

Une simulation à base d'agents du modèle de Harris et Todaro dans l'explication de la migration des travailleurs au Maroc

Agent based simulation of Harris and Todaro model to explain labor migration in Morocco

HAYOUN Sara

Doctorante

Faculté des Sciences Juridiques, Economiques et Sociales

Rabat-Agdal

Université Mohammed V de Rabat-Maroc

Laboratoire d'économie appliquée

sara_hayoun@um5.ac.ma

YAHYAOUI Taoufiq

Professeur de l'enseignement supérieur

Faculté des Sciences Juridiques, Economiques et Sociales

Rabat-Agdal

Université Mohammed V de Rabat-Maroc

Laboratoire d'économie appliquée

yahyaoui.taoufiqvd@gmail.com

Date de soumission: 28/05/2022

Date d'acceptation : 10/07/2022

Pour citer cet article :

HAYOUN. S & YAHYAOUI.T (2022) «Une simulation à base d'agents du modèle de Harris et Todaro dans l'explication de la migration des travailleurs au Maroc», Revue Française d'Économie et de Gestion «Volume 3 : Numéro 7» pp : 182 – 204.

Author(s) agree that this article remain permanently open access under the terms of the Creative Commons

Attribution License 4.0 International License



Résumé

Cet article teste la validité empirique du modèle de migration de Harris et Todaro dans l'explication des flux de migration interne au Maroc en utilisant un modèle de simulation à base d'agents MBA. Le modèle est calibré de manière à correspondre aux données économiques du Maroc. En dépit de certaines limitations des données, nous avons pu visualiser que le chômage peut augmenter dans les zones urbaines malgré la création de nouveaux postes d'emplois, ceci s'explique par le fait que les ruraux sont plus incités par les nouveaux emplois et les salaires espérés qui sont plus élevés par rapport à leur rémunération. Ensuite, nous avons simulé différentes expériences avec des modifications dans les hypothèses initiales du modèle de base. Finalement nous avons tester l'effet de certaines nouvelles hypothèses sur ces mouvements, tel une migration de retour ou l'intervention de l'Etat à travers des subventions sur les deux secteurs.

Mots clés :

Migration de travail ; inégalités de revenus ; modèle de Harris et Todaro ; simulation à base d'agents (SBA).

Abstract:

This article tests the empirical validity of the Harris and Todaro migration model to explain internal migration flows in Morocco using a simulation model based on agents ABM. The model is calibrated to match Morocco's economic data. Despite some limitations in the data, we have been able to display that unemployment can increase in urban areas despite the creation of new work-places, that can be explained by the fact that rurals are more motivated by new jobs and higher expected wage. Then, we simulated different experiments with modifications in the assumptions of the benchmark model. Finally, we tested the effect of some new assumptions on these movements, such as a return migration or state intervention through subsidies on both sectors.

Keywords :

Labor migration ; income inequality ; The Harris-Todaro model ; Agent based simulation (ABS).

Introduction

Le problème de la migration interne et de son effet sur le chômage et le sous-emploi urbain a fait l'objet d'une abondante littérature théorique sur le développement économique. Cependant, la plupart des discussions ont été largement qualitatives et n'ont pas fourni suffisamment de cadres rigoureux pour analyser le mécanisme de la migration des travailleurs et du chômage urbain.

Dans cet article, nous construisons un modèle économique comportemental de la migration rurale- urbaine, qui est une version basée sur les agents du modèle analytique de Harris et Todaro, décrit par des équations différentielles ordinaires déterministes. Le modèle basé sur les agents permet d'explorer le processus de migration de la main-d'œuvre rurale-urbaine et de donner des résultats quantitatifs sur la proportion d'équilibre de la main-d'œuvre qui n'est pas absorbée par l'économie industrielle moderne. En effet, cet essai a pour objectif d'analyser la problématique suivante : « quels sont les effets de la migration rurale sur le marché de travail et sur le chômage au Maroc ? ». C'est dans ce cadre que s'inscrit ce travail, qui cherche à simuler les mouvements migratoires, tout en essayant de bien visualiser leurs retombés sur les niveaux de chômage. Le cadre général dans lequel s'est construit le modèle est basé sur un certain nombre d'hypothèses, dont principalement :

H1 : l'économie étudiée est une économie duale bi-sectorielle, avec deux zones (urbaine et rurale).

H2 : La migration est une décision individuelle rationnelle.

H3 : La migration se poursuit tant que l'individu constate que le salaire urbain espéré est supérieur au salaire rural actuel.

Les études de l'impact du mouvement migratoire et leur relation avec le chômage et le développement pour le cas du Maroc sont rares, principalement en raison du manque des données fiables sur les flux migratoires ainsi que les caractéristiques des migrants. Le but de cet essai est de faire des simulations basées sur l'agent 1 pour décrire le processus de migration de la main d'œuvre rurale en utilisant la plateforme Netlogo. Nos simulations

¹ Les modèles basés sur les agents (MBA) permettent de surmonter plusieurs limites de la modélisation économique standard. Si les modèles économiques classiques adhèrent à une maximisation de l'utilité individuelle, à une information et à une rationalité parfaite des individus, les MBA permettent de dépasser ces hypothèses restrictives en prenant en compte l'hétérogénéité des agents en termes de caractéristiques, de comportements et d'objectifs.

seront réalisées tout en examinant l'analyse présentée par Harris et Todaro (1970). Autrement dit, les propriétés émergentes au cours des simulations seront analysées en tenant compte des hypothèses du modèle de Harris et Todaro.

Pour ce faire, le présent travail intitulé " Une simulation à base d'agents du modèle de Harris et Todaro dans l'explication de la migration des travailleurs au Maroc" retient trois sections. La première section présentera l'état des lieux de migration rurale-urbaine au Maroc tout en retraçant son évolution dans le temps et dans l'espace. La deuxième fera l'objet d'une présentation des équations basiques du modèle du Harris et Todaro ainsi que des différents scénarios simulés et leurs résultats. L'interprétation des simulations et discussion de leurs outputs seront exposées dans la troisième section.

1. Méthodologie et cadre conceptuel

1.1. Revue de littérature

Le problème de la migration interne et son effet sur le chômage et le sous-emploi urbains ont fait l'objet d'une abondante littérature théorique sur le développement économique. Il a donné lieu à certaines théories migratoires populaires telles que l'approche néoclassique, la migration de réseau, la migration de type push-pull, etc. Ces théories mettent en lumière certains comportements particuliers qui influencent la décision de migration d'un individu ou d'un groupe et les résultats de telles actions sur le niveau de chômage et sur le développement. Dans notre travail nous allons nous concentrer sur l'approche néoclassique² avec son modèle fondateur de Harris et Todaro (1970), ce dernier est initialement proposé par Todaro (1969), et reformulé par Harris et Todaro (1970), il est devenu un cadre classique pour l'analyse de l'équilibre entre le marché du travail et la migration. À l'époque, le modèle était très innovant (Allen 2001), il a montré que, dans un système à deux secteurs, le secteur urbain restera fortement touché par le chômage, tant que la probabilité de trouver un emploi et la possibilité de gagner davantage dans les zones urbaines seront importantes. Il a également soutenu que la création dans le secteur urbain de nouveaux postes de travail conduirait éminemment à une augmentation du chômage urbain, ce constat est connu dans la littérature sous le nom de «paradoxe de Harris et Todaro».

