



HAL
open science

Le risque de liquidité dans le système bancaire

Mihaela Costisor

► **To cite this version:**

Mihaela Costisor. Le risque de liquidité dans le système bancaire. Economies et finances. Université Paris-Est, 2010. Français. NNT : 2010PEST3002 . tel-00841680

HAL Id: tel-00841680

<https://theses.hal.science/tel-00841680>

Submitted on 5 Jul 2013

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.

Université Paris-Est
École Doctorale : OMI - Organisation, Marchés, Institutions
Équipe de Recherche sur l'Utilisation des Données Individuelles
Temporelles en Économie (ERUDITE)

THESE

Pour obtenir le grade de
Docteur de l'Université Paris-Est
Discipline : Sciences Economiques

LE RISQUE DE LIQUIDITÉ DANS LE SYSTÈME BANCAIRE

Présentée et soutenue publiquement par :

Mihaela COSTISOR

le 02.04.2010

Créteil, 2 avril 2010

Composition du jury :

Jézabel COUPPEY-SOUBEYRAN - Maître de Conférences à l'Université Paris I

Sylvie DIATKINE - Professeur à l'Université Paris-Est (Directeur de thèse)

François LEGENDRE - Professeur à l'Université Paris-Est

François MARINI - Maître de Conférences à l'Université Paris-Dauphine (Rapporteur)

Jean-Paul POLLIN - Professeur à l'Université d'Orléans (Rapporteur)

Université Paris-Est
École Doctorale : OMI - Organisation, Marchés, Institutions
Équipe de Recherche sur l'Utilisation des Données Individuelles
Temporelles en Économie (ERUDITE)

THESE

Pour obtenir le grade de
Docteur de l'Université Paris-Est
Discipline : Sciences Economiques

LE RISQUE DE LIQUIDITÉ DANS LE SYSTÈME BANCAIRE

Présentée et soutenue publiquement par :

Mihaela COSTISOR

Créteil

Composition du jury :

Jézabel COUPPEY-SOUBEYRAN - Maître de Conférences à l'Université Paris I

Sylvie DIATKINE - Professeur à l'Université Paris-Est (Directeur de thèse)

François LEGENDRE - Professeur à l'Université Paris-Est

François MARINI - Maître de Conférences à l'Université Paris-Dauphine (Rapporteur)

Jean-Paul POLLIN - Professeur à l'Université d'Orléans (Rapporteur)

L'Université Paris-Est n'entend ni approuver, ni désapprouver les opinions émises dans les thèses, ces opinions doivent être considérées comme propres à leurs auteurs.

Remerciements

Pour tout nouveau chercheur, la thèse de doctorat est une épreuve morale, car le chemin vers la réussite est souvent difficile et solitaire. C'est pourquoi je voudrais témoigner ma reconnaissance aux personnes sans qui la réalisation de ce travail n'aurait pas été possible.

Je tiens tout d'abord à exprimer toute ma gratitude à ma directrice de thèse, Madame Sylvie Diatkine, pour la confiance et la liberté qu'elle a su m'accorder tout au long de mon doctorat. Son dynamisme et ses compétences scientifiques m'ont permis d'avancer et de mener à bien cette étude.

Je remercie Messieurs François Marini et Jean-Paul Pollin pour l'intérêt qu'ils témoignent à l'égard de cette thèse en acceptant d'en être rapporteurs, ainsi qu'à Madame Jézabel Couppey-Soubeyran d'avoir bien voulu faire partie de mon jury de thèse.

Je suis particulièrement reconnaissante à Monsieur François Legendre qui a accompagné et guidé mes premiers algorithmes en C++ et m'a généreusement initié au logiciel de traitement de texte L^AT_EX.

Je remercie également Monsieur André Tiomo pour ses critiques pertinentes et ses suggestions qui m'ont été d'une grande utilité. Je remercie aussi chaleureusement les professeurs Claude Mathieu - Directeur de l'ERUDITE, Dorothee Rivaud-Danset et Pierre Blanchard pour leurs conseils et encouragements. Enfin, mes remerciements vont à l'équipe de l'UFR d'Economie de m'avoir fait l'honneur de m'accueillir comme moniteur et, ultérieurement, comme ATER.

Je remercie tous les thésards pour la bonne ambiance de travail. Je leur exprime ma profonde sympathie et leur souhaite beaucoup de succès.

Enfin, j'ai une grande dette morale envers mon mari et ma famille pour leur amour et soutien sans faille, avec qui j'ai partagé l'expérience de cette thèse et qui m'ont vivement encouragé pendant toutes ces années.

A mon mari, Adrian

A mes parents et à ma soeur

Sommaire

INTRODUCTION GENERALE	i
PREMIERE PARTIE : Analyse théorique du risque de liquidité	1
Chapitre 1 Approche du risque de liquidité par les modèles de défaut de coordination	4
Chapitre 2 Analyse du phénomène de contagion dans les crises de liquidité	45
DEUXIEME PARTIE : Applications numériques	93
Chapitre 3 Application numérique de la contagion par les liens interbancaires	96
Chapitre 4 Application numérique de la contagion au travers des variations des prix des actifs	165
CONCLUSION GÉNÉRALE	219
Bibliographie	227
Liste des tableaux	240
Table des figures	241
Table des matières	243

Introduction générale

En guise d'introduction, il apparaît nécessaire de retracer de façon succincte l'importance du risque de liquidité et l'évolution des concepts relatifs à la liquidité. En effet, le déroulement de la crise de 2007 fournit une illustration des différents contours de la liquidité, à savoir la liquidité de financement et la liquidité de marché. Nous exposerons ensuite notre thème de recherche et la méthodologie adoptée pour enfin annoncer notre plan de thèse.

Une nouvelle actualité du risque de liquidité

Le concept de liquidité est plus que jamais un sujet d'actualité. Il y a encore peu de temps, les régulateurs bancaires étaient focalisés notamment sur le dispositif et la mise en place des normes prudentielles de solvabilité. Cependant, la crise récente nous a fait découvrir que la liquidité n'est pas « acquise » et qu'une pénurie de liquidité peut très rapidement se transformer en problème de solvabilité pour certaines institutions financières. Dans ce contexte, le besoin de lui donner une importance majeure d'une part et de tenir davantage compte des caractéristiques et des modifications structurelles de la finance dans sa régulation d'autre part, s'impose actuellement comme un impératif.

Certes, la crise financière commencée en août 2007 a certaines caractéristiques, qui lui sont propres, liées à la titrisation¹ qui a joué un rôle original dans

¹La titrisation est la substitution progressive des titres aux prêts inscrits à l'actif du bilan des banques. La titrisation désigne donc la pratique qui consiste à fractionner les prêts et à les vendre à des investisseurs. Elle permet de disperser les risques liés aux prêts bancaires de manière à ce que ceux-ci soient partagés entre des investisseurs disposant de ressources financières importantes.

son déclenchement et son déroulement². Pourtant, mises à part les différences, les crises financières reflètent notamment les vulnérabilités des marchés financiers. Et à l'évidence, dans la crise actuelle, le risque de liquidité a constitué un facteur crucial de vulnérabilité du système financier. Cette crise a également révélé la complexité des dynamiques de liquidité et la rapidité avec laquelle elle peut disparaître.

La transmission de la crise du crédit hypothécaire à risque (*subprime*) au secteur financier (au marché des billets de trésorerie adossés à des actifs - ABCP - aux États-Unis) et au secteur bancaire n'a pas été, du moins au départ, due à un problème de solvabilité, mais à la liquidité³. Ce n'est pas une dépréciation de la valeur fondamentale des actifs ou des institutions, mais leur illiquidité qui a alimenté le processus de diffusion en chaîne (Pollin, 2008).

Ainsi, les premiers symptômes se sont manifestés par des tensions sur la liquidité. La crainte que la crise ne soit en train de s'aggraver et se transformer en une dépression comparable à celle des années '30 a mené à l'effondrement des prix des actions et à la perte de la confiance des consommateurs et des entreprises partout dans le monde. Ainsi, les institutions financières ont dû vendre des actifs, d'abord pour répondre à la demande soudaine de liquidités des investisseurs et ensuite pour reconstituer leurs fonds propres (Blanchard, 2009). Les assèchements soudains de liquidité ont particulièrement entraîné des perturbations sévères sur les marchés interbancaires, qui sont le cœur même du système financier. Plus d'un an après, ces marchés étaient encore relativement tendus.

En présence de risques de liquidité, des paniques bancaires auto-réalisatrices ont pu être remarquées. Les files d'attente devant la banque britannique Northern Rock ont rappelé que les encaisses de transaction sous forme de dépôts à vue peuvent rapidement s'envoler en cas de panique.

Cependant, dans la plupart des pays, les dépôts sont en grande partie assurés, de sorte que leurs titulaires n'ont guère de raisons de se ruer à la banque pour les

²Bordo fait remarquer, dans son article de 2007, que cette crise n'est pas différente des crises antérieures, que c'est toujours « la même vieille histoire, seuls les joueurs ont changé ». En effet, ce n'est la première fois au cours de l'histoire financière qu'une crise naît d'un problème d'endettement (une bulle immobilière étroitement liée à une bulle du crédit.)

³Brunnermeier (2008) fournit une description détaillée des mécanismes d'amplification de la crise de *subprime* à l'ensemble des marchés financiers.

récupérer. Comme l'affirme Blanchard (2009), « aujourd'hui, il n'y a plus de ruée au sens littéral » mais des « ruées modernes », car « les institutions jugées à risque ne peuvent simplement plus se financer sur les marchés monétaires ». Le risque le plus important pour les établissements financiers a été donc de voir disparaître les autres sources de financement, telles que les lignes de crédit interbancaire ou le marché des prises en pension (ou simplement le financement à court terme sur le marché de gros). Face au tarissement de cette source de liquidité, nous avons assisté à une perte de confiance entre les intermédiaires eux-mêmes, ce qui a mis en péril les institutions dont l'effet de levier était trop important ou celles qui n'avaient par accès direct au financement des banques centrales. Face au climat d'incertitude, les intervenants de marché disposant de liquidité ont préféré rester en dehors du marché. D'autres ont cessé d'effectuer des transactions estimant que le risque de contrepartie s'était considérablement renforcé. Certains intervenants ont même préféré thésauriser de la liquidité dans un contexte d'incertitude accrue à l'égard de leurs propres besoins futurs de liquidité et de leur degré d'exposition aux risques⁴.

Il est également important de mentionner que la liquidité de marché a joué depuis toujours un rôle essentiel⁵. Dans le contexte actuel, la dépendance accrue envers la liquidité de marché s'est traduite par une interaction intime entre la liquidité et la valorisation en valeur de marché des actifs financiers, ce qui a renforcé en même temps la sensibilité des bilans bancaires aux techniques de valorisation.

Dans un contexte où la capacité d'emprunt des institutions financières a diminué, elles ont été obligées de vendre des actifs. Dans la mesure où il s'agissait d'un phénomène macroéconomique, les investisseurs nantis disposés à acheter ces actifs se sont faits rares. De plus, les investisseurs extérieurs ont eu beaucoup de mal à déterminer la valeur des actifs en question, ce qui explique pourquoi ceux-ci

⁴« Le besoin de liquidités des banques était entretenu en permanence par le manque de capital en face de créances douteuses qui gagneraient de nouvelles catégories de crédit ». (Aglietta et Rigot, 2009 page 107)

⁵Dans l'article portant sur la crise de 1763, Schnabel et Shin ont fait remarquer que la liquidité de marché s'était évaporée. En fait, en 1763, Amsterdam a été victime d'une crise financière de grande ampleur liée à des financements successifs de billets d'ordre. La Banque d'Amsterdam a vraisemblablement rencontré des difficultés pour venir à la rescousse des banques, même si c'était une crise de liquidité et non de solvabilité.

ont été vendus à des prix en dessous de la valeur actuelle attendue des paiements produits par ces actifs. La vente d'actifs par chaque établissement a contribué à son tour à contaminer la valeur de tous les actifs comparables. La baisse générale des prix des actifs peu liquides d'une part et l'augmentation de leur illiquidité d'autre part, a affaibli en retour les autres institutions financières qui détiennent ces actifs. Dès lors, leurs fonds propres ont diminué, ce qui les a obligé à vendre des actifs, et ainsi de suite.

Comme nous avons pu l'observer, les actifs dits « toxiques » ont fait par la suite disparaître la circulation de quantités considérables d'actifs, dont certains étaient de bonne qualité, par contagion et parce que les banques ont dû éponger leurs actifs toxiques en vendant massivement des actifs de meilleure qualité, ce qui a fait dès lors chuter les prix. Cela s'est produit non seulement sur des marchés étroits, non régulés, mais aussi sur des marchés profonds jugés jusqu'à récemment robustes. Ainsi, l'illiquidité s'est répandue du marché du crédit aux marchés monétaires et obligataires et ultérieurement au marché des actions. Par contagion, la crise s'est transmise aussi à l'économie réelle et à l'échelle mondiale.

