

Flexibilité des salaires et instabilité macroéconomique (un modèle multi-agents avec monnaie endogène)

Pascal Seppecher*

15 janvier 2010

Nous présentons un modèle d'économie dynamique et complexe dans laquelle la création et la destruction de monnaie résultent des interactions entre des agents multiples et hétérogènes. Ce modèle peut se reproduire de période en période en stabilisant la répartition du revenu entre salaires et profits. On altère ensuite le modèle en augmentant la flexibilité des salaires. On observe la formation d'une spirale déflationniste. L'activité décroît et le chômage augmente. La stabilité macroéconomique du modèle est affectée au point de conduire à une crise systémique. On montre alors que l'introduction d'un salaire minimum aurait permis de relancer la demande et d'éviter cette crise.

Classification JEL : C63, E24, E27, E31

1 INTRODUCTION

Dans la Théorie Générale, Keynes insiste sur la nécessité de prendre en compte 'les complexités et les interdépendances du monde réel' (Keynes, 1936). Il critique sèchement les méthodes qui reposent sur l'hypothèse de 'l'indépendance rigoureuse des facteurs dont elles traitent'. Pour Keynes, c'est 'la nature du raisonnement économique' que de 'tenir compte, autant que possible, des réactions probables de ces facteurs les uns sur les autres'.

Parmi les problèmes complexes abordés par Keynes dans la Théorie Générale, on trouve la question des effets d'une baisse des salaires nominaux sur le niveau du chômage, sur le niveau des prix, et au-delà sur l'équilibre du système tout entier. Keynes critique la conception selon laquelle le chômage trouverait son explication dans l'existence de 'résistances de frottement' empêchant l'adaptation des salaires à la demande réelle de travail. Pour lui, on ne peut raisonner en supposant fixe la demande effective globale :

Personne ne songerait à nier que, lorsque la demande reste constante, une réduction des salaires nominaux s'accompagne d'une augmentation de l'emploi ; mais la question à résoudre est précisément de savoir si la réduction des salaires nominaux laissera subsister ou non une demande effective globale qui, mesurée en monnaie, sera égale à la demande antérieure ou n'aura pas, du moins, subi une réduction pleinement proportionnelle à celle des salaires nominaux (...) (Keynes, 1936)

*CEMAFI (Centre d'Etudes en Macroéconomie et Finance Internationale - Université de Nice Sophia Antipolis). Email: p.seppecher@free.fr. Le modèle présenté est implémenté sous la forme d'une application Java (Jamel: Java Agent-based Macroeconomic Laboratory). Cette application, accompagnée des scénarios présentés dans ce papier, est exécutable en ligne sur le site <http://p.seppecher.free.fr/jamel/>.

Selon Keynes, les effets d'une baisse des salaires nominaux ne se limitent pas au marché du travail. Parce que le niveau de la demande effective peut être modifiée, ces effets peuvent s'étendre au niveau des prix sur le marché des biens, et au-delà affecter la stabilité de l'économie tout entière.

Si la compétition entre les travailleurs sans emploi conduisait toujours à une forte réduction des salaires nominaux, le niveau des prix témoignerait d'une violente instabilité. Bien plus, il ne pourrait y avoir aucune position d'équilibre stable, sauf dans les quelques conditions compatibles avec le plein emploi (...)
(Keynes, 1936)

Keynes dresse le tableau de l'économie comme d'un système dans lequel les interactions entre les éléments (ménages et entreprises) sont à la fois réelles et monétaires. Parce que dans ce système les interdépendances sont multiples, on ne peut étudier les effets de la variation d'un de ses éléments sans examiner les effets sur les autres éléments et la possibilité de rétroactions positives ou négatives. La représentation que Keynes nous donne de l'économie correspond à ce qu'on appelle aujourd'hui un *système complexe*.

Un système complexe est un système composé d'unités interagissant selon des règles simples, mais qui présente au niveau macroscopique des comportements ou des propriétés émergentes, c'est à dire des comportements ou des propriétés qui ne sont pas celles des unités qui le composent (Tsfatsion 2006, Farmer et al. 2009). Si l'on considère les systèmes économiques comme des systèmes complexes, alors la modélisation multi-agents constitue un moyen essentiel pour en explorer les propriétés et en étudier la dynamique (Arthur 2006, Leijonhufvud 2006).

