

HÉTÉROGÉNÉITÉ ET ÉCONOMIE : INÉGALITÉ ET IMPERFECTIONS FINANCIÈRES

XAVIER RAGOT*

Les inégalités mondiales de revenu ou de patrimoine augmentent au sein des pays développés, comme l'ont montré de nombreux économistes et notamment Thomas Piketty. Par ailleurs, les inégalités mondiales dépendent aussi de la dynamique des pays entre eux, sujet étudié par Branco Milanovic et bien d'autres économistes. L'émergence d'une classe moyenne en Chine est en particulier un puissant facteur de réduction des inégalités mondiales. Au-delà des inégalités entre les ménages, l'accroissement de l'hétérogénéité dans les économies modernes suscite de nombreuses interrogations. Cet accroissement concerne aussi les entreprises, avec de grandes entreprises émergentes et un dynamisme entrepreneurial de petites entreprises. Enfin il concerne les États, certains se trouvant très endettés, d'autres pouvant réduire leurs dettes de manière accélérée.

109

Comprendre l'hétérogénéité est essentiel pour en déterminer les causes et les moyens les plus efficaces pour la réduire, si cela s'avère nécessaire. L'objet de cet article est de présenter les outils et les résultats récents dans notre compréhension de l'hétérogénéité de manière générale. Pour comprendre l'originalité de ces travaux, il faut se rendre compte que la plupart des outils des macroéconomistes reposaient sur des hypothèses simplificatrices de l'agent représentatif ou de quelques agents représentatifs, notamment au sein de la littérature qualifiée de DSGE¹. Ce choix méthodologique était dû à l'extrême simplicité de ces

* Professeur, Sciences Po ; directeur de recherche, CNRS ; président, OFCE.
Contact : xavier.ragot@sciencespo.fr.

outils et par probablement la conviction faible que l'hétérogénéité n'était pas pertinente pour la macroéconomie. Une dichotomie s'est donc installée dans la profession : aux modèles macroéconomiques simples (DSGE) le soin d'analyser la croissance, l'inflation, les mouvements de capitaux, à la microéconomie le soin de comprendre les inégalités, sans penser les relations entre les deux niveaux : les inégalités sont centrales pour penser la dynamique macroéconomique, et la macroéconomie est un puissant déterminant des inégalités, par l'évolution du chômage notamment.

L'émergence des modèles à agents hétérogènes est bien sûr le résultat des nouvelles questions posées dans le débat public. Elle est aussi, de manière toute aussi profonde, l'accès nouveau aux données, rendu possible par l'évolution des capacités de traitement informatique. L'économiste a maintenant de vastes bases de données, représentatives de populations entières, qui permettent de faire le lien entre la micro et la macroéconomie. Pour donner un exemple, la distribution de richesse, de revenu et les portefeuilles financiers des ménages américains (anonymisés bien sûr et à partir d'un vase échantillon représentatif) sont disponibles librement sur Internet dans l'enquête *Survey of Consumer Finance* (SCF) produite par la banque centrale américaine. La consommation des ménages américains (par type de biens et de services pour avoir tout le panier de consommation) est disponible au sein de l'enquête *Survey of Consumer Expenditures* (CEX), qui permet partiellement une étude en panel. Les bases de données européennes sont aussi de grande qualité, même si elles sont disponibles pour un moins grand nombre d'années, les États-Unis ayant été en avance dans la fourniture de données individuelles.

Les modèles à agents hétérogènes placent au cœur de l'économie le risque et les imperfections financières. Pour le comprendre, il faut observer la différence de nature du risque lorsqu'on considère une économie agrégée et le risque réel porté par les agents économiques. Par exemple, si le PIB (produit intérieur brut) est relativement stable, la valeur ajoutée des entreprises est extrêmement volatile. Cependant, lorsque les ventes d'une entreprise chutent, celles d'une autre augmentent souvent du même montant, ce qui n'induit pas d'effets agrégés, mais seulement des effets redistributifs. De même, la consommation agrégée des pays est stable, alors la consommation des ménages est bien plus volatile. Pour donner un ordre de grandeur, les fluctuations de la consommation de la moitié la plus pauvre des ménages américains sont de l'ordre de vingt fois celles de la consommation agrégée. Les fluctuations de la moitié la plus riche représentent dix fois celles de la consommation agrégée. L'agrégation des ménages fait disparaître ces risques au sein d'un agrégat faiblement volatil (Le Grand et Ragot,

2017b)². Cette propriété d'agrégation a fait penser que la macroéconomie pouvait se passer de tous ces aléas et toute cette hétérogénéité, qui fait pourtant le quotidien des ménages et des entreprises. Cela est faux et il nous faut donc des modèles conservant un risque et une hétérogénéité réaliste au niveau des agents et une relative stabilité macroéconomique³ : ce sont précisément les modèles à agents hétérogènes.

Cet article présente le cadre général des modèles à agents hétérogènes ainsi que les résultats de la littérature récente. Ces derniers concernent la compréhension du rôle de la fiscalité dans l'accroissement des inégalités aux États-Unis. Un modèle quantitatif reproduisant la dynamique des inégalités conclut que c'est la réduction de la fiscalité du capital à partir des années 1980 qui est la principale cause de l'augmentation des inégalités. Un modèle de l'hétérogénéité entre les États et quantifiant les défauts souverains conclut qu'il est nécessaire de créer un nouvel actif mondial, représentant 4 % du PIB mondial (émis par le FMI – Fonds monétaire international –, par exemple). L'effet de la hausse des dettes publiques sur les taux d'intérêt à différentes maturités, ou encore le déficit de demande agrégée dans la grande récession de 2008, tous ces thèmes sont aujourd'hui analysés avec les mêmes outils des agents hétérogènes, ce qui conduit à des résultats nouveaux qui sont présentés dans les parties suivantes. L'article conclut sur les travaux les plus récents et les frontières actuelles de la recherche.

