



Monnaie endogène et agents hétérogènes dans un modèle stock-flux cohérent

Pascal Seppecher

► To cite this version:

Pascal Seppecher. Monnaie endogène et agents hétérogènes dans un modèle stock-flux cohérent. POLITICAL ECONOMY AND THE OUTLOOK FOR CAPITALISM (AHE, AFEP, IIPPE - JOINT CONFERENCE), Jul 2012, Paris, France. hal-01071391v1

HAL Id: hal-01071391

<https://hal.univ-cotedazur.fr/hal-01071391v1>

Submitted on 4 Oct 2014 (v1), last revised 17 Jul 2017 (v2)

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Monnaie endogène et agents hétérogènes dans un modèle stock-flux cohérent

Pascal Seppecher *

5 juillet 2012

Résumé

La théorie monétaire de la production, parce qu'elle s'attache à explorer les mécanismes du flux et du reflux de la monnaie dans le système économique, constitue un point d'appui essentiel pour une approche de la macroéconomie basée sur les interactions entre les agents. Cependant cette théorie s'appuie sur une représentation abstraite du temps et de l'enchaînement des interactions individuelles. Elle débouche sur des modèles irréalistes, incapables de rendre compte de façon satisfaisante de catégories aussi essentielles que le profit et l'intérêt.

Les techniques de modélisation multi-agents permettent de s'affranchir des limites des modèles analytiques traditionnels. Nous décrivons la construction d'un modèle d'économie monétaire réellement dynamique, peuplé d'agents multiples, autonomes et hétérogènes en interaction directe et décentralisée, tout en respectant rigoureusement la cohérence des stocks et des flux. Par la simulation, nous observons l'émergence de dynamiques macroéconomiques complexes qui montrent que ce modèle, en donnant un contenu concret aux principes essentiels de la théorie monétaire de la production, permet d'en dépasser les contradictions.

JEL codes : C63, E12, E27, E37

*Université de Nice Sophia Antipolis (France). Email : pascal.seppecher@unice.fr
Le modèle présenté est implémenté sous la forme d'une application Java exécutable en ligne à l'adresse : http://hp.gredeg.cnrs.fr/Pascal_Seppecher/jamel/index.php.

Mots clés : Agent-based Computational Economics, Endogenous Money, Stock-Flow Consistent Modeling.

Table des matières

1	Introduction	3
2	Pour une macroéconomie monétaire dynamique et complexe	4
2.1	La théorie monétaire de la production	4
2.2	Le paradoxe des profits	5
2.3	Une solution interne au paradoxe	7
2.4	Vers un circuit dynamique et complexe	9
3	Un modèle multi-agents d'économie monétaire	15
3.1	Un modèle macro peuplé de modèles micro	15
3.2	Des agents réactifs dans un environnement complexe	16
3.3	Un modèle respectant la cohérence des stocks et des flux	17
4	Simulation	19
4.1	Marché des biens	20
4.2	Marché du travail	21
4.3	Banque	21
4.4	Principaux résultats	21
5	Conclusion	23

Il est temps de descendre d'un degré dans l'abstraction et de se rapprocher de systèmes moins irréels.

Le Bourva (1962)

1 Introduction

Pour construire un modèle macroéconomique doté de solides fondations microéconomiques, il n'est pas raisonnable de se contenter de considérer seulement l'aspect réel de l'activité économique. Parce que les interactions entre les agents économiques sont simultanément réelles et monétaires, un modèle qui chercherait à reconstruire les conditions de l'émergence de dynamiques macroéconomiques réalistes devrait non seulement modéliser la production, l'échange et la consommation de marchandises, mais aussi la création, la circulation et la destruction de la monnaie. La théorie monétaire de la production, parce qu'elle s'attache à explorer les mécanismes du flux et du reflux de la monnaie dans le système économique, constitue un point d'appui essentiel pour une approche de la macroéconomie basée sur les interactions entre les agents.

Dans la section 2, nous montrons cependant que la théorie monétaire de la production, parce qu'elle s'appuie sur une représentation très abstraite du temps et de l'enchaînement des interactions entre les agents, ne peut déboucher que sur des modèles très irréalistes, incapables de rendre compte de façon satisfaisante de catégories aussi essentielles que le profit et l'intérêt.

Dans la section 3, nous montrons que les techniques de modélisation multi-agents permettent de s'affranchir des limites des modèles traditionnels du circuit de la monnaie. Nous décrivons la construction d'un modèle d'économie monétaire réellement dynamique, peuplé d'agents multiples, autonomes et hétérogènes en interaction directe et décentralisée, tout en respectant rigoureusement la cohérence des stocks et des flux.

Dans la section 4, nous observons, par la simulation, l'émergence de dynamiques macroéconomiques complexes qui montrent que ce modèle, en donnant un contenu concret aux principes essentiels de la théorie monétaire de la production, permet de dépasser les contradictions traditionnelles de cette théorie.

2 Pour une macroéconomie monétaire dynamique et complexe

Dire que la monnaie n'est pas neutre, c'est affirmer qu'on ne peut faire abstraction des interactions monétaires sans modifier profondément les propriétés de l'économie modélisée. Dans la sphère réelle, les interactions entre agents ne se résument pas à la circulation des marchandises, mais intègrent la production et la consommation de ces marchandises. De même, dans la sphère monétaire, les interactions entre les agents doivent intégrer non seulement la circulation de la monnaie, mais aussi les processus de création et de destruction de cette monnaie.

2.1 La théorie monétaire de la production

L'enjeu est de construire un modèle macroéconomique capable de rendre compte de ce dualisme du réel et du monétaire. Pour cela nous nous tournons vers l'approche post-keynésienne qui a développé, avec la théorie monétaire de la production, une pensée articulée centrée sur les interactions monétaires entre secteurs économiques. Des travaux des auteurs post-keynésiens se dégagent trois notions essentielles, à la fois simples et réalistes, qui permettent de donner un contenu plus concret au principe de non-neutralité de la monnaie. L'économie que nous voulons modéliser est :

- une *économie monétaire de production* : le processus de production prend du temps et les entreprises ont besoin de finance pour lancer ce processus, essentiellement pour le paiement des salaires (Keynes 1923 [1971], Graziani 2003a, Godley et Lavoie 2007) ;
- une *économie avec monnaie endogène* : la monnaie n'est pas une marchandise mais un nombre inscrit sur les livres de compte de la banque, elle est créée par le crédit bancaire selon le principe « les crédits font les dépôts » (Graziani 2003b, p. 82). Dans une telle économie, la quantité de monnaie qui circule « est déterminée de manière *endogène* par la demande de crédit bancaire émanant des forces du marché » (Moore 2003, p. 41) ;
- une *économie d'entrepreneurs* : les entreprises sont guidées par le motif de profit, et ce profit est monétaire. Chaque entreprise « n'a d'autre objectif que d'obtenir au bout du compte plus d'argent qu'[elle] n'en avait au départ » (Keynes 1933 [1979], p. 89).

L'approche du *circuit de la monnaie* rassemble, parmi les auteurs proches de la pensée postkeynésienne, ceux qui se sont attachés à construire des modèles formels d'économie monétaire à partir des mêmes notions (Schmitt 1972, Parguez 1975, Poulon 1982, Graziani 1990). Les auteurs de ce courant prennent explicitement en compte le fait que la monnaie est créée par les banques dans leur activité de crédit aux entreprises, et que cette monnaie disparaît dans le remboursement du crédit. En suivant le parcours de la monnaie entre ces deux instants, ils s'efforcent de retracer les interactions réelles et monétaires entre les groupes d'agents (banques, entreprises, ménages) qui composent le modèle. Bien que le formalisme utilisé par ces auteurs soit un formalisme mathématique classique, leur analyse repose sur une description séquentielle des interactions économiques — aux antipodes des analyses d'équilibre général.

2.2 Le paradoxe des profits

La structure temporelle du circuit de la monnaie — qui prend la forme d'un véritable algorithme définissant l'enchaînement des interactions monétaires entre les secteurs économiques — doit être compatible avec la reproduction et le développement du système économique dans son ensemble. Elle doit donc permettre, de période en période, que les entreprises réalisent en moyenne des profits et, par là, soient en moyenne capables de payer l'intérêt dû aux banques. Or, dans la version de base du circuit de la monnaie, il est impossible d'observer la formation d'un profit monétaire macroéconomique ni le paiement de l'intérêt en monnaie :

« One of the unresolved problems in the theory of the monetary circuit is the monetary realization of business profits and the monetary payment of bank interest at the macroeconomic level. »
(Messori et Zazzaro 2004, p. 1)

Résumons le problème en quelques mots : si toute la monnaie qui circule dans l'économie y a été introduite par les entreprises pour le paiement des salaires, alors les entreprises — considérées comme un tout — ne peuvent voir s'exprimer en termes monétaires une demande supérieure à leurs coûts de production. Au mieux, les entreprises récupèrent intégralement leurs avances, mais jamais plus — du moins en moyenne¹. Pareillement, si toute cette

1. Certaines entreprises peuvent réaliser des profits, mais il faut alors que d'autres réalisent des pertes pour un montant équivalent.

monnaie a été créée par le crédit bancaire, les banques ne peuvent jamais voir refluer vers elles des sommes supérieures à ce qu'elles ont initialement prêté. Au mieux, elles récupèrent intégralement ces sommes, mais jamais plus — là encore en moyenne².