Les différences de revenu par habitant entre les pays et dans les différentes parties d'un même pays s'expliquent en grande partie par les différences de productivité totale des facteurs

² Dans la théorie néoclassique de migration, les migrations surviennent en réponse à des différences de productivité marginales du travail et donc de salaires entre les deux secteurs.

(Hall & Jones, 1999) et (Caselli, 2005). Une mauvaise répartition des facteurs de production entre les firmes, les secteurs ou les régions (Hsieh & Kle-now, 2009 ; Restuccia & Rogerson, 2008). Une source potentiellement importante de mauvaise allocation est une répartition inefficace des travailleurs dans l'espace (Restuccia, et al, 2008); (McMillan and Rodrik, 2011 ; Vollrath, 2009) ; (Hnatkovska & Lahiri, 2013) ; et (Bryan & Morten, 2015). Cela est mis en évidence par les grands écarts observés en matière de productivité et de salaires entre les travailleurs ruraux et urbains (Gollin, Lagakos et Waugh, 2014 ; Young, 2013 ;).

1.2. Les écarts de revenus dans la décision de migration rurale au Maroc :

Pour le cas du Maroc, et à travers son histoire migratoires, l'exode rural était un phénomène quasi-dominant jusqu'aux fin des années 1980-1990. Le nombre des migrants ruraux vers les espaces urbains a connu une progression après la seconde guerre mondiale, pour atteindre une ampleur croissante après l'indépendance [Tableau 1]. Ce solde a passé de 45 000 annuellement entre 1952 et 1960 à environ 193 000 personnes durant la période intercensitaire 1982-1994, tout en enregistrant une moyenne de 106 000 par an entre 1994 et 2004.

Par ailleurs, le Centre d'Etudes et de Recherches Démographiques (CERED) estime la contribution de ce mouvement migratoire dans l'augmentation de la population urbaine à plus de 38% pendant la période 1960-1970, 43% entre 1971 et 1982 et 40% entre 1982 et 1994. Ce type de migration constitue près de 34,5% de la croissance globale urbaine observée au niveau national durant la décennie 1994-2004.

Tableau N° 1 – Evolution des effectifs annuels moyens de la migration nette des campagnes `à destination des villes

Période	Solde migratoire	% de la MR dans la croissance urbaine
1900-1912	7 800	-
1912-1926	11 400	-
1926-1936	17 300	-
1936-1952	29 000	-
1952-1960	45 000	-
1960-1971	67 000	38%
1971-1982	113 000	43%
1982-1994	193 000	40%
1994-2004*	106 000	34.5%
2009-2010**	130 000	-

Source : CERED, Croissance démographique et développement du monde rural, page 37, 1995. *RGPH. **HCP- ENDPR 2009-2010.

3 La migration rurale-urbaine et la migration inter-rurale sont des phénomènes qui marquent le champ migratoire selon les opérations statistiques durant cette décennie.

Pour ce qui est des principales raisons incitant les personnes à quitter leur milieu d'origine pour s'installer dans une autre localité. Pour un bon nombre de travaux, la principale cause de l'émigration est, évidemment, d'ordre économique. En effet selon l'ENF4, près de la moitié des chefs de ménages (49.6 %) [Tableau 2] ont déclaré avoir quitter leur lieu d'origine pour des raisons économiques en premier lieu, ainsi trois personnes sur quatre considèrent que la motivation essentielle de leur déplacement est de nature économique. Par type de mobilité [Tableau 3], on constate que les migrants d'origine rurale sont plus concernés par les raisons liées au manque d'emploi sur place et la disponibilité d'un emploi au lieu de première destination, tandis que les migrants urbains sont plutôt concernés par le mobile "affectation-mutation" (6,6% pour les migrants urbains contre 1,1% seulement pour les ruraux.

Tableau N° 2 – Répartition des chefs de ménages migrants par raison de migration (%)

Les raisons de la migration	Total
Raisons économiques	49,6
Raisons familiales	11,0
Raisons sociales	32,1
Autres	6,4
N.D	0,9
Total	100,0

Source : ENF, CERED, 1995.

Tableau N° 3 – Raisons de départ des chefs de ménage migrants par milieu (%)

Les raisons de la migration	Urbain	rural	Total
Raisons économiques			
Précarité de l'emploi	25.17	45.11	35,14
Affectations-mutations	18.88	2.63	10.75
Raisons familiales	29.30	32.70	31
Education	18.9	10.89	14.89
Santé	0.3	0.4	0.37
Autres	6,97	7.86	7.41
N.D	0,46	0,40	0,43
Total	100,0	100,0	100,0

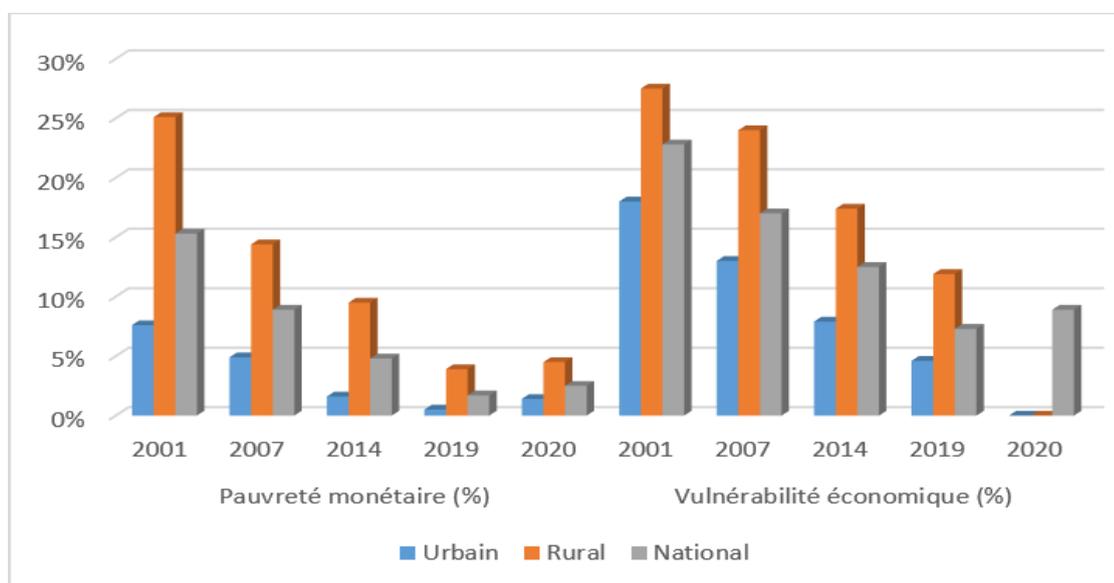
Source: EMIAT 1991.

En fait, les facteurs de migration sont à rechercher dans les inégalités socio-économiques, toujours croissantes, qui opposent les milieux rural et urbain. L'inégalité entre l'urbain et le rural est a caractère persistant. En 2019, le taux de pauvreté monétaire et de vulnérabilité économique sont respectivement 2 et 1,6 fois la moyenne nationale correspondante et 7 et

⁴ Enquête Nationale de la Famille réalisé par le HCP en 1995.

2,6 fois plus élevés que les taux correspondants dans l’urbain [Figure 1]. La pauvreté relative, de son côté, est considérée comme une forme d’inégalités de revenu. Au total, 4,5 millions de personnes sont pauvres à titre de pauvreté relative en 2019, dont les deux tiers (66,4%) résident en milieu rural. En terme d’écart de salaires entre le rural et l’urbain, la part des personnes à faible revenu est de 12,7% à l’échelle nationale, 6,8% en milieu urbain et 22,9% en milieu rural selon une note du HCP en 2019⁵. Le milieu urbain concentre les revenus les plus hauts selon la même note ; les 10% des ménages urbains les plus aisés vivent avec un revenu annuel moyen par tête supérieur de 72,4% de plus que celui des 10% des ménages ruraux les plus aisés.

