

Dysfonctionnement bancaire, bulle du crédit et instabilité macroéconomique dans une économie monétaire dynamique et complexe

Pascal SEPPECHER*

*Groupement de Recherche en Economie Quantitative d'Aix-Marseille (GREQAM)
Université de la Méditerranée - Aix-Marseille II
p.seppecher@free.fr

Avril 2009

Résumé

Nous présentons un modèle d'une économie dynamique et complexe dans laquelle la création et la destruction de monnaie résultent des interactions entre des agents multiples et hétérogènes. Dans ce modèle, toute la monnaie est une monnaie scripturale créée par le crédit bancaire pour le financement de la production. Lors du remboursement du crédit, cette monnaie est détruite. Si le débiteur n'est pas en mesure de respecter ses engagements à l'échéance, il est mis en faillite. C'est alors à la banque d'assumer, sur ses fonds propres, la destruction monétaire correspondant à la créance échue. On montre que ce modèle peut, sous certaines conditions, se reproduire de période en période avec un comportement présentant de fortes régularités, et en particulier en stabilisant la répartition du revenu entre salaires et profits. On altère ensuite le modèle de façon à ce que le système bancaire prenne des risques croissants en accordant des prêts sans cesse renouvelés à une entreprise non rentable. On observe alors une création monétaire induite, correspondant à un gonflement des créances douteuses au bilan du système bancaire. Alimentée par cette création monétaire, l'activité industrielle est soutenue et les signes de surchauffe se multiplient. La stabilité macroéconomique du modèle est affectée par l'accroissement de la part des profits et l'inflation conduit à l'effondrement du salaire réel. Parce que la mauvaise dette accumulée dépasse les fonds propres du système bancaire, les possibilités d'un apurement sont limitées et la crise menace le système.

Classification JEL : C63, E25, E27, E51

Mots clés : systèmes dynamiques complexes, économie computationnelle, macroéconomie multi-agents, monnaie endogène, monnaie et production, répartition des revenus, crédits bancaires et création monétaire.

1 Introduction

Selon W.B. Arthur [1], l'application de la démarche multi-agents à l'économie (*Agent-based Computational Economics* ou *ACE*) ne constitue pas un simple complément à l'économie néoclassique mais bien un mouvement significatif de la pensée économique. La modélisation multi-agents permet de prendre en compte le caractère endogène des interactions entre les agents, et cela est essentiel pour la compréhension du système étudié (Vriend [14]). Pour Leijonhufvud [8], une économie est un système complexe, dynamique, adaptatif, évolutionniste et l'approche multi-agents constitue le seul moyen d'explorer les propriétés et d'avancer ainsi dans la compréhension du monde économique réel. Pour Tesfatsion [13], les modèles multi-agents se situent à un niveau d'abstraction moins élevé que les modèles analytiques standards et permettent d'éprouver la robustesse des théories macroéconomiques par un relâchement de leurs hypothèses. Ils constituent un outil puissant pour évaluer les effets d'une politique économique ou simuler des situations économiques extrêmes (LeBaron et Tesfatsion [7]). Cependant, l'approche des *ACE* s'est surtout focalisée jusqu'à présent sur l'étude de dynamiques microéconomiques ou sectorielles — telles que la dynamique des marchés (Rouchier [11]) — et son application à la macroéconomie n'en est qu'à ses débuts (Brandouy et al. [2]).

Selon nous, un modèle macroéconomique basé sur les agents peut — et doit — rendre compte de la complexité du système formé par les interactions monétaires et réelles. Dans la sphère réelle, les interactions entre agents ne se limitent pas à l'échange des marchandises, mais intègrent la production et la consommation de ces marchandises. De même dans la sphère monétaire, les interactions ne peuvent être réduites à la circulation de la monnaie, mais doivent intégrer aussi la création et la destruction de cette monnaie. L'enjeu est de construire un modèle capable de rendre compte de ce dualisme du réel et du monétaire. Le parallélisme que nous établissons entre les sphères réelle et monétaire nous conduit à les considérer comme deux systèmes interdépendants mais distincts, parce que chacun doté de règles qui lui sont propres. Les agents, placés à l'interface, assurent et subissent les interactions entre ces deux systèmes.

La pensée keynésienne apparaît alors comme un point d'appui essentiel pour le modélisateur multi-agents (Bruun [3], Howitt [6]). La notion d'*économie monétaire de production* recouvre une économie *dans laquelle la production commence et finit en monnaie* (Wray [15]). La notion de *monnaie endogène* s'applique à une économie dans laquelle *'l'offre de monnaie est déterminée de manière endogène par la demande de crédit bancaire émanant des forces du marché'* (Moore [9]). La combinaison de ces deux notions à l'approche multi-agents nous permet de construire un modèle d'une économie dynamique complexe dans laquelle monnaie et production sont étroitement liées.

Dans la section 2, nous décrivons la construction d'un modèle multi-agents d'économie monétaire de production avec monnaie endogène. Dans ce modèle, toute la monnaie est une monnaie scripturale créée par le crédit bancaire pour le financement de la production. Lors du remboursement du crédit, cette monnaie est détruite. Si le débiteur n'est pas en mesure de respecter ses engagements à l'échéance, il est mis en faillite. C'est alors à la banque d'assumer, sur ses fonds propres, la destruction monétaire correspondant à la créance échue.

Dans la section 3, nous décrivons le comportement du modèle par l'étude d'un scénario de référence d'où émerge une certaine régularité macroéconomique, qui se manifeste en particulier par la stabilité du partage du revenu global entre salaires et profits. Puis nous étudions la sensibilité du modèle en faisant varier ses principaux paramètres sur un grand nombre de simulations.

Dans la section 4, on altère le modèle en y introduisant des entreprises non rentables. Ces entreprises, incapables de rembourser leurs dettes, sont rapidement mises en faillite, et le comportement macroéconomique du modèle n'est pas sensiblement affecté. En revanche si la banque évite la faillite à une de ces entreprises en continuant à répondre à sa demande de crédit, on observe alors une création monétaire indue, correspondant à un gonflement du stock de créances irrécouvrables au bilan du système bancaire. Cette création monétaire induite conduit à un déséquilibre macroéconomique dont l'accroissement de la part des profits dans le revenu global constitue une des principales manifestations.

2 Le modèle

Le modèle est implémenté en Java, langage orienté objet multi-plateforme. La description du modèle reprend pour l'essentiel celle présentée dans Sepecher [12]. 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

Dans sa version actuelle, le modèle est celui d'une économie dans laquelle :

- le crédit bancaire est la seule source de création monétaire,
- le financement de la production est le seul motif du crédit,
- les salaires sont le seul coût de production (pas de consommation intermédiaire),
- les entreprises ne produisent qu'un seul bien, qui est un bien de consommation,
- le stock de capital productif est donné (pas d'investissement, pas d'obsolescence),
- la propriété du capital est figée (pas de marché financier),
- le nombre d'agents est donné,
- il n'existe pas d'échanges réels ou monétaires avec le reste du monde.

Le modèle comporte trois types d'agents actifs : les entreprises, les ménages et la banque. Chaque agent (y compris la banque elle-même) dispose d'un compte courant auprès de la banque. La banque tient un rôle essentiel de gestionnaire des moyens de paiement, intermédiaire obligatoire pour tous les autres agents dans leurs relations monétaires. Entreprises et ménages se rencontrent sur le marché du travail et sur le marché des biens de consommation.

Le tableau 1, page 4, résume les rôles joués par chaque groupe d'agents et la nature des flux par lesquels ils entrent en rapport. Le diagramme de la figure 1, page 4, propose une représentation de ces interactions projetées sur deux plans parallèles.

2.2 Modélisation des sphères réelle et monétaire

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 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).

2.2.1 Les objets de la sphère réelle

La sphère réelle comprend trois classes d'objets :

- L'objet *Commodity* représente un stock de marchandises. Dans la version actuelle du modèle, toutes les marchandises sont des biens de consommation. Les stocks de marchandises ne se distinguent que par la quantité.
- L'objet *LabourPower* représente la force de travail d'un ménage. Cette force de travail peut prendre deux valeurs : *disponible* et *épuisée*. Dans la version actuelle du modèle, les forces de travail des différents ménages ne sont pas autrement distinguées. En début de période, toutes les forces de travail sont *disponibles*. Lorsqu'un ménage travaille sa force de travail passe de *disponible* à *épuisée*.
- L'objet *Machine* représente une unité de capital. Dans la version actuelle du modèle, la dotation en capital de chaque entreprise est fixée de façon exogène. Une unité de capital n'a besoin pour fonctionner que de la dépense de la force de travail d'un ménage. Un stock de marchandises

Emetteur	Rôle	Flux	Récepteur	Rôle
banque	prêteur	monétaire	entreprises	emprunteur
	dépositaire	monétaire	ménages	épargnant
entreprises	employeur	monétaire	ménages	salarié
	fournisseur	réel	ménages	consommateur
	débiteur	monétaire	banque	créancier
ménages	travailleur	réel	entreprises	producteur
	consommateur	monétaire	entreprises	fournisseur
	épargnant	monétaire	banque	dépositaire

TAB. 1: Agents, rôles et flux

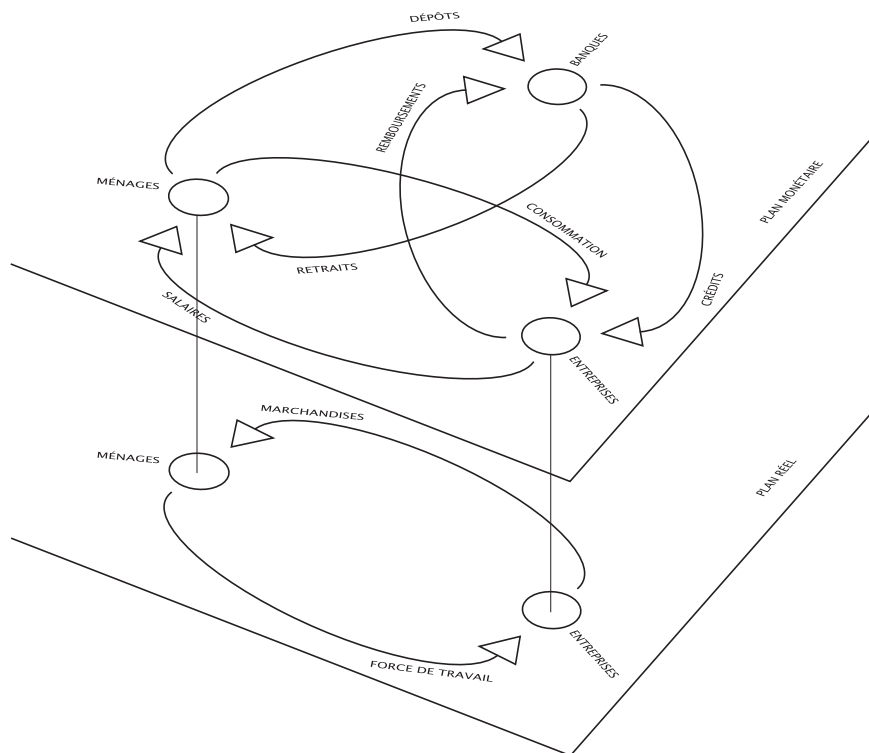


FIG. 1: Les interactions des agents dans les plans réel et monétaire

est produit par une unité de capital après une certaine durée de fonctionnement définie par la durée du cycle de production.