Les faits ont montré une forte interaction entre la liquidité et la solvabilité. Dans un contexte d'incertitude, la valorisation en valeur de marché et l'inadéquation du capital aux risques ont mené à une situation de pénurie apparente. Les problèmes de liquidité se sont parfois transformés en problèmes de solvabilité indépendamment de toute vague de retraits massifs. En effet, la valeur du bilan a fortement baissé pour cause d'impossibilité de trouver une valeur dans un marché illiquide.

Enfin, nous avons appris que le risque de liquidité est d'autant plus dangereux du point de vue de la stabilité financière qu'il est présent chez un grand nombre d'intermédiaires bancaires et non-bancaires. À l'évidence, la crise de liquidité s'est propagée d'une institution à l'autre, risquant d'aboutir au risque systémique. À l'inverse du modèle de dominos dans lequel la contagion se propage lentement, du fait du non-recouvrement des créances interbancaires évaluées au coût historique, la valorisation en valeur de marché (qui s'est révélé être un très puissant canal de contagion) a provoqué une réaction immédiate des intervenants aux variations des

prix et une transmission des chocs à l'ensemble des institutions financières.

Les contours de la liquidité

Il existe plusieurs définitions du risque de liquidité, mais, pour l'essentiel, le risque de liquidité reflète le risque de retraits massifs de dépôts bancaires ou d'insuffisance d'actifs pour que les banques puissent couvrir ces retraits.

Les changements observés sur les marchés financiers ces dix dernières années ont profondément modifié les contours de la liquidité. Les intermédiaires financiers ont toujours créé de la liquidité soit par la transformation des actifs non-liquides en passifs liquides soit par le biais d'opérations de marché. Du point de vue historique, la littérature a tout d'abord retenu une définition étroite de la liquidité appelée également liquidité de financement. Une seconde définition plus large, qui renvoie plus à la liquidité de marché, considère que les banques sont impliquées, parfois fortement, dans la négociation d'actifs. La liquidité des établissements de crédit (ou simplement la liquidité bancaire), qui traduit la capacité à faire face à ses obligations de remboursement en respectant l'échéance contractuelle, qu'elle soit déterminée ou non (remboursements à vue), intègre les interactions entre ces deux dimensions de la liquidité.

Dans ces conditions, il convient de distinguer la liquidité de financement et la liquidité de marché. Cette démarcation est d'autant plus nécessaire que les deux formes de liquidité sont différentes dans leur nature, elles ne se mesurent pas dans les mêmes termes et ne sont pas régulées de la même manière. Dans le cadre de notre travail, nous allons traiter les deux composantes de la liquidité.

La liquidité de financement

La notion de liquidité de financement fait essentiellement référence au cash et aux actifs susceptibles d'être convertis rapidement en numéraire et détenus à cet effet, et qui est destinée à satisfaire les demandes de retraits de fonds à court terme (Valla *et al.*, 2006).

La faculté des banques d'obtenir du financement externe, soit des dépôts ou des tirages sur des lignes de crédit en contrepartie d'actifs illiquides, en l'occurrence

des crédits bancaires traditionnels, est également désignée par le terme liquidité de financement (Crockett, 2008 ; Davis, 2008 ; Pollin, 2008).

Dans ces conditions, le risque de liquidité de financement est le risque d'une banque solvable de ne pas être en mesure de faire face aux demandes de retrait en liquide, attendues ou inattendues, émises par des créanciers sans encourir de pertes inacceptables ou sans mettre en péril son activité.

Cette dimension de la liquidité permet d'appréhender la capacité des institutions financières à accomplir leur fonction traditionnelle de transformation des échéances (ou des maturités). En effet, le service de transformation des actifs illiquides en engagements liquides, ou simplement la création de liquidité, représente la fonction la plus importante des banques. Elle repose, comme nous allons le voir, sur une relation « subtile » entre le partage optimal des risques, la convertibilité des dépôts en monnaie de la banque centrale et les ruées bancaires.

De par leur nature, les banques de dépôts détiennent des actifs illiquides parce qu'elles distribuent et détiennent des crédits accordés dans le cadre des relations bilatérales sur la base d'informations privées, et qui ne peuvent pas être négociés sur un marché (Pollin, 2008). Ces institutions offrent aussi des actifs liquides qui servent de moyens de paiement, d'une part, et qui peuvent être convertis à tout moment en monnaie fiduciaire, d'autre part.

Le rôle de la banque est, naturellement, d'apporter à ses clients une garantie de liquidité pour qu'ils puissent faire face aux chocs subis sur leurs préférences de consommation. Les intermédiaires financiers réalisent un partage optimal du risque, car ils créent et vendent des actifs avec des caractéristiques, en termes de risque, qui correspondent aux besoins des épargnants, puis utilisent l'argent obtenu pour acheter des actifs éventuellement plus risqués (Mishkin et *al.*, 2004).

Cependant, le décalage de maturité entre les actifs à faible liquidité et les passifs à forte exigibilité représente une source d'instabilité potentielle pour la banque, car cela crée un risque de liquidité. En général, les premiers symptômes d'une crise de liquidité affectant le système bancaire se manifestent par un déficit de liquidité dans le bilan d'une banque. Les investisseurs commencent alors à émettre

des doutes concernant la solvabilité de leur banque et peuvent décider ensemble de retirer leurs dépôts dans une ou plusieurs banques.

La liquidité de marché

Le second concept, la liquidité de marché, est au cœur des préoccupations de stabilité financière, notamment après les événements entraînés par la crise du marché des prêts hypothécaires à risque aux États-Unis. L'absence de liquidité de marché peut non seulement engendrer une inefficacité des marchés, mais sa disparition soudaine peut mener à l'effondrement du système bancaire.

La liquidité de marché reflète la capacité d'une banque à honorer ses engagements immédiats d'une manière qui lui permette d'ajuster son portefeuille (vendre ou acheter des actifs financiers) et les risques sans qu'il y ait une incidence notable sur les prix (Crockett, 2008). Autrement dit, ceci a trait à la capacité des banques à liquider un actif non monétaire, par exemple un titre d'investissement acquis à l'origine pour être détenu jusqu'à l'échéance, dans le cadre d'une action en dernier ressort afin de lever des fonds en monnaie de la banque centrale (Valla *et al.*, 2006).

En outre, la liquidité de marché dépend de la situation des institutions financières qui y interviennent. Ainsi, en cas de dégradation de la qualité des actifs, la position de ces institutions se détériore et, par conséquent, la liquidité de marché s'en trouvera également affectée. Ou, si une crainte se manifeste sur la qualité des actifs traités sur tel ou tel marché ou bien si la volatilité des marchés s'accroît, la capacité de production de liquidité se trouvera en conséquence réduite. C'est pourquoi un choc qui touche initialement un type d'actif ou d'établissement risque d'être largement amplifié par l'interaction entre les marchés et les intermédiaires financiers.

Le risque de liquidité de marché reflète donc l'impossibilité de mobiliser des actifs faute de profondeur suffisante du marché ou à cause d'une désorganisation du marché. Dans notre travail, nous allons privilégier la première piste. Ce risque est lié, dans une certaine mesure, au risque de marché, en l'occurrence à la sensibilité de la valeur d'un portefeuille aux modifications de la liquidité des marchés financiers et des marges applicables pour mettre des actifs en nantissement. Il est également lié

à l'incertitude de l'horizon de temps nécessaire pour réaliser la valeur de liquidation de ces actifs.

Illiquidité ou insolvabilité ?

Un autre aspect qui nous paraît utile d'illustrer ici concerne la frontière, parfois très mince, entre les risques de liquidité et de solvabilité. Car, ainsi que l'a écrit le grand économiste Charles Goodhart (2008b), « liquidité et solvabilité sont les deux piliers de l'activité bancaire souvent impossibles à distinguer l'un de l'autre. Une banque illiquide peut rapidement devenir insolvable, et inversement ».

La principale source de vulnérabilité du système bancaire est, comme nous l'avons évoqué plus haut, la « structure financière spécialisée » du bilan des banques. La banque collecte les fonds des investisseurs, en leur offrant en contrepartie un contrat de dépôt par lequel elle s'engage à payer, à la fin d'une période de temps déterminée ou à vue, la valeur des dépôts plus des intérêts. Les passifs bancaires, représentés par les dépôts auxquels s'ajoute le capital apporté par les actionnaires sont utilisés pour financer les actifs bancaires. Ceux-ci sont principalement des crédits et des investissements directs dans d'autres actifs. À remarquer que les crédits sont illiquides et plus risqués par rapport aux dépôts qui sont exigibles à tout moment.

En considération de ce qui précède, chaque banque doit porter une attention particulière à la gestion des écarts, sur un horizon donné, entre les entrées et les sorties de trésorerie. On sait que le capital de la banque agit comme un tampon entre les actifs et les dettes. Quand la valeur des actifs excède celle des dettes, les retraits des déposants sont entièrement satisfaits et les actionnaires touchent des dividendes. Cependant, sachant que les rendements des actifs sont en général incertains, il est important que le capital soit suffisant pour maintenir la confiance des investisseurs dans la capacité des banques à rembourser les dépôts en totalité.

Habituellement, une banque satisfait les demandes de retrait en utilisant les revenus générés par les crédits remboursés et par les investissements réalisés. Les besoins imprévus de liquidité peuvent être couverts en collectant de nouveaux

dépôts ou en mobilisant ses réserves ou en liquidant ses investissements à court terme. Si cela n'est pas suffisant, une banque emprunte sur le marché interbancaire ou à la banque centrale à un taux pénalisant et en contrepartie de garanties. Ces procédures sont fréquemment utilisées par les banques tout au long d'une journée et ne constituent pas un problème tant que les demandes de retrait sont honorées. Ce n'est que dans des cas extrêmes que les banques sont forcées de vendre leurs actifs de long terme.

Les problèmes commencent lorsque les banques ne peuvent plus honorer leurs engagements vis-à-vis des déposants et des autres créditeurs. La question immédiate qui se pose alors est de savoir si cela est un signe d'illiquidité ou bien d'insolvabilité. Il est essentiel de connaître la nature des problèmes de liquidité et de solvabilité notamment du fait que les remèdes sont totalement différents. En effet, une banque peut faire faillite sans qu'il y ait de panique (on parle de pur risque de solvabilité), et des paniques peuvent ou non déclencher la fermeture des banques. La solidité d'une banque dépend donc non seulement de la qualité de ses projets d'investissements, mais aussi de la confiance de ses créditeurs en sa capacité à faire face aux engagements assumés. Une banque est insolvable quand la valeur de marché de son actif est inférieure à celle de son passif ; elle est alors incapable de faire face à ses dettes. En revanche, si une banque est solvable mais, à un instant donné, n'a pas assez de liquidités pour faire face aux demandes de remboursement et aux dettes qui viennent à échéance, ou si encore la banque ne parvient pas à emprunter la liquidité manquante ce qui la conduirait à la cessation de paiement, elle est illiquide.

(i) Problèmes d'illiquidité. Certes, une bonne capitalisation réduit la probabilité de tensions sur la liquidité des banques parfaitement solvables car cela renforce la confiance des investisseurs dans la solidité des établissements bancaires. Cela ne signifie pas qu'ils ne pourraient toutefois connaître de difficultés de trésorerie. En réalité, une banque ne garde qu'une petite proportion des ressources dans des actifs liquides afin de satisfaire les besoins courants de liquidité de ses déposants. Le reste des ressources est investi dans des actifs à long terme qui rapportent davantage. Cependant, ce système appelé à réserves fractionnaires est susceptible d'entraîner une crise de liquidité si un nombre de déposants plus élevé que prévu veut retirer.

Ainsi, un désajustement entre les entrées et les sorties de trésorerie dû à un changement dans le comportement des déposants (*i.e.* une préférence soudaine pour les instruments de court terme ou des ruées sur les dépôts), rend la banque incapable de satisfaire toutes les demandes faute de liquidités. À remarquer que, dans ce cas de figure, la banque est parfaitement solvable, car l'actif couvre les dettes. C'est juste un problème de *timing* et non un problème de bilan.

(*ii*) Problèmes d'insolvabilité. Les crises de solvabilité sont plus complexes. La valeur de marché des actifs diminue quand la qualité du portefeuille de crédit subit une détérioration pour une série de facteurs, tels que les facteurs économiques (*i.e.* chute de la demande agrégée, augmentation du taux d'intérêt, etc.) ou l'influence d'une mauvaise notation ou bien un autre facteur mis en avant par la crise actuelle, à savoir les techniques de valorisation. Cela veut dire que les actifs deviennent encore plus risqués par rapport à la situation d'avant, et la même quantité de capital, qui protégeait auparavant la banque contre les pertes, pourrait s'avérer maintenant insuffisante. Pour pallier les pertes, la banque doit augmenter les provisions de dépréciation en utilisant le profit dégagé dans la période précédente. Tant que le profit est suffisant pour couvrir ces provisions, le ratio de solvabilité reste inchangé. En cas contraire, les actionnaires doivent fournir du capital supplémentaire afin de faire relever le ratio de solvabilité au niveau réglementé. Sachant que, pour les actionnaires, le risque de perte est limité aux pertes déjà subies, les banques peuvent tenter de combler ces pertes en pratiquant des taux d'intérêt sur les crédits élevés et/ou en prêtant à des emprunteurs plus risqués. Finalement, ce sont les bons clients qui vont payer des intérêts plus élevés à cause des mauvaises décisions de crédit prises par la banque ou ce sont les déposants (ou le gouvernement s'il y a assurance de dépôt) qui encourent des pertes. La situation d'insolvabilité réclame l'application du droit de la faillite qui répartit les actifs entre les créanciers (déposants, autres banques, actionnaires), à moins que la banque ne soit recapitalisée par absorption ou sauvée par les autorités publiques.