Figure 1 – Evolution des taux de pauvreté monétaire et de vulnérabilité par milieu (%).



Source : Auteur à partir des données du HCP.

Comme nous pouvons le constater dans le tableau ci-après, l’indice de développement Local Multidimensionnel (IDLM), lui aussi, ne fait pas exception quant à l’inégalité entre urbain et rural. En effet, l’IDLM urbain (0.782) est significativement supérieur à l’IDLM rural (0.586) et le déficit moyen dans le rural (41.4%) est presque le double de celui de l’urbain (21.8%). Les déficits en services sociaux (6.2% vs 44.6%) et les déficits socio-économiques (3.6% vs 19.9%) sont respectivement 7 fois et 5,5 plus important en milieu rural qu’en milieu urbain [16].

⁵ "Revenus des ménages Niveaux, sources et distribution sociale", HCP 2019.

Tableau N° 4 – Indice de développement Local Multidimensionnel par milieu.

Milieu	IDLM	Déficit Moyen
Urbain	0.782	21.8 %
Rural	0.586	41.4 %
Ensemble	0.700	30.0 %

Source : ONDH (2017)

2. Le modèle

Les études de l'impact du mouvement migratoire et leur relation avec le chômage et le développement pour le cas du Maroc sont rares, principalement en raison du manque des données fiables sur les flux migratoires ainsi que les caractéristiques des migrants. Le but de cet essai est de faire des simulations basées sur l'agent pour décrire le processus de migration de la main d'œuvre rurale en utilisant la plateforme Netlogo. Nos simulations seront réalisées tout en examinant l'analyse présentée par Harris et Todaro (1970). Autrement dit, les propriétés émergentes au cours des simulations seront analysées en tenant compte des hypothèses du modèle de Harris et Todaro.

Il est à noter qu'on va se limiter aux équations basiques du modèle de Harris et Todaro. Le processus productif des deux secteurs peut être décrit par des équations de type Cobb-Douglas;

$$YA = KAL_A^\phi \quad (1)$$

Avec YA c'est le niveau de production du secteur agricole, LA c'est la main d'œuvre employée dans ce secteur. $KA > 0$ et $0 < \phi < 1$.

$$YM = KML_M^\alpha \quad (2)$$

Avec Y_M c'est le niveau de production du secteur manufacturé, L_M c'est la main d'œuvre employée dans la production des biens manufacturés. $K_M > 0$ et $0 < \alpha < 1$.

K_A et K_M sont supposés fixes comme dans le travail de base (M. P. Todaro, 1969 ; Aquino et al, 2006 ; Ballot, G. et al 2016).

Les termes de l'échange entre les secteurs rural et urbain, mesurés par le prix P , dépendent de la rareté relative des produits agricoles et manufacturés. Cela peut être donnée par le ratio $\frac{Y_M}{Y_A}$. Plus ce ratio sera élevé, plus le bien agricole sera rare, cela implique entre autre une augmentation du prix de l'agriculture en unités de biens manufacturés. Formellement, compte tenu de la population urbaine⁶, le prix relatif du bien agricole est :

$$P = \rho \frac{Y_M}{Y_A} \quad (3)$$

Dans le secteur agricole, le salaire, parfaitement flexible, est égal à la productivité marginale de ce secteur exprimé en terme des biens agricoles :

$$W_A = \phi K_A L_A^{\phi-1} P \quad (4)$$

Le salaire du secteur manufacturier, est ainsi égal au produit marginal du travail. Cependant, ce salaire est contraint d'être supérieur ou égal au salaire minimum fixé en milieu urbain⁷. Il est déterminé ainsi :

$$W_M = \alpha K_M L_M^{\alpha-1} \quad (5)$$

La population globale de travailleurs dans l'économie est \bar{L} maintenue constante pendant toute la période d'analyse. En supposant qu'il n'y ait que deux secteurs et que les prix ruraux sont totalement flexibles, ce qui garantit en fait le plein emploi dans les zones rurales. A tout moment donc, l'égalité suivante est vérifiée :

$$L_A + L_u = \bar{L}_A + \bar{L}_u = \bar{L} \quad (6)$$

⁶ puisque Y_M dépend de L_M qui dépend de sa part de L_u .

⁷ Pourtant, Dans leur analyse, les auteurs n'ont traité que le cas dans lequel le salaire réel est égal au salaire minimum, $W_M = \bar{W}_M$.

2.1. La condition d'équilibre dans le cadre du modèle

On notons que $E(W_u)$ est égal au salaire minimum W_M ajusté à la proportion de la population active effectivement employée (L_M / L_u)⁸.

$$E(W_u) = \bar{W}_M \frac{L_M}{L_u} \quad (7)$$

L'équilibre à long terme dans modèle de H-T est atteint lorsque le salaire rurale soit équivalent au salaire urbain espéré.

$$E(W_u) = W_A \quad (8)$$

Cet équilibre est dérivé de l'hypothèse que la décision de migration est une fonction positive du différentiel de salaires interzones (rurale et urbaine), ce qui peut être écrit ainsi :

$$L_u' = \omega(E(W_u) - W_A) \text{ Avec } \omega' > 0, \text{ et } \omega(0) = 0.$$

(9)

On peut explicitement dire à ce niveau que la migration cessera seulement et seulement si le différentiel de revenu espéré deviendra nul .

3. Simulations et scénarios

3.1. Le code

Pour réaliser nos simulations, le modèle est calibré pour le Maroc. La période allant de 1950 jusqu'aux années 1990 est la période la plus marquée par l'intensité des mouvements migratoire interne¹⁰. Du coup, la distribution de la main d'œuvre entre le secteur rural et urbain sera estimée en proportion à la distribution de la population rurale et urbaine à l'époque. La population urbaine normalisée est estimé à une valeur initiale $L_u = 0,2$ ce qui est en accord avec les données historiques des économies en développement¹¹. Qui est en

⁸ la décision de migration dépend du salaire minimum multiplier par la probabilité d'emploi dans la zone urbaine. Cette probabilité est représentée par $\frac{L_M}{L_u}$. Ce rapport donne la proportion de la population active urbaine totale effectivement employée et est naturellement moins d'un, s'il y a le chômage.

⁹ Cette égalité est connue dans la littérature sous le nom de condition de Harris-Todaro.

¹⁰ Le CERED estime la contribution de ce mouvement migratoire dans l'augmentation de la population urbaine à plus de 38% pendant la période 1960-1970, 43% entre 1971 et 1992 et 40% entre 1982 et 1994. Ce type de migration constitue près de 34,5% de la croissance globale urbaine observée au niveau national durant la décennie 1994-2004.

¹¹ A Harris-Todaro Agent-Based Model to Rural-Urban Migration, Aquino L. Espíndola, Jaylson J. Silveira, and T. J. P. Penna, 2005.

fait le cas pour le Maroc durant la décennie 1940-1950. Le stock du capital dans les deux secteurs, (K_A et K_M) sont supposés fixes, et ρ elle aussi est retenue fixe à une valeur = 1 au cours de la période d’analyse, comme le supposent (M. P. Todaro, 1969 ; Aquino et al, 2006 ; Ballot, G. et al 2016). L’élasticité de la production par rapport au travail α et ϕ sont fixées respectivement à 0.3 et 0.7 (Aquino et al, 2006).