Dans la section 2, nous décrivons la construction d'un modèle multi-agents d'économie monétaire de production. Dans ce modèle, les grandeurs réelles et monétaires sont strictement distinguées. La monnaie y est endogène, son flux et son reflux sont déterminés par les interactions entre les agents composant le système.

Dans la section 3, nous décrivons le comportement du modèle d'où émerge une certaine régularité macroéconomique, qui se manifeste en particulier par la stabilité du partage du revenu global entre salaires et profits. On remarque que les salaires sont fortement rigides à la baisse.

Dans la section 4, on altère le modèle en augmentant la flexibilité des salaires. On observe alors une baisse de la demande à laquelle les entreprises répondent par une baisse des prix mais aussi de la production. Le développement de la spirale déflationniste conduit à une crise systémique. On montre alors que l'introduction d'un salaire minimum, en relançant la demande, permet d'éviter la faillite du système.

2 LE MODÈLE

On trouvera dans Seppecher (2009) une description complète du modèle et des fonctions de comportement assignées aux agents. Toutefois, dans cette première version, la banque unique était parfaitement accommodante. On relâche ici cette hypothèse, et on construit un nouveau modèle dans

lequel les faillites des entreprises sont effectives et peuvent conduire à une faillite du système bancaire — et donc à une crise systémique.

2.1 Caractéristiques générales

Le modèle est formé de deux systèmes couplés : l'un représentant la sphère réelle, l'autre la sphère monétaire. Les règles de fonctionnement de ces deux systèmes s'imposent aux agents. L'implémentation du modèle dans un langage orienté objet (Java) et l'encapsulation des données réelles et monétaires au sein d'objets extérieurs aux agents permettent d'assurer :

- le respect des contraintes physiques (règles de production, de transfert et de destruction des biens),
- le respect des contraintes monétaires (règles de création, de transfert et de destruction de la monnaie).

Le diagramme de la figure 1 propose une représentation des interactions réelles et monétaires projetées sur deux plans parallèles.

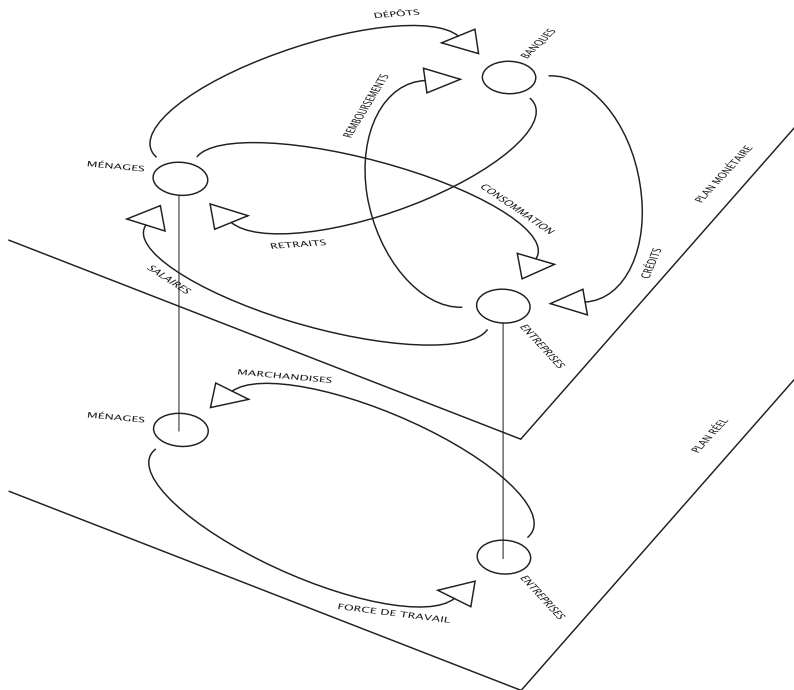


FIG. 1: Les interactions des agents dans les plans réel et monétaire

Le modèle comporte trois types d'agents : les entreprises (une centaine), les ménages (un millier) et la banque (banque unique représentative du secteur bancaire).

2.2 La banque

Dans son rôle de gestionnaire des moyens de paiement, la banque ne dispose d'aucune autonomie. Elle se contente d'exécuter les ordres de paiement que lui transmettent les titulaires des comptes, sous réserve toutefois que les comptes soient suffisamment approvisionnés.