111

MODÈLES À AGENTS HÉTÉROGÈNES : DÉFINITION ET MÉCANISME

Les modèles à agents hétérogènes sont aussi appelés modèles à marchés incomplets, ou encore modèle Bewey-Aiyagari-Huggett-Imohoroglu, du nom des contributeurs initiaux. Au sein de ces modèles, on tient compte de la dynamique de chaque agent individuel en suivant l'histoire de chaque acteur.

Soyons plus concrets pour rendre compte du fonctionnement de ces modèles, en considérant les ménages comme un exemple particulièrement important (des exemples similaires pour les entreprises et les États sont aussi possibles). Les ménages font face à trois principaux risques dont les études empiriques nous donnent l'ampleur (voir Chatterjee *et al.*, 2007, pour les références). Le premier risque est le risque d'emploi : à qualification égale (et autres caractéristiques observables), les ménages ont des revenus du travail différents. Le second risque est le risque de maladie qui entraîne une perte de revenu. Ce risque est bien plus faible en France où le système public fournit une protection sociale élevée, mais est considérable aux États-Unis du fait de l'importance des coûts individuels du système de santé. Le troisième risque est le « risque »

familial au sens le plus large, qui inclut la date de mariage et de vie en couple, le nombre d'enfants ou encore les divorces. Encore une fois suivant les différences de système public, qui fournissent des niveaux différents d'assurance sociale, ces risques sont d'ampleur différente entre les pays.

Chaque ménage ayant une histoire particulière sur le marché du travail, en terme de période de chômage ou d'offres d'emplois, aura une richesse différente. Par ailleurs, les ménages faisant face à des risques de chômage plus élevés formeront une épargne de précaution pour se prémunir contre une baisse de revenu. En d'autres termes, il faut conserver au sein du modèle économique l'ensemble des histoires possibles sur le marché du travail pour rendre compte de l'hétérogénéité des situations.

Il faut insister sur la difficulté de l'exercice. Une fois que l'on a pris la mesure de l'étendue des situations possibles, même en simplifiant l'analyse au seul marché du travail, comment peut-on conserver toutes les trajectoires possibles sur le marché du travail au sein d'un même modèle ?

Cette possibilité est le résultat de plusieurs avancées méthodologiques qui ont permis l'élaboration de modèles cohérents. Tout d'abord, Bewley (1980 et 1983) a montré qu'il était possible de considérer au moins abstraitement toutes les histoires possibles au sein d'un même modèle. Cependant la contribution la plus importante provient probablement de Hopenhayn et Prescott (1992) et Huggett (1993) qui ont montré que cette hétérogénéité pouvait être étudiée en suivant la distribution de richesse des ménages (c'est-à-dire les inégalités de richesse) plutôt que l'ensemble des histoires particulières. De fait, ces modèles économiques font l'hypothèse d'un très grand nombre d'acteurs (ce qui simplifie paradoxalement le problème) pour suivre la distribution de richesse, en considérant chaque niveau de richesse et le nombre de ménages ayant ce niveau particulier (c'est-à-dire la densité de distribution). En termes plus analytiques, l'équilibre économique est étudié en utilisant la distribution de richesse (ou la distribution de toute variable économique pertinente) comme l'objet que le modèle va déterminer (plutôt que la richesse pour chaque histoire possible). Le soubassement mathématique de ces modèles est complexe, en effet la distribution de richesse est un objet de dimension infinie, car elle peut avoir toutes les formes possibles, *a priori*. L'on mesure alors la simplicité de l'hypothèse d'agent représentatif où l'on suit le comportement d'un seul agent !

Une seconde étape dans la diffusion de ces modèles a été les travaux de Huggett (1993) et Aiyagari (1994) qui ont montré que ces modèles pouvaient être résolus pour déterminer les inégalités à l'équilibre, en utilisant des simulations informatiques. Dès lors, les modèles à agents

hétérogènes se sont développés comme une branche particulièrement dynamique de l'économie computationnelle, reposant sur des simulations sur ordinateur avec des algorithmes de plus en plus complexes, permettant la simulation d'économies de plus en plus riches.

Pour être plus concret, l'expérience typique réalisée est alors la suivante. Si je prends les risques mesurés sur le marché du travail, en estimant les flux vers l'emploi et vers le chômage des enquêtes microéconomiques, comment les ménages épargnent-ils si je tiens compte du fait que l'investissement et donc les salaires et les taux d'intérêt sont déterminés par les marchés financiers, dont l'équilibre dépend de l'épargne des ménages ? Le risque sur le marché du travail permet-il d'expliquer à lui seul les inégalités de richesse aux États-Unis ?

Avant de présenter des travaux appliqués avec modèles à agents hétérogènes, il convient d'avoir une représentation plus théorique de ces économies. L'hétérogénéité provient des différents aléas auxquels font face les ménages (ou d'autres agents) qui font que même des ménages identiques suivent des histoires différentes et divergent. L'hypothèse clé est que les chocs microéconomiques auxquels font face les ménages ne sont pas assurables. Si jamais les marchés d'assurance sont complets, le système d'assurance compense exactement la perte de revenu lors d'une période de chômage, de maladie, voire de divorce. Pour cette raison, les modèles à agents hétérogènes sont aussi appelés modèles à marchés incomplets. En d'autres termes, hétérogénéité et frictions financières sont isomorphes⁴.