Le taux de chômage urbain est déterminé de l’équation (7), étant donné la probabilité d’emploi dans la zone urbaine est représentée par $\frac{L_M}{L_u}$, et donc le taux de chômage est déterminé ainsi :

$$U_n = 1 - \frac{L_M}{L_u} \quad (10)$$

Nous mettons le produit marginal égal au premier dérivé de la production manufacturée par rapport à L_M . Par la suite, nous utilisons le produit marginal (Equation 5) pour définir le nombre de nouveaux postes disponibles selon la loi des rendements décroissants¹³. Trois indicateurs sont intégrés dans notre analyse (misent sous forme de curseurs (Sliders)) ;

- p-find-job : définit la probabilité de trouver un emploi dans la zone urbaine ;
- p-of-working : définit le nombre des citoyens initialement employés L_M ;
- p-of-moving : définit la volonté des ruraux à se déplacer.

Les commutateurs (switchers) ajoutés représentent des mesures contrôlées par l’observateur, quand on les active :

- Reinvestments ? : Le moment où les postes d’emplois disponibles sont nuls, on suppose que les capitalistes réinvestissent une partie des gains

```
to reinvestment
  if reinvestment?
    [if work-places = 0 [ set city-capital (city-capital + 0.003
      * city-production)]
      count-]
end
```

Source : Auteur

¹² R. ESCALLIER : population et urbanisation dans Le Maghreb Homme et espaces.

¹³ Une augmentation des postes d’emplois affecte la population urbaine L_u et par conséquent cela va affecter L_M vers la hausse en raison des flux de migrants de plus en plus encouragés par les emplois disponibles. Selon la loi des rendements décroissants, le capital, considéré dans notre modèle fixe, sera étalé sur un plus grand nombre d’employés.

- Come-back ? : on suppose que les ruraux sans emploi dans la ville retournent à la campagne ;

```
to come-back
  if come-back? [pen-up]
  ask rurals [ if employed = false
    [ if random-float 1 < p-of-moving
      [move-to one-of patches with [ pcolor = green ]
        set employed true set color brown set income income-from-country]]]
end
```

Source : Auteur.

- Policy ? : la politique influence le modèle.

```
to policy
  if policy?
  [if work-places < unemployed [ set city-capital
    ( city-capital + 0.004 * city-production)]
  if population-country < 0.3 * population-city
    [ set country-capital( country-capital + 0.005 * country-production)]
  count-]
```

Source : Auteur.

D'abord, nous identifions notre boîte du monde ; le secteur rural (zone verte) et le secteur urbain (zone bleu), cette dernière est entourée d'une zone noire qui est la banlieue, idéalement la représentation spatiale des emplois informels et du sous-emploi. Nous créons ensuite les variables globales du modèle selon les formules fournies par Harris et Todaro (Equations 1, 2, 5, 6, 7 et 10).

```
set country-production
((country-capital)*(population-country)^(0.3))

set city-production
((city-capital)*(population-city)^(0.7))

set income-from-city
((0.7)*(city-capital)*(population-city)^((- 0.3)))
*((population-city - Unemployed) / population-city)

set income-from-country
(0.3)*(country-capital)*((population-country)^((- 0.7)))
* ((city-production) / (country-production))

set marginal-product
((0.7)*(city-capital)*(population-city)^((- 0.3)))

set population-country count turtles with [ color = green]
set population-city count turtles with [ pxcor < (6) and pycor < (6)]
set unemployed count citizens with [employed = false]

if marginal-product > 0 [ set work-places int((city-capital / 5)
- (population-city - Unemployed))]
```

Source : Auteur.

Les dynamiques qui s'opèrent dans les espaces urbains sont influencées par un nombre limité de postes d'emplois disponibles. Les migrants parviennent à décrocher un de ces postes, au contraire, ceux qui se retrouvent sans emploi sont relocalisés en banlieue. Par la commande "To Migration", nous donnons l'ordre aux agents ruraux de se déplacer vers la ville avec certaines probabilités (si le salaire urbain est supérieur à leur salaire $E(W_u) > W_A$) et s'il y a des postes d'emploi disponibles ($work - places > 0$).

```
to migration

if population-country > 10 [ ask rurals
[ if income-from-city > income
[ if work-places > 0
[ if random-float 1 < p-of-moving
[move-to one-of patches with [pcolor = blue ]
set employed false move-to one-of patches with [ pcolor = black]
set color white set income 0]]]]]

end
```

Source : Auteur.

En ce qui concerne la commande "To find-job", elle attribue les nouveaux postes de travail disponibles aux agents sans emploi.

to find-job

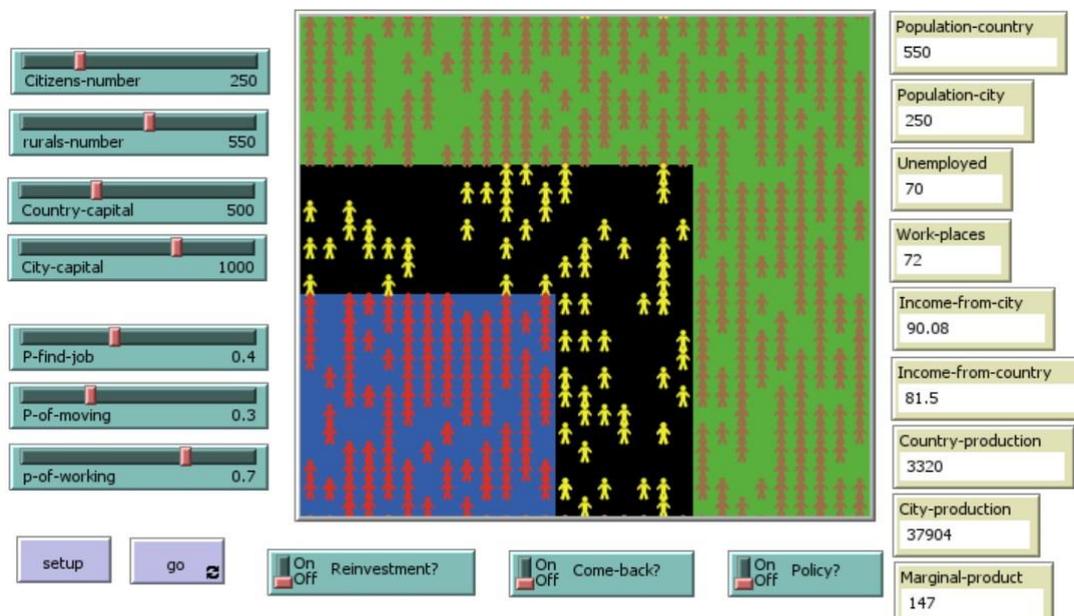
```
ask rurals with [ pxcor <(6) and pycor < (6) ]
[if employed = false
[if work-places > 0
[if random-float 1 < p-find-job
[set employed true move-to one-of patches with [ pcolor = blue]
set color red set income income-from-city
set work-places (work-places - 1)]]]]]
```

end

Source : Auteur.