Paramètres Les paramètres commun à toutes les unités de capital sont :

- d^P durée d'un cycle de production.

L'unique paramètre propre à une unité de capital k est :

- P_k productivité.

Variables d'état L'état d'avancement du cycle est déterminé par le nombre de périodes de fonctionnement effectif de l'unité de capital depuis le début du cycle. A une date t , l'état de l'unité de capital k est caractérisé par :

- $d_{k,t}^w$ sa durée de fonctionnement effectif depuis le début du cycle. Cette durée est incrémentée chaque fois qu'un ménage exerce sa force de travail sur cette unité de capital. Elle est remise à 0 lorsque la fin du cycle est atteinte.

La production de l'unité de capital n'est disponible que lorsque le cycle de production est achevé. Pour la période t , la production de l'unité k est donc :

$$Q_{k,t} = \begin{cases} P_k d^P & \text{si } d_{k,t}^w = d^P, \\ 0 & \text{sinon.} \end{cases} \quad (1)$$

Ce processus est le seul processus de production des marchandises. Elles ne disparaissent que dans l'acte de consommation des ménages. En dehors de ces deux processus, toute augmentation d'un stock de marchandises trouve sa contrepartie dans la baisse équivalente d'un autre stock de marchandises.

2.2.2 Les objets de la sphère monétaire

La sphère monétaire comprend deux classes d'objets :

- L'objet *Deposit* représente un dépôt monétaire. Dans notre modèle, toute la monnaie est une monnaie scripturale, i.e. un nombre enregistré dans les livres de compte de la banque. Tous les dépôts sont hébergés par la banque, et les autres agents ne les manipulent pas directement.
- L'objet *Loan* représente une créance de la banque sur un agent. Une créance se caractérise par le montant du prêt, son taux, sa durée, sa date d'échéance et sa qualité.

Dans la sphère monétaire comme dans la sphère réelle, les transferts conservent les quantités. Dans un transfert monétaire, le crédit d'un compte est conditionné par le débit équivalent d'un autre compte.

C'est par le crédit bancaire que la monnaie nouvelle est injectée dans l'économie. Lorsqu'un crédit est accordé, le compte de l'emprunteur est crédité, sans qu'aucun autre compte ne soit débité. Le dépôt monétaire nouveau ne trouve sa contrepartie que dans une créance de la banque sur le titulaire du compte crédité. La création monétaire n'est pas une production, elle ne réclame aucun *input*, c'est une création *ex-nihilo* (Piégay et Rochon [10]) qui ne dépend que de l'accord de la banque et de l'emprunteur.

Lorsqu'une créance arrive à échéance, le crédit est remboursé. Ce remboursement se décompose en trois opérations :

- Le compte de l'emprunteur est débité d'une somme correspondant au principal de la dette, aucun compte n'est crédité de cette somme. Cette opération est une destruction de monnaie.
- La part correspondant à l'intérêt est débitée du compte de l'emprunteur et créditée sur le compte propre de la banque. Cette seconde opération est un transfert de monnaie (un paiement).
- La créance est effacée.

Ainsi, à tout moment, la somme des dépôts monétaires (passif de la banque) est égale à la somme des créances bancaires (actif de la banque). En tant que banque unique représentant l'ensemble du secteur bancaire, la banque n'est pas dans ce modèle soumise au risque d'illiquidité (Chaîneau [4]).

2.3 Les comportements des agents

Les comportements assignés aux agents sont de type réactif.

2.3.1 La banque

La banque gère l'ensemble des moyens de paiement des agents (entreprises et ménages). Elle prête aux entreprises pour financer la production et tente de recouvrer ces crédits à l'échéance. Elle constitue une réserve de fonds propres et verse l'excédent aux ménages sous forme de dividendes.

Paramètres Les paramètres fixant le comportement de la banque sont :

- d^c durée des crédits,
- κ_b coefficient de fonds propres de la banque,
- r taux d'intérêt des crédits accordés,
- r^m taux d'intérêt majoré.

Variables d'état L'état de la banque est caractérisé par :

- $D_{b,t}$ montant des dividendes versés à ses actionnaires par la banque au début de la période t ,
- $Y_{b,t}$ revenu de la période t ,
- $K_{b,t}$ montant des fonds propres pendant la période t ,
- O_t encours des crédits accordés par la banque à la fin de la période t ,
- $\Pi_{b,t}$ résultat à affecter à la fin de la période t .

Gestion des moyens de paiement 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 provisionnés.

Financement de la production Dans son rôle de financier de la production, la banque est parfaitement accommodante : elle accepte toutes les demandes de crédit des entreprises. Le nouveau crédit, destiné au financement de la production, est accordé pour une durée d^c au taux d'intérêt r .

Recouvrement des créances Lorsqu'une entreprise se trouve incapable de rembourser un crédit à l'échéance d^c , la banque lui accorde automatiquement un nouveau prêt, pour une nouvelle durée d^c . Le montant de ce nouveau prêt est tel qu'il permet à l'entreprise de rembourser immédiatement le prêt initial (principal et intérêt).

Toutefois, les contraintes liées au nouveau prêt diffèrent de celles du prêt initial :

- Alors que la créance initiale, correspondant au financement de la production, est notée *good-Debt*, la créance seconde est notée *doubtfulDebt*.
- Le taux du nouveau prêt est le taux majoré r^m .
- La banque tente à chaque période de procéder au recouvrement, même partiel, de la créance, sans attendre la fin du nouveau délai.
- L'entreprise ne peut donc distribuer aucun profit tant que la banque détient sur elle une créance notée *doubtfulDebt*.

A l'échéance du nouveau délai accordé, la banque tente une dernière fois d'obtenir le remboursement de la créance. Lorsqu'une entreprise se trouve incapable de rembourser à l'échéance une créance notée *doubtfulDebt*, 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 sur ses fonds propres.

Toutefois, il peut arriver que la réserve de fonds propres de la banque soit insuffisante 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.

Affectation du résultat À la fin de chaque période t , le revenu de la banque $Y_{b,t}$ est constitué par le versement par les entreprises des intérêts sur les prêts remboursés. La banque conserve une part de ces recettes pour la constitution d'une réserve de fonds propres proportionnelle à l'encours des crédits accordés par la banque (Descamps et Soichot [5]), et verse l'excès aux actionnaires (certains ménages) sous forme de dividendes. Le résultat à affecter est formé du revenu de la période et de la réserve de fonds propres de la période :

$$\Pi_{b,t} = Y_{b,t} + K_{b,t} \quad (2)$$

Soit $K_{b,t+1}^*$ la réserve de fonds propres que la banque désire constituer pour la période $t + 1$. Cette réserve est proportionnelle à l'encours des crédits à la fin de la période t :

$$K_{b,t+1}^* = \kappa O_t \quad (3)$$

La réserve de fonds propres réellement constituée est éventuellement limitée par le montant du résultat à affecter :

$$K_{b,t+1} = \begin{cases} K_{b,t+1}^* & \text{si } \Pi_{b,t} > K_{b,t+1}^*, \\ \Pi_{b,t} & \text{sinon.} \end{cases} \quad (4)$$

La part restante du résultat, après constitution de la réserve de fonds propres, sera distribuée aux ménages propriétaires de la banque sous la forme de dividendes au début de la période suivante :

$$D_{b,t+1} = \Pi_{b,t} - K_{b,t+1} \quad (5)$$

2.3.2 Les entreprises

Les entreprises déterminent leurs plans de production en fonction de la demande observée et s'adressent à la banque pour obtenir les financements nécessaires à leur mise en oeuvre. Elles embauchent, payent les salaires, produisent et offrent leur production sur le marché. Elles remboursent les crédits échus et versent aux actionnaires une part des profits enregistrés.

Une entreprise doit déterminer successivement :

- le niveau de sa production et le nombre d'emplois offerts,
- le niveau du salaire unitaire d'embauche,
- le prix de vente du produit,
- la part des profits qui sera distribuée aux actionnaires.

Paramètres Toutes les entreprises partagent les paramètres suivants :

- η flexibilité du salaire d'embauche,
- β délai de révision du niveau de production,
- γ délai de révision du salaire d'embauche,
- κ_e coefficient de fonds propres,
- μ flexibilité du prix unitaire,
- ν flexibilité du niveau de production,
- \bar{w} salaire minimum légal.

Les paramètres propres à l'entreprise i sont :

- \bar{N}_i le nombre de postes de travail (égal au nombre d'unités de capital),
- \bar{P}_i la capacité de production (quantité de marchandises qui seraient produites en moyenne par période avec pleine utilisation du capital), somme de la productivité P_k de toutes les unités de capital k de l'entreprise,
- \bar{Q}_i capacité de commercialisation de l'entreprise (on pose que la capacité de commercialisation de chaque entreprise est égale au double de la capacité de production : $\bar{Q}_i = 2\bar{P}_i$).