113

Observe-t-on une incomplétude d'assurance selon les agents ? Cette question a donné lieu à une vaste littérature empirique. Les travaux initiaux de Deaton et Paxson (1994) ont conclu à des chocs idiosyncratiques à la fois permanents et non assurables. Les travaux empiriques récents sur données de consommation individuelle, dont Guvenen (2011) donne un résumé, sont plus nuancés (du fait de problèmes d'identification), mais reconnaissent la présence de larges chocs idiosyncratiques non assurables.

LES RÉSULTATS NOUVEAUX

L'accroissement des inégalités aux États-Unis

Les modèles à agents hétérogènes se sont diffusés à partir des années 1990 environ, et l'on ne peut rendre compte ici de la diversité des études menées avec ces travaux. À titre d'exemple, on peut rendre compte du travail récent de Hubmer *et al.* (2016). Les auteurs utilisent un modèle à agents hétérogènes afin d'analyser la croissance des inégalités aux États-Unis depuis trente ans. Ce travail fait naturellement référence aux travaux de Thomas Piketty sur la croissance des inégalités,

du fait notamment des 1 % les plus riches. Au sein du modèle plusieurs explications potentielles sont analysées. Les « suspects usuels » sont l'évolution de la fiscalité, notamment la réduction de la fiscalité sur le capital aux débuts des années 1980. Une seconde explication est la déformation du partage salaire-profit dans la richesse nationale en faveur des profits, observée depuis 1970. Une troisième explication est l'augmentation des inégalités liées au statut éducatif. Le « rendement » des études a augmenté depuis trente ans aux États-Unis, accroissant l'écart entre les travailleurs peu qualifiés et les travailleurs qualifiés (ayant réalisé des études supérieures). Une dernière explication est l'accroissement de la différence entre le taux d'intérêt réel r qui rémunère le capital, et le taux de croissance de l'économie g qui est proche du taux de croissance des salaires.

Le modèle est calibré pour reproduire la distribution de richesse du milieu des années 1960 pour ensuite reproduire les évolutions de la fiscalité, des salaires et du rendement du capital observées entre 1967 et 2012. La conclusion des auteurs est que l'augmentation des inégalités est principalement expliquée par la baisse de la fiscalité du capital et non directement par la hausse de l'écart entre le rendement du capital et le taux de croissance du travail : $r - g$. Cette étude quantitative a aussi des implications pour l'évolution des inégalités de richesse aux États-Unis. Si la fiscalité du capital reste à des niveaux faiblement redistributifs actuels, les auteurs anticipent que les 1 % les plus riches auront une part de richesse additionnelle de 10 % supplémentaire de la richesse totale à long terme. Ainsi la réduction de la progressivité de la fiscalité du capital est un puissant mécanisme d'augmentation des inégalités de richesse.

114

Défaut sur les dettes publiques : trop ou pas assez de défauts ?

Une autre utilisation des modèles à marchés d'assurance incomplets concerne l'analyse des défauts souverains. Quels sont les déterminants du défaut des États ? Quelles en sont les causes et les conséquences ? Faut-il un système d'assurance de liquidité internationale afin de reproduire un actif sûr au niveau international. Cette dernière idée a été initialement émise par John Meynard Keynes lors de ses propositions pour la réforme du système monétaire international. Elle a été reprise par le FMI, qui émet des droits de tirage spéciaux (DTS) qui sont l'embryon d'une réserve de valeur internationale. L'analyse des défauts souverains était concentrée sur les pays en voie de développement avant la crise de 2007. Depuis, notamment avec la restructuration de la dette grecque, (la plus grande restructuration de dettes publiques de l'histoire du capitalisme), cette analyse se déplace vers les pays développés.

Les agents hétérogènes sont ici les pays qui sont à différentes phases du cycle économique. Un pays subissant une longue période d'activité

faible (contre laquelle il ne peut s'assurer) peut décider de faire défaut sur sa dette souveraine afin de ne plus payer les charges d'intérêt. Comme les ménages, les pays font face à des risques idiosyncratiques non assurables, ce qui permet de mobiliser le même cadre d'analyse. Il existe cependant des spécificités fortes du défaut souverain, qui renvoient à la notion de souveraineté. Il faut comprendre qu'un pays peut faire défaut de manière unilatérale sur sa dette, car il peut émettre ses dettes selon le droit national qu'il détermine lui-même ! La nature du droit, la mesure empirique des coûts ou la fréquence des défauts souverains font l'objet de nombreuses études, et l'on renvoie, par exemple, à Tomz et Wright (2013) pour un excellent résumé des études historiques et empiriques sur le défaut souverain. Le modèle canonique rendant compte des défauts souverains a été développé par Eaton et Gersovitz (1981) dans un cadre relativement simplifié de modèle à marchés d'assurance imparfaits avec défaut. Ce modèle a été quantitativement étudié par Arellano (2008) sur le cas de l'Argentine. Une revue de la littérature sur le plan théorique de cette littérature est réalisée par Aguiar et Amador (2015).

