}



solution$par




x=matrix(c(0,0,0,0),nrow␣=␣2,ncol␣=␣2)
beta=matrix(c(1/12,1/6,3/10,1/10),nrow␣=␣2,ncol␣=␣2)
gammal=c(1/4,1/2)
gammak=c(1/2,1/10)
alpha=c(8/15,7/15)
A=c(3.3162,3.2164)
k=c(0,0)
l=c(0,0)
y=c(0,0)
p=c(0,0)
w=0
r=NAip=0
ip=0
c=c(0,0)

lt=80

kt=70;
Ac=1
s=0.2
```

```
#declaration␣des␣variables␣du␣modele␣avec␣taxe
x0=matrix(c(0,0,0,0),nrow␣=␣2,ncol␣=␣2)
k0=c(0,0)
l0=c(0,0)
y0=c(0,0)
p0=c(0,0)
w0=0
r0=0
ip0=0
c0=c(0,0)
M0=0

#definition␣de␣la␣taxe
tx=matrix(c(0,0,0,0),nrow␣=␣2,ncol␣=␣2)
tc=c(0,0)
tl=c(0,0)
tk=c(0,0)


#definition␣de␣la␣fonction␣de␣la␣somme␣des␣excs␣de␣demandes␣relatives
fn0<-␣function(par){
␣␣delta1=(beta[1,1]*par[2])/(1+tx[1,1])+(beta[1,2]*par[1]*par[3])/(1+tx[1,2])+(alpha[1]*(pa

␣␣delta2=(beta[2,1]*par[2])/(1+tx[2,1])+(beta[2,2]*par[1]*par[3])/(1+tx[2,2])+(alpha[2]*(pa
␣␣deltak=gammak[1]*par[2]/(par[5]*(1+tk[1]))+gammak[2]*par[1]*par[3]/(par[5]*(1+tk[2]))-kt
␣␣deltal=gammal[1]*par[2]/(par[4]*(1+tl[1]))+gammal[2]*par[1]*par[3]/(par[4]*(1+tl[2]))-lt
␣␣deltap1=1-A[1]*((beta[1,1]/(1+tx[1,1]))^beta[1,1])*((beta[2,1]/(par[1]*(1+tx[1,1])))^beta
␣␣deltap2=1-par[1]*A[2]*((beta[1,2]/(1+tx[1,2]))^beta[1,2])*((beta[2,2]/(par[1]*(1+tx[1,2])


␣␣d1=abs(delta1/par[2])
␣␣d2=abs(delta2/par[3])
␣␣dl=abs(deltal/lt)
␣␣dk=abs(deltak/kt)
␣␣dp1=abs(deltap1)
␣␣dp2=abs(deltap2)


␣␣d=d1+d2+dl+dk+dp1+dp2
␣␣return(d)
}


#recherche␣du␣minimum␣golbal

library(optimx)
solution1␣<-␣optim(c(solution0$par[1],solution0$par[2],solution0$par[3],solution0$par[4],so

solution1

for␣(i␣in␣1:3){
```

```
  solution <- optim(solution1$par, fn0 , method="Nelder-Mead" , control = list(maxit=5000 , 
}



solution$par

#insertion des resultats dans les variables appropriees


p[1]=1
p[2]=solution$par[1]
y[1]=solution$par[2]
y[2]=solution$par[3]
w=solution$par[4]
r=solution$par[5]

#calcul de la valeur de l'indice de prix
ip=(p[1]^alpha[1])*(p[2]^alpha[2])

#calcul des nouvelles valeurs des outputs (p1*,p2*,y1*,y2*,w*,r*)=(1/p,p2/p,y1,y2,w/p,r/p)
p[1]=1/ip
p[2]=solution$par[1]/ip
y[1]=solution$par[2]
y[2]=solution$par[3]
w=solution$par[4]/ip
r=solution$par[5]/ip
s1=s*(solution$par[4]*lt+solution$par[5]*kt)/ip

x[1,1]=beta[1,1]*y[1]
x[2,1]=(beta[2,1]*y[1]*p[1])/p[2]
x[1,2]=(beta[1,2]*y[2]*p[2])/p[1]
x[2,2]=beta[2,2]*y[2]
l[1]=gammal[1]*y[1]*p[1]/w
l[2]=gammal[2]*y[2]*p[2]/w
k[1]=p[1]*gammak[1]*y[1]/r
k[2]=p[2]*gammak[2]*y[2]/r
M=w*lt+r*kt
c[1]=M*alpha[1]/p[1]
c[2]=M*alpha[2]/p[2]


m1=rep(0,28)
m=matrix(m1, ncol=4,nrow=7)
m[1,1]=kt
m[2,1]=1/ip
m[3,1]=solution$par[1]/ip
m[4,1]=solution$par[2]
m[5,1]=solution$par[3]
m[6,1]=solution$par[4]/ip
m[7,1]=solution$par[5]/ip
```