« If money is created from bank credit, how can we explain profits if firms borrow just enough to cover wages that are simply spent on consumption goods and returned to firms to extinguish their initial debt? Indeed, not only are firms unable to create profits, they also cannot raise sufficient funds to cover the payment of interest. In other words, how M become M' ?³ » (Rochon 2005, p. 125)

En somme, le circuit est le modèle d'une *économie monétaire de production* puisque la production commence et finit en monnaie, mais il n'est pas le modèle d'une *économie d'entrepreneurs* puisque les entreprises ne peuvent collectivement retirer plus de la circulation que ce qu'elles y ont jeté. Le circuit monétaire est toujours en crise et, comme le fait remarquer Parguez (2004, p. 258), l'économie modélisée n'est pas une économie capitaliste.

Les circuitistes, bien sûr, ont très tôt pris conscience des difficultés posées par le paradoxe des profits et cela a donné lieu à une abondante littérature. De très nombreuses solutions ont été envisagées. Certains auteurs font appel aux faillites d'une partie des entreprises pour expliquer les succès des autres (Messori et Zazzaro 2004), tandis que d'autres auteurs proposent de considérer le profit monétaire comme une illusion (Bruun et Heyn-Johnsen 2009). Mais la plupart des auteurs, constatant que le circuit de base formé par l'enchaînement *crédit à la production* → *salaires* → *consommation* → *remboursement du crédit* ne permet pas la formation du profit monétaire et le paiement de l'intérêt, estiment qu'une seconde source de création monétaire

2. Si certaines entreprises réussissent à payer l'intérêt dû sur les crédits, c'est que d'autres n'ont pas réussi à rembourser intégralement leurs créances ; les profits et les pertes du secteur bancaire se compensent alors exactement.

3. L'auteur fait référence à Marx et au schéma du circuit du capital $M - C - M'$. En effet, Marx rencontre le même problème pour rendre compte de la réalisation des profits : « La classe capitaliste reste donc le seul point de départ de la circulation de l'argent. Quand elle a besoin de 400 l. st. pour payer des moyens de production et de 100 l. st. pour payer la force de travail, elle jette 500 l. st. dans la circulation. [...] La plus value contenue dans le produit est égale à une valeur de 100 l. st. Comment peut-on retirer continuellement 600 l. st. de la circulation, où l'on ne jette continuellement que 500 ? Rien ne vient de rien. La classe totale des capitalistes ne peut retirer de la circulation ce qui n'y avait pas été jeté. » (Marx 1885 [1977], p. 292-293)

est nécessaire. Selon les auteurs, cette seconde source peut être le crédit à l'investissement des entreprises (Rochon 2005), le crédit à la consommation des ménages (Ségura 1995) ou le déficit budgétaire du secteur public (Parguez 2003, Forges Davanzati et Realfonzo 2005).

Nous ne voulons pas examiner ici chacune de ces propositions. Toutes, quelles que soient les difficultés nouvelles qu'elles entraînent, présentent un intérêt théorique. Nous nous contentons de donner la raison essentielle pour laquelle nous n'en retenons aucune pour notre projet. L'objectif de départ des circuitistes était de rendre compte de l'économie monétaire de production. Dans le projet initial, la monnaie est endogène, c'est une monnaie de crédit nécessaire à la mise en oeuvre de la production. La recherche de sources de création monétaire accessoires pouvant permettre la formation du profit et le paiement de l'intérêt conduisent les auteurs du circuit à s'écarter de ce schéma originel.

Le profit et l'intérêt sont des phénomènes essentiels des économies de marché. Si les fondements de la théorie monétaire de la production sont valides, alors il doit être possible de construire un modèle rendant compte du profit monétaire et du paiement de l'intérêt, sans recourir à d'autres sources de création monétaire que celle nécessaire au financement de la seule production⁴.

2.3 Une solution interne au paradoxe

Dans un papier récent, Zezza (2011) pose à nouveau la question de la réalisation des profits :

« [...] in the best case scenario, where firms have recovered from sales all the money paid out in wages, and the initial amount of newly created money gets entirely destroyed, where do firms get the cash to pay for interest? And how can they possibly get a monetary profit? » (Zezza 2011, p. 1-2)

Comme nous, Zezza pense qu'aucune des nombreuses solutions proposées jusque là n'est pleinement satisfaisante :

« [...] none seemed entirely satisfactory, since more contributions on the same topic continue to appear. » (Zezza 2011, p. 4)

4. Ce qui ne signifie pas que, dans le monde réel, il n'existe pas d'autres sources de création monétaire susceptibles de venir compliquer ce schéma.

Zeza présente alors un petit modèle numérique de circuit de la monnaie dans lequel les entreprises font du profit et paient les intérêts dus aux banques. Ce modèle nous intéresse parce qu'il est le modèle d'une économie monétaire de production au sens strict : toute la monnaie qui circule dans cette économie est créée par la banque pour le financement de la production ; il n'y a pas de second circuit monétaire qui se superposerait au circuit de base pour permettre la réalisation des profits.

Le tableau 1 (page 25) reproduit ce petit modèle numérique. Ce modèle présente certaines particularités qui le distinguent des modèles classiques de circuit :

- la durée du cycle de production est inférieure à la durée du crédit (dans les modèles classiques ces deux durées sont égales) ;
- le secteur des entreprises est désagrégé, faisant apparaître la dépense des profits des entrepreneurs sur le marché des biens (dans les modèles classiques le secteur des entreprises est agrégé, la dépense des profits n'est pas prise en compte — et pour cause!) ;
- l'intérêt est payé avant la fin de la période et dépensé sur le marché des biens (dans les modèles classiques l'intérêt doit être payé en fin de période, une fois clos le marché des biens).

Ce faisant, Zeza entend montrer qu'il est nécessaire que la dépense des profits soit prise en compte dans le circuit : c'est une nécessité à la fois logique et comptable. Si ce n'est pas le cas, les profits (profits des entreprises et des banquiers) constituent une fuite hors du circuit de la monnaie. Cela nous renvoie au principe kaleckien selon lequel « les capitalistes gagnent ce qu'ils dépensent ». En effet, dans le modèle de Zeza, on voit que les entrepreneurs et les banquiers n'attendent pas la fin de la période et l'écoulement de la totalité des stocks pour dépenser les profits, et que si jamais ils attendaient la fin de la période pour le faire, le paradoxe des profits resurgirait.

Le relâchement des hypothèses restrictives du circuit classique ne porte pas seulement sur la durée du cycle de la production (durée séparant l'entrée de la force de travail dans l'entreprise de la sortie de la marchandise de l'entreprise) et sur la durée du circuit de la monnaie (durée séparant la création de la monnaie par le crédit bancaire de sa destruction dans le remboursement de ce crédit) mais aussi sur la durée du cycle de la consommation (durée séparant le versement du revenu de sa dépense). Dans le modèle de Zeza, c'est parce qu'une unité monétaire peut être dépensée deux fois (une fois comme dépense sur salaire, une fois comme dépense sur profit) que le profit est possible.

« Some authors have suggested that monetary profits can be realized in the [theory of monetary circuit] only if the velocity of circulation is greater than one. This is indeed the case, since the same bank notes will be used once by wage earners, and a second time by capitalists or bankers. » (Zezza 2011, p. 7)

A partir du modèle très simple de Zezza, on s'aperçoit que le modèle classique du circuit est en réalité composé d'au moins trois circuits distincts :

- le circuit de la production, par lequel les forces de travail sont transformées en marchandises — circuit situé dans la sphère réelle ;
- le circuit de la monnaie proprement dit, par lequel la monnaie de crédit est injectée puis retirée de l'économie — circuit situé dans la sphère monétaire ;
- le circuit de la consommation, par lequel les revenus sont transformés en marchandises (point de vue des ménages) et les marchandises en revenus (point de vue des entreprises) — circuit reliant les sphères réelle et monétaire.

Dans la théorie du circuit monétaire, ces trois circuits ne sont pas clairement distingués, parce que leurs vitesses de circulation respectives sont supposées égales. C'est une hypothèse simplificatrice, car il n'y a aucune raison de penser que ce soit le cas dans le monde réel. C'est certainement aussi une hypothèse réductionniste, car il y a tout lieu de penser — c'est en tout cas ce que nous montre le modèle de Zezza — que ces différentes vitesses jouent un rôle déterminant dans les propriétés du système. Le modèle classique du circuit n'apparaît plus que comme un cas particulier d'une classe plus générale de modèles dans lesquels les différentes vitesses de circulation seraient des paramètres.

2.4 Vers un circuit dynamique et complexe

Nous savons à présent qu'il est possible de construire un modèle de circulation de la monnaie et d'y observer profit et paiement de l'intérêt, sous réserve de distinguer les durées caractérisant la circulation des grandeurs réelles et monétaires. Malgré ces avancées importantes, le modèle de Zezza reste limité par certaines contraintes propres à la théorie du circuit monétaire. La construction d'un modèle de circuit réellement dynamique passe par l'abandon des dernières hypothèses simplificatrices qui placent le circuit hors

du temps concret⁵, en particulier :

- l’usage d’une période abstraite, unique et refermée sur elle-même,
- la synchronisation des actions individuelles.

Un circuit dynamique : On a vu que l’une des hypothèses centrales de la théorie du circuit monétaire est celle de l’économie monétaire de production, selon laquelle le processus de production prend du temps : parce que la production prend du temps les entreprises doivent payer les salaires en avance, et c’est pour le financement de la production que la monnaie est créée par le crédit bancaire aux entreprises.