Une étude des conséquences normatives du défaut souverain, c'est-à-dire en termes de politiques économiques, est réalisée par Le Grand et Ragot (2017c). Dans cette analyse nous essayons de répondre à la question suivante : y a-t-il trop ou pas assez de défauts souverains ? Faut-il une liquidité internationale ? Le défaut soulage les pays les plus pauvres car ces derniers ne paient plus les charges d'intérêt sur la dette. Il appauvrit cependant les prêteurs (qui peuvent être aussi des pays pauvres) et crée une suspicion pour le futur réduisant les prêts aux pays pouvant en avoir besoin. Ces mécanismes ici rapidement résumés aboutissent de manière générale à un trop grand nombre de défauts souverains. Du fait des frictions financières, il y a une tendance trop importante des pays à s'endetter. Comment résoudre une telle difficulté dans un cadre international de contractualisation entre États souverains ? Nous montrons que l'émission d'un actif sûr au niveau international, fondé sur la libre contribution des États peut permettre de résoudre le problème en créant une réserve de valeur internationale, confirmant les analyses de Keynes. Cela est de prime abord paradoxal, l'émission d'une dette internationale (du FMI, par exemple) contribue à régler le problème d'excès d'endettement national. La réserve de valeur internationale permet d'augmenter l'épargne nationale des pays qui sont heureux de détenir un tel actif sûr. Une quantification des montants en jeu conclut que le montant de liquidité internationale pertinent est de l'ordre de 4 % du PIB mondial, alors que les DTS du FMI ne représentent que 0,3 % du PIB mondial.

Un concept central : la liquidité

Les inégalités endogènes à l'économie proviennent en grande partie du hasard et de l'imperfection des marchés financiers. Cette dernière fait émerger un concept central, à la fois lors des analyses monétaires et de dettes internationales. Il s'agit de la liquidité. Cette notion n'a pas de sens au sein de modèles standards. Dans ce cadre tous les actifs sont évalués par la valeur nette actualisée en espérance des flux de profits futurs. On ne peut donner sens dans ce cadre à une notion de liquidité. Au contraire, l'incomplétude des marchés donne un motif d'auto-assurance et permet de désigner la liquidité comme l'actif qui possède de bonnes propriétés comme, par exemple, celle de réserve de valeur. La liquidité la plus fondamentale est la monnaie, qui est acceptée universellement dans l'échange. La capacité à transformer en moyens de paiement les actifs au moment où l'on en a le plus besoin est une mesure pertinente de la liquidité au sens des marchés incomplets. La liquidité internationale est la réserve de valeur qui permet aux États d'épargner en cas de crise majeure. La monnaie est la liquidité qui permet aux ménages de réaliser de l'épargne de précaution.

116

Cette conception de la liquidité est la plus pertinente pour rendre compte de la monnaie détenue par les ménages. En effet, deux grandes théories de la monnaie s'opposent. La première fonde la demande de monnaie sur le motif de transaction. Il faut de la monnaie pour consommer, la détention de monnaie est donc liée à l'acte d'achat des biens de consommation. La seconde théorie présente la monnaie comme une réserve de valeur, comme une épargne pour faire face à des risques ou à des consommations aléatoires dans le futur. La monnaie est alors liée au motif d'épargne. Ces deux théories ont des implications empiriques très différentes. Si la monnaie sert à consommer, la distribution de monnaie entre les ménages doit être proche de celle des niveaux de consommation. Si elle sert à épargner, la distribution de la monnaie doit être proche de celles d'autres supports d'épargne, qui est très différente de celle des niveaux de consommation. En comparant ces données empiriques, Ragot (2014) conclut que la détention de monnaie peut s'expliquer pour 80 % par le motif d'épargne, donc comme liquidité au sens de la théorie des marchés incomplets.

Le choix de la théorie de la monnaie est essentiel pour des questions très pratiques. En effet, si la monnaie est détenue pour motif de liquidité, c'est-à-dire que les ménages décumulent leur monnaie en cas de chute de revenu, afin de lisser leur consommation, il peut alors être plus efficace de créer de la monnaie en donnant de la monnaie aux

ménages plutôt qu'en créant de la monnaie par les *open market operations*, une politique de la banque centrale. En effet, cette politique consiste à échanger de la monnaie contre des titres financiers pour les acteurs qui participent aux marchés financiers. Les ménages qui ne participent pas aux marchés financiers (et donc ne vendent pas de titres, directement ou indirectement) ne profitent pas de la création monétaire. De fait, la création de monnaie par hélicoptère (c'est-à-dire envoyée à tous les ménages) peut être plus efficace que les opérations d'*open market*. C'est précisément la conclusion de Bilbiie et Ragot (2016) qui étudient la création monétaire optimale quand la monnaie est utilisée comme liquidité dans un environnement économique réaliste.

Liquidité et finance

Cette notion de liquidité affecte la valorisation des actifs financiers. Ces derniers contiennent des primes de liquidité suivant la facilité avec laquelle on peut les transférer en moyen de paiement lorsqu'on en a besoin. La finance est un laboratoire passionnant pour tester les théories économiques car il y a un grand nombre de données et d'acteurs « rationnels » qui investissent beaucoup de capacités cognitives pour gagner de l'argent. Dans une série d'articles, avec Édouard Challe et François Le Grand, nous avons dérivé les implications de l'incomplétude des marchés sur les prix des actifs financiers et la liquidité. Nous avons, par exemple, expliqué comment la courbe des taux se déforme en fonction de la quantité de dettes publiques (Challe *et al.*, 2013). Cette question est très importante à l'heure où le volume des dettes publiques est des très importants et où les taux d'intérêt sont très bas. Lorsque l'incertitude augmente dans l'économie les primes de liquidité augmentent pour les actifs considérés les plus sûrs, comme les dettes publiques des pays développés. Dès lors, la demande pour ces actifs augmente considérablement faisant baisser les taux d'intérêt et toute la courbe des taux, à la fois le niveau et la pente. L'implication de la demande de liquidité pour l'échange de produits dérivés, les options, a ensuite été étudiée (Le Grand et Ragot, 2016). Le rendement de la bourse par rapport à celui des dettes publiques (la prime de risque) peut être expliqué dans ces modèles (Le Grand et Ragot, 2017b). Ces articles font référence à un ensemble de travaux vaste étudiant le lien entre liquidité et finance.