```
m11=rep(0,40)
m2=matrix(m11,ncol=4,nrow=10)
m2[1,1]=beta[1,1]*y[1]
m2[2,1]=(beta[2,1]*y[1]*p[1])/p[2]
m2[3,1]=(beta[1,2]*y[2]*p[2])/p[1]
m2[4,1]=beta[2,2]*y[2]
m2[5,1]=gammal[1]*y[1]*p[1]/w
m2[6,1]=gammal[2]*y[2]*p[2]/w
m2[7,1]=p[1]*gammak[1]*y[1]/r
m2[8,1]=p[2]*gammak[2]*y[2]/r
M=w*lt+r*kt
m2[9,1]=M*alpha[1]/p[1]
m2[10,1]=M*alpha[2]/p[2]


for( i in 2:4) {
  m[1,i]=m[1,i-1]+s1
  fn<- function(par) {
    delta1=(beta[1,1]*par[2]/(1+tx[1,1])+(beta[1,2]*par[1]*par[3])/(1+tx[1,2])+(alpha[1]*(
    delta2=(((beta[2,1]*par[2])/(1+tx[2,1])+(beta[2,2]*par[1]*par[3])/(1+tx[2,2])+alpha[2]*
    deltal=gammal[1]*par[2]/(par[4]*(1+tl[1]))+gammal[2]*(par[1]*par[3])/(par[4]*(1+tl[2]))
    deltak=gammak[1]*(par[2]/par[5]*(1+tk[1]))+gammak[2]*(par[1]*par[3])/(par[5]*(1+tk[2]))
    deltap1=1-(A[1]*((beta[1,1]/(1+tx[1,1]))^beta[1,1])*((beta[2,1]/par[1]*(1+tx[1,1])))^b
    deltap2=1-(par[1]*A[2]*((beta[1,2]/(1+tx[1,2]))^beta[1,2])*((beta[2,2]/(par[1]*(1+tx[1

    d1=abs(delta1/par[2])
    d2=abs(delta2/par[3])
    dl=abs(deltal/lt)
    dk=abs(deltak/m[1,i])
    dp1=abs(deltap1)
    dp2=abs(deltap2)


    d=d1+d2+dl+dk+dp1+dp2

    return(d)
  }


  #recherche du minimum golbal
  library(optimx)
  solution1=optim(c(solution$par[1],solution$par[2],solution$par[3],solution$par[4],solutio

  solution1
  for(j in 1:3){
    solution <- optim(solution1$par, fn , method="Nelder-Mead" ,control = list(maxit=5000

  }
  solution$par
  #calcul de la valeur de l'indice␣de␣prix
␣␣ip=(1^alpha[1])*(solution$par[1]^alpha[2])
```

```
  #calcul des nouvelles valeurs des outputs (p1*,p2*,y1*,y2*,w*,r*)=(1/p,p2/p,y1,y2,w/p,r/p
  m[2,i]=1/ip
  m[3,i]=solution$par[1]/ip
  m[4,i]=solution$par[2]
  m[5,i]=solution$par[3]
  m[6,i]=solution$par[4]/ip
  m[7,i]=solution$par[5]/ip
  s1=s*(solution$par[4]*lt+solution$par[5]*m[1,i])/ip



  m2[1,i]=beta[1,1]*m[4,i]
  m2[2,i]=(beta[2,1]*m[4,i]*m[2,i])/m[3,i]
  m2[3,i]=(beta[1,2]*m[5,i]*m[3,i])/m[2,i]
  m2[4,i]=beta[2,2]*m[5,i]
  m2[5,i]=gammal[1]*m[4,i]*m[2,i]/m[6,i]
  m2[6,i]=gammal[2]*m[5,i]*m[3,i]/m[6,i]
  m2[7,i]=m[2,i]*gammak[1]*m[4,i]/m[7,i]
  m2[8,i]=m[3,i]*gammak[2]*m[5,i]/m[7,i]
  M=m[6,i]*lt+m[7,i]*m[1,i]
  m2[9,i]=M*alpha[1]/m[2,i]
  m2[10,i]=M*alpha[2]/m[3,i]

}

#creation des data avec TAXE =0%
data1=data.frame(m)
row.names(data1)=c("k" ,"p1","p2","y1","y2","w","r")
colnames(data1)=c("periode1" , "periode2" ,"periode3" , "periode4")



data2=data.frame(m2)
row.names(data2)=c("x[1,1]" ,"x[2,1]","x[1,2]","x[2,2]","l[1]","l[2]","k[1]","k[2]","c[1]"
colnames(data2)=c("periode1" , "periode2" ,"periode3" , "periode4")

#creation des data avec TAXE =20%
data3=data.frame(m)
row.names(data3)=c("k" ,"p1","p2","y1","y2","w","r")
colnames(data3)=c("periode1" , "periode2" ,"periode3" , "periode4")



data4=data.frame(m2)
row.names(data4)=c("x[1,1]" ,"x[2,1]","x[1,2]","x[2,2]","l[1]","l[2]","k[1]","k[2]","c[1]"
colnames(data4)=c("periode1" , "periode2" ,"periode3" , "periode4")

library(ggplot2)

Y1=c(data1[4,1],data1[4,2],data1[4,3],data1[4,4])
```

```
j1 = plot( x= c(1,2,3,4),y=Y1, type = "l", col = "blue",xlab="periode", lwd = 5 ,main = "v

Y2=c(data1[5,1],data1[5,2],data1[5,3],data1[5,4])

j2 = plot( x= c(1,2,3,4),y=Y2, type = "l", col = "blue",xlab="periode", lwd = 5 ,main = "v

#variation des taxe

##variation:
vartc=matrix(rep(0,28),ncol=4,nrow=7)
for(i in 1:7)
  for(j in 1:4)
    vartc[i,j]=(data3[i,j]/data1[i,j]-1)*100
vartc=data.frame(vartc)
row.names(vartc)=c("k" ,"p1","p2","y1","y2","w","r")
colnames(vartc)=c("periode1" , "periode2" ,"periode3" , "periode4")
vartc
```