Dans son rôle de financier de la production, la banque est accommodante : elle accepte toutes les demandes de crédit des entreprises.

Lorsqu'une entreprise se trouve incapable de rembourser un crédit à l'échéance, la banque lui accorde automatiquement un nouveau prêt noté *doubtful*. Le montant de ce nouveau prêt est tel qu'il permet à l'entreprise de rembourser immédiatement le prêt initial. En revanche, lorsqu'une entreprise se trouve incapable de rembourser à l'échéance une créance notée *doubtful*, la banque considère que l'entreprise est en situation de faillite. L'entreprise disparaît alors et c'est à la banque d'éponger la dette.

Pour cela, elle dispose d'une réserve de fonds propres dans lesquels elle puise pour effacer la créance de l'entreprise défaillante. Ainsi la contrainte de destruction de la monnaie à l'échéance peut-elle être respectée. La banque utilise alors ses ressources (le paiement de l'intérêt par les entreprises) pour reconstituer ses fonds propres jusqu'au niveau requis. L'excédent de ses ressources est versé à ses actionnaires sous forme de dividendes.

Toutefois, il peut arriver que les fonds propres de la banque soient insuffisants pour faire face à la faillite d'une entreprise débitrice. La banque unique se trouve alors elle-même en faillite et la simulation s'interrompt. La contrainte de destruction de la monnaie à l'échéance crée donc une menace de crise systémique et la viabilité du modèle est limitée.

2.3 Les entreprises

En début de période, chaque entreprise détermine son objectif de production. Elle ne connaît pas directement l'état du marché des biens mais s'en forge une représentation à partir du niveau de son stock de marchandises invendues. Si les stocks sont trop élevés, elle baisse le niveau de la production (et donc de l'emploi) et inversement.

L'entreprise réévalue ensuite le salaire proposé à l'embauche. Là aussi, la réaction de l'entreprise dépend de la représentation qu'elle se fait de l'état du marché du travail : si pendant plusieurs périodes consécutives l'entreprise a connu des difficultés pour recruter des salariés, alors elle augmente son salaire d'embauche ; dans le cas contraire elle le baisse.

L'entreprise est alors en mesure de calculer sa masse salariale. Elle détermine ensuite son besoin de financement externe. Le financement nécessaire est automatiquement obtenu auprès de la banque. L'entreprise poste son offre sur le marché du travail. Les ménages qui répondent à cette offre sont payés et employés sur les unités de capital de l'entreprise.

Une fois la phase de production terminée, l'entreprise détermine son prix de vente unitaire. Le nouveau prix dépend du niveau des stocks après production. Si l'entreprise juge le niveau des stocks trop élevé, elle baisse le prix, sinon elle augmente le prix. L'entreprise poste ensuite son offre sur le marché des biens et répond aux demandes des ménages.

L'entreprise doit alors normalement rembourser les créances échues. On a vu que si l'entreprise ne dispose pas de la trésorerie suffisante pour rembourser les créances notées *doubtful*, elle est immédiatement mise en faillite. L'entreprise disparaît, sa dette est effacée, époncée par la banque sur ses fonds propres.

Le revenu de l'entreprise est formé par les recettes de la période moins les charges de la période (les salaires et l'intérêt sur les prêts remboursés). S'il est positif, il est partiellement distribué sous forme de dividende et l'autre part est conservée pour l'autofinancement de la production.

2.4 Les ménages

Comme les entreprises, les ménages n'ont qu'une connaissance limitée du marché du travail. Chaque ménage sans emploi effectue une recherche : il consulte les offres d'un nombre limité d'employeurs choisies au hasard parmi toutes les offres postées sur le marché du travail. Le ménage retient l'offre de l'entreprise dont le salaire d'embauche est le plus élevé parmi les offres consultées. Si le salaire proposé est supérieur au salaire de réservation, il accepte l'emploi et il est immédiatement embauché par l'entreprise. Sinon, il reste sans emploi pour cette période. Le niveau du salaire de réservation dépend du nombre de périodes passées au chômage. Passé un certain délai, le ménage accepte une baisse.

Une fois clos le marché du travail, les entreprises paient les ménages employés. Ceux-ci dépensent en échange leur force de travail dans la mise en oeuvre du processus de production. Le revenu des ménages est formé par le salaire de la période et les éventuels dividendes versés par les entreprises et la banque. Les ménages épargnent une part de leur revenu, et dépensent l'autre sur le marché des biens.