Selon Henry et Seccareccia :

« L’acte de production est un processus qui se déroule dans le temps historique. Cependant, la production peut fort bien être analysée dans le *temps logique*, lorsque le processus qui la sous-tend se reproduit à l’identique d’une période à l’autre. La notion de temps logique correspond à celle de “temps circulaire” chez les physiciens. Dans le temps logique, il ne peut survenir *aucun changement endogène* dans le système étudié ; c’est d’ailleurs la raison pour laquelle toutes les observations relevées ou mesures prises sur un système en équilibre dans le temps logique sont indépendantes du temps historique. Dans un tel cadre analytique, le découpage du temps en périodes de longueur définie ne peut être que tout à fait arbitraire, car chaque période de reproduction ne peut être que l’image parfaite des précédentes. C’est la raison pour laquelle l’on peut dire que se situer “dans le temps logique” revient à se situer “hors du temps”. » (Henry et Seccareccia 1982, p. 7)

En somme, dans le temps logique, une seule période est représentative de toutes les autres. Or la théorie du circuit monétaire s’appuie précisément sur une représentation de la période totalement abstraite, refermée sur elle-même, isolée du passé dont elle ne reçoit rien comme du futur à qui elle ne

5. Selon Lavoie (1987, p. 37), Robinson (1962) « a défini deux concepts du temps : le temps historique et le temps logique (. . .) Le temps historique est le temps qui correspond à la véritable évolution de nos économies. C’est le temps du vécu, le temps du concret, le temps irréversible ; le temps où chaque décision aura des répercussions irrémédiables sur l’avenir. Le temps logique est le temps de l’éternité, le temps de l’abstrait, le temps réversible ; le temps où le passé et le futur se confondent. C’est malheureusement le temps de la plupart des modèles économiques. »

transmet rien. On peut alors se demander si, enfermé dans un cadre aussi étroit, le processus de production prend *réellement* du temps.

Dans tous les modèles fidèles à la théorie du circuit monétaire, une fois que les salaires sont versés (en début de période), les travailleurs sont contraints d'attendre la fin du processus de production (en fin de période) pour pouvoir consommer. Pourquoi cela ? Parce qu'en début de période, au moment où les travailleurs sont payés, aucun produit n'est encore disponible. Les travailleurs ne peuvent donc dépenser leurs salaires que dans l'achat de la production pour laquelle ils ont été payés. Ainsi, bien que la théorie du circuit monétaire insiste si fortement sur l'idée que la production prend du temps, cette durée n'excède pas celle pendant laquelle les salariés peuvent patienter sans consommer.

Cette représentation des enchaînements réels et monétaires au sein de la période n'est pas seulement irréaliste ; elle est contradictoire avec la notion même d'économie monétaire de production. En effet, si les salariés pouvaient attendre la fin du processus de production sans consommer, ils n'auraient pas besoin d'être payés en avance ; ils pourraient se contenter d'un engagement de paiement — par exemple en bons sur le produit à venir⁶. L'économie ne serait pas une économie monétaire puisque la monnaie se caractérise par sa liquidité.

« [...] the use of money must give rise to an immediate and final payment and not to a simple commitment to make a payment in the future [...] » (Graziani 2003b, p. 60)

Par conséquent, pour construire un modèle cohérent avec les hypothèses fon-

6. Pour Marx (1847 [1976], p. 17) : « Prenons le premier ouvrier venu, par exemple, un tisserand. Le capitaliste lui fournit le métier à tisser et le fil. Le tisserand se met au travail et le fil devient de la toile. Le capitaliste s'approprie la toile et la vend 20 marks par exemple. Le salaire du tisserand est-il alors une part de la toile, des 20 marks, du produit de son travail ? Pas du tout. Le tisserand a reçu son salaire bien avant que la toile ait été vendue et peut-être bien avant qu'elle ait été tissée [...] Le salaire n'est donc pas une part de l'ouvrier à la marchandise qu'il produit. Le salaire est la partie de marchandises déjà existantes avec laquelle le capitaliste s'approprie par achat une quantité déterminée de force de travail productive. » Et plus loin : « L'ouvrier reçoit du capitaliste une partie des moyens de subsistance existants. A quoi lui servent ces moyens de subsistance ? A sa consommation immédiate. Mais dès que je consomme des moyens de subsistance, ils sont irrémédiablement perdus pour moi, à moins que j'utilise le temps pendant lequel ces moyens assurent mon existence pour produire de nouveaux moyens de subsistance, pour créer par mon travail de nouvelles valeurs à la place des valeurs que je fais disparaître en les consommant. » (Marx 1847 [1976], p. 31)

damentales de la théorie monétaire de la production, il ne suffit pas de supposer que les salaires sont payés en avance, il faut encore admettre que :

- la production prend réellement du temps — par exemple en s'étalant sur plusieurs périodes ;
- les travailleurs ne peuvent attendre la fin du processus de production pour dépenser leurs salaires ;
- il existe en début de période des marchandises dont la production est achevée ou quasi-achevée et sur lesquelles se porte la dépense des salaires de la période ; ces marchandises sont nécessairement le produit de la dépense de la force de travail au cours de périodes antérieures.

On ne peut donc pas, dès qu'on cherche à prendre en compte le fait que la production prend réellement du temps, continuer à raisonner dans le cadre abstrait de la période isolée⁷. Au contraire, chaque période doit être reliée à la période antérieure et à la période suivante par des transferts de produits — finis et non finis. Nous allons voir dans la section suivante qu'il doit en être de même pour la monnaie.

Un circuit complexe : Une autre difficulté logique propre au circuit classique se situe cette fois-ci en fin de période, après le remboursement des crédits, au moment dit de la « clôture » du circuit. A cet instant-là, dans la théorie du circuit monétaire, toute la monnaie doit avoir reflué vers la banque pour disparaître dans le remboursement du crédit.

« The logical closure of the circuit therefore requires that all income is spent [...] » (Zezza 2011, p. 8)

Tout retard dans la dépense des ménages vient s'opposer à la clôture du circuit. Le problème posé par l'épargne des ménages a pris une place très importante dans la littérature du circuit de la monnaie car, tout comme le paradoxe des profits, il révèle une contradiction essentielle entre la théorie du circuit monétaire et le monde réel dans lequel la préférence pour la liquidité des ménages ne pose *en général* pas de problème.

7. A notre connaissance, Dupont et Reus (1989) sont les premiers chercheurs à avoir tenté de construire un modèle de circuit dynamique dans lequel la production prend réellement du temps, en distinguant la durée de production de la périodicité des salaires : « Le temps de production fait que, si l'activité donne lieu immédiatement à la rémunération de facteurs, elle ne se matérialise que tardivement sous forme de produits finis. [...] Deux durées caractérisent l'activité productive : le temps d qui sépare deux versements de revenus de facteurs, et le temps D d'achèvement des produits. » (Dupont et Reus 1989, p. 89–90)

Le problème posé à la théorie du circuit monétaire par l'épargne des ménages est très semblable à celui posé par l'intérêt payé aux banques, puisqu'il apparaît comme une fuite de la monnaie hors du circuit et s'oppose dès lors à sa clôture logique. Cependant, les solutions que Zezza a mises en oeuvre pour résoudre la question du profit et de l'intérêt sont selon lui inopérantes face au problème de l'épargne :

« [...] assumptions about velocity alone are insufficient to close the circuit by extinguishing the initial loan. » (Zezza 2011, p. 8)

Pour nous, encore une fois, la difficulté posée par l'épargne des ménages trouve sa source dans une des hypothèses simplificatrices de la théorie du Circuit : celle de la clôture du circuit par le reflux simultané de toutes les unités monétaires. Cette exigence théorique engendre une double contradiction :

- une contradiction interne : la clôture du circuit appelant la disparition complète de la monnaie, l'économie monétaire de production s'accomplirait en perdant son caractère monétaire, dont on nous dit pourtant qu'il lui est essentiel ;
- une contradiction externe : dans le monde réel, tous les jours des crédits sont remboursés, sans que *jamais* l'économie ne cesse d'être monétaire.

Si l'on veut construire un modèle dynamique d'économie avec monnaie endogène, et qui soit *en permanence* monétaire, il faut renoncer à l'hypothèse simplificatrice du remboursement simultané de tous les crédits. Il faut que, comme dans le monde réel, flux et reflux de monnaie se croisent sans cesse.

« The idea is that in the real world, firms do not borrow and reimburse their debt all at the same time. ⁸ » (Rochon 2005, p. 132)

Bien sûr, prendre en compte ces dynamiques croisées des flux monétaires entraîne nécessairement une complexification radicale du modèle. Pour que la continuité monétaire du modèle soit assurée :

- les crédits doivent avoir une durée véritable, c'est-à-dire comprendre plusieurs périodes de base ⁹ ;

8. Dans un papier plus ancien, Rochon (1999, p. 22) reconnaît que le circuit isolé *crédit à la production* → *salaires* → *consommation* → *remboursement du crédit* n'est qu'une hypothèse simplificatrice et que dans le monde réel les boucles formées par le flux et le reflux de la monnaie sont multiples et se superposent sans cesse. Graziani (2003b, p. 22) aussi admet que, dans les économies modernes, « les crédits sont continuellement accordés et continuellement remboursés. »

9. Accorder aux crédits une durée véritable, mesurable en nombre de périodes de base

- les actions financières des agents qui composent le secteur des entreprises doivent être désynchronisées.