3.2. Les scénarios simulés

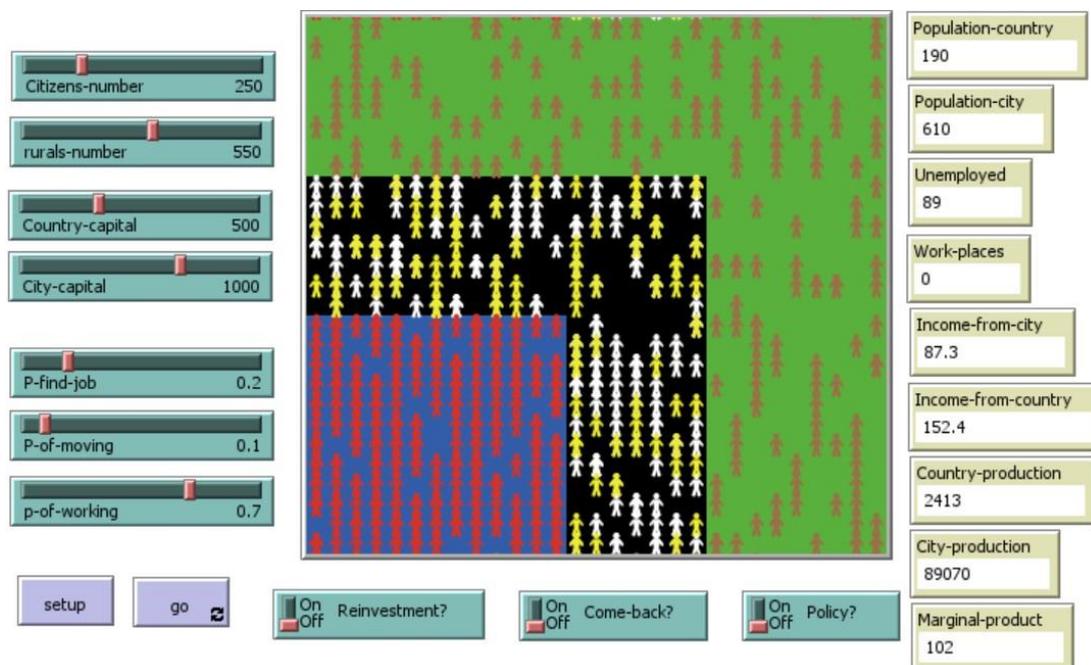
Dans la modélisation basée sur les agents, l'accent est mis sur les agents individuels, leurs processus de décision, leur interaction avec les autres agents et les effets de cette interaction sur le processus de décision. Pour le cas de nos simulations, notre objectif sera d'évaluer les différents niveaux de chômage par rapport aux variations des postes d'emplois. Dans le cadre de ce travail, la première simulation est basée sur les propriétés initiales du modèle. Ensuite, nous allons simuler différentes expériences avec des modifications dans les hypothèses de base. Finalement nous comptant tester l'effet de certaines nouvelles hypothèses sur ces mouvements, et qui sont contrôlé par l'observateur.



Source : Auteur.

Prenons ce premier exemple, dont le nombre de citoyens est de 250 et le nombre des ruraux est de 550. Les chômeurs et les postes de travail disponibles dans l'économie sont

respectivement 70 et 72. On pourrait s'attendre à une baisse du chômage, mais ce n'est pas le cas, effectivement le résultat qui en résulte est le suivant :



Source : Auteur.

Nous pouvons voir comment le chômage a augmenté bien que les nouveaux postes de travail créés sont égaux aux chômeurs initiaux. Ce phénomène peut être expliqué par le fait que les ruraux sont incités par les nouveaux emplois et les salaires espérés qui sont plus élevés par rapport à leur rémunération. Ce faisant, le nombre de demandeurs d'emploi est supérieur au nombre d'emplois disponibles. Le résultat est la création d'un nouveau type de chômeurs, les ruraux qui se sont installés en ville (les personnes en blanc dans la zone noir).

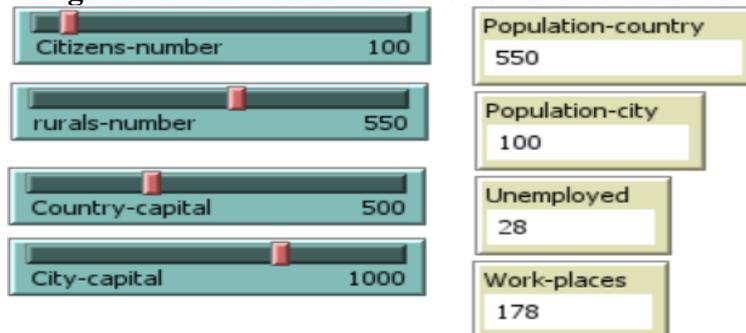
3.2.1. Scenarios avec modifications dans les paramètres du modèle de référence

Dans cette étape, nous procédons à la modification de certains paramètres du modèle. Ces derniers sont considérés parmi les principales forces en mouvement dans notre modèle, ils déterminent de nombreuses autres variables, y compris le niveau de chômage et les postes d'emplois disponibles.

- Le nombre des citoyens

Il est naturel donc de se demander ce qui peut arriver au modèle en modifiant le nombre de citoyens. Dans le modèle de référence, nous avons fixé le nombre des citoyens à 250 personnes. Avec un nombre à peine inférieur, prenant par exemple 100, gardant la même probabilité de travail "p-of-working" et le même capital urbain, les chômeurs seront moins nombreux que dans le modèle de base, alors que les postes de travail disponibles seront plus nombreuses.

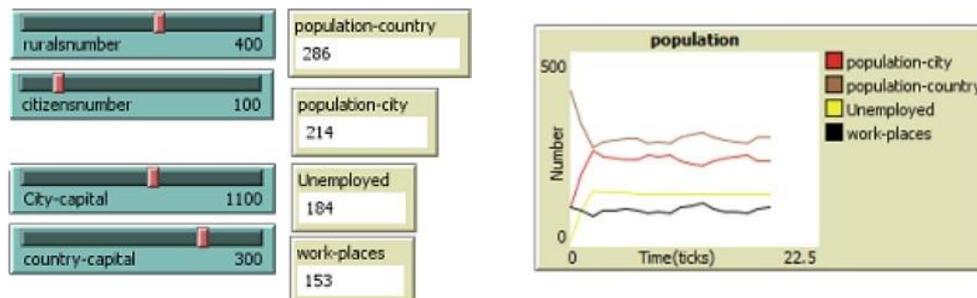
Figure 2 : modification dans le nombre de citoyens



Source : Auteur

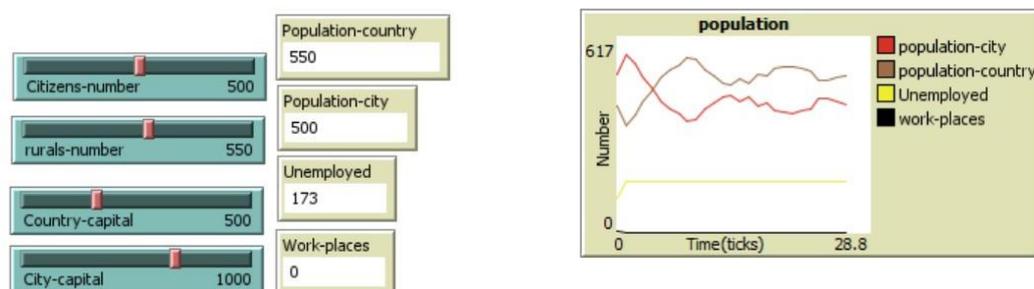
Au bout de notre simulation, et bien qu'on a peu de citoyens au départ, cela aura un effet dramatique sur le nombre de chômeurs, dépassant en fin de compte les postes de travail disponibles [Figure 3]. En revanche, un nombre très élevé de citoyens avec le même niveau de capital urbain, supposons 500, générera un chômage massif sans aucun postes de travail disponible [Figure 4].