Comme sur le marché du travail, les ménages n'ont qu'une connaissance partielle du marché des biens : ils ne consultent chacun qu'un nombre limité d'offres, et choisissent parmi elles la plus intéressante.

3 Scénario de référence

3.1 Emergence d'une stabilité macroéconomique

On effectue un grand nombre de simulations en faisant varier l'un après l'autre chacun des principaux paramètres du modèle. On trouve que le modèle est capable de se reproduire de période en période, dans un large espace de paramètres, avec de fortes régularités de comportement. On éprouve alors ces régularités en simulant à une date donnée un choc exogène par la variation brutale d'un des paramètres du modèle. Les figures 2a et 2b montrent les conséquences de deux de ces chocs sur la répartition des revenus entre salaires et profits.

Dans un premier temps, la stabilité macroéconomique du modèle est profondément affectée par le choc de productivité. Ce choc entraîne une hausse de la rentabilité des entreprises, et donc une hausse des profits. Mais sur le long terme les effets de ce choc s'atténuent et disparaissent, la répartition des revenus retrouvant son niveau antérieur.

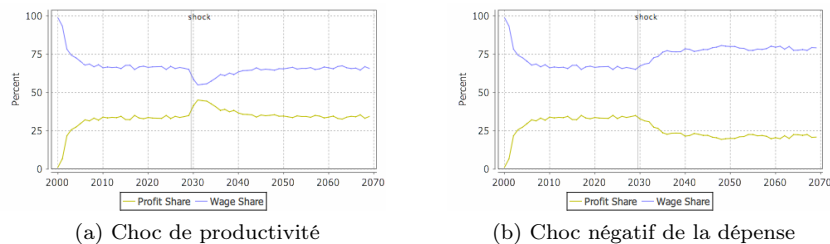


FIG. 2: Effets d'un choc exogène sur la répartition des revenus

Dans un autre scénario, pour simuler les effets d'un choc négatif de la dépense, on double la propension à épargner des ménages. Là aussi, le choc entraîne à court terme une profonde déstabilisation du modèle. Sur le long terme, la répartition des revenus est à nouveau stabilisée, cette fois avec un niveau inférieur pour la part des profits. On peut montrer qu'un nouveau choc inverse, ramenant la propension à épargner à son niveau antérieur, permettrait de rétablir les niveaux précédents de la répartition.

Au delà de ces deux exemples, l'ensemble des simulations que nous avons effectuées montre qu'il existe dans l'espace des paramètres du modèle un large ensemble de valeurs pour lesquelles on observe une stabilité de long terme de la répartition des revenus. L'équilibre macroéconomique du modèle apparaît fortement lié à cette stabilité.

Rien dans le comportement assigné aux entreprises ne permettait d'anticiper la stabilité de la répartition des revenus entre salaires et profits. Nous avons vu que les entreprises fixent les prix et les salaires de façon strictement indépendante. En particulier, chaque entreprise ignore ses coûts et peut très bien vendre sa production en dessous de son coût de production (ce dernier étant essentiellement formé par le paiement des salaires). Pourtant, on observe que le prix moyen sur le marché des biens s'établit au dessus du coût de production à un niveau stabilisant le taux de marge moyen des entreprises et, par là, stabilisant la part des profits dans le revenu global.

La stabilité de long terme de la répartition des revenus entre salaires et profits, principale manifestation de l'équilibre macroéconomique du modèle, est donc une propriété émergente du modèle, témoignant de l'existence d'une coordination macroscopique entre la formation des prix sur le marché des biens et la formation des salaires sur le marché du travail.

3.2 Rigidité des salaires

Dans le scénario de référence, la résistance des ménages sans emploi à une baisse des salaires est fixée à 8 mois en moyenne (entre 4 à 12 mois). Durant ces premiers mois de chômage, le salaire de réservation de chacun des ménages est égal au dernier salaire perçu par le ménage lorsqu'il était employé. Après le délai initial, le ménage qui n'a pas trouvé d'emploi baisse son salaire de réservation de 10 pour cent (figure 3a).