Variables d'état L'état de l'entreprise i au cours de la période t est caractérisé par :

- $D_{i,t}$ montant des dividendes versés aux actionnaires,

- $Y_{i,t}$ revenu de l'entreprise,
- $\Phi_{i,t}$ sommes versées à la banque au titre de l'intérêt,
- $K_{i,t}$ réserve de fonds propres ou résultat reporté,
- $L_{i,t}$ nouveau crédit obtenu auprès de la banque,
- $T_{i,t}$ trésorerie disponible après le versement des dividendes,
- $p_{i,t}$ prix unitaire de la production,
- $\Pi_{i,t}$ résultat à affecter,
- $R_{i,t}$ remboursement des prêts à la banque (principal),
- $Q_{i,t}$ volume de marchandises en stock après la production de la période t ,
- $\check{Q}_{i,t}$ volume de marchandises restées invendues à la fin de période t ,
- $\tilde{N}_{i,t}$ nombre de salariés inscrits au registre de l'entreprise en début de période t (i.e. le nombre de salariés employés pendant la période $t - 1$ diminué du nombre de salariés dont le contrat est arrivé à échéance),
- $d_{i,t}^v$ nombre de périodes consécutives sans emplois vacants ($d_{i,t}^v > 0$) ou avec emplois vacants ($d_{i,t}^v < 0$),
- $w_{i,t}$ salaire d'embauche,
- $W_{i,t}$ masse des salaires.

Détermination du niveau de production Régulièrement (toutes les β périodes), l'entreprise détermine son objectif de production pour les périodes suivantes en fixant son objectif d'emploi $N_{i,t}^*$. Elle ne connaît l'état du marché des biens que par le niveau de son stock de marchandises invendues $\check{Q}_{i,t-1}$.

Notons $\rho_{i,t}$ le rapport $\frac{\check{Q}_{i,t}}{P_{i,t}^{max}}$. Si ce rapport sort de l'intervalle $[1, 4]$, l'entreprise modifie son objectif de production :

$$N_{i,t}^* = N_{i,t-1}^* + \delta_{i,t}^N \tilde{N}_i \quad (6)$$

avec

$$\delta_{i,t}^N = \begin{cases} \nu & \text{si } \rho_{i,t-1} < 1 \text{ et } N_{i,t-1}^* + \nu \tilde{N}_i \leq \tilde{N}_i, \\ -\nu & \text{si } \rho_{i,t-1} > 4 \text{ et } N_{i,t-1}^* - \nu \tilde{N}_i \geq 0, \\ 0 & \text{sinon.} \end{cases} \quad (7)$$

$N_{i,t}^*$ est maintenu constant pendant un nombre de période égal à β .

A chaque période t , si $N_{i,t}^* < \tilde{N}_{i,t}$, l'entreprise licencie immédiatement les travailleurs excédentaires. Ce sont alors les derniers travailleurs embauchés par l'entreprise qui sont les premiers licenciés. En revanche, si $N_{i,t}^* > \tilde{N}_{i,t}$ l'entreprise doit embaucher de nouveaux salariés.

Fixation du salaire d'embauche Le salaire unitaire à l'embauche $w_{i,t}$ proposé par l'entreprise est réévalué. Il dépend de la perception de l'état du marché du travail par l'entreprise qu'elle ne connaît qu'à travers ses éventuelles difficultés précédentes de recrutement : si pendant plusieurs périodes consécutives l'entreprise a connu des difficultés pour recruter des salariés, alors elle augmente son salaire d'embauche ; si pendant plusieurs périodes consécutives l'entreprise n'a connu aucune difficulté pour recruter des salariés, alors elle baisse son salaire d'embauche. Le nouveau salaire d'embauche reste limité par le salaire minimum légal \bar{w} ($\bar{w} \geq 0$).

$$w_{i,t} = \begin{cases} (1 + \delta_{i,t}^w)w_{i,t-1} & \text{si } (1 + \delta_{i,t}^w)w_{i,t-1} > \bar{w}, \\ \bar{w} & \text{sinon,} \end{cases} \quad (8)$$

avec

$$\delta_{i,t}^w = \begin{cases} \eta & \text{si } d_{i,t}^v > \gamma, \\ -\eta & \text{si } d_{i,t}^v < -\gamma, \\ 0 & \text{sinon.} \end{cases} \quad (9)$$

Financement de la production L'entreprise est alors en mesure de calculer sa masse salariale prévue après embauche $W_{i,t}^*$, somme des salaires des travailleurs effectivement employés et des salaires des travailleurs à embaucher. Elle détermine ensuite son besoin de financement externe $L_{i,t}^*$, qui est l'excès de la masse salariale prévue sur la trésorerie de l'entreprise.

$$L_{i,t}^* = \begin{cases} W_{i,t}^* - T_{i,t} & \text{si } W_{i,t}^* \geq T_{i,t}, \\ 0 & \text{sinon.} \end{cases} \quad (10)$$

Le financement nécessaire est automatiquement obtenu auprès de la banque, puisque celle-ci est, dans cette version du modèle, parfaitement accommodante. On a donc

$$L_{i,t} = L_{i,t}^* \quad (11)$$

Si $N_{i,t}^* > \tilde{N}_{i,t}$, l'entreprise poste ensuite son offre (nombre de postes $N_{i,t}^* - \tilde{N}_{i,t}$, salaire d'embauche $w_{i,t}$) sur le marché du travail. Les ménages qui répondent à cette offre sont payés (pour une masse des salaires $W_{i,t}$) et employés sur les unités de capital de l'entreprise. Il est possible qu'une part des emplois offerts restent vacants, une part des sommes destinées au financement de la masse salariale restera alors inutilisée, pour un montant égal à $W_{i,t}^* - W_{i,t}$.

Fixation du prix Une fois la phase de production terminée, l'entreprise détermine son prix de vente unitaire. Le prix est révisé chaque période. Le nouveau prix dépend de la représentation que se fait l'entreprise du niveau de son offre par rapport à la demande exprimée sur le marché des biens. Elle forme cette représentation à partir du niveau des stocks après production. Notons $\tau_{i,t}$ le rapport $\frac{Q_{i,t}}{P_{i,t}^{max}}$. Si ce rapport est inférieur ou égal à 2, l'entreprise augmente le prix. Sinon, elle baisse le prix.

$$p_{i,t} = (1 + \delta_{i,t}^p) p_{i,t-1} \quad (12)$$

avec

$$\delta_{i,t}^p = \begin{cases} \mu & \text{si } \tau_{i,t} \leq 2, \\ -\mu & \text{sinon.} \end{cases} \quad (13)$$

Toutefois, si l'entreprise se trouve à son niveau maximum de production et que la faiblesse des stocks indique une forte demande, l'entreprise ne pourra y répondre par une augmentation future du niveau de production. L'augmentation du prix par l'entreprise est alors accentuée :

$$p_{i,t} = (1 + \mu^m) p_{i,t-1} \text{ si } \tau_{i,t} \leq 2 \text{ et } N_{i,t}^* = \tilde{N}_i, \quad (14)$$

avec μ^m la flexibilité des prix majorée. De même, si l'entreprise se trouve à son niveau minimum de production et que le niveau élevé des stocks conduit l'entreprise à considérer que la demande est faible, l'entreprise ne pourra ajuster son offre par une diminution du niveau de production. La diminution du prix par l'entreprise est alors plus marquée :

$$p_{i,t} = (1 - \mu^m) p_{i,t-1} \text{ si } \tau_{i,t} > 2 \text{ et } N_{i,t}^* = 0. \quad (15)$$

Commercialisation de la production L'entreprise poste ensuite son offre (quantité $Q_{i,t}^o$, prix $p_{i,t}$) sur le marché des biens. Le volume de marchandises proposé sur le marché des biens $Q_{i,t}^o$ est limité par la capacité de commercialisation de l'entreprise \bar{Q}_i .

$$Q_{i,t}^o = \begin{cases} Q_{i,t} & \text{si } Q_{i,t} \leq \bar{Q}_i, \\ \bar{Q}_i & \text{sinon.} \end{cases} \quad (16)$$

A l'issue de la phase de commercialisation des marchandises, il peut rester dans les stocks de l'entreprise une quantité de marchandises invendues $\check{Q}_{i,t}$, soit parce que l'entreprise n'a pu mettre ces marchandises sur le marché du fait de sa capacité de commercialisation limitée, soit parce que ces marchandises offertes sur le marché n'ont pas trouvé preneur. Les recettes de l'entreprise sont donc égales à $p_{i,t}(Q_{i,t} - \check{Q}_{i,t})$.

Remboursement de la dette L'entreprise doit alors rembourser les créances. Elle commence par rembourser les créances notées *doubtfulDebt* échues, puis les créances notées *doubtfulDebt* non échues, et enfin les créances notées *goodDebt* échues.

Si l'entreprise ne dispose pas de la trésorerie suffisante pour rembourser les créances notées *doubtfulDebt* échues, elle est immédiatement mise en faillite : ses employés sont licenciés, ses machines sont détruites, ainsi que ses stocks de marchandises invendus. Sa dette est effacée, épongée par la banque sur ses fonds propres.

Pour éviter que les faillites successives ne conduisent à une réduction progressive du stock global de capital productif du modèle, on crée douze mois après chaque faillite une entreprise semblable à l'entreprise disparue. Ainsi le stock global de capital productif reste constant à moyen terme.