En conclusion d'étape, cette mise en perspective de travaux récents montre que quatre concepts sont intimement liés : inégalité (et hétérogénéité plus généralement), liquidité et incomplétude des marchés financiers et défaut souverain.

AVANCÉES RÉCENTES : DE NOUVEAUX HORIZONS

Sur le plan méthodologique, une première génération de modèle à agents hétérogènes a étudié des environnements stables. Par exemple, elle s'est concentrée sur les inégalités de long terme, ou la transition des économies vers de nouvelles distributions de richesse à long terme. En d'autres termes, cette première série de travaux n'étudie pas la réaction des économies aux nombreux chocs macroéconomiques qui affectent les économies. Ces modèles ne considèrent pas de chocs agrégés, qui sont pourtant l'objet d'étude habituel des macroéconomistes, chocs fiscaux, monétaires, de taux de change, technologique, etc.

Ainsi pendant de longues années les outils des macroéconomistes étaient composés de deux types de modèles différents. Les modèles à agents hétérogènes pour étudier les inégalités stationnaires, d'une part, et les modèles à agents représentatifs (un ou deux agents représentatifs dans les DSGE, ou quelques fonctions de consommation) pour étudier la réponse aux chocs, d'autre part. De ce fait la contribution des inégalités aux chocs macroéconomiques était peu étudiée.

La raison principale de cette dichotomie intellectuelle est la difficulté d'étudier des modèles où les distributions de richesses fluctuent de manière permanente. Une étape importante dans la capacité de simuler des modèles avec agents hétérogènes et chocs agrégés est la contribution de Krusell et Smith (1998). L'algorithme de Krusell et Smith est devenu une référence pour la simulation de tels modèles. La clé pour la résolution du modèle est l'hypothèse que les agents forment des anticipations en ne considérant que quelques aspects de la distribution de richesse, typiquement la richesse moyenne. Cette hypothèse semble satisfaisante pour les modèles simples, mais peut être inappropriée si la distribution de richesse évolue brutalement.

De manière plus générale, la résolution de modèles à agents hétérogènes avec chocs agrégés est une question de recherche ouverte : on ne sait pas les résoudre dans le cas le plus général. Cette constatation pourra surprendre le lecteur, non conscient de la limite des outils des économistes. Il ne s'agit pas moins que de pouvoir étudier ensemble microéconomie (inégalité) et macroéconomie (fluctuations de l'inflation, de la consommation, etc.). Heureusement, des avancées récentes repoussent aujourd'hui cette frontière au prix d'efforts substantiels.

Trois avancées méthodologiques permettent maintenant d'élargir le champ des questions que l'on peut analyser. Il n'y a pas ici de volonté de les présenter par ordre d'importance, car le débat scientifique fait rage pour déterminer l'intérêt relatif de chacune de ces méthodes dans la définition d'un nouveau paradigme.

La première piste consiste à réduire l'hétérogénéité dans ces modèles afin de capter les mécanismes principaux. L'idée est simple à formuler, mais toujours difficile à mettre en œuvre ! L'hétérogénéité est difficile à analyser en macroéconomie car il faut suivre tous les agents qui diffèrent par leur histoire personnelle (ou encore idiosyncratique). L'idée principale est de construire des modèles où seulement un nombre fini de périodes passées est nécessaire pour comprendre le comportement des agents, par exemple les dix dernières années. En termes plus analytiques, ces modèles proposent une « troncation » dans l'espace des histoires idiosyncratiques. Ces modèles deviennent alors particulièrement faciles à résoudre et de nombreux autres mécanismes économiques peuvent être étudiés. Ragot (2017) fournit une présentation détaillée de ces modèles et une référence aux travaux récents.

Deux exemples plus concrets permettront de faire comprendre l'importance pour la compréhension économique de ces évolutions de méthode. Lors des récessions, la probabilité de tomber ou de rester au chômage augmente. De ce fait, les ménages réduisent leur consommation afin de former une épargne de précaution. Cette chute de la consommation réduit la demande agrégée et contribue à une réduction de l'activité, une hausse additionnelle du chômage, augmentant elle-même l'épargne de précaution. En d'autres termes, si la hausse de l'épargne est rationnelle au niveau individuel, elle ne l'est pas au niveau global du fait d'externalités négatives de demande. La première description moderne de ce mécanisme, maintenant intuitif, est le fait de Keynes dans son ouvrage *Traité sur la monnaie*. Quelle est la contribution quantitative de l'externalité négative de l'épargne de précaution aux fluctuations macroéconomiques ? Pour répondre à cette question, Challe *et al.* (2016) construisent un modèle à agents hétérogènes où les ménages forment de l'épargne de précaution dans une économie où le chômage est endogène du fait de friction d'appariement sur le marché du travail et où des rigidités nominales sur le marché des biens engendre des externalités de demande. Le traitement de l'hétérogénéité est réduit en considérant que les ménages ayant un niveau de richesse faible ont le même comportement d'auto-assurance. Ces ménages représentent 60 % des ménages américains, qui détiennent moins de 1 % de la richesse liquide américaine. On réduit ainsi la diversité des comportements d'auto-assurance pour les ménages employés, pour garder une diversité de comportement pour les chômeurs.