Cependant, passées les 5 premières années de la simulation, la durée

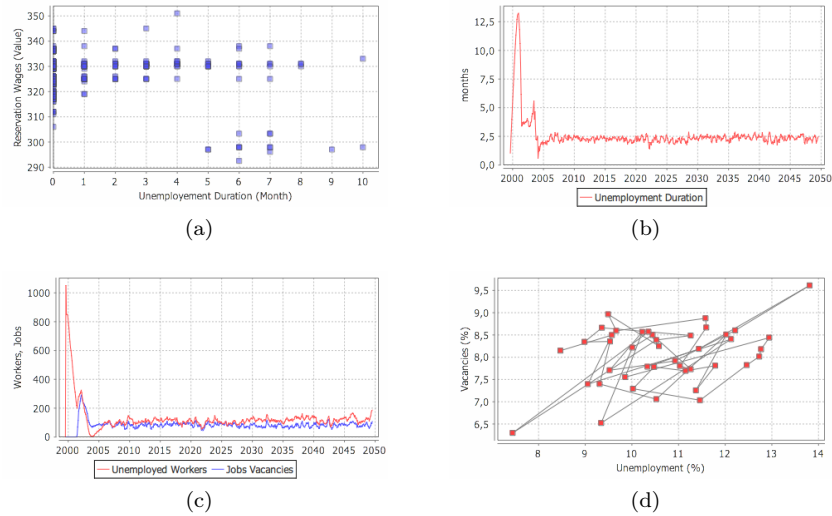


FIG. 3: Rigidité des salaires dans le scénario de référence

moyenne de chômage s'établit à environ deux mois et demi (figure 3b). La plupart des ménages au chômage retrouvent donc un emploi avant de baisser leur salaire de réservation. Dans ces circonstances, les salaires paraissent fortement rigides à la baisse. Cette rigidité apparaît comme responsable de la présence simultanée d'emplois vacants et de chômeurs (figure 3c). L'orientation de la courbe de Beveridge montre que le nombre des emplois vacants et le nombre des chômeurs varient dans le même sens (figure 3d).

Les ménages restant sans emplois dans le scénario de référence paraissent être responsables de leur état, puisque on constate simultanément des emplois vacants. Le chômage ainsi observé est habituellement qualifié de 'volontaire'.

4 Expérimentations sur le marché du travail

Dans Seppacher (2010), on a montré le rôle essentiel joué par le système bancaire dans l'émergence de la stabilité macroéconomique du modèle. On s'interroge ici sur le rôle joué par les rigidités du marché du travail.

Par une première expérience, on éprouve la stabilité du modèle en augmentant la flexibilité des salaires nominaux.

Par une seconde expérience, on renforce au contraire la rigidité à la baisse des salaires nominaux en introduisant un salaire minimum.

4.1 Flexibilité des salaires

On modifie le scénario de référence en réduisant, à partir de 2030, la résistance des ménages à une baisse des salaires. A partir de cette date les ménages acceptent de baisser leur salaire de réservation après 3 mois de chômage en moyenne (entre 2 et 4 mois).

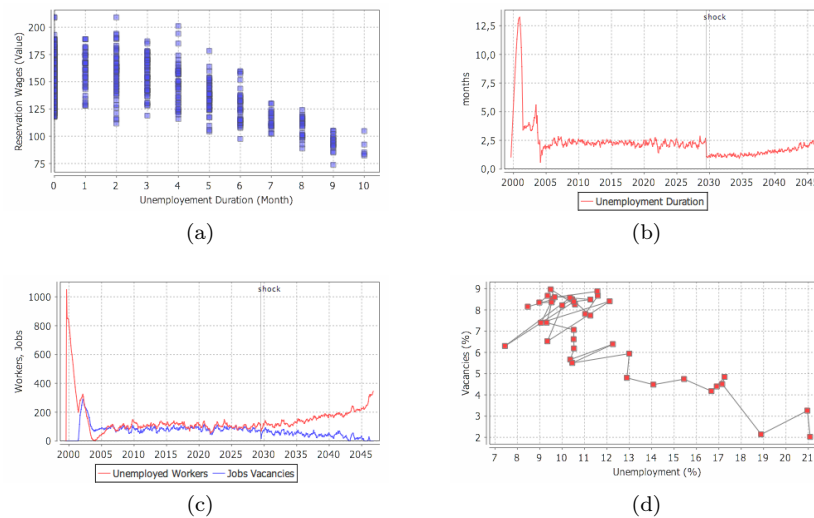


FIG. 4: Flexibilité des salaires : effets sur le marché du travail

À première vue, les résultats sur le marché du travail sont conformes aux effets attendus. Les ménages sans emploi baissent plus rapidement leur salaire de réservation (figure 4a). La durée moyenne de chômage est réduite (figure 4b). Les courbes du nombre d'emplois vacants et du nombre de chômeurs sont déconnectées (figure 4c). La courbe de Beveridge prend une direction perpendiculaire à celle observée dans le scénario de référence (figure 4d).