Affectation du résultat Le revenu de l'entreprise $Y_{i,t}$ est formé par les recettes de la période moins les charges de la période (les salaires et l'intérêt sur les prêts remboursés) :

$$Y_{i,t} = p_{i,t}(Q_{i,t} - \check{Q}_{i,t}) - W_{i,t} - \Phi_{i,t} \quad (17)$$

Le résultat à affecter est formé du revenu de la période et de la réserve de fonds propres de la période :

$$\Pi_{i,t} = Y_{i,t} + K_{i,t} \quad (18)$$

Lorsque le résultat à affecter est positif, l'entreprise constitue une nouvelle réserve de fonds propres $K_{i,t+1}$ proportionnelle au résultat. Si le résultat à affecter est négatif, il est intégralement reporté à la période suivante, $K_{i,t+1}$ représentant alors ce résultat négatif reporté.

$$K_{i,t+1} = \begin{cases} \kappa_e \Pi_{i,t} & \text{si } \Pi_{i,t} > 0, \\ \Pi_{i,t} & \text{sinon.} \end{cases} \quad (19)$$

La part restante du résultat après constitution de la réserve de fonds propres sera distribuée sous la forme de dividendes aux ménages propriétaires de l'entreprise au début de la période suivante :

$$D_{i,t+1} = \Pi_{i,t} - K_{i,t+1} \quad (20)$$

L'entreprise connaît alors le montant de la trésorerie dont elle disposera après versement des dividendes :

$$T_{i,t+1} = T_{i,t} + Y_{i,t} + L_{i,t} - R_{i,t} - D_{i,t} \quad (21)$$

On remarque que :

$$T_{i,t+1} - T_{i,t} = K_{i,t} + L_{i,t} - R_{i,t} \quad (22)$$

c'est-à-dire que la variation de la trésorerie de l'entreprise est formée, pour une part, des profits épargnés par l'entreprise $K_{i,t}$ (ou par les pertes reportées) et, pour la part restante, par la variation de la dette de l'entreprise $L_{i,t} - R_{i,t}$.

2.3.3 Les ménages

Les ménages cherchent un emploi, travaillent, épargnent et consomment. Un ménage doit successivement :

- déterminer son salaire de réservation et rechercher un emploi satisfaisant,
- déterminer la part de son revenu consacrée à l'épargne et dépenser l'autre.

Paramètres Tous les ménages partagent les paramètres suivants :

- d^W durée du contrat de travail,
- n nombre d'offres consultées par chaque ménage sur un marché,
- ψ flexibilité à la baisse du salaire de réservation,
- s propension à épargner,
- θ délai de révision du salaire de réservation,
- σ délai de révision de l'objectif d'épargne.

Variables d'état L'état du ménage j au cours de la période t est caractérisé par :

- $D_{j,t}$ dividendes reçus au cours de la période,
- $Y_{j,t}$ revenu total reçu au cours de la période,
- $M_{j,t}$ épargne monétaire disponible sur le compte courant en début de période,
- $w_{j,t}$ salaire reçu au cours de la période,
- $w_{j,t}^*$ salaire de réservation,
- $d_{j,t}^u$ nombre de périodes consécutives sans emploi.

Détermination du salaire de réservation Le niveau du salaire de réservation dépend du nombre de périodes passées au chômage. Passé le délai θ , le ménage accepte une baisse.

$$w_{j,t}^* = \begin{cases} w_{j,t-1} & \text{si } d_{j,t}^u = 0, \\ w_{j,t-1}^* & \text{si } 0 < d_{j,t}^u \text{ et } d_{j,t}^u < \theta, \\ (1 - \psi)w_{j,t-1}^* & \text{sinon.} \end{cases} \quad (23)$$

Recherche d'un emploi Comme les entreprises, les ménages n'ont qu'une connaissance limitée du marché. Chaque ménage sans emploi effectue une recherche sur le marché du travail. Pour cela, il consulte l'offre de son ancien employeur (si elle existe) et celles de $n - 1$ autres employeurs choisies au hasard parmi toutes les offres postées sur le marché du travail. Le ménage retient l'offre de l'entreprise i dont le salaire d'embauche $w_{i,t}$ est le plus élevé parmi les offres consultées. Il compare alors ce salaire à son salaire de réservation. Si $w_{i,t} \geq w_{j,t}$ il accepte l'emploi et il est immédiatement embauché par l'entreprise i . Il restera employé de cette entreprise pendant d^W périodes (la durée du contrat de travail) sauf si l'entreprise le licencie à l'occasion d'une réduction des effectifs. Si le ménage n'a pas trouvé d'offre supérieure ou égale à son salaire de réservation, il reste sans emploi pour cette période.

Détermination du budget 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.

$$Y_{j,t} = w_{j,t} + D_{j,t} \quad (24)$$

Le ménage détermine d'abord son objectif d'épargne $M_{j,t+1}^*$, i.e. la quantité de monnaie dont il désire disposer sur son compte courant au début de la période suivante. Il se fonde pour cela sur une estimation de son revenu annuel basée sur le revenu périodique moyen des $d_{j,t}^s$ dernières périodes.

$$M_{j,t+1}^* = \begin{cases} 12s\tilde{E}_{j,t} & \text{si } d_{j,t}^s > \sigma, \\ M_{j,t}^* & \text{sinon,} \end{cases} \quad (25)$$

où $d_{j,t}^s$ est le nombre de périodes depuis la dernière modification de l'objectif d'épargne, $\tilde{E}_{j,t}$ le revenu périodique moyen du ménage calculé sur les $d_{j,t}^s$ dernières périodes. Le ménage consacre une part de son revenu à constituer le stock d'épargne désiré, l'autre part représentant la consommation désirée $C_{j,t}^*$ pour la période. Si l'objectif d'épargne est atteint, alors la part du revenu consacré à la consommation est plus importante. Le ménage peut même procéder à une désépargne.

$$C_{j,t}^* = \begin{cases} (1 - s)Y_{j,t} & \text{si } sY_{j,t} < M_{j,t+1}^* - M_{j,t}, \\ Y_{j,t} + M_{j,t} - M_{j,t+1}^* & \text{sinon.} \end{cases} \quad (26)$$

Dépense sur le marché des biens Lorsque le ménage a déterminé sa consommation désirée, il se porte sur le marché des biens. Comme sur le marché du travail, il n'a qu'une connaissance partielle du marché. Il commence par consulter l'offre du dernier des fournisseurs dont il a gardé la mémoire,

ainsi que les offres de $n - 1$ autres entreprises parmi l'ensemble des offres postées. Le ménage retient l'offre de l'entreprise f dont le prix unitaire de vente $p_{f,t}$ est le moins élevé parmi les offres consultées. Le ménage achète les marchandises proposées. Après cet achat, si la dépense n'a pas atteint l'objectif de consommation $C_{j,t}^*$, alors le ménage consulte à nouveau n offres sur le marché, jusqu'à avoir atteint son objectif de consommation, ou jusqu'à ne plus trouver d'offre sur le marché.

3 Simulations

On définit d'abord un scénario de référence. On effectue une première simulation dont on étudie les résultats, qui serviront de référence pour les simulations suivantes (section 3.1).

On étudie ensuite la sensibilité du modèle aux variations de ses principaux paramètres autour des valeurs du scénario de référence (section 3.2).

3.1 Scénario de référence

Comme il est fréquent avec les systèmes multi-agents, l'étendue de l'espace des paramètres du modèle interdit son exploration systématique. Dans cette section, nous présentons un scénario de référence choisi parce qu'il présente une grande stabilité et qu'il occupe une position relativement centrale dans le domaine de viabilité du modèle. Le tableau 2, page 12, détaille les principaux paramètres du scénario de référence.

t_0	2000 – 01	début de la simulation,
B	1	nombre de banques,
d^c	12	durée des crédits,
κ_b	0.2	ratio de fonds propres de la banque,
r	0.05	taux d'intérêt annuel des crédits accordés,
r^m	0.1	taux d'intérêt annuel majoré,
F	100	nombre d'entreprises,
η	0.01	flexibilité du salaire d'embauche,
γ	[2, 4]	délai de révision du salaire d'embauche,
κ_e	0.2	ratio de fonds propres des entreprises,
μ	0.01	flexibilité du prix unitaire,
μ^m	0.05	flexibilité majorée du prix unitaire,
ν	$\frac{1}{6}$	flexibilité du niveau de production,
β	[5, 7]	délai de révision du niveau de production,
\bar{w}	1	salaire minimum légal,
w_0	300	salaire initial,
\bar{N}_i	12	nombre d'unités de capital par entreprise,
d^P	2	durée d'un cycle de production,
P_k	100	productivité périodique moyenne d'une unité de capital,
H	1000	nombre de ménages,
d^W	[17, 19]	durée du contrat de travail,
n	3	nombre d'offres consultées sur un marché,
ψ	0.1	flexibilité à la baisse du salaire de réservation,
θ	[11, 13]	délai de révision du salaire de réservation,
s	0.05	propension à épargner,
σ	[11, 13]	délai de révision de l'objectif d'épargne.

TAB. 2: Paramètres du scénario de référence

Les figures 2a à 2p (pages 14 et 15) présentent l'évolution des principaux indicateurs macroéconomiques du modèle au cours des 50 premières années de la simulation. Trois phases principales

peuvent être distinguées.

Phase 1 : décollage Les cinq premières années de la simulation se caractérisent par une croissance rapide de la masse monétaire, accompagnée d'une forte inflation et d'une vitesse de rotation de la monnaie élevée. A cette croissance de la masse monétaire correspond la croissance de la production, les entreprises cherchant à constituer des stocks, inexistant au début de la simulation. Pendant cette même période, les prix s'élèvent rapidement au dessus des coûts de production, permettant aux entreprises de dégager une marge croissante et ainsi de distribuer des profits aux ménages propriétaires.

Phase 2 : ralentissement Les 25 années suivantes (jusqu'en 2030) se caractérisent par un ralentissement progressif de l'activité. Le taux d'utilisation des capacités de production diminue, ainsi que l'inflation. Le chômage augmente. La croissance des stocks des entreprises ralentit. La croissance de la masse monétaire est moins rapide et la banque parvient à atteindre son objectif de fonds propres, et donc à distribuer des dividendes. La part des profits passe de 25 à 30 pour cent du revenu des ménages.

Phase 3 : stabilisation La troisième phase (après 2030) se caractérise par la grande stabilité des indicateurs macroéconomiques. La production et la consommation oscillent autour d'un niveau moyen. Certes, une fluctuation plus marquée est observable vers 2040, avec une baisse de la consommation et de la production, deux faillites successives qui viennent entamer les réserves de la banque, et un pic de chômage à 13 pour cent. Mais cet épisode récessif est de courte durée et n'affecte pas le comportement de long terme du modèle. En particulier, on remarque la grande stabilité de la répartition des revenus entre salaires et profits : même si l'on poursuit la simulation jusqu'en 2100 la part des profits reste cantonnée entre 29 et 33 pour cent du revenu des ménages.