En effet, pour que tous les crédits ne parviennent pas à échéance au même moment, il ne suffit pas de leur accorder une durée réelle, mesurable en nombre de périodes de base du modèle, il faut encore qu'ils n'aient pas tous été contractés au cours de la même période. L'assèchement monétaire constaté en fin de période dans les modèles de la théorie du circuit a aussi pour cause l'utilisation d'une entreprise unique, abritant un processus de production unique, pour représenter l'ensemble des entreprises composant le secteur. Au contraire, dans le monde réel, la création monétaire est la conséquence de l'activité « plus ou moins parallèle » — c'est-à-dire décentralisée et asynchrone — d'un grand nombre d'entreprises :

« [...] la quantité de monnaie créée pour le secteur privé résulte d'un double mouvement : celui qui affecte les *prêts nouveaux* demandés et celui qui intéresse les *remboursements* des prêts anciens. Si les premiers dépassent les seconds la quantité de monnaie fournie par le crédit augmente si les premiers sont égaux aux seconds la quantité de monnaie demeure stationnaire, enfin, si les remboursements dépassent les emprunts la quantité de monnaie décline.[...] Du fait que la monnaie est créée à l'occasion d'un prêt, *l'initiative appartient d'abord aux clients* des banques. La quantité de monnaie augmente parce que les entrepreneurs ont plus ou moins parallèlement sollicité des crédits accrus [...] »
(Le Bourva 1959, p. 721)

On peut donc imaginer un modèle plus complexe, peuplé d'un grand nombre d'entreprises hétérogènes, chacune abritant plusieurs processus de production avec des états d'avancement différents. Les mouvements individuels désordonnés d'endettement et de remboursement de chacune de ces entreprises correspondraient aux variations de leurs stocks de produits finis et non finis. Au niveau macroscopique, les mouvements individuels se compensant mutuellement par la loi des grands nombres, il y aurait toujours des processus de production en cours, et donc des créances bancaires non échues, et donc de la monnaie dans les dépôts — et en particulier dans les dépôts des ménages, réglant au passage la question de la préférence pour la liquidité

du modèle, est de toute façon indispensable dès lors qu'on a admis que le processus de production prenait réellement du temps ; comme le souligne Zezza (2011, p. 6), la durée du crédit doit être supérieure à la durée de production pour que le modèle soit viable.

des ménages.

3 Un modèle multi-agents d'économie monétaire

Pour dépasser les contradictions du paradoxe du profit, un modèle d'une économie avec monnaie endogène doit prendre en compte le caractère dynamique et décentralisé des processus microéconomiques qui déterminent au niveau macroéconomique les fluctuations de la masse monétaire. Dès lors, il n'est plus possible de modéliser les agents économiques dont l'activité est à l'origine de ces processus par des agents représentatifs dont l'utilisation revient à faire l'hypothèse que tous les agents représentés marchent d'un même pas. C'est pour quoi nous nous appuyons, pour la construction du modèle, sur les techniques informatiques de l'approche multi-agents (« agent-based computational economics »).

3.1 Un modèle macro peuplé de modèles micro

Selon l'approche multi-agents, que l'on peut qualifier de « générative » (Epstein 1999) ou de « constructiviste » (Tsfatsion 2006), la compréhension des phénomènes macroéconomiques émergents passe par leur reconstruction à partir des interactions élémentaires qui en sont à l'origine. Concrètement, le modèle macroéconomique se présente comme un grand nombre de modèles microéconomiques en interaction, sortes d'automates informatiques représentant chacun un agent économique du monde réel. Notre modèle comporte ainsi plusieurs milliers de ménages, plusieurs centaines d'entreprises, mais — dans sa version actuelle — une seule banque représentative de l'ensemble du secteur bancaire.

Ces agents sont modélisés comme des individus autonomes : ils ne sont pas des agents représentatifs ou des agrégats. Ils agissent en fonction de leur état individuel et leurs intérêts propres et sans se préoccuper aucunement de l'équilibre macroéconomique du modèle. Le modèle ne contient aucun organisme de contrôle — commissaire-priseur ou planificateur — qui serait chargé d'assurer la coordination des actions des agents qui peuplent le système.

3.2 Des agents réactifs dans un environnement complexe

La place manque ici pour donner la description de chacune des fonctions de comportement assignées aux agents qui peuplent le modèle¹⁰. Disons simplement que la logique générale de ces fonctions est celle de la « rationalité procédurale » (Simon 1996) qui consiste à mettre en oeuvre des *heuristiques*, c'est-à-dire des méthodes simples mais efficaces (« rules of thumb ») qui, à l'image des routines effectivement mises en oeuvre par les agents du monde réel, permettent de réduire la complexité de la décision et l'incertitude quant à son résultat (Cyert et March 1963). Ces heuristiques combinent deux types de mécanismes : « les mécanismes homéostatiques qui rendent le système relativement insensible aux variations de l'environnement et l'ajustement par feedback rétrospectif aux variations de cet environnement » (Simon 2004, p. 265–266).

A partir de ces principes généraux, nous définissons un ensemble de règles que nous suivons pour modéliser formellement le comportement des agents :

- L'état de chaque agent est défini par un certain nombre de variables (les variables d'état) que l'agent compare à des valeurs normales. L'agent ajuste son comportement pour tenter de réduire l'écart (le déséquilibre) entre les valeurs constatées et les valeurs normales.
- Chaque agent maintient des stocks (réels ou monétaires) dans lesquels il peut puiser pour faire face instantanément à une variation imprévisible de son environnement.
- Souvent l'agent peut agir directement sur le niveau de ses stocks, en augmentant ou en réduisant sa consommation de la ressource correspondante pour ramener le stock à son niveau normal.
- Parfois l'agent ne peut agir qu'indirectement, en agissant sur des variables qui sont susceptibles de permettre de rétablir l'équilibre (les variables de contrôle), mais sans savoir quelle ampleur donner à cet ajustement. L'ampleur de l'ajustement est alors déterminée aléatoirement dans un intervalle donné.
- Plus le déséquilibre est grand, plus il est probable que l'agent prendra une décision d'ajustement.
- Plus l'ampleur de l'ajustement envisagé est importante, moins il est

10. Le lecteur intéressé trouvera dans Seppecher (2012) une description complète de chacun des agents et des fonctions de comportement qui lui sont associées.

probable que la décision d’ajustement soit effectivement mise en oeuvre par l’agent.

Nous construisons ainsi des agents réactifs, qui utilisent des procédures de recherche orientée et tâtonnante pour rejoindre l’équilibre. Cependant, ce tâtonnement n’a rien du tâtonnement walrasien. Ce n’est que par l’action et l’observation du résultat de ses actes que l’agent accède à une information sur son environnement. Par conséquent, même s’ils recherchent l’équilibre, les agents agissent toujours hors de l’équilibre (Godley et Lavoie 2007, p 16).

3.3 Un modèle respectant la cohérence des stocks et des flux

Bien que déterminées au niveau individuel, toutes les interactions monétaires entre agents peuvent être agrégées par simple sommation, définissant ainsi, au niveau macroéconomique, les flux de transactions entre les secteurs de l’économie¹¹. La table 2 (page 26) donne la liste des flux de transaction entre les secteurs de l’économie modélisée. Tous ces flux de transactions s’insèrent de façon cohérente dans une matrice sectorielle (table 3, page 27) qui définit la transition du modèle entre deux états comptables successifs, de l’instant t à l’instant $t + 1$ ¹².

La période de base du modèle est égale à un mois, durée séparant deux paiements consécutifs des facteurs de production. La figure 1 (page 28) donne une représentation simplifiée de la séquence des interactions monétaires entre les agents au sein d’une période de base.

11. Cohen (1960) est le premier auteur à avoir compris que l’utilisation de l’ordinateur pouvait permettre de construire des modèles macroéconomiques sur la base de modèles modèles individuels sans rencontrer aucun problème d’agrégation : « All of these basic models of individual firms’ behavior can then be incorporated into an over-all computer model. This complete model can simulate the actions of each firm (or at least of a sufficiently large number of firms) and the interactions among firms which comprise the behavior of industry variables [...] such an approach would not involve any of the traditional “pitfalls of aggregation,” for the aggregation process would consist in a straightforward summation of the values of the variables pertaining to each individual firm [...] »

12. Selon Godley et Cripps (1983), la cohérence comptable du modèle, à la fois au niveau individuel et au niveau macroéconomique, est une propriété essentielle correspondant à une loi économique fondamentale : « the fact that money stocks and flows must satisfy accounting identities in individual budgets and in an economy as a whole provides a fundamental law of macroeconomics analogous to the principle of conservation of energy in physics » (Godley et Cripps, 1983, cité par Godley et Lavoie, 2007, p. 14).

Distribution des profits : La période t s'ouvre par le paiement des dividendes par les entreprises¹³ (entre l'instant $t + \frac{0}{7}$ et l'instant $t + \frac{1}{7}$) et par la banque¹⁴ (entre l'instant $t + \frac{1}{7}$ et l'instant $t + \frac{2}{7}$) à leurs propriétaires (certains ménages désignés arbitrairement au début de la simulation). Ces dividendes sont calculés sur la base des profits accumulés lors des périodes précédentes. La part non distribuée de ces profits est conservée pour l'autofinancement de la production.

Planification et financement de la production : Les entreprises préparent ensuite leur plan de production pour la période (entre l'instant $t + \frac{2}{7}$ et l'instant $t + \frac{3}{7}$). Selon le niveau du stock de produit hérité de la période précédente, elles décident d'augmenter ou de baisser le niveau de la production. C'est aussi le moment où l'entreprise décide d'augmenter ou de baisser le prix unitaire de sa production.

Les décisions d'ajustement du prix et du niveau de la production sont prises selon des procédures identiques, fondées sur l'observation du niveau des stocks d'inventaire. Plus le niveau des stocks s'élève au-dessus (respectivement au-dessous) d'un certain niveau normal fixé de façon exogène, plus l'entreprise considèrera que la demande est faible (forte) et aura tendance à baisser (augmenter) son prix et à réduire (élever) le niveau de sa production.