Cependant, le fléchissement de la progression des salaires (figure 5a) affecte la demande. La consommation passe sous la production (figure 5b) et les stocks des entreprises augmentent. Les entreprises réagissent en baissant leurs prix (figure 5c) mais aussi en réduisant le niveau de la production, ce qui se traduit par une augmentation du chômage (figure 5d).

Cette rétroaction sur le marché du travail, en augmentant le nombre de ménages sans emploi, accroît la concurrence entre ceux-ci, et les conduit à accepter de nouvelles baisses de salaires. Le mouvement de déflation enclenché par les premières baisses de salaires se développe et se renforce.

Le cheminement de la courbe de Phillips illustre l'enfoncement de l'économie dans la dépression (figure 5e). La baisse des salaires nominaux, plus rapide que celle des prix, se traduit par une baisse du salaire réel (figure 5f). La répartition des revenus est déstabilisée en faveur de la part des profits (figure 5g). Les entreprises ont de plus en plus de mal à rembourser la banque à l'échéance. Les créances douteuses augmentent, les défaillances se multiplient, affectant les fonds propres de la banque (figure 5h), jusqu'à conduire celle-ci à la faillite.

Parce que le modèle est doté d'une banque unique représentative de l'ensemble du système bancaire, la faillite de cette banque traduit l'impossibilité de respecter la contrainte de reflux de la monnaie, imposée par la nature de la monnaie de crédit. La crise est systémique et la simulation s'interrompt.