3.2 Etude de sensibilité

Le scénario choisi comme scénario de référence fait apparaître un comportement de long terme régulier, avec une forte stabilité de la répartition des revenus entre salaires et profits. Il importe à présent de vérifier la portée de cette observation sur un grand nombre de simulations en faisant varier, d'une part, la graine du générateur de nombres aléatoires et, d'autre part, les principaux paramètres exogènes du modèle.

La place manque pour présenter les résultats de ces analyses de sensibilité pour chacun des paramètres exogènes du modèle. On choisit ici de limiter cette exploration à deux paramètres essentiels, susceptibles d'affecter les équilibres s'établissant sur le marché du travail et sur le marché des biens :

1. le nombre de ménages H ,
2. la propension à épargner des ménages s .

On étudie la sensibilité du modèle aux variations de chaque paramètre dans un large intervalle autour de la valeur du scénario de référence. On prend 51 valeurs différentes dans cet intervalle. Pour chacune de ces valeurs, on exécute dix simulations en faisant varier la graine du générateur de nombres aléatoires. On exécute donc un total de 510 simulations pour chaque paramètre. Pour chaque simulation on exécute 600 itérations (50 ans). On enregistre les valeurs atteintes pour les 60 dernières itérations de chaque simulation, sauf si une faillite bancaire est venue l'interrompre avant.

Nombre de ménages On fait varier le nombre de ménages de $H = 600$ à $H = 1400$. Les figures 3a à 3h, page 16, donnent une représentation des résultats obtenus.

En faisant varier ainsi le nombre de ménages, on modifie le rapport de la quantité de main d'oeuvre disponible avec la capacité de production fixée de façon exogène. C'est donc l'équilibre du marché du travail qui est directement affecté. On s'aperçoit qu'il existe deux régimes opposés selon la quantité de main d'oeuvre disponible.

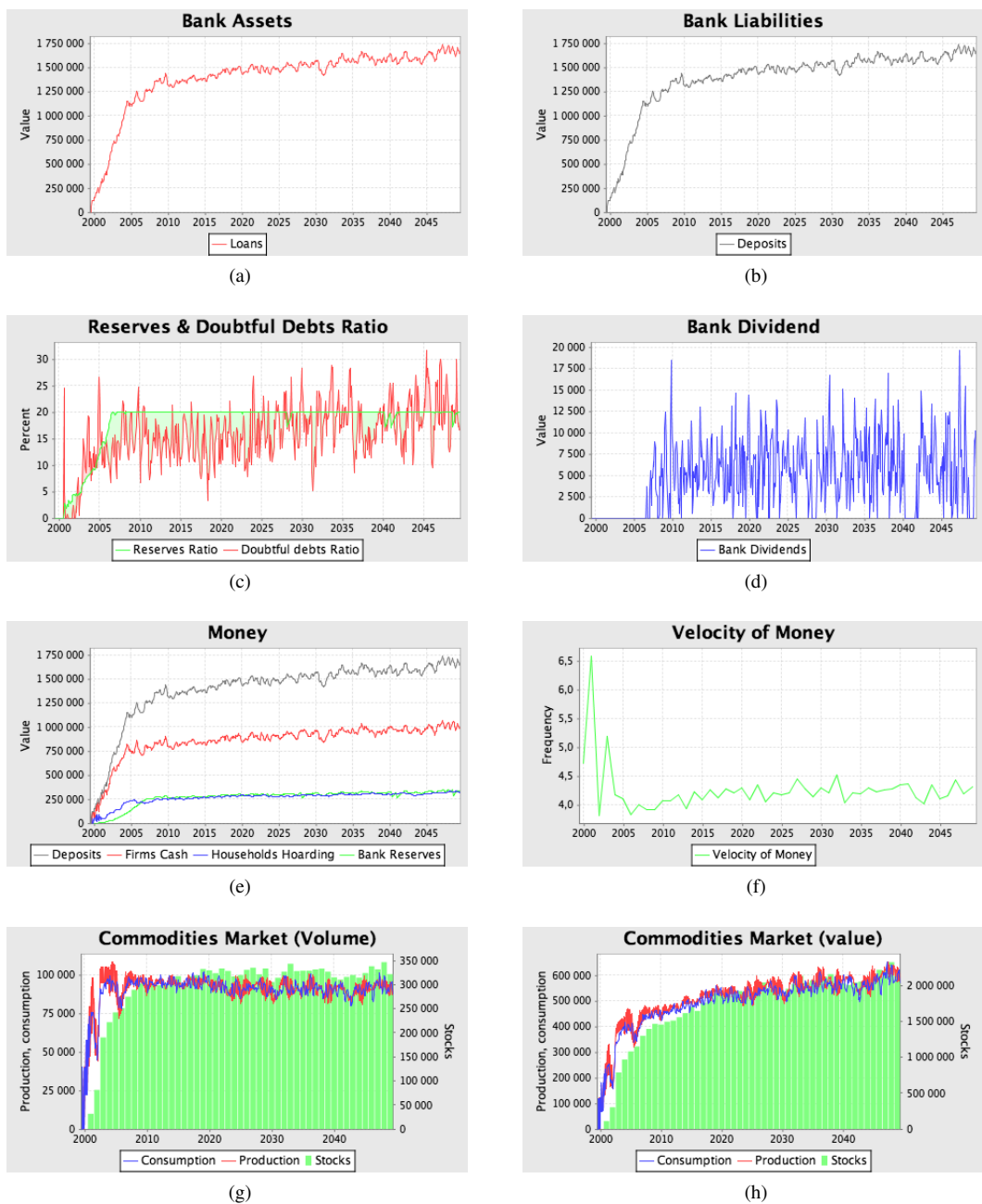


FIG. 2: Scénario 3.1 (scénario de référence)

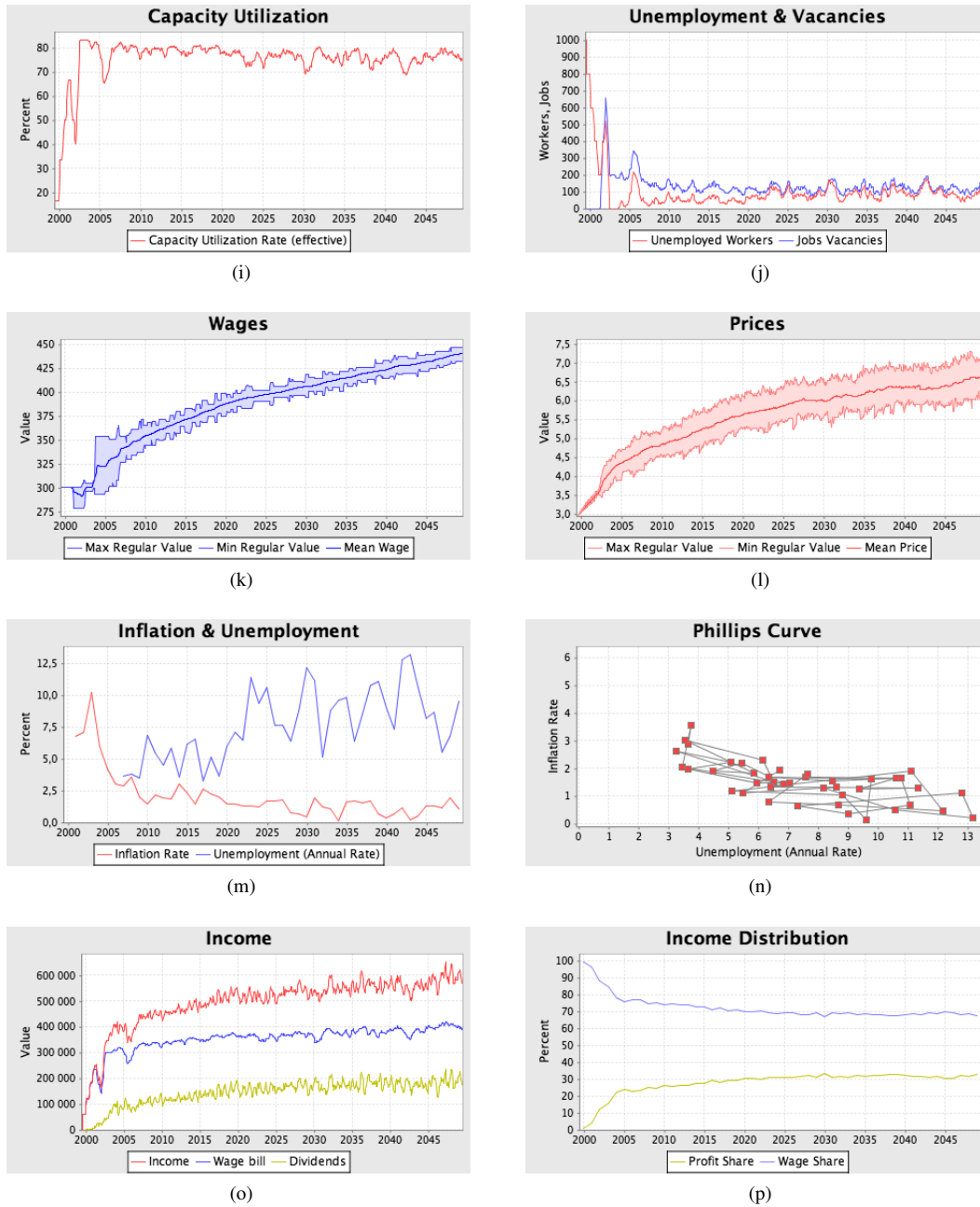


FIG. 2: Scénario 3.1 (scénario de référence)