Le gain de cette approximation est l'utilisation d'un grand nombre de données empiriques pour « discipliner le modèle » et quantifier les résultats. Les données passées sur les fluctuations de consommation, de croissance, d'investissements et d'emplois sont utilisées. Mais sont aussi mobilisées les données plus détaillées sur les propriétés cycliques des

taux de retour à l'emploi et les probabilités de perdre son emploi, ainsi que la variation des inégalités de consommation dans le cycle. Tous ces éléments servent à estimer le modèle pour mesurer au mieux la contribution de l'épargne de précaution aux fluctuations macroéconomiques.

Le résultat de l'analyse est que lors de la grande récession de 2008 pendant laquelle le chômage a considérablement augmenté aux États-Unis, la contribution de l'épargne de précaution a multiplié par au moins deux la chute de la consommation agrégée. Cet effet ne se retrouve pas lors des autres récessions, ce qui montre la singularité de la grande récession.

Une seconde application de la réduction de l'hétérogénéité réduite concerne les politiques fiscales optimales. Dans une économie où les agents sont hétérogènes, notamment du fait du risque de chômage, où ils forment une épargne de précaution, comment la fiscalité du capital, du travail et la dette publique doivent-ils évoluer afin de stabiliser l'économie et minimiser les coûts sociaux des fluctuations ? On comprend aisément l'importance de cette question, à la frontière de la macroéconomie et de l'économie des inégalités. Seules les analyses les plus récentes permettent de formaliser le problème et construire une solution cohérente. Le Grand et Ragot (2017a) considèrent de manière jointe tous les instruments fiscaux en utilisant une théorie générale de la « troncation » des histoires idiosyncratiques. Après un choc négatif, la politique optimale consiste à augmenter la dette publique, puis à la faire converger lentement vers son niveau d'équilibre. La hausse de la dette publique permet d'augmenter la liquidité dans l'économie et d'absorber l'excès d'épargne produit par l'auto-assurance des ménages. Ce travail confirme le résultat des modèles plus simples de fiscalité optimale (Aiyagari *et al.*, 2002) où la taxe la plus volatile dans le cycle économique est la taxe sur le capital et pas celle sur le travail. D'autres travaux pour tester la robustesse de ces résultats seront nécessaires, et c'est le rôle du débat académique d'extraire les résultats généraux qui ne dépendent pas des choix de modélisation.

La deuxième avancée méthodologique est purement computationnelle : elle concerne notre capacité à simuler ces économies avec des ordinateurs. Reiter (2009) a élaboré un algorithme qui permet de résoudre efficacement les modèles d'agents hétérogènes avec chocs agrégés. Den Haan (2010) compare les méthodes de résolution au sein d'un numéro spécial du *Journal of Economic Dynamics and Control*. Il ressort que la méthode de Reiter est une avancée importante. Cette méthode consiste à résumer la distribution de richesse en seulement quelques points les plus importants afin de simplifier la résolution du modèle. Cela paraît toujours très simple lorsqu'un tel algorithme est décrit, mais l'implémentation numérique est délicate. Cette avancée a

permis de résoudre des modèles avec agents hétérogènes et chocs agrégés en introduisant d'autres frictions, comme des rigidités nominales, ou un marché du travail réaliste avec du chômage involontaire. Un article particulièrement intéressant est celui de McKay et Reis (2016) qui étudient la contribution des stabilisateurs automatiques (l'assurance chômage publique en particulier) à la stabilisation économique aux États-Unis. Ils montrent que le système américain ne permet pas de stabiliser véritablement les fluctuations économiques, car il est trop peu développé. Cependant un système plus large, incluant un soutien à la consommation des ménages les plus pauvres en récession (*food stamps*), peut avoir un effet macroéconomique du premier ordre. L'introduction de frictions nominales dans les modèles à agents hétérogènes a donné lieu à la création d'un nouvel acronyme, HANK (*heterogeneous agent new keynesian model*), au sein d'une littérature qui se donne pour objectif de devenir le modèle central de la macroéconomie, remplaçant toute la littérature à agents représentatifs, appelée DSGE (Kaplan *et al.*, 2016).

Une troisième avancée méthodologique est l'utilisation des techniques de temps continu. Ces techniques utilisent des méthodes avancées (*mean field games*) pour formuler les problèmes économiques comme des équations aux dérivées partielles en temps continu, que les mathématiciens ont étudiées depuis longtemps. Les travaux appliqués de Gabaix *et al.* (2016) sur les inégalités américaines encore une fois sont un exemple de ces travaux (voir les références dans cet article). Ces techniques se diffusent en économie, mais elles restent extrêmement mathématiques. À part certains problèmes, comme les modèles avec choix discrets et continus (Kaplan et Violante, 2014), le gain de ces nouvelles méthodes semble encore incertain, pour un coût de complexité mathématique élevé.

121

LES MODÈLES À AGENTS (AGENT BASED MODELS – ABM)

Il peut être intéressant de comparer les travaux précédents avec une autre conception de l'hétérogénéité dans l'économie. Cette dernière est développée au sein d'une classe différente de modèles : les modèles à agents. Les travaux présentés plus haut font l'hypothèse d'une certaine rationalité des agents économiques : ces derniers perçoivent les risques, modifient leur comportement d'épargne en conséquence, en formant, par exemple, une épargne de précaution ou en se tournant vers la liquidité.

L'autre grande classe de modèles à agents hétérogènes, les modèles à agents, étudie l'interaction d'agents ayant une rationalité bien moindre. Les agents (ménages ou entreprises) suivent des règles simples et changent de règle suivant les interactions avec d'autres agents. Les

agents sont des « fourmis » (au sens de Kirman, 1993) ou des particules interagissant dans le champ social. Ces modèles connaissent aujourd'hui une popularité certaine car ils peuvent rendre compte d'instabilités économiques, les sociétés changeant d'équilibre comme la matière changeant de phase. L'OFCE (Observatoire français des conjonctures économiques) a consacré un numéro entier pour rendre compte du dynamisme de ces travaux (OFCE, 2012). Les modèles présentés plus haut sont différents en cela qu'il donne aux anticipations et à la liquidité un rôle important.