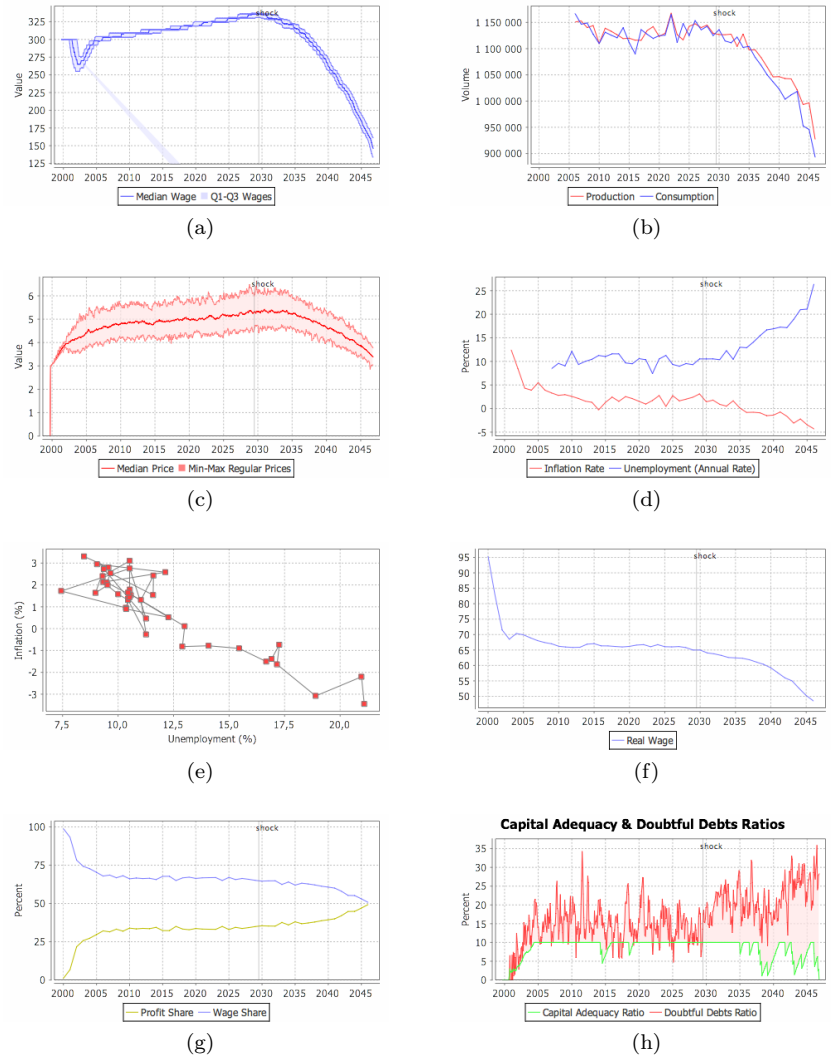


FIG. 5: Flexibilité des salaires : effets sur la demande et l'activité

4.2 Instauration d'un salaire minimum

On modifie à nouveau le scénario. On conserve la modification de la flexibilité des salaires en 2030 mais on introduit en 2045 un salaire minimum d'un niveau de 205.

L'instauration du salaire minimum vient interrompre la chute des salaires (figure 6a). Cependant, comme dans un premier temps les prix poursuivent leur baisse (figure 6b), les ménages employés voient leur salaire réel augmenter (figure 6c). La consommation dépasse la production (figure 6d) et les stocks des entreprises baissent. Cette reprise de la demande conduit les entreprises à interrompre la baisse des prix (figure 6e) et à augmenter la production.

Le chômage décroît (figure 6f) et la masse des salaires augmente, alimentant à nouveau la demande. L'économie parcourt en sens inverse le chemin tracé par la courbe de Phillips (figure 6g) et se stabilise à des niveaux d'activité supérieurs à ceux observés dans le scénario de référence. La répartition des revenus entre salaires et profits retrouve des niveaux proches de ceux du scénario de référence (figure 6h).

5 Conclusion

L'approche multi-agents permet de modéliser des systèmes complexes peuplés d'un grand nombre d'agents autonomes et hétérogènes. En nous appuyant sur cette approche, nous avons construit un modèle informatique d'économie dynamique et complexe dans laquelle les interactions entre les agents sont réelles et monétaires.

On constate l'émergence d'une stabilité macroéconomique — dont témoigne la stabilité de long terme de la répartition du revenu global entre salaires et profits. Dans sa version de base, ce modèle comporte un marché du travail à la rigidité marquée. Les ménages sans emploi opposent une forte résistance aux baisses des salaires nominaux que tentent de leur imposer les entreprises. Cette résistance semble avoir pour conséquence la persistance simultanée d'un nombre important de chômeurs et d'emplois vacants.

On modifie alors cette résistance, imposant aux ménages sans emploi d'accepter plus facilement une baisse des salaires nominaux. Mais, bien que les salariés soient plus flexibles devant les exigences des employeurs, on n'observe pas de réduction durable du niveau de chômage. En revanche, la baisse de salaires entraîne un affaiblissement de la demande. Cet affaiblissement de la demande conduit les entreprises à baisser le prix des marchandises mais aussi le niveau de la production, avec pour conséquence l'augmentation du chômage. Se met alors en place un processus déflationniste qui s'entretient et s'amplifie et que seule la faillite du système bancaire viendra interrompre.

Ce scénario vient illustrer et confirmer le raisonnement de Keynes, raisonnement qui le conduit à affirmer qu'une baisse des salaires nominaux n'est pas de nature à assurer le plein emploi, et risque même de déstabiliser les prix et par là l'ensemble du système économique.