Figure 3 – Nombre inférieur de citoyens



Source : Auteur

Figure 4 – Nombre supérieur de citoyens



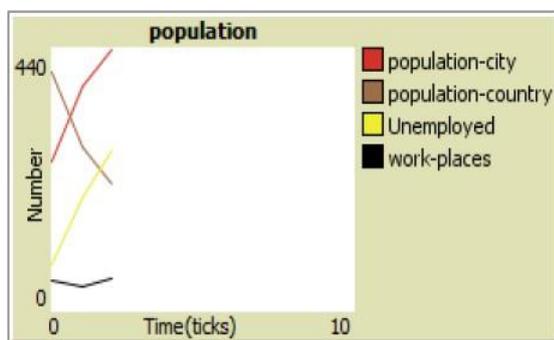
Source : Auteur.

- Changement dans la probabilité d'emplois "p-of-working"

Par cette simulation nous allons tester l'influence de la probabilité d'emplois qui définit le nombre de citoyens initialement employés sur le chômage. En fixant le "p-of-working" à un niveau supérieur à 0.6, nous constatons que le nombre de chômeurs augmente. En effet, le niveau relativement bas du chômage initial déterminera peu de lieux de travail,

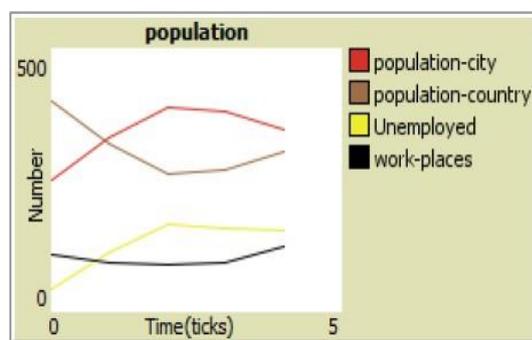
cela augmente ainsi le chômage par rapport aux postes d'emplois disponibles en raison de l'augmentation des flux des ruraux vers les villes [Figure 5]. Mais sinon, on fixe le "p-of-working" entre 0.1 et 0.2, au tout début de notre simulation, le nombre de postes de travail dépasse le nombre de chômeurs, ce qui permettra à la majorité des citoyens et aux migrants ruraux d'intégrer le marché de travail, mais après un certain laps de temps et avec l'augmentation de la population urbaine, le nombre des chômeurs dépasse largement les postes de travail disponibles [Figure 6].

Figure 5 – p-of-working > 0.6



Source: Auteur

Figure 6 – p-of-working entre 0.1 et 0.2

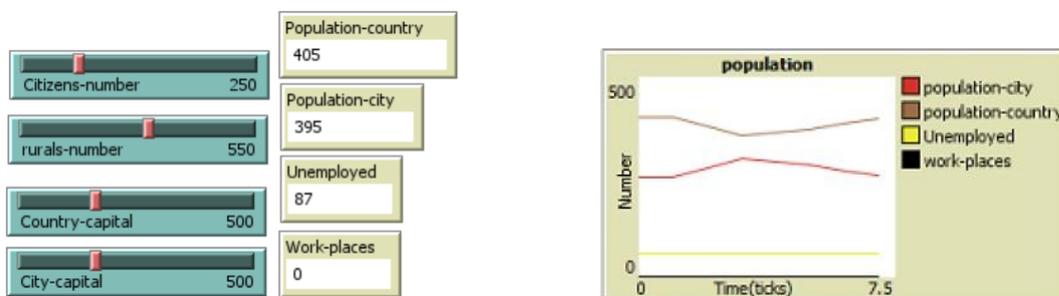


Source: Auteur

- Changement dans le capital urbain "city-capital"

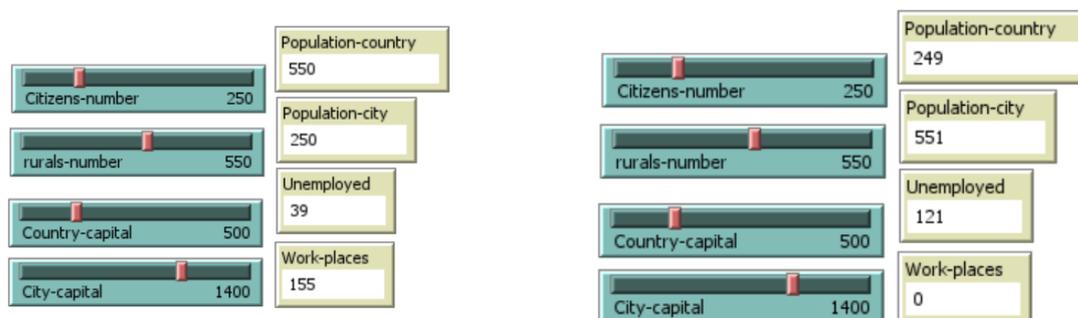
Avec cette troisième simulation, nous voulons tester comment des variations dans le capital urbain, qui est défini dans notre modèle de base comme étant fixe, peuvent affecter le niveau du chômage. Pour un capital de 500, il n'y aura pas de nouveaux emplois disponibles, déterminant une situation statique caractérisée par un taux de chômage constant [Figure 7]. Tenant compte maintenant d'un capital compris entre 800 et 1 400, le niveau de nouveaux postes de travail qui en résulte détermine un chômage en hausse de plus de trois fois, alors que les postes de travail sont réduits à zéro en raison des flux migratoires en provenance des campagnes [Figure 9]. Par contre, si on fixe le capital de la ville à un niveau relativement très élevé, par exemple 1900, le chômage est complètement absorbé et passe à zéro en raison des postes d'emploi aussi élevés, entraînant ainsi un dépeuplement des campagnes [Figure 10].

Figure 7 – Capital urbain = 500



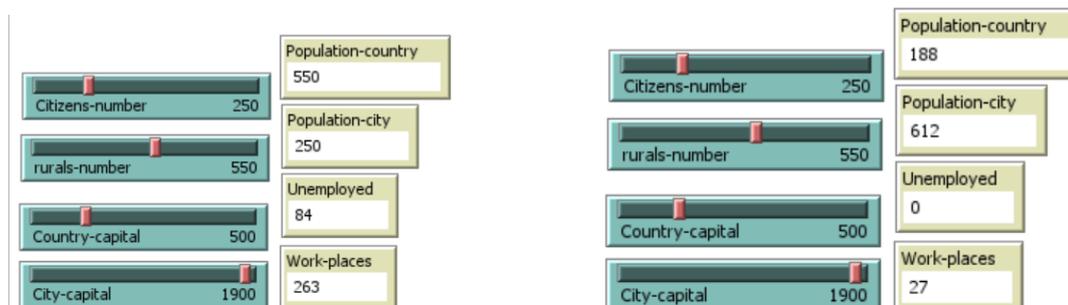
Source : Auteur

Figure 8 – Capital urbain = 1400



Source : Auteur.