Une fois le niveau de production décidé, les entreprises peuvent calculer la masse salariale nécessaire et leur besoin de financement externe. Elles s'adressent alors à la banque qui leur accorde le crédit demandé¹⁵. Conformément aux principes de la monnaie endogène, la monnaie prêtée est créée par la banque.

Production : Une fois le financement de la production assuré, les entreprises passent à la phase de production (entre l'instant $t + \frac{3}{7}$ et l'instant $t + \frac{4}{7}$). Elles commencent par évaluer leur besoin de main d'oeuvre, en accord avec leur plan de production. Selon le nombre d'emplois vacants, elles postent leurs offres d'emploi sur le marché du travail. Chaque entreprise fait évoluer son salaire d'embauche en fonction des difficultés rencontrées pour trouver de la main d'oeuvre au cours des périodes précédentes.

13. On note $D_{F,t}$ la somme des dividendes versés par les entreprises aux ménages.

14. On note $D_{B,t}$ la somme des dividendes versés par la banque aux ménages.

15. On note NL_t la somme des nouveaux crédits par la banque aux entreprises.

Les ménages sans emploi consultent un nombre limité d'offres, répondent à la meilleure de ces offres, sous réserve que le salaire proposé dépasse le salaire de réservation. Le salaire de réservation est propre à chaque ménage. Il dépend du dernier salaire perçu et s'abaisse avec la durée passée au chômage. Les ménages embauchés sont payés¹⁶ et travaillent sur les machines des entreprises. Le produit de la période est ajouté au stock de l'entreprise.

Ecoulement de la production : Les entreprises cherchent ensuite à écouler leurs stocks de produit (entre l'instant $t + \frac{4}{7}$ et l'instant $t + \frac{5}{7}$). Chaque entreprise poste sur le marché des biens une offre associant un volume de marchandise à un prix unitaire.

Les ménages établissent leur budget partageant leurs ressources entre consommation et épargne. Puis ils se portent sur le marché des biens consultent un nombre limité d'offres, sélectionnent la plus intéressante, et achètent la marchandise qu'ils consomment immédiatement¹⁷.

Paiement de l'intérêt et recouvrement des créances : La banque procède alors au prélèvement de l'intérêt sur les crédits en cours¹⁸ (entre l'instant $t + \frac{5}{7}$ et l'instant $t + \frac{6}{7}$) et au recouvrement des créances échues¹⁹ (entre l'instant $t + \frac{6}{7}$ et l'instant $t + \frac{7}{7}$). Ce reflux de la monnaie vers la banque est une destruction de monnaie.

Si une entreprise ne parvient pas à rembourser sa dette à l'échéance, sa note est dégradée. Elle bénéficie d'un nouveau prêt, qu'elle devra impérativement rembourser à l'échéance suivante, sous peine d'être mise en faillite et de disparaître²⁰. En cas de faillite, il revient à la banque d'effacer les dettes de l'entreprise faillie en puisant sur ses fonds propres²¹.

4 Simulation

Les tableaux 4, 5 et 6 (pages 29 et 30) donnent les paramètres exogènes de chacun des secteurs du modèle. Cet ensemble de paramètres définit le

16. On note WB_t la somme des salaires versés aux ménages par les entreprises.

17. On note S_t la somme des dépenses des ménages sur le marché des biens.

18. On note INT_t^P la somme des intérêts payés par les entreprises à la banque.

19. On note RL_t la somme des crédits remboursés par les entreprises à la banque.

20. On note B_t la somme des valeurs des marchandises détruites dans les faillites.

21. On note NPL_t la somme des créances annulées par la banque.

scénario d’une simulation dont l’exécution donne un premier aperçu du fonctionnement du modèle.

Passées les premières années de la simulation, on observe une stabilisation très rapide des principaux indicateurs macroéconomiques de l’économie simulée (figures 2, pages 31 à 33). En particulier, l’inflation, modérée, se stabilise entre 0% et 5% (fig. 2o) et le taux de chômage entre 8% et 12,5% (fig. 2r). Cette stabilité se traduit sur la courbe de Phillips par un nuage de points compact (fig. 2d).

4.1 Marché des biens

Au niveau du marché des biens, on observe une étroite correspondance entre la production et la consommation (fig. 2g)²². Les entreprises parviennent à stabiliser le niveau de leurs stocks (fig. 2e) en particulier en ajustant le niveau de la production (fig. 2f). Les prix des marchandises ne divergent que modérément de la tendance moyenne autour de laquelle ils semblent graviter (fig. 2a). Tous ces éléments témoignent du succès de la coordination de l’offre et de la demande sur un marché des biens complètement décentralisé.

D’ailleurs, les entreprises parviennent en moyenne à rembourser les crédits dans les délais requis, puisque les créances douteuses ne représentent qu’entre 25 et 30% de l’encours total de la banque (fig. 2k). Même ces créances douteuses sont pour la plupart remboursées dans le nouveau délai accordé par la banque. Seul un petit nombre échoue à tenir ses engagements : on enregistre seulement de 1 à 11 faillites par an, nombre à rapporter aux 680 entreprises présentes dans le modèle (fig. 2m). Enfin, les entreprises parviennent à distribuer des dividendes à leurs propriétaires, ainsi qu’en témoigne le partage du revenu entre salaires et profits, dont on remarque au passage l’étonnante stabilité (fig. 2h).

22. Cependant la courbe de la production, même très proche de celle de la consommation, se situe constamment au-dessus d’elle. Comment se fait-il alors que les entreprises parviennent à stabiliser leurs stocks d’inventaires ? Il semble y avoir là une fuite de marchandises hors du circuit réel *production-consommation*. En fait, ce sont les faillites d’entreprises qui expliquent cette fuite : les marchandises manquantes ne sont ni consommées par les ménages, ni stockées par les entreprises, elles sont détruites au moment de la disparition des entreprises défaillantes.

4.2 Marché du travail

Les données relatives au marché du travail témoignent aussi d'une grande stabilité. Comme les prix sur le marché des biens, les salaires semblent graviter autour d'une moyenne guidée par une tendance très régulière. Les salaires sont même moins dispersés que les prix, cette stabilité s'expliquant sans doute par la présence de contrats de travail conclus pour plusieurs périodes. Cependant, la coexistence d'un nombre élevé de chômeurs avec un nombre élevé d'emplois vacants (fig. 2q et 2t) laisse penser que la coordination de l'offre et de la demande n'est pas parfaite sur ce marché.

En fait, tous ces chômeurs sont des « chômeurs volontaires » au sens néoclassique du terme (fig. 2u) : ces ménages ont trouvé des offres d'emploi sur le marché, mais ils ne les ont pas acceptées parce que les salaires proposés étaient inférieurs à leur salaire de réservation. Cette rigidité du marché du travail est illustrée par la forme compacte de la courbe de Beveridge (fig. 2s). Néanmoins, les chômeurs ne restent pas longtemps sans trouver un emploi qui correspond à leurs attentes, la durée moyenne passée au chômage n'étant que de deux mois (fig. 2v).

4.3 Banque

Du côté de la banque, la simulation se déroule aussi sans heurt majeur. Les faillites d'entreprises n'affectent que faiblement les fonds propres de la banque que celle-ci parvient à maintenir presque régulièrement au-dessus du niveau requis de 10% (fig. 2k). La banque dégage même très régulièrement un excédent puisqu'elle distribue d'importants dividendes à son propriétaire (fig. 2n), aux alentours de 100 fois le salaire médian. Au passif de la banque, la structure des dépôts reste remarquablement stable : environ 90% pour les dépôts des entreprises, 10% pour les dépôts des ménages (fig. 2l). Enfin, toujours dans la sphère monétaire, on voit aussi la vitesse de rotation de la monnaie se stabiliser dans l'intervalle $[3.2; 3.4]$ (fig. 2p).

4.4 Principaux résultats

Clôture du modèle : Le modèle parvient à se reproduire de période en période, en respectant les principes de cohérence comptable exprimés par les matrices de bilan sectoriel. La monnaie reflue vers la banque, qui parvient à maintenir un capital positif. La clôture du modèle est assurée alors même

que les agents maintiennent des stocks de monnaie importants.

Profits : Les entreprises parviennent à faire des profits. Elles distribuent des dividendes, elles paient les intérêts dus à la banque, qui elle-même distribue des dividendes. Aucune des difficultés du « paradoxe des profits » ne se manifeste. L'économie modélisée est une *économie d'entrepreneurs*.

Stabilité macroéconomique : Bien que les marchés soient complètement décentralisés, bien que l'information des agents soit délibérément limitée, bien que leurs fonctions de comportement soit constitués de procédures d'ajustement très rudimentaires, on observe une convergence des prix et des salaires vers des valeurs qui permettent, non un apurement des marchés, mais une coordination certaine entre les forces de l'offre et de la demande. De plus, tous les grands indicateurs manifestent une grande stabilité de long terme, et cette stabilité peut être considérée comme l'expression d'une coordination macroscopique émergente, dans la mesure où elle ne peut être déduite du comportement assigné à chacun des agents.

Stabilité de la répartition des revenus : Parmi les manifestations de la stabilité du modèle observées au cours de la simulation du scénario, il en est une qui attire particulièrement notre attention : la stabilité de la répartition du revenu entre part des salaires et part des profits (fig. 2h). Cette stabilité est étonnante, dans la mesure où chaque entreprise détermine de façon rigoureusement indépendante le prix accompagnant son offre sur le marché des biens et le salaire accompagnant son offre sur le marché du travail :

- le prix est déterminé selon un processus d'ajustement basé sur l'observation du niveau des stocks de l'entreprise ;
- leur salaire d'embauche est déterminé selon un processus d'ajustement basé sur l'observation du niveau des emplois vacants dans l'entreprise.