(*iii*) Transformation des problèmes de liquidité en problèmes de solvabilité. Les problèmes de liquidité peuvent, comme la crise récente l'a bien mis en évidence, se transformer en problèmes de solvabilité. Plus les actifs sont opaques et difficiles à valoriser, plus l'incertitude sera grande, ce qui accroît le risque perçu d'insolvabilité.

Étant donné que la titrisation a abouti à l'exposition d'un plus grand nombre d'établissements, ceux-ci ont été d'autant plus nombreux à se retrouver à court de financements.

En principe, un établissement à court de financements peut soit obtenir des fonds additionnels auprès d'investisseurs extérieurs, soit se désendetter, en réduisant la taille de son bilan par la vente d'une partie de ses actifs ou la réduction de ses prêts. Cependant, dans un climat d'incertitude macroéconomique, il est très difficile de trouver des capitaux privés additionnels car les investisseurs sont peu enclins à y placer leurs fonds. Il est également difficile de trouver des investisseurs extérieurs pour acheter ces actifs, qui seront vendus à des prix « sacrifiés », ce qui se répercute sur les bilans de tous les établissements qui en détiennent, d'où de nouvelles ventes et baisses des prix. Un établissement financier à court de financement peut aussi, au lieu de vendre des actifs, cesser de prêter à un autre établissement, lequel peut à son tour être forcé de vendre des actifs.

En résumé, les problèmes de liquidité liés au financement peuvent toucher une banque à n'importe quel moment, mais ils se trouvent exacerbés dans un contexte d'accroissement du risque de liquidité lié au financement sur le marché. Un faible choc de liquidité peut entraîner une détérioration de la liquidité de l'ensemble des institutions financières qui sont dépourvues de liquidité, incitant par ailleurs les détenteurs de liquidité à ne pas s'en dessaisir.

C'est pourquoi dans notre thèse nous montrons les liaisons entre le risque de liquidité et le risque de solvabilité, notamment que l'un et l'autre peuvent être déclenchés par les mêmes événements. De plus, ils peuvent interagir et se renforcer réciproquement menaçant la solidité d'une banque ou même du système bancaire.

Problématique de recherche et méthodologie

Cette thèse apporte une contribution à l'appréhension du risque de liquidité dans le système bancaire et à l'étude du phénomène de contagion dans les crises de liquidité. Nous nous intéressons particulièrement à la fragilité financière, en l'occurrence à la façon dont un petit choc se propage d'une banque à une autre et menacer la solidité du système bancaire dans son ensemble.

À la base de notre travail se trouvent deux constatations. Premièrement, les premières simulations qui ont été effectuées sur la contagion de type domino ne tiennent pas compte de sources de risque de liquidité. Dans ces modèles, il y a un choc exogène, qui n'est pas forcément un choc de liquidité. Le défaut de paiement d'une contrepartie est postulé comme point de départ. La dimension de la contagion est alors donnée par les conséquences engendrées par le non-remboursement des dettes d'une contrepartie bancaire sur la capacité des autres établissements de crédit, liés par des liens interbancaires, à faire face à leurs propres obligations interbancaires. Par contre, dans le cadre de notre thèse, plus précisément dans nos applications numériques, il n'y aura pas de choc exogène, mais nous proposons de modéliser le mécanisme de transformation des maturités tel qu'il est traditionnellement exercé par les banques et une source de risque de liquidité liée aux fluctuations des crédits et des dépôts au cours du temps.

Deuxièmement, les travaux qui existent dans la littérature montrent que la contagion de type domino est peu importante. Cependant, Cifuentes et *al.* (2005) font remarquer que ceci résulte du fait que ces simulations ne prennent pas en compte les effets des baisses des prix des actifs. Ces faits stylisés et l'interprétation qu'en proposent ces auteurs sont à l'origine de notre travail de recherche, à savoir l'introduction de la liquidité de marché dans la dernière application numérique.

Par ailleurs, notre interrogation s'est trouvée confortée car il nous semble que la crise de 2007 est une illustration fidèle de la fragilité financière. En effet, les pertes sur le *subprime* estimées par la FED à 400 milliards de dollars, sont, en réalité, un petit choc par rapport aux pertes liées à des actifs européens et japonais, respectivement à 1.193 milliards dollars et 149 milliards dollars. La crise financière mondiale aura, de l'été 2007 à 2010, coûté 4.054 milliards de dollars, selon le Fonds Monétaire International dans son « Rapport sur la stabilité financière mondiale » (octobre, 2009). Ce petit choc qu'on pensait qu'il n'aurait guère de répercussions sur l'économie réelle, s'est finalement transformé en une crise financière mondiale véritablement systémique.

Notre problématique de recherche s'articule autour des questions suivantes :

Comment appréhender le risque de liquidité dans le système bancaire ? Quelles sont les répercussions du risque de liquidité sur la solidité

du système bancaire ?

Notre méthodologie de recherche s'appuie sur deux axes : d'une part, construire le cadre théorique et, d'autre part, tester les hypothèses formulées sur un plan d'économie appliquée.

Pour construire le cadre théorique, nous nous appuyons sur les modèles de référence sur le risque de liquidité et les crises bancaires. Le lecteur l'aura compris, notre thèse ne correspond pas à une recension de la littérature. Notre apport consiste à combiner des éléments théoriques des modèles issus de la littérature spécialisée pour construire deux algorithmes qui seront à la base des simulations faisant l'objet de la partie appliquée.

Notre analyse se fera en trois temps :

- Le premier est de définir le risque de liquidité dans le système bancaire à partir des ruées bancaires. Pourquoi les banques sont-elles vulnérables aux ruées ? Cette question se décline en plusieurs interrogations. Quelles sont les caractéristiques des ruées ? Quelles en sont leurs conséquences ? Ces ruées sont-elles efficaces ou inefficaces ?

- La deuxième question interroge plus précisément le rôle du marché inter-bancaire dans la redistribution de la liquidité entre les banques. Peut-il être la solution au risque de liquidité ?

- Enfin, la troisième question concerne la manifestation de la contagion dans les crises de liquidité au sein du système bancaire. Quels sont les canaux de contagion et quel est leur mécanisme ? Pourquoi et comment une crise de liquidité peut-elle aboutir à une crise systémique ?

Il y a deux points à préciser concernant les bases du cadre théorique. Premièrement, le point de départ est constitué par le modèle de Diamond et Dybvig (1983). Il existe également un autre modèle canonique de liquidité de marché qui est celui de Kyle (1985)⁶. Cependant, nous n'utilisons pas ce modèle alors que dans

⁶Le modèle de Kyle (1985) est une des premières modélisations qui montrent les effets combinés d'asymétrie d'information et de structure du marché financier sur les prix des actifs financiers. Dans ce modèle, la règle de formation des prix n'est plus appliquée par un commissaire-priseur (un agent informé qui observe la valeur liquidative de l'actif risqué) implicite mais directement par une partie des agents du modèle (des teneurs de marché qui sont en concurrence de Bertrand

nos simulations, qui sont le cœur de notre thèse, la liquidité de marché joue un rôle central. Notre démarche s'explique par le fait que notre travail s'inscrit dans le prolongement des travaux de Allen et Gale (1998, 2000, 2004b et 2004c) qui sont basés sur Diamond et Dybvig (1983).

Deuxièmement, le modèle de Diamond et Dybvig (1983) est certes un modèle de ruées, mais il peut s'interpréter plus généralement comme un modèle qui endogénise la transformation des échéances et la vulnérabilité aux crises de liquidité qui s'ensuit. Ainsi, dans la crise qui a débuté en 2007, le modèle d'octroi de crédits « originate and distribute »⁷ était basé sur les SIV (*Structured Investment Vehicle*) et SPV (*Special Purpose Vehicle*)⁸ qui finançaient des actifs à long terme par des obligations courtes (papier commercial). Ils faisaient donc de la transformation des échéances. Lorsque les investisseurs ne les ont plus refinancés, ils faisaient face à une crise de liquidité classique. De plus, ces institutions n'étaient vraiment pas en dehors du bilan des banques. Beaucoup d'établissements financiers ont été amenés à « réintégrer » des opérations (réintégration d'encours ou reconsolidation de SIV) dans leur bilan, soit en raison de liens financiers (lignes de liquidité), soit pour éviter la matérialisation d'un risque de réputation. Ceci explique pourquoi, au final, ce sont les banques qui supportaient réellement le risque de liquidité. Elles avaient le choix entre refinancer les SIV et rapatrier les actifs « pourris » dans leur bilan, conduisant ainsi à une perte de capital. C'est pour cette raison que Goodhart (2008a) parle de « originate and pretend to distribute », car les crédits ne sont pas réellement sortis du bilan des banques⁹. La crise de 2007 montre que, finalement, ce sont les banques qui supportent le risque de liquidité. Et c'est en cela qu'elle illustre toute l'actualité du modèle de Diamond et Dybvig (1983) et,

et des agents non informés). Relativement à cet aspect, le modèle de Kyle (1985) se rapproche visiblement plus de la réalité.

⁷L'établissement qui accorde du crédit ne le conserve pas et n'en assume pas le risque.

⁸Les crédits sont « mis en pool » et sortis du bilan des banques d'investissement pour être logés dans des structures spéciales, appelées aussi « conduits » (SIV ou SPV). Ces structures sont équivalentes aux banques de marché non régulées et non supervisées.

⁹« To some degree, this transfer of such assets off balance sheets is more artificial than real. Banks establish conduits, which they owned and were non-bank subsidiaries, which held many of these securitised assets. They also formed close connections with many structured investment vehicles (SIVs), which, though they did not own them directly, they had close links with them as sponsors. All this was done in some large part for reasons of regulatory arbitrage. Under Basel I, banks did not have to put capital behind such off-balance sheet non-bank subsidiaries. » (Goodhart, 2008a page 334)

par conséquent, la place importante qu'il a dans la littérature, et également dans notre thèse. C'est donc comme modèle de base du risque de liquidité que nous l'étudierons.

C'est pour comprendre la logique du modèle de Diamond et Dybvig (1983) que nous allons traiter tout d'abord les ruées des déposants. Car, si les banques opèrent avec une structure déséquilibrée d'actifs et de passifs, elles s'exposent au risque de liquidité si les déposants perdent la confiance en leur banque. S'il y a des désajustements de bilan, les banques doivent vendre leurs actifs, mais devant l'impossibilité d'obtenir le rendement promis par contrat de ses actifs et donc de disposer de la quantité de fonds nécessaire, elles manquent de liquidité.

Diamond et Dybvig (1983) considèrent le cas où les ruées sont des événements aléatoires et affirment qu'elles sont le résultat du comportement déstabilisateur des déposants. En revanche, Jacklin et Bhattacharya (1988) et Chari et Jagannathan (1988) estiment que, à l'origine d'une ruée, c'est le caractère risqué des actifs bancaires. Selon Rochet (2004), les ruées peuvent être inefficaces si elles mènent à la fermeture des banques solvables mais illiquides ou efficaces si, en pénalisant la prise de risques par les banques, elles aboutissent à la fermeture des banques insolvables.

Le marché interbancaire, qui est le cœur de la thèse, peut être la solution du risque de liquidité dans la mesure où il permet la redistribution de la liquidité au niveau du système bancaire. À cet égard, Bhattacharya et Gale (1987) font remarquer que ce marché peut jouer aussi un rôle négatif, car en présence d'asymétrie d'information, les banques ont tendance à sous-investir dans des actifs liquides, peu attractifs en termes d'intérêts, ce qui accroît les investissements dans des actifs illiquides, plus rentables, sachant qu'elles peuvent emprunter sur le marché interbancaire au cas où les besoins se font sentir.

Cependant, une crise qui se matérialise dans un établissement d'importance majeure peut entraîner un effet de contagion et menacer la stabilité du système bancaire dans son ensemble. À l'origine des défaillances contagieuses entre les institutions financières, la littérature spécialisée a mis en avant plusieurs facteurs, parmi lesquels nous évoquons : la liquidation des dépôts interbancaires (Allen et

Gale, 2000), la crainte d'un volume insuffisant de réserves (Freixas *et al.*, 2000), le phénomène de sélection adverse dans les prêts interbancaires lorsqu'il y a des doutes sur la solvabilité des banques (Flannery, 1996), l'inefficience des liquidations d'actifs (Diamond et Rajan, 2000), les conséquences engendrées par les variations des prix (Cifuentes *et al.*, 2005), etc.