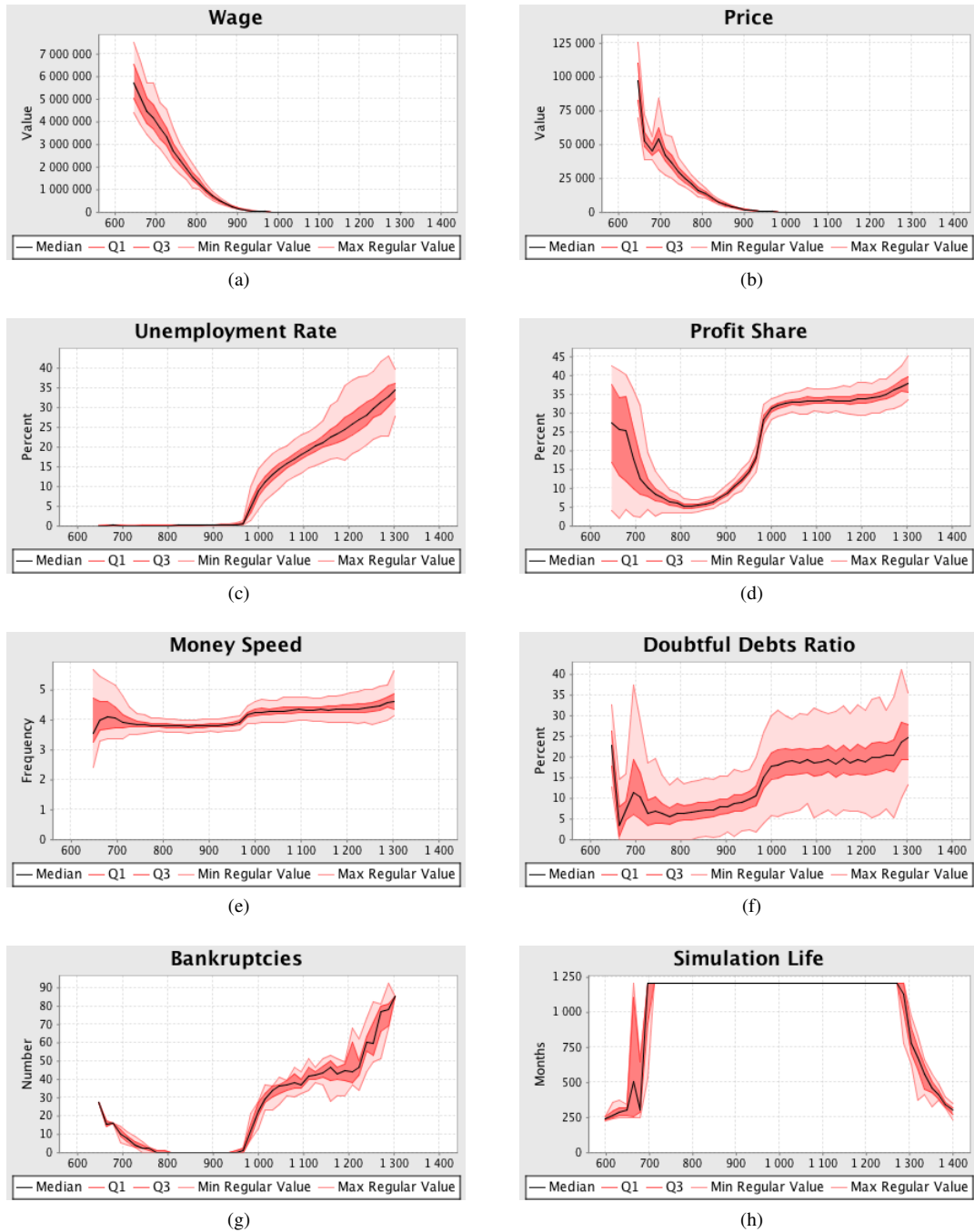


FIG. 3: Etude de sensibilité de $H = 600$ à $H = 1400$, $step = 16$, 10 simulations par $step$.

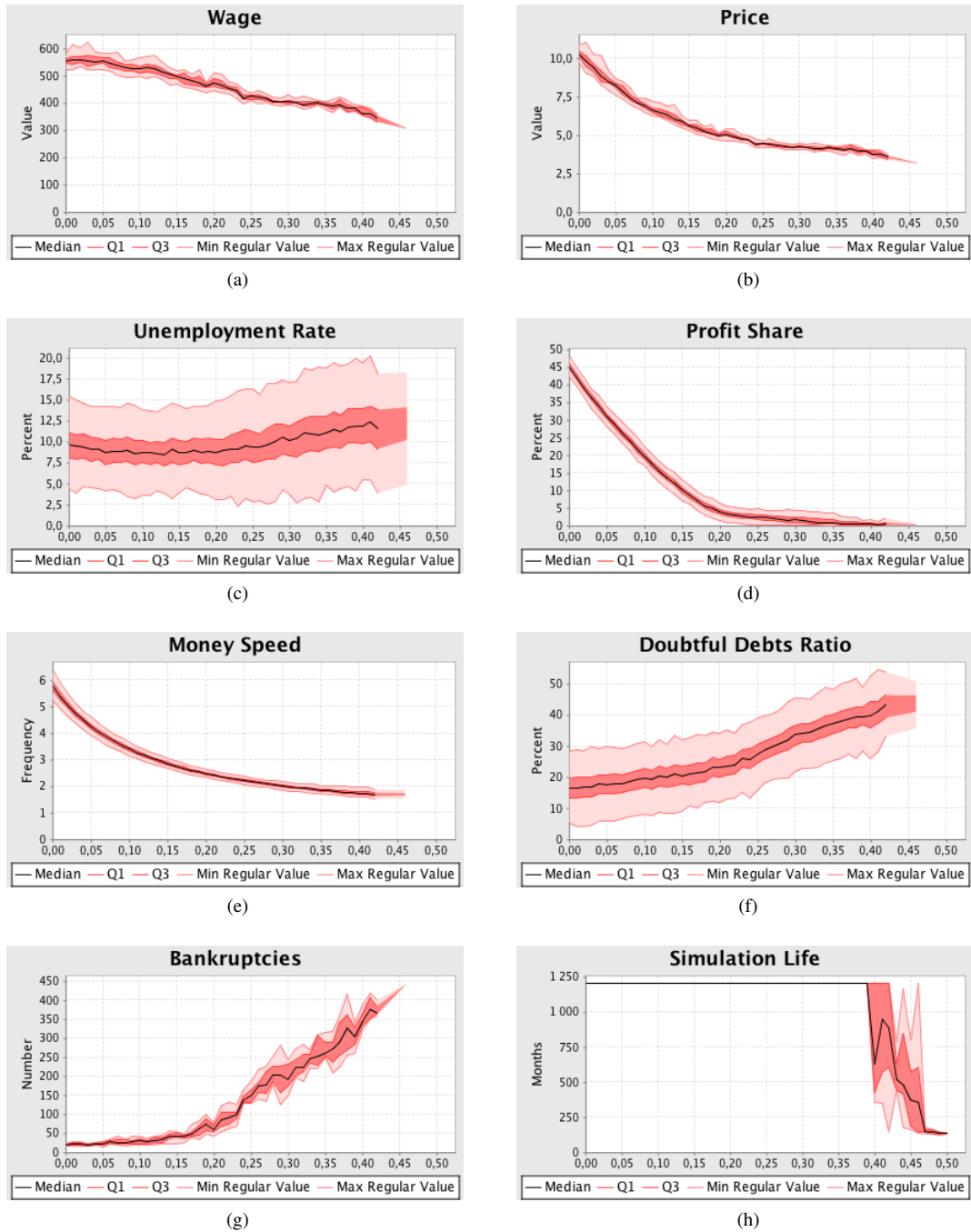


FIG. 4: Etude de sensibilité de $s = 0$ à $s = 0.5$, $step = 0.01$, 10 simulations par $step$.

1. Pour $H < 970$, il y a pénurie de main d'oeuvre. Le taux de chômage est quasi nul. Les salaires et les prix sont élevés. La part des profits est très faible. Néanmoins, le niveau des créances douteuses est limité, et les faillites disparaissent.
2. Pour $H > 970$, il y a excès de main d'oeuvre. Le taux de chômage s'élève avec le nombre de ménages. Les salaires et les prix restent stables. La part des profits est élevée. Le niveau des créances douteuses est plus volatil, et le nombre de faillites s'élève fortement.

Ces résultats montrent que, dans ce modèle, un des déterminants essentiels du partage du revenu global entre salaires et profits est le rapport qui s'établit entre les ménages et les entreprises sur le marché du travail. Lorsqu'il y a pénurie de main d'oeuvre, les salariés sont en position de force pour exiger des salaires plus élevés et, malgré l'inflation des prix, les entreprises ne parviennent pas à maintenir leur marge.

Propension à épargner On fait varier la propension à épargner des ménages de $s = 0$ à $s = 0.5$. Les figures 4a à 4h, page 17, donnent une représentation des résultats obtenus.

En faisant varier ainsi la propension à épargner des ménages, on modifie le rapport de l'offre et de la demande sur le marché des biens. Dans notre modèle, l'épargne des ménages est conservée sous forme d'un stock de monnaie, elle n'est pas placée. Elle constitue une résistance au mouvement de reflux de la monnaie des ménages vers les entreprises. Cette résistance se traduit par une baisse de la vitesse de la monnaie lorsque l'objectif d'épargne des ménages s'élève. L'affaiblissement de la demande se traduit par des prix moins élevés, une hausse du niveau des créances douteuses et du nombre des faillites. Au dessus d'un certain niveau ($s > 0.4$), le niveau d'épargne des ménages conduit le système à des crises de plus en plus précoces.

Ces résultats montrent que, dans ce modèle, le rapport qui s'établit entre ménages et entreprises sur le marché des biens est un autre déterminant essentiel du partage du revenu global entre salaires et profits. Plus les ménages laissent inactive une part élevée de leurs revenus, réduisant le niveau de la demande et la vitesse de la monnaie, moins les entreprises voient refluer rapidement vers elles la monnaie lancée dans le processus de production. La marge des entreprises s'effondre, et avec elle les dividendes distribués.