Le scénario suivant, avec instauration d'un salaire minimum, vient

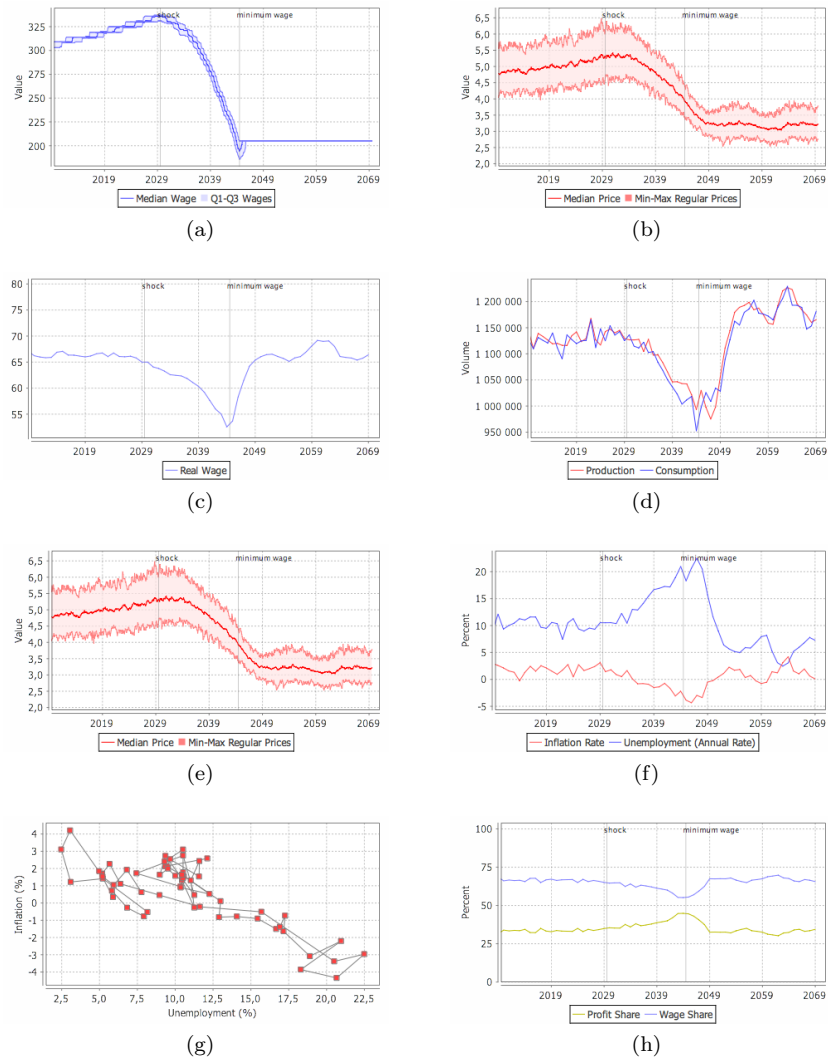


FIG. 6: Instauration d'un salaire minimum

confirmer l'importance de la rigidité des salaires dans l'émergence de la stabilité économique constatée dans le scénario de référence. Pour Keynes, c'est le caractère monétaire de l'économie considérée qui explique l'importance de cette rigidité pour l'équilibre du système :

En fait il est obligatoire que, dans un système monétaire, il y ait un certain facteur dont la valeur exprimée en monnaie soit visqueuse, sinon fixe, pour donner quelque stabilité aux valeurs.
(Keynes 1936)

Le modèle que nous avons utilisé reste encore très simple au regard des exigences que Keynes exprime dans la Théorie Générale. Néanmoins, aucun obstacle théorique ne semble s'opposer à son extension méthodique aux éléments du réel dont nous avons dû faire abstraction dans cette première version.

Références

ARTHUR W.B. [2006], "Out-of equilibrium economics and agent-based modeling", in *Handbook of computational economics*, ed. by L. Tesfatsion and K. L. Judd, Vol. 2, Amsterdam, Elsevier/North-Holland.

FARMER, J. D., GEANOKOPLOS, J. [2009], "The Virtues and Vices of Equilibrium and the Future of Financial Economics", *Complexity*, 14(3), p. 11-38.

KEYNES J.M. [1936] (1998), *Théorie générale de l'emploi, de l'intérêt et de la monnaie*, Paris, Editions Payot.

LEIJONHUFVUD A. [2006], "Agent-based macro", in *Handbook of computational economics*, ed. by L. Tesfatsion and K. L. Judd, Vol. 2, Amsterdam, Elsevier/North-Holland.

SEPPECHER P. [2009], "Un modèle macroéconomique multi-agents avec monnaie endogène", *Working Paper*, 2009-11, Groupement de Recherche en Economie Quantitative d'Aix-Marseille.

SEPPECHER P. [2010], "Dysfonctionnement bancaire, bulle du crédit et instabilité macroéconomique dans une économie monétaire dynamique et complexe", accepted for publication in *La revue économique*.

TESFATSION L. [2006], "Agent-based computational economics : a constructive approach to economic theory", in *Handbook of computational economics*, ed. by L. Tesfatsion and K. L. Judd, Vol. 2, Amsterdam, Elsevier/North-Holland.