Notre attention ne portera pas sur la contagion par les ruées des déposants, mais sur celle sur le marché interbancaire. Le modèle de Allen et Gale (2000), qui est à la base de notre travail et qui reprend la méthodologie de Diamond et Dybvig (1983), met en évidence le rôle des dépôts interbancaires dans la redistribution de la liquidité entre les banques d'une part et explique le mécanisme de contagion via les liens interbancaires (sans parler de ruées) d'autre part. Ainsi, une crise de liquidité qui frappe une banque peut se propager à d'autres banques du fait du non-recouvrement des créances interbancaires. Allen et Gale (2000) font également ressortir que dans des cas extrêmes et notamment quand les banques sont asymétriquement reliées entre elles, la crise s'étend d'une banque à l'autre en amplifiant l'effet initial et en risquant d'aboutir à une crise systémique.

L'autre canal de contagion auquel nous intéressons découle de l'incidence que peut avoir la vente d'actifs par une banque frappée par des problèmes de liquidité sur son propre bilan et sur le bilan des autres établissements détenant des actifs similaires. Comme nous l'avons mentionné avant, et la crise de 2007 le confirme, dans un contexte où les actifs sont comptabilisés en valeur de marché, la forte interaction entre la liquidité de marché et la valorisation en valeur de marché des actifs financiers accroît la vulnérabilité des bilans bancaires aux techniques de valorisation. Dans notre analyse, nous utiliserons principalement les modèles de Allen et Gale (1998, 2004b et 2004c) pour la valorisation aux prix de marché des actifs et le modèle de Cifuentes *et al.* (2005) qui se basent sur Allen et Gale (2004b) pour formaliser le prix des actifs. À cet égard, Allen et Gale (1998) montrent que les banques à court de fonds sont contraintes de vendre des actifs, car les marchés sont incomplets et imparfaits. Allen et Carletti (2008) renforcent l'idée selon laquelle les prix auxquels les actifs sont vendus ne reflètent ni la valeur des fondamentaux ni la valeur à long terme de l'actif et du passif, mais le volume de liquidités dont disposent les acheteurs à un moment donné. Dans leur travail de 2004b, Allen et Gale considèrent qu'à la base de ces distorsions, susceptibles de générer cette

contagion « artificielle », se trouvent les imperfections de l'offre de liquidité. Dans le même esprit, Cifuentes *et al.* (2005) reprennent et développent le mécanisme de baisse des prix des actifs de Allen et Gale (1998), en introduisant les exigences de solvabilité.

Nos apports se situent notamment au niveau de la partie appliquée. Nous pensons avoir apporté une contribution en combinant des éléments théoriques issus des différents modèles dont nous venons de parler pour constituer notre méthodologie. Notre apport se situe également au niveau des exercices de simulation qui, à notre connaissance, n'ont fait à ce jour l'objet d'aucune étude spéciale.

Cette partie appliquée est composée de deux applications numériques développées en s'appuyant sur les modèles étudiés. Dans le cadre de la première application numérique, nous combinons le modèle de Allen et Gale (2000) et l'algorithme proposé par Iori *et al.* (2006) pour discuter le rôle du prêt interbancaire dans la gestion de la liquidité. En revanche, pour la deuxième application numérique, nous utilisons principalement les modèles de Allen et Gale (1998, 2004b et 2004c) et Cifuentes *et al.* (2005), d'une part, et l'algorithme développé par Estrada et Osorio (2006), d'autre part pour étudier le mécanisme de baisse de prix et des effets pervers sur le bilan des institutions financières.

Plan de la thèse

Le plan de la thèse est organisé en deux parties, chacune étant divisée en deux chapitres.

La première partie précise le cadre d'analyse. À titre d'introduction, le premier chapitre s'articulera autour de l'appréhension du risque de liquidité par les ruées bancaires. Nous allons introduire aux notions de ruée et de panique bancaire d'une part et aux modèles de défaut de coordination d'autre part. La première section, qui constitue d'ailleurs la pierre angulaire de notre travail, passera en revue les ruées de type *sunspot* et les ruées informationnelles, liées à une mauvaise information reçue par les déposants sur la qualité des actifs bancaires. La deuxième section poursuivra l'analyse des modèles de défaut de coordination, en se focalisant sur le comportement de passager clandestin adopté par certaines banques

dans un contexte où le marché interbancaire constitue un instrument d'assurance pour compenser la distribution inégalitaire de la liquidité.

L'analyse du phénomène de contagion des crises de liquidité fera l'objet du deuxième chapitre. Dans un premier temps, nous explorerons les mécanismes de propagation spécifiques au marché interbancaire, plus précisément à travers les liens générés par les dépôts interbancaires (ou, inversement, par les prêts interbancaires). Dans un second temps, nous nous concentrerons sur le phénomène de contagion liée à la variation des prix des actifs bancaires, qui se produit lorsque les banques sont amenées à vendre des actifs et quand ces actifs sont évalués aux prix de marché.

Après l'essai de justification théorique, notre étude se centralisera sur le volet appliqué dans le cadre duquel nous tenterons de mettre en pratique et de vérifier certains aspects illustrés dans la première partie. La deuxième partie, composée aussi de deux chapitres, proposera deux applications purement numériques de contagion. Pour ce faire, nous allons nous appuyer sur les algorithmes développés en se basant sur le cadre théorique.

Nous essayons de modéliser la fonction de transformation des maturités telle qu'elle est traditionnellement exercée par les banques. Nous intégrons en ce sens les variations d'une période à l'autre des dépôts renouvelés et des opportunités de crédit provenant du secteur non-bancaire. Les déficits de liquidité interviennent en raison de la nature aléatoire des dépôts collectés et des opportunités de crédit d'une période à l'autre. Nous tentons également de modéliser le mécanisme de gestion de la liquidité, en introduisant le marché interbancaire dans la première simulation et le marché des actifs financiers dans la deuxième simulation. Il est à noter que nous n'introduisons pas les ruées bancaires. En revanche, nous tenons compte des aspects comme le blocage du marché interbancaire ou la contagion par le risque de liquidité que cette crise récente a mis en évidence.

Dans le troisième chapitre, nous simulerons la manière dont les banques se prêtent entre elles sur le marché interbancaire ou empruntent à la banque centrale en contrepartie de collatéral. Nous tentons aussi de répondre à la question suivante :

quelles sont les conséquences des faillites bancaires sur la résistance du système bancaire ? En ce sens, nous nous intéressons à la dimension de la contagion compte tenu de la structure des liens interbancaires.

Enfin, dans le quatrième et dernier chapitre de la deuxième partie nous simulerons des situations dans lesquelles les banques en manque de liquidité sont amenées à vendre leurs actifs négociables sur le marché des actifs pour se procurer de la liquidité. Ce scénario est rendu possible en considérant que les actifs sont comptabilisés en valeur de marché, ce qui explique pourquoi toute modification des prix entraîne une réaction immédiate et synchronisée de l'ensemble des banques. Ce chapitre aura donc pour objectif de mettre en évidence non seulement le mécanisme de contagion par les prix, mais aussi de chercher la force des effets engendrés par la variation des prix sur le bilan de l'ensemble des institutions financières.

Avant d'entamer le développement de notre analyse, il convient de préciser que ce travail est d'inspiration principalement théorique. Le volet appliqué, dans lequel nous avons combiné les différentes bases théoriques de la première partie, est complémentaire et il sert à la fois à vérifier et à faciliter la compréhension des idées énoncées dans le cadre théorique.

Il est à noter que notre étude présente également des limites. Ainsi, l'analyse des raisons justifiant la régulation prudentielle et sa mise en place n'est pas si approfondie et affinée. Concernant l'intervention de la banque centrale, elle est assez limitée dans le cadre de nos applications numériques. Ainsi, dans la première simulation, la banque centrale intervient uniquement via les facilités de prêt marginal lorsque les banques ne parviennent pas à se refinancer auprès d'autres banques. En revanche, dans la deuxième simulation, son intervention se résume à acheter les actifs financiers des banques défaillantes.

En outre, les modèles faisant l'objet de la deuxième partie simplifient la réalité institutionnelle en se concentrant uniquement sur une économie fermée et en laissant de côté les aspects de contagion internationale.

Tout en reconnaissant ces limites, il faut souligner toutefois qu'une analyse plus élaborée permettant de prendre en considération toutes les variables et les

institutions est purement illusoire dans le cadre d'une seule étude. Dans cette optique, la contribution de notre travail se veut être complémentaire aux autres recherches faites sur le risque de liquidité.

PREMIERE PARTIE

Analyse théorique des risques de liquidité et de
contagion dans les crises de liquidité

Introduction

La première partie de notre travail se concentrera sur la présentation du cadre théorique. En effet, elle aura pour objectif d'introduire aux concepts et à la méthodologie des modèles de défaut de coordination et de contagion, qui serviront de base pour l'analyse du risque de liquidité, d'une part, et pour le volet appliqué de la deuxième partie, d'autre part.

Cette partie sera structurée en deux chapitres. Nous allons progressivement passer d'un système bancaire composé d'une banque unique à un système à plusieurs banques. Cette transition est une démarche essentielle pour mettre en évidence les différentes facettes du risque de liquidité et, notamment, pour comprendre le phénomène de contagion.

Dans le chapitre 1, nous analyserons les principaux modèles de défaut de coordination. Nous examinerons dans un premier temps l'échec de coordination entre les déposants, en commençant par les ruées de type *sunspot* de Diamond et Dybvig (1983) et en poursuivant par celles liées aux mauvaises informations reçues par les déposants sur la qualité des actifs bancaires (Jacklin et Bhattacharya, 1988 ; Chari et Jagannathan, 1988). Ensuite, dans un second temps, nous étendrons le champ d'analyse aux défauts sur le marché interbancaire, en insistant sur le comportement de passager clandestin adopté par les banques (Bhattacharya et Gale, 1987).

Le chapitre 2 sera consacré à une analyse approfondie du phénomène de contagion dans les crises de liquidité, qui se transforme, pour certains états de la nature, en crise systémique. D'abord, nous exposerons les mécanismes classiques de contagion. Nous passerons rapidement en revue la contagion par les ruées des déposants. Ensuite, nous traiterons de la contagion par les liens interbancaires, en mettant particulièrement l'accent sur le rôle des dépôts interbancaires dans le partage optimal du risque de liquidité et sur la dimension de la contagion compte tenu de la structure des liens interbancaires (Allen et Gale, 2000). Finalement, nous aborderons le phénomène de contagion au travers des fluctuations des prix

des actifs bancaires, qui se manifeste dans un univers de réglementation comptable reposant sur la comptabilisation en valeur de marché (Allen et Gale, 1998 et 2004b ; Cifuentes *et al.*, 2005).

Chapitre 1

Approche du risque de liquidité par les modèles de défaut de coordination

1.1 Introduction

Bien que les crises bancaires soient des phénomènes complexes, il est toutefois possible de distinguer deux caractéristiques dans leur évolution : le début de la crise et sa propagation. Une crise peut être initiée par la faillite d'une ou de plusieurs banques. La défaillance d'une banque est souvent le résultat de la panique bancaire et elle peut aboutir à la disparition du marché de la liquidité sur lequel les banques se rencontrent pour satisfaire leurs besoins à court terme. La propagation est possible via le phénomène de contagion qui implique la transmission des effets pervers de la faillite d'une institution financière à une autre institution ou d'un système financier à un autre. La généralisation d'une crise peut finalement mener à l'effondrement du système financier dans son ensemble et engendrer des coûts significatifs pour l'économie (Bernanke, 1983).

Ce chapitre a pour objectif d'introduire aux concepts et à la méthodologie des modèles de crises bancaires focalisés sur le défaut de coordination. Pour ce faire, nous analyserons les principaux modèles portant sur les problèmes de coordina-

tion entre les déposants (section 1.3), en commençant par les ruées de type *sunspot* (section 1.3.1) et en poursuivant par celles liées aux informations des déposants sur la rentabilité des actifs bancaires (section 1.3.2). Ensuite, nous étendrons le champ d'analyse aux modèles de défaut de coordination entre les banques (section 1.4). Il importe de garder à l'esprit que le passage progressif d'un système composé d'une banque unique à un système à plusieurs banques est une démarche indispensable pour mettre en évidence les différentes facettes du risque de liquidité et, notamment, pour comprendre le phénomène de contagion qui sera analysé dans le cadre du chapitre 2.

1.2 Approche des concepts de ruée et de panique bancaire

Selon l'analyse économique, l'élément central d'une crise bancaire est le phénomène de ruée bancaire. Depuis le classique « Lombard Street » de Bagehot (1873), les économistes acceptent une distinction entre les concepts de ruée et de panique bancaire.