4 Rôle du système bancaire dans l'émergence d'une stabilité macroéconomique

Dans la section précédente, nous avons montré l'existence d'un ensemble de paramètres (regroupés dans notre scénario de référence) permettant au modèle de se reproduire de période en période. Les études de sensibilité ont montré l'existence d'un large domaine de viabilité du modèle autour des valeurs de ce scénario de référence. Elles ont montré aussi que le comportement macroéconomique du modèle était affecté par l'introduction de déséquilibres sur le marché des biens comme sur le marché du travail, et que le partage du revenu entre salaires et profits en était modifié (sans toutefois qu'on observe une part des profits supérieure à 45 pour cent, même pour les situations extrêmes les plus favorables aux entreprises). Dans un espace de paramètres plus restreint autour du scénario de référence, caractérisé par un équilibre relatif de l'offre et de la demande sur les deux marchés, le modèle montre une forte régularité de comportement illustrée par la stabilité du partage du revenu entre salaires et profits, avec une part des profits proche du tiers du revenu global.

Dans cette section, nous nous proposons d'étudier le rôle du système bancaire dans l'émergence de ces régularités.

1. Dans un premier temps, on modifie le scénario de référence en introduisant une entreprise non rentable, qui s'avère incapable de rembourser sa dette à la banque. On observe l'impact macroscopique de cette introduction avec un système bancaire vigilant (section 4.1).
2. Dans un deuxième temps, on altère le comportement de la banque de façon à ce qu'elle laisse croître la dette de l'entreprise non rentable sans jamais mettre celle-ci en faillite. On compare les résultats macroscopiques obtenus avec ceux du scénario précédent (section 4.2).

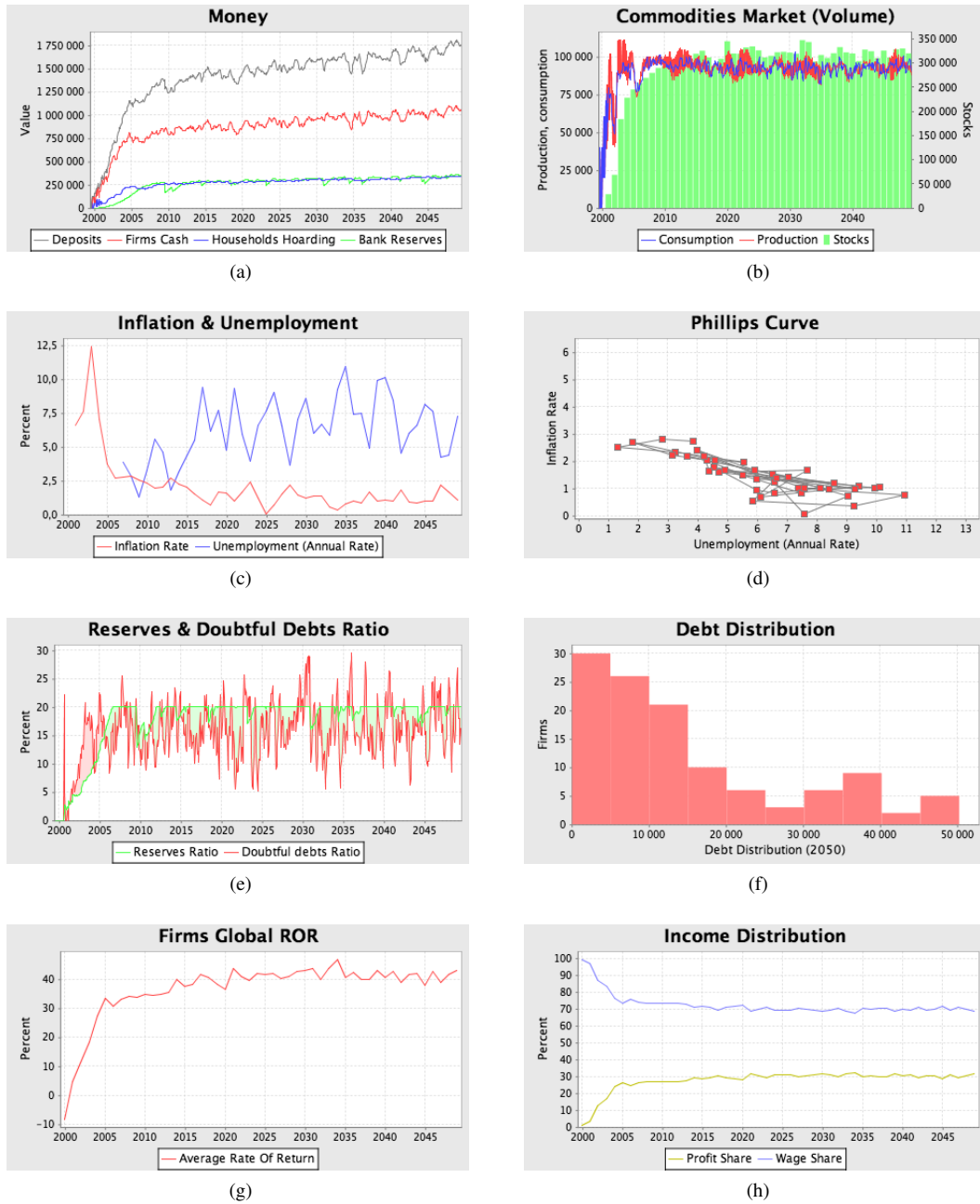


FIG. 5: Scénario 4.1 (introduction d'une entreprise non rentable)

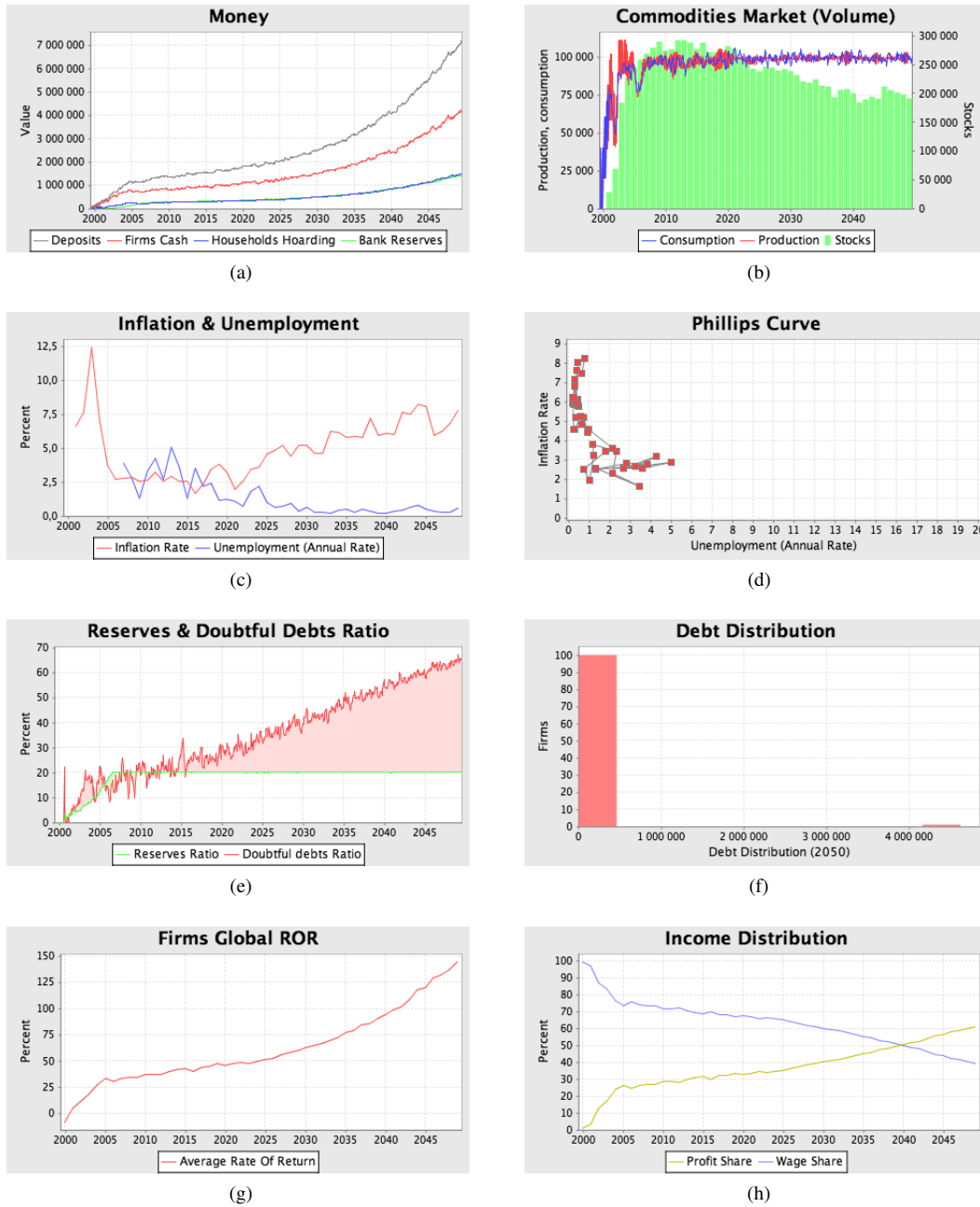


FIG. 6: Scénario 4.2 (dysfonctionnement du système bancaire)

4.1 Introduction d'une entreprise non rentable

Le scénario de référence est peuplé de 100 entreprises identiques du point de vue du stock de capital productif : même nombre de machines, même productivité. Chaque entreprise ne se distingue donc des autres que par ses variables d'état (niveau des stocks, dette, trésorerie...).

On modifie le scénario de base en introduisant une 101ème entreprise, dotée du même nombre de machines, mais d'une productivité très inférieure ($P_k = 60$ pour la 101ème entreprise, contre $P_k = 100$ pour les 100 autres). La productivité de cette dernière entreprise est si faible (inférieure de 40 pour cent à la productivité moyenne) que cette entreprise est incapable de dégager une marge positive, et qu'elle accumule les pertes. Elle se trouve donc rapidement dans l'incapacité de rembourser ses dettes à la banque et est liquidée. La banque met alors à contribution ses fonds propres pour assumer la destruction monétaire correspondante. Par ce mécanisme, nous l'avons vu, la banque est en mesure d'assurer le respect permanent du caractère éphémère de la monnaie circulant dans l'économie.