L'observation d'une forte stabilité de la répartition du revenu entre part des salaires et part des profits témoigne donc de l'existence d'une *coordination macroscopique émergente* entre formation des prix sur le marché des biens et formation des salaires sur le marché du travail²³.

23. Ce comportement imprévu du modèle renvoie à ce que Keynes (1939) considère comme un « phénomène statistique bien connu » du monde réel : « [The stability of the proportion of the national dividend accruing to labour] is one of the most surprising, yet

5 Conclusion

La théorie du circuit monétaire, bien qu'elle s'attache à prendre en compte de façon réaliste ce qu'est la monnaie, ainsi que les conditions de son introduction, de sa circulation et de son retrait du système économique, n'a pourtant jamais débouché que sur des modèles très abstraits et, pour tout dire, aux propriétés macroéconomiques peu convaincantes.

Ces résultats décevants s'expliquent selon nous par l'utilisation d'une série d'hypothèses peu réalistes, toutes relatives à la prise en compte du temps. Dans les modèles du circuit monétaire :

- la production ne prend pas réellement de temps,
- les processus réels et monétaires sont parfaitement synchronisés,
- la période de base est une unité abstraite, sans passé ni futur.

Le véritable paradoxe de la théorie du circuit, c'est de voir une théorie qui a autant insisté sur l'importance du temps concret pour la compréhension des dynamiques économiques se laisser aller à de telles simplifications sans en percevoir le caractère réductionniste. Il est vrai que, sans l'appui de techniques informatiques avancées, les auteurs du circuit étaient contraints d'utiliser des outils analytiques classiques impliquant une représentation radicalement simplifiée des processus économiques.

Aujourd'hui, avec le développement de la modélisation multi-agents appuyée par la puissance de calcul sans cesse croissante des ordinateurs, il n'y a plus aucune raison de maintenir ces hypothèses. Elles doivent être rejetées sans hésitation et de nouveaux modèles de monnaie endogène doivent être développés dans lesquels les processus réels et monétaires seront modélisés tels qu'ils sont, c'est-à-dire comme des processus séquentiels, multiples, parallèles et asynchrones formant un système dynamique et complexe.

A partir de cette intuition, nous avons développé un modèle informatique peuplé de nombreux agents autonomes dont les interactions directes et décentralisées s'exercent dans les sphères réelle et monétaire, animant les processus de création, de circulation et de destruction des marchandises et de la monnaie. Dès la première simulation, nous avons obtenu certains résultats importants :

- il est possible de construire un modèle macroéconomique d'économie

best-established, facts in the whole range of economic statistics, both for Great Britain and for the United States. » Et un peu plus loin : « [...] the result remains a bit of a miracle. » La stabilité de long terme de la répartition du revenu est donc *aussi* une émergence des économies réelles.

de marché radicalement décentralisé, peuplé d'agents multiples, autonomes, hétérogènes et concurrents, capable de se reproduire de période en période en respectant la cohérence des stocks et des flux ;

- il est possible de construire un modèle de circuit monétaire dynamique et complexe, respectant strictement les principes de base de la théorie monétaire de la production, et dans lequel les entreprises réalisent des profits, distribuent des dividendes, paient l'intérêt sur les prêts ;
- il est possible d'observer, dans le comportement d'un tel modèle, des manifestations de mécanismes homéostatiques émergents, c'est-à-dire des phénomènes de stabilisation non directement déductibles du comportement des agents.

Ces résultats ont été obtenus pour un scénario donné, c'est-à-dire pour un point dans l'immensité de l'espace des paramètres du modèle²⁴. Ils sont cependant suffisamment importants pour venir valider notre démarche, dans la mesure où ils prouvent que l'approche multi-agents offre à la macroéconomie monétaire post-keynésienne l'occasion de dépasser les limites imposées par le formalisme analytique classique. Si l'alliance entre macroéconomie post-keynésienne et approche multi-agents prend corps, nous anticipons l'émergence d'une nouvelle classe de modèles hautement réalistes capables de venir contester aux modèles d'équilibre général le rôle de modèles de prévision et de décision.

24. Le lecteur intéressé trouvera dans Seppecher (2011) les résultats d'une exploration méthodique de l'espace des paramètres autour de ce scénario de base.

Period	Firm A	Firm B	Workers	Bankers	Debt
Beginning : a loan is made to both firms	+100	+100	0	0	-200
Wages are paid	0	0	+200	0	-200
Production is complete and workers spend 80% of their income	+80	+80	+40	0	-200
Firms pay interest	+70	+70	+40	+20	-200
Owner of firm A purchases goods from firm B	+30	+110	+40	+20	-200
Bankers spend their income on consumption goods	+40	+120	+40	0	-200
Owner of firm B purchases goods from firm A	+80	+80	+40	0	-200
Workers spend the remaining 20% of their income	+100	+100	0	0	-200
The loan is paid back	0	0	0	0	0

TABLE 1 – Le modèle de Zezza (2011)

$D_{F,t}$	dividendes versés par les firmes,
$D_{B,t}$	dividendes versés par la banque,
NL_t	nouveaux crédits,
WB_t	masse des salaires,
S_t	achats de consommation,
HWC_t	coût de production des marchandises vendues,
$F_{T,t}$	profit total des entreprises,
INT_t^P	intérêts payés,
INT_t^{NP}	intérêts non payés,
RL_t	remboursement des crédits échus,
B_t	valeur des stocks de marchandises détruits à l'occasion des faillites,
NPL_t	crédits annulés à l'occasion des faillites.

TABLE 2 – Flux de transactions de la période t

TABLE 3 – Matrice des flux de transactions de la période t

	Ménages	Entreprises	Banque	Σ
Δ des stocks		$+WB_t - HWC_t - B_t$		$+WB_t - HWC_t - B_t$
Δ des crédits		$-NL_t - INT_t^{NP} + RL_t + NPL_t$	$+NL_t + INT_t^{NP} - RL_t - NPL_t$	0
Δ des dépôts	$+D_{F,t} + D_{B,t} + WB_t - S_t$	$-D_{F,t} + NL_t - WB_t + S_t - INT_t^P - RL_t$	$-D_{B,t} - NL_t + INT_t^P + RL_t$	0
Δ du capital	$-D_{F,t} - D_{B,t} - B_t + F_{T,t}$	$+D_{F,t} - F_{T,t} + INT_t^P + INT_t^{NP} + B_t - NPL_t$	$+D_{B,t} - INT_t^P + INT_t^{NP} + NPL_t$	0
Δ Balance	$-WB_t - F_{T,t} + B_t + S_t$			$-WB_t - F_{T,t} + B_t + S_t$
Σ	0	0	0	0

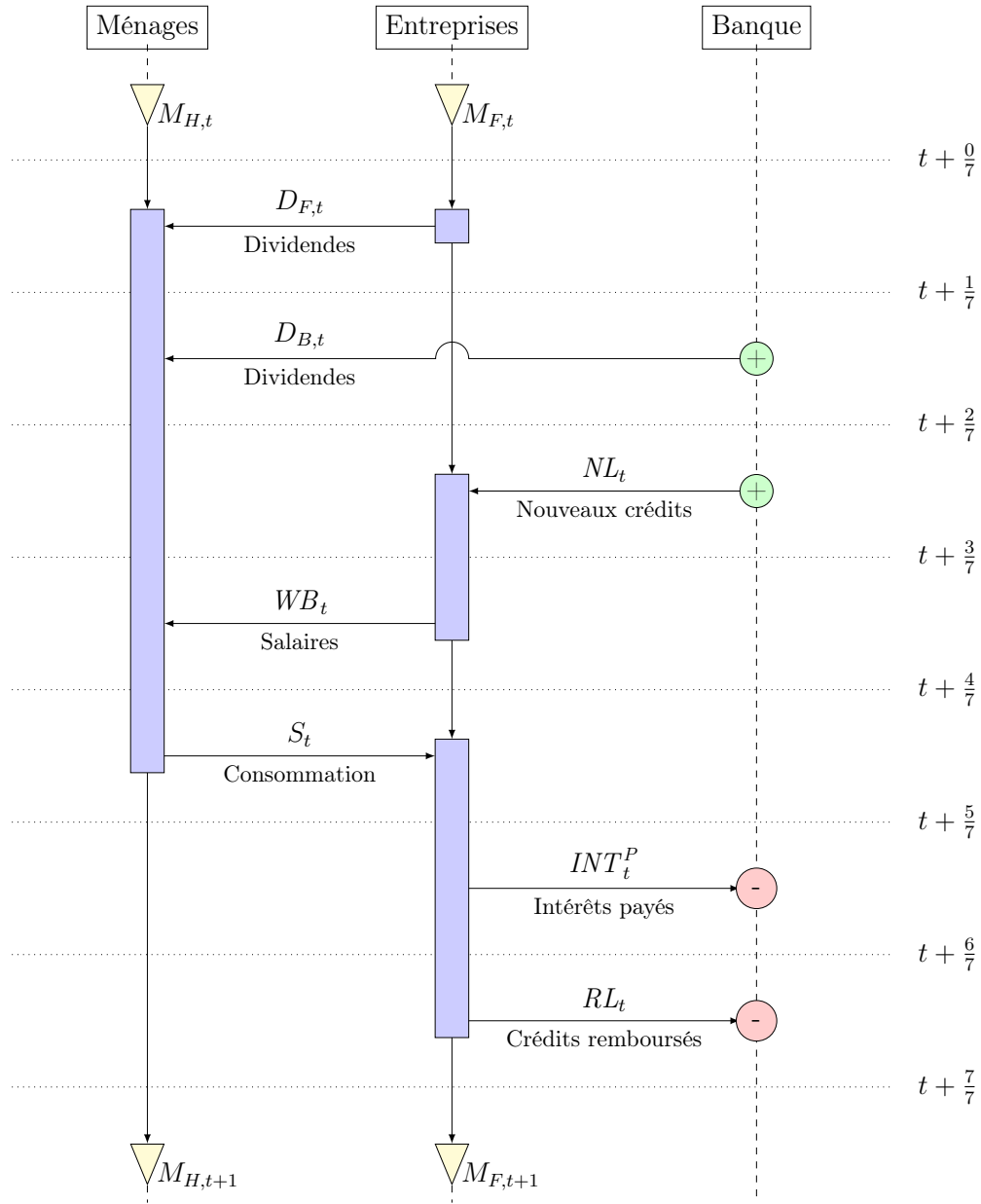


FIGURE 1 – Diagramme de séquence des interactions monétaires

r_B	0.05	le taux d'intérêt normal.
r'_B	0.10	le taux d'intérêt majoré.
d_B	12	le terme normal des crédits.
$\hat{d}_B$	24	le terme maximal des crédits.
κ_B^*	0.10	le ratio normal de fonds propres.
μ_B^K	0.50	la propension à distribuer l'excès de capital.