La sociologie des économistes fait que ces deux types de modèles sont développés par des chercheurs ayant peu de connexions, avec des méthodes différentes, comme le montre la liste de références des différents articles. Cela crée une dispersion des moyens intellectuels certaine, et il y a fort à parier que la distance entre ces types de travaux va décroître. Le quatrième tome du *Handbook of Computational Economics* (à paraître) sera probablement une étape dans le rapprochement des communautés (voir Ragot, 2017).

CONCLUSION

122

Autant que des résultats récents, le but de cet article est de présenter les outils nouveaux qui construisent la vision du monde des économistes : les économies sont beaucoup plus risquées que la représentation usuelle en économie, au sein du modèle néoclassique, comme au sein du modèle keynésien standard. Cette constatation est la base des modèles dits « à agents hétérogènes », qui contribuent à introduire les concepts de liquidité, d'imperfections financières et d'inégalités au cœur de la pensée macroéconomique.

NOTES

1. Le modèle macroéconomique canonique avant la crise était le modèle DSGE (*Dynamic Stochastic General Equilibrium Model*) qui s'est diffusé au sein des institutions, dans une version néo-keynésienne. Ce modèle ne permet pas de rendre compte de l'hétérogénéité des agents et de l'incomplétude des marchés financiers dans un cadre général. En ce sens précis, ces modèles à agents hétérogènes ne sont pas des modèles DSGE (voir le débat entre Korinek, 2017, et Christiano *et al.*, 2017).

2. Il s'agit plus précisément de la déviation standard du taux de croissance de la consommation des biens non durables et des services, qui sont la composante la moins volatile de la consommation des ménages, notamment par rapport aux biens durables (voir Le Grand et Ragot, 2017b, pour une discussion).

3. Ce problème est présenté de manière plus général comme celui de l'agrégation en économie (Fisher, 1987 ; Hildenbrand, 2008). Les travaux récents de Xavier Gabaix sur la granularité étudient le lien entre le risque individuel et le risque agrégé pour les entreprises.

4. Cette relation est comprise de longue date des macroéconomistes. En effet, les modèles macroéconomiques à agents représentatifs sont un résultat et non une hypothèse lorsque les marchés sont complets.

Dans ce cas, l'hétérogénéité entre les agents est sans importance et l'économie se comporte comme si il y avait un agent représentatif avec des préférences singulières qui résument toutes les préférences individuelles. L'équilibre Pareto optimal peut être vu comme l'allocation décidée par un planificateur central (l'agent représentatif) pour une fonction d'utilité particulière. Il faut donc comprendre les modèles à agents hétérogènes comme une déviation d'une économie à la Arrow-Debreu lorsque les marchés financiers sont imparfaits.

BIBLIOGRAPHIE

- AGUIAR M. et AMADOR M. (2015), « Chapter 11 - Sovereign Debt », in Helpman E., Rogoff K. et Gopinath G. (éd.), *Handbook of International Economics*, vol. 4, chap. 11, Elsevier, pp. 647-687.
- AYAGARI S. R. (1994), « Uninsured Idiosyncratic Risk and Aggregate Saving », *Quarterly Journal of Economics*, vol. 109, n° 3, pp. 659-684.
- AYAGARI S. R., MARCET A., SARGENT T. J. et SEPPÄLÄ J. (2002), « Optimal Taxation without State-Contingent Debt », *Journal of Political Economy*, vol. 110, n° 6, pp. 1220-1254.
- ARELLANO C. (2008), « Default Risk and Income Fluctuations in Emerging Economies », *American Economic Review*, vol. 98, n° 3, pp. 690-712.
- BEWLEY T. F. (1980), « The Optimum Quantity of Money », in Kareken and Wallace (éd.), *Models of Monetary Economies*.
- BEWLEY T. F. (1983), « A Difficulty with the Optimum Quantity of Money », *Econometrica*, vol. 51, n° 5, pp. 1485-1504.
- BILBIE F. et RAGOT X. (2016), « Monetary Policy and Inequality when Aggregate Demand Depends on Liquidity », *Document de travail*.
- CHALLE E., LE GRAND F. et RAGOT X. (2013), « Incomplete Markets, Liquidation Risk and the Term Structure of Interest Rates », *Journal of Economic Theory*, vol. 148, n° 6, (with Challe E. et Le Grand F.).
- CHALLE E., MATHERON J., RAGOT X. et RUBIO-RAMIREZ J. (2017), « Precautionary Saving and Aggregate Demand », *Quantitative Economics*, vol. 8, n° 3, juillet, pp. 435-478.
- CHALLE E. et RAGOT X. (2016), « Precautionary Saving over the Business Cycle », *Economic Journal*, vol. 126, n° 590, pp. 135-164.
- CHATTERJEE S., CORBAE D., NAKAJIMA M. et RÍOS-RULL J.-V. (2007), « A Quantitative Theory of Unsecured Consumer Credit with Risk of Default », *Econometrica*, vol. 75, n° 6, novembre, pp. 1525-1589.
- CHRISTIANO L., EICHENBAUM M. et TRABANDT M. (2017), « On DSGE Models », *Working Papers*.
- DEATON A. et PAXSON C. (1994), « Intertemporal Choice and Inequality », *Journal of Political Economy*, vol. 102, n° 3, juin, pp. 437-467.
- DEN HAAN W. (2010), « Comparison of Solutions to the Incomplete Markets Model with Aggregate Uncertainty », *Journal of Economic Dynamics and Control*, vol. 1, n° 34, pp. 4-27.
- EATON B. et GERSOVITZ M. (1981), « Debt with Potential Repudiation: Theoretical and Empirical Analysis », *Review of Economic Studies*, vol. 48, n° 2, pp. 289-309.
- FATH G. (2011), « Macroeconomics with Heterogeneity: a Practical Guide », *Economic Quarterly*, Federal Reserve Bank of Richmond, n° 3Q, pp. 255-326.
- FISHER F. M. (1987), « Aggregation Problem », in Eatwell J., Milgate M. et Newman P. (éd.), *The New Palgrave: a Dictionary of Economics*, First Edition, Palgrave Macmillan.
- GABAIX X., LASRY J.-M., LIONS P.-L. et MOLL B. (2016), « The Dynamics of Inequality », *Econometrica*, vol. 84, n° 6, novembre, pp. 2071-2111.
- GALI J. (2015), *Monetary Policy, Inflation and the Business Cycle: an Introduction to the New Keynesian Framework and Its Applications*, Princeton University Press.
- HEATHCOTE J., PERRI F. et VIOLANTE G. L. (2010), « Unequal We Stand: an Empirical Analysis of Economic Inequality in the United States: 1967-2006 », *Review of Economic Dynamics*, vol. 13, n° 1, pp. 15-51.