Commençons tout d'abord par un bref rappel de ce que Bagehot (1873, page 20) décrit comme une panique. Une panique qui commence est une sorte de « névralgie » et « elle ne consiste en principe qu'en une vague conversation : *A. B. est-il aussi solide qu'il l'était ? C. D. n'a-t-il pas perdu de l'argent ?* Et mille autres questions analogues. Des centaines de gens s'entretiennent et des milliers de gens se disent : *Mon crédit est-il aussi bon qu'il l'était, ne diminue-t-il pas ?* Chaque jour, à mesure que la panique prend de l'ampleur, ces soupçons deviennent plus intenses et se répandent davantage. Ils s'attachent à plus de personnes et les attaques deviennent beaucoup plus violentes. Tous les gens expérimentés essaient donc de *se renforcer* [...] Ils vont chez leur banquier demander l'escompte de billets qu'en temps ordinaire ils auraient encore gardé des jours ou des semaines en portefeuille ». Concernant les possibles causes à l'origine de la panique, Bagehot (1873, page 47) affirme que « tout événement soudain, de nature à causer des demandes considérables d'argent en numéraire, peut produire une panique dans un pays où l'argent est, en général, assez rare, et où les dettes à vue sont fort considérables ».

Ces événements accidentels peuvent prendre les formes les plus variées : une mauvaise récolte, la crainte d'une invasion étrangère, la faillite inattendue d'une grande banque en qui chacun avait confiance. À cela s'ajoutent des changements réguliers internes qui rendent le système de crédit beaucoup plus fragile à certaines époques qu'à d'autres. Le retour périodique de ces époques difficiles a introduit l'idée que les paniques obéissent à une règle permanente, et que, tous les dix ans, ou à peu près, on devrait en expérimenter une.

De manière générale, la ruée bancaire (*bank run*) est définie comme une perte soudaine de confiance des déposants en la capacité de leur banque à faire face aux engagements contractuels. La panique bancaire (*bank panic*), elle, est le résultat de l'amplification des ruées sur des banques illiquides qui conduira par un effet de contagion à l'effondrement généralisé du système bancaire. La ruée affecte des banques individuelles, illiquides et solvables, tandis que la panique aboutit à la défaillance des banques tout aussi solvables mais rendues illiquides par la propagation des ruées (plusieurs ruées bancaires simultanées et, surtout, corrélées). Les ruées bancaires peuvent également se manifester sur le marché interbancaire mais d'une manière plus discrète. Par exemple, les banques cessent du jour au lendemain de « renouveler les certificats de dépôts échus de telle de leur consoeur devenue suspecte, ce qui a pour effet de tarir aussitôt sa liquidité » (Lacoue-Labarthe, 2005). Autrement dit, lorsque la confiance disparaît et les banques redoutent des défaillances en rafale, elles n'osent plus se prêter de l'argent par peur de ne pas être remboursées, ou alors elles exigent des taux très élevés.

Cependant, face à la difficulté pratique de distinguer l'illiquidité de l'insolvabilité, les concepts de ruée et de panique tentent parfois à se confondre. Dans ce contexte, le débat actuel vise à distinguer les ruées et les paniques dites efficaces de celles inefficaces (Rochet, 2004). Les ruées et les paniques dites efficaces frappent des banques insolvables : elles assainissent l'industrie et contribuent ainsi à la stabilité financière. En revanche, les ruées et les paniques inopportunes, qui frappent des banques solvables, sont considérées comme inefficaces.

Au fil du temps, deux approches se sont cristallisées dans la littérature sur les

ruées bancaires¹ : d'une part, les modélisations de la panique en tant que comportement psychologique des déposants, sans aucune liaison avec les fondamentaux (*panic-based models*) et d'autre part, les modèles à chocs intrinsèques réels, les crises étant déclenchées par la fragilité des fondamentaux (*models with real - intrinsic - shocks*).

Bien que l'objectif de ces travaux soit d'explicitier les ruées bancaires, ceux-ci apportent également une contribution importante à la théorie bancaire, en mettant en évidence trois aspects : (*i*) un classement des actifs bancaires selon leur maturité, (*ii*) une théorie de la préférence pour la liquidité et enfin (*iii*) une représentation de la banque en tant qu'intermédiaire financier qui fournit aux individus une assurance contre les chocs de liquidité d'une part et qui finance des projets d'investissement à long terme par des dépôts liquides d'autre part.

Dans l'optique de la première approche, les crises se produisent de manière spontanée en tant que résultat de la psychologie des foules (*mob psychology*) ou de la panique (Kindleberger, 1978). La version moderne de cette approche a été développée par Diamond et Dybvig (1983) et Anderlini (1986). Ces premiers modèles sont centrés sur les fragilités d'une banque unique. Les crises bancaires sont des événements aléatoires sans lien avec l'environnement économique. Ce sont les anticipations auto-réalisatrices² qui jouent un rôle déterminant dans l'apparition ou non d'un possible événement systémique. En effet, ces anticipations posent un problème de coordination sur un signal qui, *a priori*, peut être indépendant des variables qui influencent la fragilité financière ou imparfaitement lié à la situation des institutions financières. Cependant, la coordination autour de ce signal entraîne le système sur un équilibre, qui est individuellement rationnel mais socialement mauvais.

Selon la seconde approche, les crises constituent une partie intrinsèque du cycle économique, car elles sont le résultat des chocs macroéconomiques. En effet,

¹Une ample description des crises financières, en termes d'approches et de modèles, est fournie, par exemple, par Bhattacharya et Thakor (1993) et Allen et Gale (2004a, 2007). D'autres études empiriques portent sur des analyses comparatives des crises financières survenues au fil de l'histoire (Bordo *et al.*, 2001 ; Lindgren *et al.*, 1996 ; Caprio et Klingebiel, 2003).

²Les anticipations sont dites auto-réalisatrices lorsque les actions des déposants, fondées sur l'anticipation d'un événement spécifique, sont suffisantes pour engendrer l'événement lui-même.

ces modèles constituent une critique à l'adresse des modèles à équilibres multiples antérieurs, en proposant d'endogénéiser les anticipations et la sélection d'équilibre. La fragilité d'une banque dépend de l'interaction endogène entre le crédit et les valeurs des actifs au cours du cycle économique. Par exemple, les ruées bancaires, dans le modèle de Bryant (1980), sont déclenchées par l'asymétrie d'information sur le risque agrégé de crédit. Lorsque l'économie traverse une phase de récession ou de dépression, le rendement des actifs diminue. Dans ce contexte, les emprunteurs rencontrent des difficultés à rembourser leurs prêts, et les déposants cherchent à se protéger en retirant leurs dépôts bancaires suite à l'anticipation du défaut de paiement des entrepreneurs. De ce fait, les banques doivent en permanence adapter leurs stratégies en arbitrant entre l'illiquidité des actifs (prêts) et la liquidité de leurs passifs (dépôts).

En utilisant des données de National Banking Era, Gorton (1988) a mené une étude empirique pour différencier l'approche de la notion de panique bancaire de celle du cycle économique des crises bancaires. Selon lui, les crises étaient des événements prévisibles consécutifs à la panique engendrée chaque fois que l'indicateur économique de référence de l'époque tombait en-dessous d'un certain seuil. Il en a conclu que, au moins pendant le National Banking Era aux États-Unis, les crises bancaires avaient été déclenchées par des variables économiques et non par des variables aléatoires.

Des auteurs, tels que Jacklin et Bhattacharya (1988), ont introduit un nouveau concept de ruée bancaire, appelé ruée informationnelle (*informational run*), liée à la diffusion d'une mauvaise information sur la qualité des investissements bancaires, dans un contexte où le rendement des actifs bancaires est incertain. Jacklin et Bhattacharya (1988) montrent que les ruées sont le résultat d'une double asymétrie d'information, car une banque ne peut pas observer les besoins de liquidité de ses déposants, et les déposants ne peuvent pas apprécier la qualité des actifs bancaires. Par contre, Chari et Jagannathan (1988) se focalisent sur un problème d'extraction de l'information (problème de sélection adverse), où une fraction de la population observe un signal relatif aux revenus futurs des actifs bancaires. Les autres déposants essaient alors de déduire des retraits observés si le signal indique des difficultés au niveau de la banque ou s'il s'agit simplement de besoins élevés de liquidité. Les auteurs montrent également que les ruées bancaires se produisent

non seulement quand le rendement des actifs bancaires est faible, mais tout aussi bien lorsque les besoins de liquidité sont élevés.

Dans ces modèles d'intermédiation classique, axés sur la transformation des actifs non-liquides en passifs liquides, la banque existe pour assurer les déposants contre les chocs de liquidité subis sur leurs préférences de consommation. Le partage optimal des risques de liquidité entre les individus est rendu possible au travers des contrats de dépôts à vue, qui garantissent un paiement fixe en fonction des besoins de consommation de chacun d'entre eux. Mais les contrats de dépôts, de par leur nature contingente, rendent la banque vulnérable aux ruées aux guichets³.

Ces travaux mettent également en avant le rôle de l'assurance de dépôt. Selon Diamond et Dybvig, l'assurance de dépôt élimine les ruées par la disparition de l'incitation des déposants dits « patients » à retirer prématurément leurs avoirs. Dans le modèle de Bryant (1980), l'assurance est désirable, car elle élimine toute tentation d'acquérir des informations, coûteuses et socialement non utiles, sur la situation financière d'un établissement quelconque.

Une autre hypothèse cruciale, sur laquelle les modèles de ruées bancaires aléatoires reposent, est l'application de la contrainte de service séquentiel. Les déposants sont fortement incités, notamment quand la qualité des actifs bancaires est mauvaise, à se ruer pour arriver les premiers aux guichets de leur banque, sachant que le risque de ne pas pouvoir retirer leur argent est plus important s'ils se trouvent à la fin de la file d'attente.

Calomiris et Kahn (1991) et Kaufman (1988) considèrent que les ruées jouent un rôle disciplinaire, car l'existence de la contrainte de service séquentiel incite les déposants à collecter des informations sur la qualité des actifs bancaires. Ainsi, chaque tentative des dirigeants d'engager la banque dans des activités risquées, mettant en péril sa capacité à payer les déposants, est sanctionnée par des ruées aux guichets. Cependant, une surveillance trop étroite peut déboucher sur des effets

³Du fait de l'asymétrie inévitable entre la liquidité des avoirs et les engagements en devises, des équilibres multiples et des demandes de retraits bancaires sont possibles, aussi bien dans un contexte domestique qu'international. La théorie de Diamond et Dybvig (1983) a été étendue par Chang et Velasco (1998, 1999) au contexte de l'économie ouverte. Les études des crises de l'Asie de l'Est de Radelet et Sachs (1998a, 1998b) vont dans le même sens.

pervers, comme des ruées sur les banques solvables, provoquant ainsi la liquidation non-justifiée des projets d'investissement à long terme.

1.3 Défaut de coordination entre les déposants

Dans cette section, nous illustrons la méthodologie sur laquelle repose les modèles de défaut de coordination entre les déposants. À cet effet, nous présenterons dans un premier temps le mécanisme de ruée liée au comportement stratégique des déposants développé par Diamond et Dybvig (1983). Dans un second temps, nous analyserons le mécanisme de ruée informationnelle de Jacklin et Bhattacharya (1988). Enfin, nous allons évoquer, dans un troisième temps, le modèle de Chari et Jagannathan (1988) qui combine les deux types de ruées.

1.3.1 Ruées liées au comportement stratégique des déposants

Les caractéristiques du contrat de dépôt combinées avec le désajustement de maturité entre les actifs et les passifs bancaires sont susceptibles de créer des externalités au cœur de la fragilité du système financier. Dans le cadre de cette section, nous tenterons de répondre aux questions suivantes :

Comment le contrat de dépôt à vue assure-t-il le partage optimal du risque de liquidité ?

Pourquoi les banques sont-elles vulnérables aux ruées des déposants ?

Pour répondre à ces questions, nous commençons notre analyse par le modèle, devenu la référence en la matière, de Diamond et Dybvig (1983). Ce modèle, qui a donc fait école, apporte principalement une explication de l'existence des banques liée à l'articulation entre les actifs et les passifs du bilan des institutions financières. Il se concentre ainsi sur la fragilité intrinsèque des banques provenant de leur fonction de transformation des maturités. Cette fonction est d'une importance cruciale pour comprendre les risques auxquels les banques sont exposées, et surtout pourquoi les banques sont sujettes à l'instabilité⁴.

⁴Une analyse intéressante sur le service de transformation des maturités est aussi proposée

Le travail de Diamond et Dybvig (1983) est également à l'origine de la construction d'un cadre d'analyse de ruées bancaires dites auto-réalisatrices, qui propose de mettre en évidence le fait que les banques solvables sont également vulnérables au comportement stratégique des déposants. À cet égard, Diatkine (2002) réalise un parallèle très intéressant entre la pensée de Thornton (1802) et l'analyse de Diamond et Dybvig (1983) selon lesquels la ruée bancaire est par nature une crise d'illiquidité. Ainsi, Thornton (1802) estime que l'illiquidité provient de la pénurie de monnaie légale et la banque ne dispose d'aucun moyen pour en obtenir davantage pour faire face aux retraits. Pour Diamond et Dybvig (1983), la banque doit vendre des actifs, mais devant l'impossibilité d'obtenir le rendement promis par contrat de ses actifs et donc de disposer de la quantité de fonds nécessaire, elle manque de liquidité.