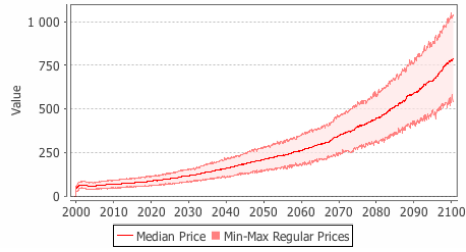
TABLE 4 – Paramètres du secteur bancaire

n_H	5000	le nombre de ménages.
d_H^r	12	la durée normale de résistance à une baisse du salaire de réservation.
s_H	0.05	la propension à épargner.
ν_H^{W*}	0.07	la flexibilité mensuelle maximale du salaire de réservation.
μ_H^S	0.50	la propension à dépenser l'épargne excédentaire.

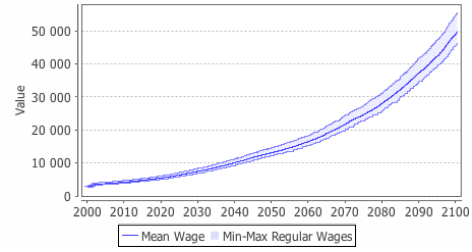
TABLE 5 – Paramètres du secteur des ménages

n_F	680	le nombre d'entreprises.
m_F	10	le nombre de machines par entreprise.
d_F^p	6	durée d'un processus de production.
pr_F	100	la productivité moyenne du secteur des entreprises.
π_F^F	0	écart maximal de la productivité des entreprises à productivité moyenne du secteur).
π_F^M	25	écart maximal de la productivité des machines à la productivité moyenne de l'entreprise.
d_F^w	[6;18]	la durée des contrats de travail.
κ_F^*	0.50	le ratio normal d'autonomie financière.
in_F^*	4	le niveau normal des stocks d'inventaire.
ρ_F^*	0.03	le taux normal d'emplois vacants.
$\bar{W}_F$	0	le salaire minimum légal.
ν_F^P	0.10	la flexibilité mensuelle maximale du prix unitaire des biens produits.
ν_F^w	0.10	la flexibilité mensuelle maximale du niveau de production.
ν_F^{Wup}	0.06	la flexibilité à la hausse mensuelle maximale du salaire offert à l'embauche.
ν_F^{Wdown}	0.08	la flexibilité à la baisse mensuelle maximale du salaire offert à l'embauche.
μ_F^K	0.50	la propension à distribuer le capital excédentaire.
μ_F^{in}	0.50	la propension à écouler les stocks d'inventaires.
λ_F	2	le rapport des capacités de commercialisation aux capacités de production.

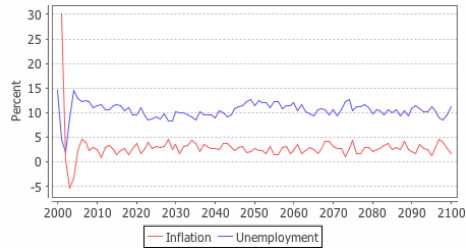
TABLE 6 – Paramètres du secteur des entreprises



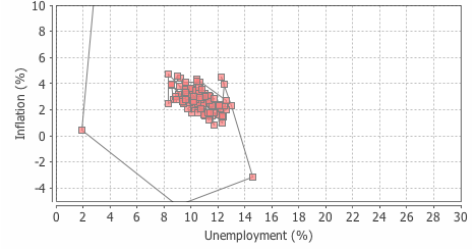
(a) Prix



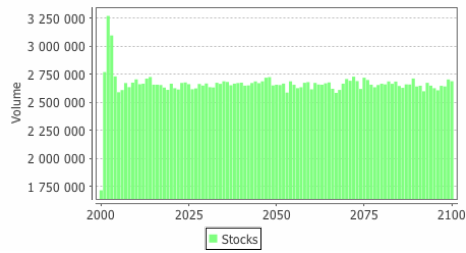
(b) Salaires



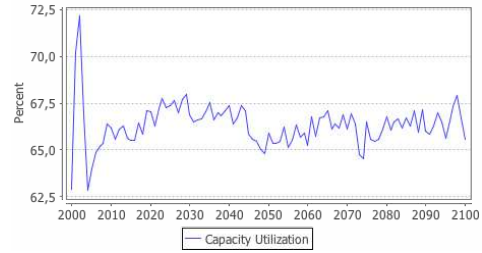
(c) Inflation et chômage



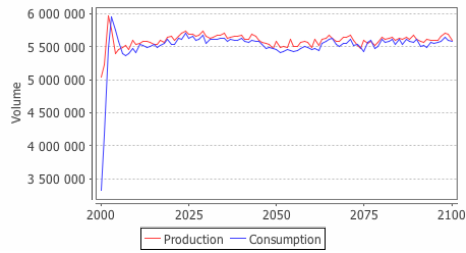
(d) Courbe de Phillips



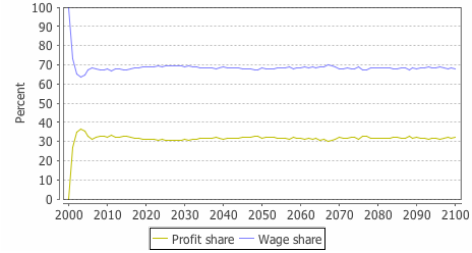
(e) Niveau des stocks



(f) Utilisation des capacités

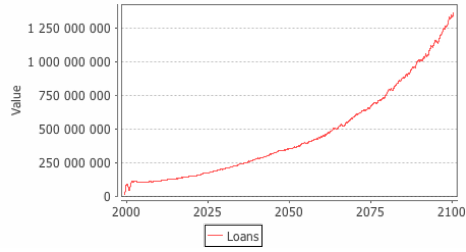


(g) Marché des biens (volume)

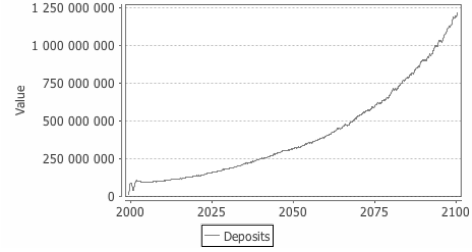


(h) Répartition des revenus

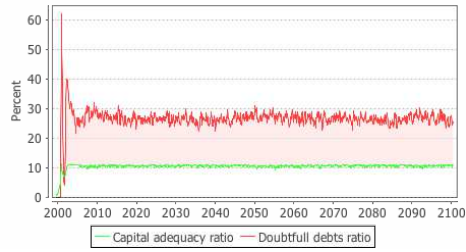
FIGURE 2 – Scénario de base – Principaux indicateurs macroéconomiques