Figure 9 – Capital urbain = 1900



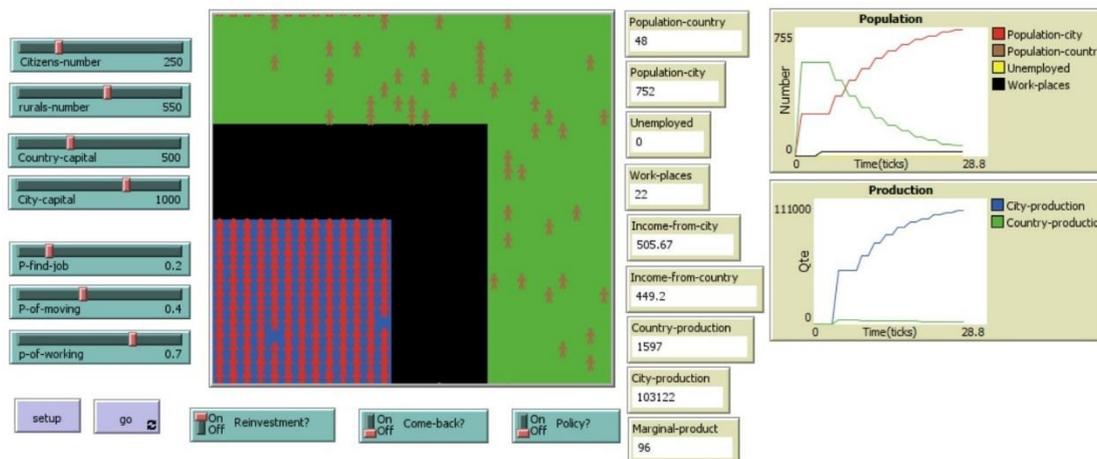
Source : Auteur.

3.2.2. Modélisation de nouvelles hypothèses

Notre objectif à ce stade est de tester quelques hypothèses supplémentaires à travers les trois commutateurs (switchers) qu’on a intégré dans notre modèle de simulation : Le premier switcher est le « réinvestissement », qui indique le cas où les capitalistes réinvestissent une partie de leurs gains dans la production. Ce cas augmente naturellement les salaires et la production dans la zone urbaine. D’autant plus, il génère en permanence de nouveaux postes de travail à chaque cycle d’investissement. A long terme, cet effet éliminera totalement le chômage dans la ville mais, d’autre part, déterminera des flux migratoires massifs des ruraux

vers la ville, générant une situation catastrophique dans laquelle les zones rurales seront inhabitées.

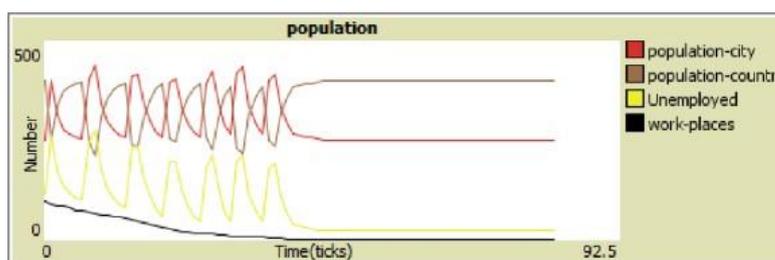
Figure 10 – réinvestissement d’une partie du capital.



Source : Auteur.

Le deuxième switcher est « come-back », c’est un commutateur qui, à chaque fois qu’il est activé, incite les ruraux au chômage, qui ont déménagé en ville, à revenir à la campagne pour obtenir leur travail original. Par cette simulation nous visons à analyser l’effet exercé par ce switcher sur le nombre de postes de travail et, en conséquence, sur le niveau de chômage. Comme le montre le graphe ci-dessus, dès que le chômage augmente, les ruraux en chômage reviennent en arrière à la zone rurale, comme ça cette dernière gagne de la population et le niveau de chômage dans la ville commence à diminuer.

Figure 11 : Migration de retour ” come-back”

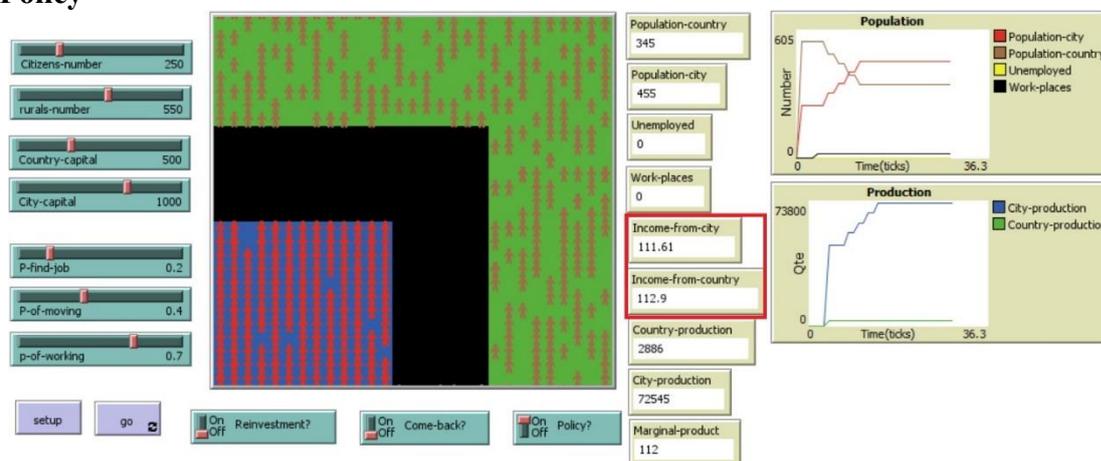


Source : Auteur.

Le switcher le plus significatif est celui nommé dans notre modèle « Policy », qui représente une mesure publique exogène visant à résoudre les problèmes de chômage et de dépopulation des zones rurales découlant de simulations antérieures. ”Policy” consiste à accorder des subventions aux citadins comme aux ruraux. En effet, les subventions aux urbains sont requises pour créer des emplois afin d’exclure le chômage dans les villes, et les subventions aux populations rurales sont nécessaires pour que le différentiel des salaires entre les villes

et les campagnes s'approche de 0 afin d'arrêter les migrations massives.

Figure 12 – Scénario : intervention de l'Etat sur les deux secteurs à travers la mesure "Policy"



Source : Auteur.

4. Interprétation et discussion

Le but de cette simulation était de discuter le modèle de Harris-Todaro dans une perspective basée sur les agents. Les agents de la simulation (les ruraux et les citadins), en suivant les écarts de revenus attendus, semblent se comporter plus ou moins comme prévu par le modèle original, et les résultats des différentes expériences semblent cohérents avec ce qu'il a été prédit par le modèle. Néanmoins, l'analyse de Harris et Todaro est trop simpliste et ne reflète pas la réalité. Les auteurs ont été totalement muets sur ce qui se passe dans le secteur rural, ils ont également négligé l'effet des mouvements migratoires sur d'autres marchés comme le marché monétaire, mais la réalité doit être simplifiée pour être modélisée, les modèles théoriques ne peuvent que donner des lignes directrices. La réalité, par contre, a souvent l'air différent. A travers les simulations que nous avons réalisées, nous avons pu visualiser par la première expérience qu'en dépit la création de nouveaux emplois dans la zone urbaine, le chômage augmente. Cela peut être expliqué par le fait que les gens sont plus encouragés par les emplois créés dans les villes et les salaires urbains qui dépassent leur rémunération. Ensuite, et avec des modifications dans le modèle de référence, entre autre, une augmentation du capital urbain ou de la probabilité d'emploi, permet une absorption du chômage mais les zones rurales se trouvent inhabitées. Les deux mesures, réinvestissement et la migration de retour (come-back), sont inutiles puisque le premier n'élimine pas le chômage et le second vide les campagnes. Cependant l'intervention de l'Etat "policy" est la mesure la plus efficace, puisque elle permet selon des mesures gouvernementales, à accorder des subventions aux