Nous allons à présent détailler le modèle proposé par Diamond et Dybvig (1983). Le modèle repose sur les hypothèses suivantes concernant la durée, les consommateurs et l'investissement.

Premièrement, l'action se déroule sur trois périodes $T = (0, 1, 2)$ où (i) 0 représente la période de planification, (ii) 1 est la période intermédiaire et (iii) 2 est la période finale.

Deuxièmement, il existe un grand nombre d'agents identiques *ex-ante*, chacun recevant, à la période 0, une dotation d'une unité de bien de consommation et rien ensuite. À remarquer qu'en $T = 0$, les agents ne savent pas à quelle période leurs besoins de consommation vont se manifester et ils ont tous la même probabilité de devoir consommer prématurément. L'incertitude est levée en $T = 1$ quand les déposants « apprennent » en privé s'ils sont de type 1 (impatiens) et sont de ce fait dans l'obligation de consommer immédiatement, ou de type 2 (patients), auquel cas ils doivent attendre jusqu'à la période finale pour consommer. Cette probabilité, notée λ , qui constitue d'ailleurs une information publique, s'interprète comme un instrument de mesure du degré de préférence pour la liquidité. Normalement, un individu souhaite obtenir le rendement le plus élevé possible de ses investissements. Mais, il est également soucieux de disposer d'assez de liquidité pour faire face à ses besoins de consommation. Si sa préférence pour la liquidité est élevée, $\lambda = 1$,

par Chaplin *et al.* (2000).

il ne peut pas attendre jusqu'à la période 2 pour pouvoir toucher un rendement plus élevé. Au contraire, si $\lambda = 0$, cela veut dire qu'il n'a pas de préférence pour le présent et qu'il peut maintenir ses investissements jusqu'à la période finale. En revanche, pour des valeurs de λ de 0 à 1, l'incertitude relative à la période de consommation peut poser des problèmes. Car si l'agent sait qu'il sera patient, il n'investit que dans des actifs à long terme, ce qui lui permet de toucher un rendement élevé. Et, inversement, s'il sait qu'il sera impatient, il ne détient que des actifs à court terme, malgré leur faible rendement.

Troisièmement, il y a une technologie de production sans risque, qui est de par sa nature illiquide, dans le sens où l'investissement est improductif à court terme, mais il l'est à long terme. Pour chaque unité investie en $T = 0$, la technologie de production rapporte R unités (avec $R > 1$) à la période finale ou un rendement unitaire de 1 à la période 1, si elle est prématurément interrompue. Le bien peut également être stocké sans aucun coût entre la période 0 et la période 1, mais cela n'est pas publiquement observable. Cependant, personne ne stockera le bien sachant que la technologie rapportera au moins la valeur de l'investissement initial.

Compte tenu de ce qui précède, le choix du portefeuille optimal⁵ par chaque consommateur dépend de son aversion à l'égard du risque, de sa préférence pour la liquidité et du rendement des actifs à long terme.

Soit $U(c_1, c_2)$ une fonction d'utilité à aversion relative à l'égard du risque supérieure à 1⁶ avec $U' > 0$, $U'' < 0$ et vérifiant les conditions d'Inada : $f(0) = +\infty$ et $f(+\infty) = 0$. Les consommateurs impatient ont des préférences décrites par $u(c_1)$, tandis que les consommateurs patients ont des préférences décrites par $u(c_2)$, où c_1 représente la consommation de l'agent impatient et c_2 la consommation de l'agent patient. Sachant que λ correspond à la proportion d'agents impatient et $(1 - \lambda)$ est la proportion d'agents patients, la fonction d'utilité espérée en $T = 0$ par un agent est alors décrite par l'expression 1.1 :

⁵Pour une analyse détaillée sur les choix intertemporels et le portefeuille optimal, voir Allen et Gale (2007).

⁶Les agents préfèrent donc un gain relativement sûr à un gain bien plus important mais aléatoire.

$$U(c_1, c_2) = \begin{cases} u(c_1) & \text{si l'agent est impatient} \\ \rho u(c_2) & \text{si l'agent est patient} \end{cases} \quad (1.1)$$

où ρ est le taux de préférence temporelle, $R^{-1} \prec \rho \leq 1$.

L'objectif principal d'un individu est de maximiser l'utilité qu'il tire de sa consommation. Suivant l'existence ou non de marchés financiers ou d'une forme d'intermédiation financière (la banque), plusieurs allocations peuvent résulter du fonctionnement de cette économie. Avant de mettre en évidence le rôle d'une banque dans le partage optimal de liquidité, nous allons à présent procéder à une analyse comparative des allocations de consommation en autarcie *vs.* le marché financier.

1.3.1.1 L'allocation de consommation en autarcie *vs.* le marché financier

Examinons dans un premier temps ce qui se passerait si les agents étaient en d'autarcie. L'autarcie correspond à des situations d'absence d'échanges financiers entre les agents. Puisque la technologie de production est sans risque et qu'elle rapporte au moins l'investissement initial en cas d'interruption d'une part et que les agents sont tous identiques en $T = 0$ d'autre part, chacun d'entre eux choisit d'investir à long terme. Ainsi, les agents auront un retour sur l'investissement garanti de 1 s'ils sont de type 1 et de R s'ils sont de type 2, ce qui correspond aux consommations optimales en autarcie.

Cependant, cette solution est toujours inefficente *ex-post*, car il y a le risque de devoir consommer prématurément. Ainsi, le fait qu'un agent doit consommer en $T = 1$ et qu'il ne peut plus bénéficier du rendement de son investissement à maturité constitue pour lui un manque à gagner. De plus, l'hypothèse autarcique n'est pas vraiment réaliste, car un agent a la possibilité de vendre son actif illiquide sur le marché financier afin de le convertir en liquidité.

Dans un second temps, nous allons considérer le cas du marché financier sur lequel les agents peuvent échanger des promesses de livraison (des titres de propriété du capital investi ou des obligations), offrant au détenteur la possibilité

de recevoir le rendement R de la production en $T = 2$.

Sachant que les types des agents sont des informations privées, il ne peut pas exister de marché du bien contingent aux types des agents. Il ne peut exister que des marchés à terme⁷. Si l'on note p_1 le prix à payer en $T = 0$ pour une unité du bien en $T = 1$ et p_2 le prix en $T = 0$ et en $T = 1$ d'une unité du bien en $T = 2$, le comportement d'arbitrage par les échangistes garantit alors que $p_1 = 1$ et $p_2 = 1/R$. Effectivement, si $p_1 > 1$, la demande du bien est nulle et l'offre infinie, et inversement dans le cas contraire. D'où $p_1 = 1$ à l'équilibre. Si $p_2 > 1/R$, cela signifie que la demande du bien est nulle et l'offre est infinie. Et inversement, si $p_2 < 1/R$ la demande est infinie et l'offre est nulle. Le seul prix d'équilibre possible est alors $p_2 = 1/R$.

À l'évidence, si le marché ouvre en $T = 0$, comme c'est le cas dans Diamond et Dybvig (1983), il n'y a pas de transactions à cette période, car les agents sont tous identiques et investissent la totalité de leur dotation dans l'investissement à long terme, qui ne comporte aucun risque et qui garantit un rendement minimum égal à 1. Les consommations optimales sont alors égales à 1 pour les agents impatientes car ce sont eux qui interrompent toujours la production et R pour les agents patients car ils ne l'interrompent jamais. Il en résulte donc que, à l'équilibre, le marché financier qui ouvre en $T = 0$ ne permet pas d'améliorer (il ne fait ni mieux ni pire) le bien-être par rapport à celui qu'ils obtiennent en autarcie.

En revanche, si l'on considère que le marché ouvre en $T = 1$ et que les agents choisissent de stocker une part de leur dotation en $T = 0$ ⁸, le marché financier est susceptible d'améliorer le bien être des agents. Il fournit une assurance contre les chocs de liquidité par la possibilité de transformer un actif illiquide en un actif liquide, dans le sens où il peut être vendu à un prix prévisible et certain. Supposons que les agents choisissent en $T = 0$ de stocker une part (I) de leur dotation et d'investir l'autre part ($1 - I$) à long terme. En introduisant le marché en $T = 1$, chaque agent peut acheter des obligations au prix p_2 et de valeur 1 remboursées au pair (au montant du nominal) en $T = 2$. L'agent qui subit un choc en $T = 1$ ne liquide plus son investissement à long terme, mais il a intérêt

⁷Un marché à terme est un marché où les règlements se font à une échéance ultérieure et prévue à l'avance par rapport à celle où les transactions sont conclues.

⁸L'hypothèse de stockage en $T = 0$ est plus réaliste si l'on considère que la technologie de production comporte un coût de liquidation $r < 1$.

à vendre $p_2 RI$ obligations. Celui qui ne subit pas de choc, en l'occurrence l'agent patient, a intérêt à acheter $(1 - I)/p_2$ obligations, en utilisant la partie stockée de sa dotation, pour placer ses liquidités. Comme le prix d'équilibre est $p_2 = 1/R$, les consommations optimales sont alors égales à : $c_1^1 = 1$ et $c_2^2 = R$

Pour conclure, l'équilibre sur le marché financier qui ouvre en $T = 1$ domine l'autarcie, car le marché financier crée de la liquidité. Néanmoins, cet équilibre n'est pas optimale car il s'agit d'un équilibre de marché incomplet par rapport au monde d'Arrow-Debreu. En effet, les agents « n'aiment pas le risque » et ils veulent s'assurer contre le risque d'être de type impatient en consommant un peu moins que R en $T = 2$, s'ils sont de type 2, pour pouvoir consommer un peu plus que 1, s'ils sont de type 1. Il est toutefois impossible que les agents soient assurés contre ce risque en établissant des contrats d'assurance contingents, de type Arrow-Debreu, leur permettant de répartir entre eux leur consommation intertemporelle. Ceci du fait que l'information sur les besoins de liquidité d'un consommateur est une information privée, non vérifiable. On est donc dans une situation d'asymétrie d'information qui peut empêcher ce marché d'exister. Il ne peut exister, comme nous l'avons déjà noté, que des marchés à terme sur lequel les agents ont la possibilité d'acheter ou de vendre n'importe quelle quantité au prix d'équilibre qui reste insensible à la quantité qui fait l'objet des transactions.

1.3.1.2 *Liquidity pooling* et le partage optimal du risque de liquidité par la banque

Nous allons à présent nous focaliser sur la réalisation de l'allocation optimale par un système bancaire à réserves fractionnaires. Pour s'assurer contre le risque de devoir consommer prématurément dans un contexte où les déposants ont de l'aversion à l'égard du risque, ils mettent les bases d'un marché de mutualisation du risque individuel de liquidité via une transformation des échéances. Une telle coalition appelée banque est capable de satisfaire les chocs de liquidité des agents (une chute imprévue de revenus ou un accroissement des dépenses), tout en maximisant leur bien-être. Par ailleurs, la mutualisation de ce risque se fait par le biais d'une prime de liquidité que les déposants sont prêts à payer pour pouvoir consommer lorsque le besoin se fait sentir.

À cet effet, la banque collecte les dotations initiales des agents, qu'elles placent dans des projets d'investissement. En échange, elle offre un contrat de dépôt, (c_1^*, c_2^*) , qui spécifie le nombre d'unités que les déposants peuvent retirer à la période 1, respectivement 2, pour chaque unité déposée à la période de planification. Ce contrat ne dépend pas du type des déposants. Leurs placements sont liquides dans le sens où ils ne sont pas obligés de s'engager sur la date de retrait.

Le problème de la banque consiste à trouver les termes du contrat de dépôt afin de maximiser l'utilité *ex-ante* d'un déposant sans dégager le moindre profit. Regardons de près le bilan d'une banque mutuelle (tableau 1.1⁹), dont le profit est nul et qui agit donc exclusivement dans l'intérêt de ses déposants.

TAB. 1.1 – Le bilan d'une banque mutuelle

Bilan		
Période	<i>Actifs non risqués</i>	<i>Passifs</i>
T = 1	L	λc_1^1
T = 2	$(1 - L)R$	$(1 - \lambda)c_2^2$
Total :	$L + (1 - L)R$	$\lambda c_1^1 + (1 - \lambda)c_2^2$

où L représente les actifs à court terme, $(1 - L)R$ la valeur des actifs à long terme arrivés à maturité, c_1^1 la consommation de l'agent impatient en $T = 1$ et c_2^2 la consommation de l'agent patient en $T = 2$.

Dans un contexte où la banque sait qu'une proportion λ des déposants sera impatiente, les allocations optimales de consommation sont calculées en résolvant le programme de maximisation de l'utilité de cette collectivité :

$$\text{Max}\{\lambda u(c_1^1) + (1 - \lambda)\rho u(c_2^2)\} \quad (1.2)$$

sous les contraintes de ressources et d'incitation

$$L = \lambda c_1^1 \text{ et } (1 - L)R = (1 - \lambda)c_2^2 \quad (1.3)$$

$$c_1^1 < c_2^2 \quad (1.4)$$

⁹Le tableau 1.1 a été établi, par nos soins, à partir des formules du modèle.