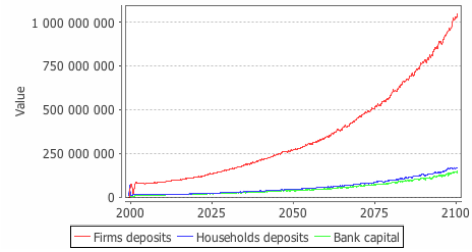
(i) Crédits



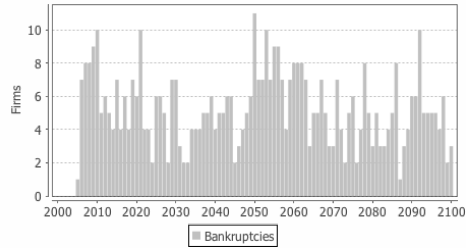
(j) Dépôts



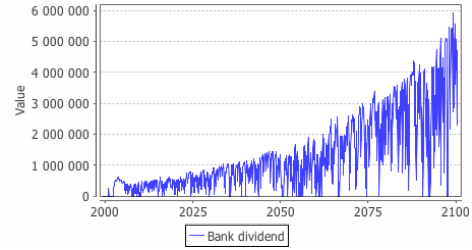
(k) Fonds propres et créances douteuses



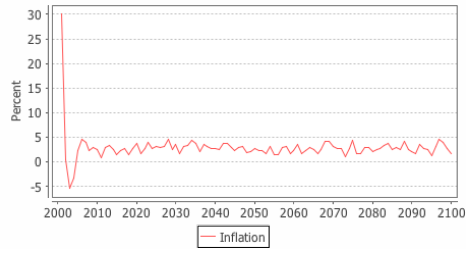
(l) Passif de la banque



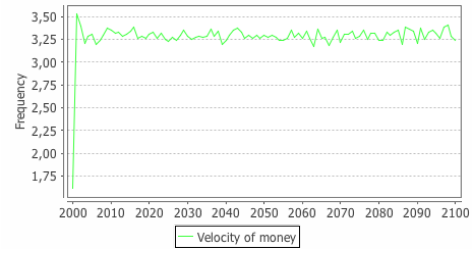
(m) Faillites



(n) Dividendes bancaires

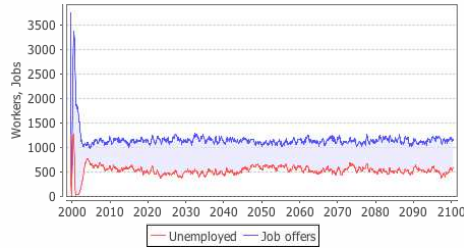


(o) Inflation

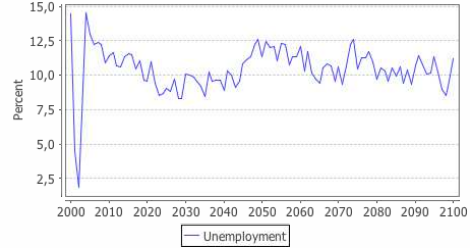


(p) Vitesse de la monnaie

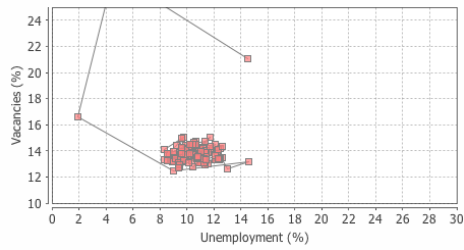
FIGURE 2 – Scénario de base – Indicateurs bancaires et monétaires



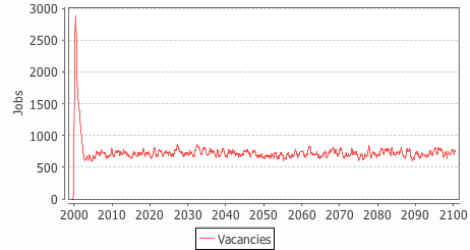
(q) Marché du travail



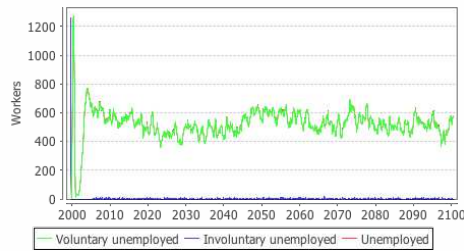
(r) Chômage



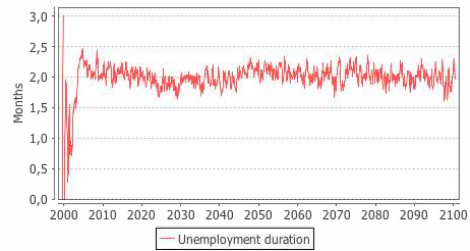
(s) Courbe de Beveridge



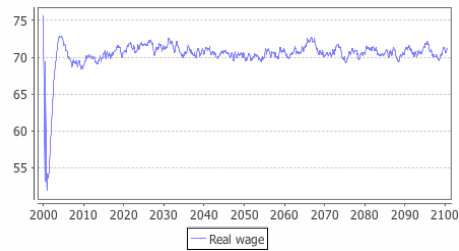
(t) Emplois vacants



(u) Types de chômage



(v) Durée moyenne du chômage



(w) Salaire réel

FIGURE 2 – Scénario de base – Indicateurs du marché du travail

Références

- BRUUN, C., ET C. HEYN-JOHNSSEN (2009) : “The Paradox of Monetary Profits : An Obstacle to Understanding Financial and Economic Crisis ?,” Economics Discussion Paper 2009-52, Kiel Institute for the World Economy.
- COHEN, K. J. (1960) : “Simulation of the Firm,” *The American Economic Review*, 50(2), 534–540.
- CYERT, R. M., ET J. G. MARCH (1963) : *A Behavioral Theory of The Firm*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- DUPONT, F., ET E. REUS (1989) : “Le profit macroéconomique monétaire,” *Economie appliquée*, XLII(2), 87–114.
- EPSTEIN, J. M. (1999) : “Agent-Based Computational Models And Generative Social Science,” *Complexity*, 4(5), 41–60.
- FORGES DAVANZATI, G., ET R. REALFONZO (2005) : “Bank Mergers, Monopoly Power and Unemployment : A Monetary Circuit Approach,” dans *Monetary Theory of Production Tradition and Perspectives*, ed. G. Fontana, et R. Realfonzo, p. 155–171. Palgrave Macmillan, Basingstoke (UK).
- GODLEY, W., ET F. CRIPPS (1983) : *Macroeconomics*. Fontana, London.
- GODLEY, W., ET M. LAVOIE (2007) : *Monetary economics, An Integrated Approach to Credit, Money, Income, Production and Wealth*. Palgrave Macmillan, Basingstoke.
- GRAZIANI, A. (1990) : “The theory of the monetary circuit,” *Economies et Sociétés*, 24(6), 7–36.
- (2003a) : “Microéconomie et macroéconomie : à qui la priorité ?,” dans *Théories monétaires Post Keynésiennes*, ed. P. Piégay, et L.-P. Rochon, p. 121–128. Economica, Paris.
- (2003b) : *The Monetary Theory of Production*. Cambridge University Press, Cambridge.
- HENRY, J., ET M. SECCARECCIA (1982) : “La théorie post-keynésienne : contributions et essais de synthèse - Introduction,” *l’Actualité économique*, 58(1-2), 5–16.
- KEYNES, J. M. (1923 [1971]) : *A tract on monetary reform*, vol. 4 de *The collected writings of John Maynard Keynes*. St. Martin’s Press, New York.

- (1933 [1979]) : *The General Theory and After : A supplement*, vol. 29 de *The collected writings of John Maynard Keynes*. St. Martin's Press, New York.
- (1939) : "Relative Movements of Real Wages and Output," *The Economic Journal*, 49(193).
- LAVOIE, M. (1987) : *Macroéconomie, théorie et controverses postkeynésiennes*. Dunod, Paris.
- LE BOURVA, J. (1959) : "La théorie de l'inflation, le rapport des experts et l'opération de décembre 1958," *Revue économique*, 10(5), 713–754.
- (1962) : "Création de la monnaie et multiplicateur du crédit," *Revue économique*, 13(1), 29–56.
- MARX, K. (1847 [1976]) : *Travail salarié et capital*. Editions en langues étrangères, Pékin.
- (1885 [1977]) : *Le Capital*, vol. 2. Editions sociales, Paris.
- MESSORI, M., ET A. ZAZZARO (2004) : "Monetary profits within the circuit : Ponzi finance or 'mors tua, vita mea' ?," document de travail 200, Università Politecnica delle Marche, Dipartimento di Economia.
- MOORE, B. J. (2003) : "L'endogénéité de l'offre de monnaie : fixe-t-on le prix ou la quantité des réserves ?," dans *Théories monétaires Post Keynésiennes*, ed. P. Piégay, et L.-P. Rochon. Economica, Paris.
- PARGUEZ, A. (1975) : *Monnaie et macroéconomie*. Economica, Paris.
- (2003) : "Monnaie et capitalisme : la théorie générale du circuit," dans *Théories monétaires Post Keynésiennes*, ed. P. Piégay, et L.-P. Rochon. Economica, Paris.
- (2004) : "The Solution of the Paradox of Profits in Money, Credit and the State," dans *Essays in Honour of Augusto Graziani*, ed. R. Arena, et N. Salvadori, p. 263–276. Ashgate, London.
- POULON, F. (1982) : *Macroéconomie approfondie*. Cujas, Paris.
- ROBINSON, J. (1962) : *Essays in the Theory of Economic Growth*. Macmillan, London.
- ROCHON, L.-P. (1999) : "The Creation and Circulation of Endogenous Money : A Circuit Dynamique Approach," *Journal of economic issues*, 33(1), 1–21.

- (2005) : “The existence of Monetary Profits within the Monetary Circuit,” dans *Monetary Theory of Production Tradition and Perspectives*, ed. G. Fontana, et R. Realfonzo. Palgrave Macmillan, Basingstoke (UK).
- SCHMITT, B. (1972) : *Macroeconomic theory*. Castella, Albeuve.
- SEPPECHER, P. (2011) : “Modélisation multi-agents d’une économie monétaire de production. Un système dynamique et complexe d’interactions réelles et monétaires entre des agents multiples, hétérogènes, autonomes et concurrents,” Thèse de Doctorat, CEMAFI, Université de Nice Sophia-Antipolis.
- (2012) : “Jamel, a Java Agent-based Macroeconomic Laboratory,” Document de Travail, GREDEG, Université de Nice Sophia Antipolis.
- SIMON, H. A. (1996) : *The Science of the artificial*. MIT press, Cambridge (MA).
- (2004) : *Les sciences de l’artificiel*. Gallimard, Paris.
- SÉGURA, A. (1995) : “Le profit et l’intérêt dans le circuit,” *L’actualité économique*, 71(1).
- TESFATSION, L. (2006) : “Agent-based computational economics : a constructive approach to economic theory,” dans *Handbook of computational economics*, ed. L. Tesfatsion, et K. L. Judd, vol. 2. Elsevier/North-Holland, Amsterdam.
- ZEZZA, G. (2011) : “Godley and Graziani : Stock-Flow-Consistent Monetary Circuits,” Document de Travail, University of Cassino, Italy, and Levy Economics Institute, U.S.