- HILDENBRAND W. (2008), « Aggregation (Theory) », in Durlauf S. N. et Blume L. E. (éd.), *The New Palgrave Dictionary of Economics*, Second Edition, Palgrave Macmillan.
- HOPENHAYN H. A. et PRESCOTT E. C. (1992), « Stochastic Monotonicity and Stationary Distributions for Dynamic Economies », *Econometrica*, vol. 60, n° 6, pp. 1387-1406.
- HUBMER J., KRUSELL P. et SMITH A. A. (2016), « The Historical Evolution of the Wealth Distribution: a Quantitative-Theoretic Investigation », NBER, *Working Paper*, n° 23011.
- HUGGETT M. (1993), « The Risk Free Rate in Heterogeneous – Agent Incomplete – Insurance Economies », *Journal of Economic Dynamics and Control*, vol. 17, n° 5-6, pp. 953-969.
- IMROHOROĞLU A. (1989), « Cost of Business Cycles with Indivisibilities and Liquidity Constraints », *Journal of Political Economy*, vol. 97, n° 6, pp. 1364-1383.
- IMROHOROĞLU A. (1992), « The Welfare Cost of Inflation under Imperfect Insurance », *Journal of Economic Dynamics and Control*, vol. 16, n° 1, pp. 79-91.
- KAPLAN G., MOLL B., VIOLANTE G. L. (2016), « Monetary Policy According to HANK », NBER, *Working Paper*, n° 21897.
- KAPLAN G. et VIOLANTE G. L. (2014), « A Model of the Consumption Response to Fiscal Stimulus Payments », *Econometrica*, vol. 82, n° 4, pp. 1199-1239.
- KIRMAN A. (1993), « Ants, Rationality and Recruitment », *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 108, n° 1, février, pp. 137-156.
- KORINEK A. (2017), « Thoughts on DSGE Macroeconomics: Matching the Moment, but Missing the Point? », *Working Paper*.
- KRUSELL P. et SMITH A. A. J. (1998), « Income and Wealth Heterogeneity in the Macroeconomy », *Journal of Political Economy*, vol. 106, n° 5, pp. 867-896.
- LE GRAND F. et RAGOT X. (2016), « Incomplete Markets and Derivative Assets », *Economic Theory*, vol. 62, n° 3, août.
- LE GRAND F. et RAGOT X. (2017a), « Optimal Fiscal Policy with Heterogeneous Agents and Aggregate Shocks », *Document de travail*.
- LE GRAND F. et RAGOT X. (2017b), « A Class of Tractable Incomplete-Market Models to Study Asset Returns and Risk Exposure », *Document de travail*.
- LE GRAND F. et RAGOT X. (2017c), « Sovereign Default and Liquidity: the Case for a World Safe Asset », *Document de travail*.
- MCKAY A. et REIS R. (2016), « The Role of Automatic Stabilizers in the US Business Cycle », NBER, *Working Paper*.
- OFCE (Observatoire français des conjonctures économiques) (2012), « Agent-Based Models and Economic Policy », Gaffard J.-L. et Napolitano M. (éd.), *Revue de l'OFCE*, n° 124.
- RAGOT X. (2014), « The Case for a Financial Approach to Money Demand », *Journal of Monetary Economics*, vol. 62, mars, pp. 94-107.
- RAGOT X. (2017), « Heterogeneous Agents in the Macroeconomy: Reduced-Heterogeneity Representations », Chapitre, in *Handbook of Computational Economics*, vol. 4., (à paraître).
- REITER M. (2009), « Solving Heterogeneous-Agent Models by Projection and Perturbation », *Journal of Economic Dynamics and Control*, vol. 33, n° 3, pp. 649-665.
- RIOS-RULL V. (1996), « Life Cycle Economies and Aggregate fluctuations », *Review of Economic Studies*, n° 63, pp. 465-489.
- TOMZ M. et WRIGHT M. L. J. (2013), « Empirical Research on Sovereign Debt and Default », *Annual Review of Economics*, vol. 5, n° 1, pp. 247-272.