L'expérience est renouvelée tout au long de la simulation puisque, un an après chaque faillite, on crée une nouvelle entreprise semblable à l'entreprise disparue, et qui ne tarde pas à subir le même sort. Les figures 5a à 5h, page 19, montrent que cette modification du scénario de référence n'altère pas sensiblement le comportement macroéconomique du modèle. Certes les faillites sont plus fréquentes que dans le scénario de base, ce qui se traduit par un creusement, à intervalle régulier, des fonds propres de la banque et une interruption momentanée de ses dividendes. Mais les niveaux de la production et de la consommation, de l'inflation et du chômage, de la répartition des revenus ne sont pas affectés.

4.2 Dysfonctionnement du système bancaire

On modifie alors le comportement de la banque. Au lieu de laisser l'entreprise défaillante disparaître, elle accepte de lui prêter à nouveau les sommes manquantes. Si la contrainte de destruction monétaire à l'échéance est toujours respectée, c'est à présent non plus par une ponction sur les fonds propres de la banque, mais grâce à une création de monnaie nouvelle correspondant aux nouveaux prêts accordés. L'entreprise défaillante ne parvenant à rembourser les prêts anciens que grâce aux prêts nouveaux, elle se trouve engagée dans un schéma de Ponzi et sa dette ne cesse de s'accroître.

Les conséquences macroéconomiques de cette altération du comportement de la banque apparaissent sur les graphiques des figures 6a à 6h, page 20. Alors que les 15 premières années de la simulation ne laissent apparaître aucune différence notable avec le comportement du scénario précédent, les années suivantes révèlent une divergence croissante. La croissance de la masse monétaire est soutenue. La demande est élevée. Pour y faire face, les entreprises augmentent leur niveau de production sans parvenir à maintenir le niveau des stocks. Le chômage diminue et le nombre d'emplois vacants s'élève. Les prix augmentent à un rythme plus élevé que les salaires. Le mouvement inverse du taux de chômage et du taux d'inflation dessine une courbe de Phillips bien marquée, illustrant le cheminement de l'économie vers la surchauffe. L'augmentation du taux de marge des entreprises se traduit au niveau du revenu des ménages par l'explosion de la part des profits et par l'effondrement des salaires réels.

Cette déstabilisation du modèle trouve son explication dans la structure des actifs bancaires. Si on observe un gonflement de ces actifs, contrepartie de l'inflation de la masse monétaire, c'est essentiellement du fait de la croissance des créances douteuses qui atteignent, à la fin de la simulation, 65 pour cent de l'encours total. La répartition de la dette montre que cette mauvaise dette est essentiellement le fait d'une seule entreprise. Il s'agit évidemment de la 101ème entreprise, celle dont l'insuffisante productivité ne lui permet pas de rembourser normalement ses dettes.

L'accumulation des créances douteuses forme une bulle d'une telle ampleur que le système bancaire ne saurait supporter son apurement sur ses seuls fonds propres. Cette bulle se traduit simultanément par une création monétaire induite, dont l'effet sur l'économie réelle n'est pas neutre. En alimentant la demande de biens, elle soutient l'activité économique qui atteint son niveau maximal. La croissance des marges des entreprises et des dividendes versés à leurs propriétaires qui accompagnent cette activité soutenue, ne peut être interprétée comme le signe d'un bon fonctionnement de

l'économie considérée, mais plutôt comme le symptôme d'un dérèglement global, causé par le dysfonctionnement du système bancaire. Face à une telle situation, un décideur politique se trouverait placé devant l'alternative de laisser se poursuivre le gonflement de la bulle des crédits au risque d'une crise sociale provoquée par l'effondrement du salaire réel, ou de tenter de mettre fin à ce dérèglement, risquant ainsi une crise bancaire et un retournement de l'activité économique.

5 Conclusion

Notre objectif était de construire un modèle macroéconomique d'une économie dynamique et complexe dans laquelle monnaie et production sont étroitement liées. Pour cela, nous avons modélisé les sphères monétaires et réelles comme des collections d'objets — dépôts monétaires et biens réels — par la manipulation desquels les agents entrent en relation. Les règles de création, de transfert et de destruction de ces objets s'imposent aux agents. Dans la sphère réelle, ce sont les règles physiques qui délimitent les conditions de la production, du transfert et de la consommation de la force de travail et des marchandises. Dans la sphère monétaire, c'est au système bancaire qu'il revient de faire respecter les règles de création, de transfert et de destruction de la monnaie. C'est ainsi que nous avons construit un modèle multi-agents d'économie monétaire de production avec monnaie endogène. Dans ce modèle, toute la monnaie est une monnaie scripturale, créée par le crédit bancaire pour le financement de la production, et détruite lors du remboursement du crédit.

Nous avons montré que, dans l'espace des paramètres du modèle, il existait un large ensemble de valeurs lui permettant de se reproduire de période en période selon un comportement présentant de fortes régularités. Parmi ces régularités, la stabilité de long terme de la répartition du revenu des ménages entre salaires et profits nous est apparue comme la plus remarquable. Par des études de sensibilité, nous avons montré que le niveau auquel s'établissait cette répartition dépendait des rapports entre entreprises et ménages sur les marchés du travail et des biens.

Nous avons alors altéré une première fois le modèle, en y introduisant une entreprise non rentable. Cette entreprise s'avère incapable de rembourser à l'échéance les sommes dues, qui vont donc continuer à circuler dans la sphère monétaire sans que la banque ne puisse les récupérer pour les détruire. La banque sanctionne alors l'entreprise défaillante en la faisant disparaître. Mais la banque assume aussi sa part de responsabilité en utilisant ses fonds propres pour permettre la destruction de la monnaie indûment créée. On constate que les régularités macroéconomiques du modèle ne sont pas affectées par l'introduction d'une entreprise non rentable.

En revanche, si la banque ne mesure pas les risques encourus et accorde sans cesse de nouveaux crédits qui ne pourront être remboursés, alors les règles de fonctionnement de la sphère monétaire sont profondément altérées. La destruction monétaire n'est plus assurée qu'au prix d'une création monétaire sans cesse croissante. Cette monnaie nouvelle n'a pas de contrepartie dans la sphère réelle et se traduit par la formation d'une bulle de créances douteuses.

Le risque croissant supporté par le système bancaire, au delà de ce que ses fonds propres lui permettent, traduit une disjonction croissante des sphères réelle et monétaire. La monnaie indûment créée alimente l'inflation des profits, lesquels soutiennent la demande et l'activité, donnant l'illusion d'une économie en bonne santé. En réalité, loin de refléter une plus grande efficacité du système, cette hausse des profits constitue avec la baisse du salaire réel la manifestation la plus sensible d'un dérèglement profond.

Ces résultats mettent en évidence le rôle essentiel du système bancaire — chargé d'assurer le respect des règles de création et de destruction de la monnaie — dans l'émergence d'une stabilité macroéconomique. Cette conclusion ne vaut évidemment que dans les limites du modèle, celui d'une économie virtuelle dans laquelle :

- il n'y a ni marché financier, ni investissement réel,
- le système bancaire est représenté par une banque unique,
- il n'y a pas d'échanges avec l'extérieur.

Le relâchement de chacune de ces trois hypothèses constitue autant de pistes de travail.

Références

- [1] W. Brian Arthur. Out-of equilibrium economics and agent-based modeling. In Leigh Tesfatsion and Kenneth L. Judd, editors, *Handbook of computational economics*, volume 2. Elsevier/North-Holland, Amsterdam, 2006.
- [2] Olivier Brandouy, Bruno Beaufile, and Mathieu Philippe. Les marchés financiers artificiels. *Revue Française de Gestion*, juillet 2006.
- [3] Charlotte Bruun. Agent-based keynesian economics - simulating a monetary production system bottom-up. Aalborg University, juin 1999.
- [4] André Chaîneau. *Mécanismes et politique monétaires*. Quadrige/Presses universitaires de France, Paris, 2000.
- [5] Christian Descamps and Jacques Soichot. Monnaie endogène et réglementation prudentielle. In Pierre Piégay and Louis-Philippe Rochon, editors, *Théories monétaires Post Keynésiennes*. Economica, Paris, 2003.
- [6] Peter Howitt. Macroeconomics with intelligent autonomous agents. In Roger Farmer, editor, *The Small and the Large : Essays on Microfoundations, Macroeconomic Applications and Economic History in Honor of Axel Leijonhufvud*. Edward Elgar, Cheltenham, 2008.
- [7] Blake LeBaron and Leigh Tesfatsion. Modeling macroeconomics as open-ended systems of interacting agents. *American Economic Review : Papers and Proceedings*, 2(98), 2008.
- [8] Axel Leijonhufvud. Agent-based macro. In Leigh Tesfatsion and Kenneth L. Judd, editors, *Handbook of computational economics*, volume 2. Elsevier/North-Holland, Amsterdam, 2006.
- [9] Basil J. Moore. L'endogénéité de l'offre de monnaie : fixe-t-on le prix ou la quantité des réserves ? In Pierre Piégay and Louis-Philippe Rochon, editors, *Théories monétaires Post Keynésiennes*. Economica, Paris, 2003.
- [10] Pierre Piégay and Louis-Philippe Rochon. Monnaie endogène et économies monétaires de production : l'apport des théories monétaires post keynésienne. In Pierre Piégay and Louis-Philippe Rochon, editors, *Théories monétaires Post Keynésiennes*. Economica, Paris, 2003.
- [11] Juliette Rouchier. Agent-based simulation as a useful tool for the study of markets. Groupement de Recherche en Economie Quantitative d'Aix-Marseille, octobre 2008.
- [12] Pascal Seppecher. Un modèle macroéconomique multi-agents avec monnaie endogène. Groupement de Recherche en Economie Quantitative d'Aix-Marseille, mars 2009.
- [13] Leigh Tesfatsion. Agent-based computational modelling and macroeconomics. Department of Economics, Iowa State University, Ames, Iowa, 2005.
- [14] Nicolaas J. Vriend. ACE models of endogenous interaction. In Leigh Tesfatsion and Kenneth L. Judd, editors, *Handbook of computational economics*, volume 2. Elsevier/North-Holland, Amsterdam, 2006.
- [15] L. Randall Wray. L'approche post-keynésienne de la monnaie. In Pierre Piégay and Louis-Philippe Rochon, editors, *Théories monétaires Post Keynésiennes*. Economica, Paris, 2003.