La contrainte de ressources ou de budget (expression 1.3) indique le fait que pour financer les retraits en $T = 1$, la banque doit liquider L unités par déposant et reçoit $R(1 - L)$ unités par déposant en $T = 2$. L'expression 1.4 représente la contrainte d'incitation qui montre que la consommation à la période finale doit forcément être supérieure à celle de la période intermédiaire. En quelque sorte, cela est une certitude qu'aucun agent patient n'a intérêt à liquider prématurément ses dépôts.

À l'équilibre, on a $u'(c_1^{1*}) = Ru'(c_2^{2*})$ ¹⁰ et $c_1^{1*} = \frac{L}{\lambda}$ et $c_2^{2*} = \frac{(1-L)R}{(1-\lambda)}$. Le coefficient d'aversion relatif au risque étant supérieur à une unité, les consommations optimales doivent vérifier la relation suivante : $1 < c_1^{1*} < c_2^{2*} < R$. Le contrat optimal de dépôt est donc donné par le couple $(c_1^{1*}; c_2^{2*})$. Il s'ensuit donc que l'objectif de la banque est d'améliorer le bien-être des déposants, car en augmentant la consommation à la période intermédiaire et en diminuant celle à la période finale, elle fait en sorte que les deux catégories de déposants partagent le risque d'être de type 1. La banque fournit cette garantie via un service de transformation des maturités, car elle offre aux déposants impatientes une consommation $c_1 > 1$, alors que la liquidation de l'actif à long terme ne rapporte que 1. Cela veut dire que la banque émet des passifs plus liquides que les actifs et qu'elle s'expose au risque de liquidité.

Pour voir pourquoi une banque se met en position d'illiquidité pour assurer les agents contre le risque de devoir consommer prématurément, nous allons procéder à une analyse comparative des allocations optimales de consommation fournies par une banque qui est contrainte à être liquide avec celles fournies par une banque illiquide et la développons ultérieurement à l'aide des graphiques. Une banque liquide est une banque qui ne prend pas de risques dans le sens où elle ne permet pas de partager le risque de liquidité. Les montants des investissements dans des actifs liquides et illiquides sont établis de sorte que la consommation en $T = 1$ soit toujours égale à 1 et la consommation à la période finale corresponde au rendement de l'investissement à maturité. En cas de retrait anticipé, cette banque

¹⁰Cette relation est déterminée en remplaçant $c_1 = \frac{L}{\lambda}$ et $c_2 = \frac{R(1-L)}{(1-\lambda)}$ dans la fonction objectif (une fonction qui sert de critère pour déterminer la meilleure solution à un problème d'optimisation), soit $\lambda u(\frac{L}{\lambda}) + (1 - \lambda)u(\frac{(1-L)R}{1-\lambda})$, qu'on maximise ensuite par rapport à L .

sera capable d'honorer ses engagements en offrant 1 unité de consommation à tous les déposants. À remarquer que les allocations offertes par une banque liquide coïncident parfaitement avec celles réalisées sur le marché financier. Une banque illiquide est une banque qui prend des risques et qui permet de partager le risque de liquidité entre les déposants. Ses investissements dans des actifs liquides et illiquides sont tels que la consommation en $T = 1$ est supérieure à 1 unité et celle à la période finale est inférieure au rendement de l'investissement. Cependant, si chaque déposant demande un retrait anticipé, elle ne pourra pas honorer toutes ses promesses d'offrir à tous les déposants une consommation supérieure à 1 unité.

Le point de départ est le tableau 1.2 qui synthétise les allocations optimales de consommations dans les deux cas.

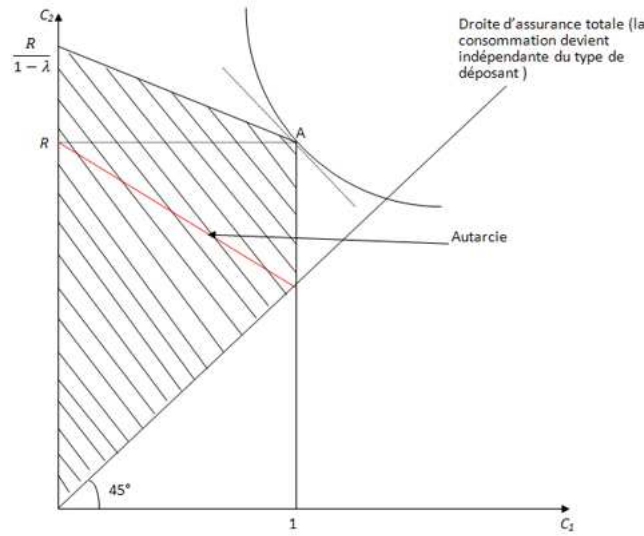
TAB. 1.2 – La distribution des revenus avec des contrats de dépôt

Allocations optimales de consommation	
<i>Banque liquide</i> contrat de dépôt $(1, R)$	<i>Banque illiquide</i> contrat de dépôt (c_1, c_2)
$c_1^{1*} = 1 \quad c_2^{2*} = R \quad c_1^{2*} = c_2^{1*} = 0$	$c_1^{1*} > 1 \quad c_2^{2*} < R \quad c_1^{2*} = c_2^{1*} = 0$

Les faits stylisés présentés plus haut nous incitent à affirmer que, par rapport à une banque qui n'est pas contrainte à être liquide, une banque qui se met en position d'illiquidité améliore le bien-être des déposants, en leurs offrant de meilleures allocations de consommation. Ceci signifie que le contrat de dépôt permet d'améliorer le bien-être des déposants, soit $\lambda u(c_1^{1*}) + (1 - \lambda)u(c_2^{2*}) > \lambda u(1) + (1 - \lambda)u(R)$.

Pour expliciter notre propos, nous recourons aux graphiques. Regardons dans un premier temps le graphique 1.1 qui traite le cas d'une banque liquide. Ce graphique a été initialement établi par Anderlini (1986) et repris ensuite par Marini (2003) et Allen et Gale (2007). Ainsi, comme ce graphique le montre, dans le cas d'une banque parfaitement liquide, la valeur maximale de la consommation des déposants impatientes, $c_1 = 1$, est atteinte lorsqu'on pose $L = 1$ et celle des déposants patients, $c_2 = R$, l'est aussi pour $L = 0$. L'ensemble des consommations possibles est représenté par la surface hachurée, la droite d'assurance totale non

FIG. 1.1 – L'équilibre d'une banque liquide



Source : Anderlini (1986), Marini (2003), Allen et Gale (2007)

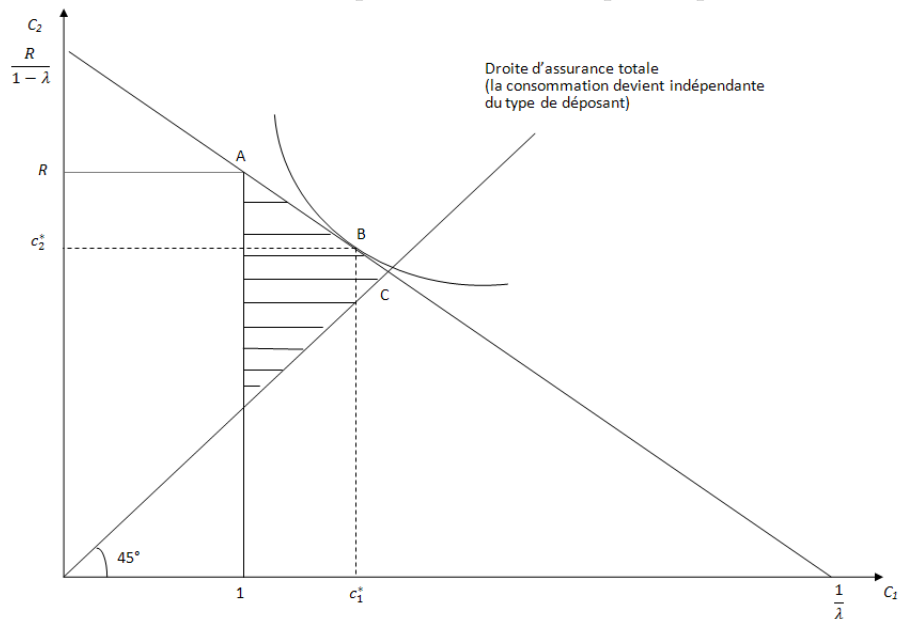
comprise. Les contrats émis par une banque liquide se trouvent sur le segment de droite passant par les points $(0; \frac{R}{1-\lambda})$ et $(1, R)$. Cependant, le contrat optimal se trouve au point $A(1, R)$. Pour démontrer que le contrat optimal est bien au point A , il suffit de montrer que le taux marginal de substitution de la courbe d'indifférence passant par le point A , $U(c_1, c_2) = \lambda u(1) + (1 - \lambda)u(R)$, est supérieur à la pente du segment de droite passant par les points $(0; \frac{R}{1-\lambda})$ et $(1, R)$, c'est-à-dire que $c_2 = \frac{R}{1-\lambda}(1 - \lambda c_1)$. En faisant les calculs, on obtient $\frac{\lambda u'(1)}{(1-\lambda)u'(R)} > \frac{R\lambda}{(1-\lambda)}$ ou encore $Ru'(R) < u'(1)$, ce qui est correct car le coefficient d'aversion relative à l'égard du risque est supérieur à 1.

En conclusion, le contrat optimal de dépôt émis par une banque qui est contrainte à être liquide conduit aux mêmes allocations de consommation qu'en autarcie ($c_1^* = 1, c_2^* = R$). De plus, ce type de banque ne procure aucune amélioration du bien-être car l'utilité attendue en $T = 0$ est égale à $E(U) = \lambda u(1) + (1 - \lambda)u(R)$.

Dans un second temps, regardons le cas d'une banque illiquide. Nous allons à présent expliquer graphiquement comment une banque qui n'est pas contrainte à être liquide améliore le bien-être en assurant les déposants contre le « risque de

devoir consommer prématurément ». Sur le graphique 1.2, l'ensemble des consommations possibles est représenté par la surface hachurée, hormis la droite d'assurance totale. Ce graphique a été déduit par Marini (2003) à partir du graphique précédent. Les contrats émis par une banque qui se met en position d'illiquidité

FIG. 1.2 – L'équilibre d'une banque illiquide



Source : Marini (2003)

sont situés sur le segment AC , le point C non compris. Quels que soient les termes du contrat, la condition du premier ordre qui résulte du programme de maximisation de l'utilité est satisfaite, soit $u'(c_1^{1*}) = Ru'(c_2^{2*})$, et $c_1^{1*} > 1$ et $c_2^{2*} < R$. Puisque $R > 1$, cela implique que $u(c_1^{1*}) > u(c_2^{2*})$, d'où $c_1^{1*} < c_2^{2*}$. Cependant, sachant que le coefficient d'aversion relative au risque est supérieur à 1, une allocation efficiente doit fournir une assurance contre le risque d'être de type impatient, en augmentant la consommation des déposants impatientes et en diminuant celle des déposants patients. Ceci explique pourquoi le contrat optimal se trouve au point B , qui est plus proche du point C (où la consommation devient indépendante du type de l'agent, c'est-à-dire $c_1^* = c_2^*$), que du point A ¹¹.

¹¹En fait, les courbes d'indifférences convexes se caractérisent pas un taux marginal de substitution (TMS) décroissant. Concrètement, cela signifie que la consommation c_2 à laquelle les déposants sont disposés à renoncer pour une unité de consommation supplémentaire c_1 s'accroît

Il en résulte alors qu'une banque qui se met en position d'illiquidité améliore le bien-être des déposants, mais le déséquilibre entre les caractéristiques des actifs et des passifs crée une instabilité potentielle. En effet, le désajustement des maturités rend nécessairement les banques vulnérables aux ruées des déposants. Par ailleurs, c'est justement en raison du service de transformation des échéances que le risque de liquidité est considéré comme étant « endémique » aux banques (Davis, 2003). Cet aspect sera analysé dans la section suivante.

1.3.1.3 La fragilité du contrat de dépôt : l'équilibre de panique

Quelques précisions s'imposent avant de répondre à la question : pourquoi les banques sont-elles vulnérables aux ruées des déposants ? Certes, le contrat de dépôt procure de la liquidité et partage le risque au niveau des projets. Cependant, sachant qu'une petite partie des dépôts est conservée pour faire face aux retraits en $T = 1$ de la clientèle et que l'autre partie, plus considérable, est investie dans des actifs à long terme, il existe un désajustement de maturités au niveau du bilan des banques. C'est pourquoi cette structure déséquilibrée de maturités d'actifs et de passifs peut soumettre les banques à des ruées auto-réalisatrices. Au cas où un nombre de déposants plus important que prévu retire à la période 1, la banque ne disposera certainement pas de liquidités pour satisfaire toutes ces demandes. En conséquence, elle doit vendre, habituellement à perte, ses actifs à long terme, avec des conséquences en termes de diminution de la consommation des déposants patients.