citadins pour absorber le chômage dans les villes et des subventions aux ruraux dans le but de minimiser le différentiel des salaires entre les deux secteurs afin que la migration cesse. Enfin, les choix stratégiques en matière de répartition territoriale de la population sont tributaires des motivations, des déterminants et des impacts socio-économiques. Les conséquences de ces mouvements spontanés sont multiples tant au niveau des zones de départ que des zones d'arrivée. Le Maroc a traversé une phase de transition sociétale, cette dernière s'est traduite à travers plusieurs aspects, l'émergence de l'extension rapide des espaces urbains et la transition d'une société à dominance rurale à une société principalement urbaine. Parmi les principales caractéristiques de la population marocaine, est sa répartition fort déséquilibrée, marquée par le glissement démographique et des activités vers le littoral et le doublement de nombre des agglomérations. Ceci a provoqué un déséquilibre flagrant entre les différentes régions du pays. Pour ce qui est des motifs de migrations, l'étude a montré que les incitations économiques (recherche d'emploi, recherche d'emplois plus lucratifs, mutation-affectation...etc.) représentent le plus grand motif de déplacement des individus vers les zones urbaines. Ce qui a été confirmé en principe par le modèle de Harris-Todaro. D'ailleurs, quelques remarques pourraient être faites. Premièrement, ce programme ne prend pas en compte un grand nombre de variables non monétaires, qui sont effectivement considéré comme des facteurs impactant la décision de la migration, tels que des raisons d'ordre social, éducatif, culturel, accès à certains services et infrastructures...etc. Ces couts sont susceptibles d'être très pertinents dans le choix de la migration et peuvent compliquer énormément le processus. En fait, cette simulation va dans le même sens que le modèle de H-T en négligeant en fait que chaque individus est différent d'un autre et réagit différemment. Deuxièmement, la migration peut aussi être provoquée par des événements dramatiques, tels que des guerres, des famines, des épidémies ...etc, mais aucune de ces raisons n'a été incluse dans la simulation. Cette simulation est donc loin d'être réaliste, mais l'on espère qu'elle pourra décentement travailler dans le but d'analyser l'exode rural décrit par Harris et Todaro.

Conclusion

Du point de vue du développement économique, l'urbanisation peut être considérée comme un élément positif, mais si elle n'est pas contrôlée, le rythme auquel elle poursuit dépasse souvent la capacité d'action des institutions, des marchés et des interventions des pouvoirs publics. En pourrait même dire que la pauvreté et les problèmes rencontrés à la ville aujourd'hui s'expliquent tout simplement par le déplacement de la pauvreté rurale d'hier. D'autant plus, même si il n'existe pas de statistiques récentes qui pourraient confirmer la

continuité des migrations rurales de manière précise, de plus en plus d'habitants quittent les espaces ruraux vers les villes, principalement à cause de la sécheresse, le bas niveau des salaires, la médiocre qualité d'emplois...etc. Au Maroc plusieurs initiatives ont été initiées¹⁴ pour améliorer les conditions d'accès aux services et aux équipements en milieu rural (logements convenables, éducation, emplois, santé et assainissement, etc). En dépit des avancées enregistrées et malgré les efforts déployés, le monde rural demeure encore marqué par la pauvreté et la précarité. Il n'arrive toujours pas à combler les déficits par rapport au niveau national.

Les défis persistent et nécessitent des mesures supplémentaires pour garantir le développement des activités génératrices de revenus, l'accès aux services de proximité sociaux et administratifs et l'intégration des populations rurales, le renforcement des liens Urbain/Rural et la structuration du milieu rural autour d'espaces de développement attractifs, la réduction des déséquilibres et des inégalités socio-spatiales entre villes et campagnes, l'amélioration du bien-être des populations rurales ainsi que la mise en place des mécanismes de gouvernance privilégiant le partenariat et la contractualisation. Cela va permettre entre autre de maintenir la population rurale dans les campagnes et de réduire leur déplacement vers les villes. Cependant, on ne peut pas dire que cela va arrêter la migration rurale, car dans le monde réel, la migration ne s'arrête jamais vraiment, c'est un phénomène en perpétuelle continuité. Même si nous ne tenons pas compte crises économiques, sanitaires et sociales, les gens continueront de migrer dans l'espoir d'un avenir meilleur.

BIBLIOGRAPHIE

A.C. NingMa, H.-Y., K.M. Junaid. (2015). Agent based model for rural-urban migration : A dynamic consideration, *Physica A, Statistical Mechanics and its Applications*. Volume 436, Pages 806-813.

¹⁴ Notamment le Plan de Développement Intégrer (PDI) du monde rural, Fond de Développement Rural (FDR), Le Programme d'Approvisionnement Groupé en Eau potable des populations Rurales (PAGER) pour l'amélioration de l'accès à l'eau potable des populations rurales, Le Programme d'Electrification Rurale Globale (PERG), Le Programme National de Construction des Routes Rurales (PNCRR), l'INDH, Le Programme de réduction des disparités territoriales et sociales en milieu rural (2017-2023), etc.

- Aquino L. Espíndola, Jaylson J. Silveira, and T. J. P. Penna. (2005). Agent-based model to rural–urban migration analysis. *Physica A : Statistical Mechanics and its Applications* 364, 445,456.
- Aquino L. Espíndola, Jaylson J. Silveira, and T. J. P. Penna. (2006). A Harris-Todaro agent-based model to rural-urban migration. *Brazilian Journal of Physics*, vol. 36, no. 3A.
- Ballot, G., Kant, J.D., Goudet, O. (2016). An agent-based model of the french labor market, applied to the evaluation of employment policies : the example of the “generation contract”. *Rev. écon.* 67(4), 733–771.
- C. Bernon, M. Cossentino, J. Pavon. (2005). “An overview of current trends in European AOSE research”, *Informatica*, vol. 29, pp. 379–390.
- C. Nikolai and G. Madey. (2009). “Tools of the Trade : A Survey of Various Agent Based Modeling Platforms,” *J. Artificial Societies and Social Simulation*, vol. 2, no. 22.
- Hassani-Mahmooei, B., Parris, B.W. (2012). Climate change and internal migration patterns in Bangladesh : an agent-based model. *Environ. Dev. Econ.* 17(06), 763–780.
- J. Fei and G. Ranis, 1964. *Development of the Labor Surplus Economy*, Illinois.
- J. Pearce. (2014). “NetLogo and Agent-Based Modeling”.
- M. P. Todaro. (1969). A Model of Labor Migration and Urban Unemployment in Less Developed Countries. *The American Economic Review*, Vol. 59, No. 1, pp. 138-148.
- Naqvi, A.A., Rehm, M. (2012). A multi-agent model of a low income economy : simulating the distributional effects of natural disasters. *J. Econ. Interac. Coord.* 9(2), 275–309.
- Neugart, M. (2008). Labor market policy evaluation with ACE. *J. Econ. Behav. Organ.* 67(2), 418–430.
- ONDH (2017). *Cartographie du développement local multidimensionnel, niveau et déficits.*
- ONDH (2017). *Indicateurs de suivi du développement : niveau et tendances nationale et régionale.*
- U. Wilensky. (2016). *NetLogo 6.0.3 User Manual.*