Dans le modèle de Diamond et Dybvig (1983), les déposants font face à une externalité de remboursement en raison de l'application de la contrainte de service séquentiel, selon laquelle les retraits se font en respectant la règle suivante : *le premier arrivé est le premier servi*. En synthétisant, cette contrainte a deux effets : (i) la banque est forcée à épuiser ses ressources et (ii) les déposants sont incités à se ruier pour arriver les premiers aux guichets de leur banque, le risque de ne pas pouvoir récupérer leur argent étant plus important s'ils sont les derniers dans la file d'attente.

à mesure que la consommation c_1 augmente.

Dans Diamond et Dybvig (1983), une banque annonce en $T = 0$ que tous les déposants qui souhaitent retirer en $T = 1$ obtiennent c_1 tant que ses ressources lui permettent d'en payer le montant promis. Supposons que f représente la proportion des déposants qui souhaitent retirer leurs dépôts en $T = 1$. Si $fc_1 < 1$, la banque est capable de satisfaire ses engagements contractuels, plus précisément payer, pour chaque unité de dépôt, c_1 à ceux qui retirent en $T = 1$ et $c_2 = \frac{R(1-c_1f)}{(1-f)}$ à ceux qui attendent jusqu'en $T = 2$. Au contraire, lorsque $fc_1 > 1$ la banque ne peut pas honorer l'intégralité de ses obligations contractuelles en $T = 1$, car les fonds obtenus suite à la liquidation de ses actifs illiquides sont insuffisants. En effet, seulement une proportion de déposants égale à $1/c_1$ va obtenir c_1 . Les autres déposants ne vont rien toucher.

Par conséquent, l'amorce de la ruée est intimement liée au comportement des déposants patients. En effet, leurs stratégies (de retirer à la date 1 ou 2) sont modélisées comme un jeu de Nash à équilibres multiples. Nous remarquons également que le contrat de dépôt crée une complémentarité entre les actions des déposants patients, à savoir que l'effet de l'action d'un déposant s'amplifie avec le nombre de déposants patients adoptant le même comportement. Si beaucoup de déposants patients décident de retirer leurs avoirs, il devient alors rationnel pour chacun d'entre eux de faire de même.

L'élément principal à l'origine des ruées est la crainte de la multiplication des retraits préventifs par un nombre important de déposants. L'équilibre de ruée bancaire est le résultat du défaut de coordination entre les déposants, car ce « mauvais » équilibre aurait pu être évité si les déposants avaient « coordonné » leurs décisions.

La réalisation du bon ou du mauvais équilibre¹² est conditionné par l'apparition d'une tache solaire, seule variable susceptible d'influencer le comportement des déposants. Les anticipations sont rationnelles mais basées sur des anticipations auto-réalisatrices : *Si je crois que la banque va être insolvable, je vais retirer le montant de mes dépôts; si tous les déposants agissent comme moi, la banque*

¹²À titre informatif, en plus des deux équilibres de Nash (le bon et le mauvais équilibre) en stratégies pures, il y a un troisième équilibre de Nash en stratégies mixtes que nous ne traitons pas ici (voir Tirole, 2005 chapitre 12).

sera insolvable. Si chaque déposant prend sa décision de retirer ou non en anticipant une liaison entre la présence (absence) d'une tache solaire et la présence (absence) de la panique bancaire, alors « la correspondance anticipée les conduira à adopter un comportement qui fera effectivement émerger endogènement cette correspondance » (Marini, 1992).

Globalement, une panique se traduit par une allocation sous-optimale des ressources, car la banque est obligée de renoncer aux projets d'investissement à long terme et de maintenir seulement ceux à court terme, pour qu'elle puisse honorer les retraits. Les grands perdants sont les déposants qui ne peuvent plus profiter des gains apportés par les projets d'investissement. À titre illustratif, admettons qu'un déposant patient anticipe qu'une proportion β de déposants patients ait l'intention de retirer à la date 1. Dans ce cas, les actifs liquides, L , sont distribués aux déposants qui retirent prématurément, soit $(\lambda + \beta)$. Le niveau de la consommation en $T = 1$ est alors égal à $c_1^* = \frac{L}{(\lambda + \beta)}$. En supposant que la banque reste solvable jusqu'à la fin, les consommateurs patients, $(1 - \lambda - \beta)$, vont recevoir en $T = 2$ un montant égal à : $c_2^* = \frac{1 - (\lambda + \beta)c_1^*}{1 - \lambda - \beta} R$ ¹³. Selon cette expression, le paiement final est décroissant en β , ce qui confirme l'idée de complémentarité stratégique, précédemment étudiée, entre les déposants patients. Cela veut dire qu'il y a une valeur $\bar{\beta} \in (0, 1 - \lambda)$ qui constitue un « point de rupture » en fonction duquel ils décident d'attendre ou de retirer. Si $\beta < \bar{\beta}$, cela signifie qu'il est mieux pour eux d'attendre jusqu'en $T = 2$ et, inversement, si $\beta > \bar{\beta}$, on est dans une situation dans laquelle la contrainte d'incitation est violée, ce qui explique pourquoi les déposants patients se précipitent pour retirer à la période intermédiaire.

Pour expliciter l'équilibre de panique bancaire à l'aide du graphique 1.2, nous comparons le taux marginal de substitution du segment passant par les points $(\frac{1}{\lambda}, 0)$ et $C(\frac{R}{\lambda R + 1 - \lambda}, \frac{R}{\lambda R + 1 - \lambda})$ et sur lequel se trouve les contrats de dépôts dans ce cas de figure avec celui de la courbe d'indifférence passant par le point $A(1, R)$. On obtient la relation $Ru'(R) > u'(1)$, ce qui veut dire que l'utilité des contrats situés sur le segment de droite (lorsque les déposants se ruent sur leurs dépôts) est toujours

¹³Ce montant est obtenu en remplaçant dans la contrainte de budget à la période finale, $(1 - \alpha - \beta)c_2^* = (1 - L)R$, l'expression de L par $(\lambda + \beta)c_1^*$, qui représente les retraits en 1 et $(\lambda + \beta)$ qui indique la proportion des déposants retirant en $T = 1$.

strictement inférieure à l'utilité obtenue dans le cadre du marché financier.

Pour conclure, nous passons brièvement en revue les instruments permettant de restaurer la confiance des déposants en leur banque pour en rétablir le bon fonctionnement. À cet égard, Diamond et Dybvig (1983) évoquent la suspension de la convertibilité des dépôts en numéraire et l'assurance de dépôt par le gouvernement.

La suspension de la convertibilité des dépôts en numéraire consiste à refuser de permettre aux déposants de retirer leurs fonds dès qu'un certain seuil (par exemple, lorsque les demandes totales de retraits correspondent au nombre d'individus qui ont « vraiment » besoin de liquidité) a été atteint. Dans ce contexte, les déposants patients ne sont plus intéressés à retirer prématurément, car ils savent que la banque ne doit pas liquider ses actifs à long terme et qu'elle aura assez de fonds pour payer le montant promis à la période finale. Il est important de remarquer que la suspension de convertibilité ne résout pas le problème de ruée bancaire qu'à condition que la banque sache exactement la proportion des agents impatientes. Si cette proportion est aléatoire et si sa réalisation n'est pas connue par la banque, elle ne peut pas réaliser l'allocation optimale en utilisant la suspension de la convertibilité (Allen et Gale, 2007).

Par ailleurs, l'assurance des dépôts par le gouvernement, via la taxation des agents patients retirant à la période intermédiaire, constitue, selon Diamond et Dybvig (1983), un autre moyen efficace pour prévenir les ruées, tout en permettant de surmonter la réticence des déposants à confier leur argent au système bancaire. Cependant, ils ne prennent pas en considération les risques liés aux comportements d'aléa moral. En présence de l'assurance de dépôt et, éventuellement, de l'intervention de la banque centrale, les banques pourraient s'engager dans des activités plus risquées.

Nous terminons cette section en illustrant d'autres limites du modèle. Ce qu'il est reproché de manière générale à ce modèle de panique pure, c'est l'absence d'événements en mesure d'expliquer la crainte qui envahit les déposants. La ruée bancaire est un phénomène aléatoire, une tache solaire (*sunspot*) :

« This [variable] could be a bad earnings report, a commonly observed run at some other bank, a negative government forecast, or even a sunspot. It need not be anything fundamental about the bank's condition. »

(Diamond et Dybvig, 1983, page 405)

Ensuite, la ruée bancaire est un pur risque de passif, provenant uniquement de l'échec de coordination entre les déposants, car les actifs bancaires ne sont pas sujets au risque, leur rendement restant donc certain. Selon Andersen et Tarp (2003), « une ruée bancaire est possible dès que la valeur de liquidation du portefeuille des prêts est inférieure à la valeur des dépôts liquides. Elle ne requiert pas que la valeur des actifs ait subi des pertes. Elle peut simplement survenir si le coût de liquidation des actifs fait de la faillite une anticipation auto-réalisatrice ». Ainsi, les ruées bancaires peuvent toucher des banques saines, puisque les déposants n'ont pas d'information sur la solvabilité réelle de chaque banque et ne peuvent pas faire de discrimination entre elles. Il suffit qu'ils croient que si beaucoup de déposants désirent retirer en $T = 1$, la banque ne pourra pas tous les rembourser, car la liquidation des actifs bancaires est coûteuse. Notons donc que la nature non risquée des actifs est une hypothèse cruciale pour montrer que même les banques solvables peuvent être confrontées à des courses aux guichets.

Le fait que le système bancaire soit composé d'une seule banque et qu'il n'y ait pas de marché pour les investissements effectués par les banques représentatives constitue une autre limite du modèle. Le risque de panique « n'est rendu possible que parce que la banque fournit aux déposants une assurance contre le risque d'être de type 1 par une transformation des échéances parce qu'il n'existe pas de marché secondaire sur les dépôts » (Marini, 1992). Cette hypothèse est donc impérative pour rendre possibles les paniques liées aux comportements stratégiques des déposants.

Enfin, dans ce modèle, « la banque n'est pas un intermédiaire de crédit mais un producteur de monnaie. L'absence de fonds propres¹⁴ la rend vulnérable par

¹⁴À cet effet, nous pouvons citer Dowd (2000) qui introduit le capital dans le modèle de Diamond et Dybvig (1983) avec incertitude agrégée sur la demande de liquidité.

construction. Ce modèle sert en fait de justification à la nécessité d'un prêteur en dernier resort » (Gentier, 2003). Dans le même ordre d'idées, Marini (2003) affirme que Diamond et Dybvig (1983) « se contentent d'affirmer qu'il (le PDR) devrait mettre en œuvre la même politique fiscale redistributive que celle mise en œuvre par l'assureur des dépôts ».

1.3.2 Ruées liées aux informations reçues par les déposants sur les actifs bancaires

Les modèles faisant l'objet de cette section suscitent notre attention car il ne s'agit pas de purs mécanismes de solvabilité, comme on pourrait à une première vue le croire. Une analyse plus affinée nous laisse découvrir que le concept de ruée informationnelle (*informational run*) n'est pas lié exclusivement à l'insolvabilité, mais qu'il représente une autre facette du risque de liquidité.

1.3.2.1 Ruées informationnelles. Formation des anticipations et sélection de l'équilibre

Jacklin et Bhattacharya (1988) estiment que, à l'origine d'une ruée, c'est le caractère risqué des actifs bancaires. Leur cadre d'analyse s'appuie sur celui du Diamond et Dybvig (1983), auquel ils apportent des modifications concernant la technologie et les préférences de consommation des déposants.

Les déposants ont une faible aversion à l'égard du risque. Les biens de consommation peuvent être stockés à une période ou à une autre sans aucun coût. Alternativement, il y a une technologie de production à long terme illiquide. En revanche, le rendement des actifs à long terme est incertain, ce qui explique le problème de double asymétrie d'information entre les déposants et la banque. D'une part, la banque ne peut pas observer les vrais besoins de consommation des agents, et, parallèlement, les agents ne peuvent pas apprécier la qualité des actifs bancaires. Le rendement des actifs à la période 2 est noté \tilde{R} . Ce rendement peut être bas (R_l) ou élevé (R_h), avec $0 < R_l < R_h < 1$.

Il y a également l'hypothèse implicite que le contrat de dépôt ne peut pas être contingent au signal reçu par les déposants en $T = 1$, *i.e.* que la valeur de liquidation en $T = 1$ est indépendante du signal.

Les ruées se produisent car, à la période 1, une part des agents patients reçoit un signal sur le rendement futur des actifs qu'ils utilisent pour adapter leur comportement (retirer ou attendre). En anticipant sur le fait que le rendement réalisé sera inférieur au rendement espéré, les déposants commencent à douter de la solvabilité de leur banque et, par la suite, de sa capacité à honorer ses engagements contractuels (les dépôts étant des contrats à dette fixe). L'application de la contrainte de service séquentiel sur les retraits effectués à la période 1¹⁵, ne fait que précipiter les retraits des déposants patients qui, ayant reçu de « mauvaises » nouvelles, ont intérêt à se faire passer pour des agents impatientes.

Examinons le bilan¹⁶ d'une banque dont les actifs sont risqués (tableau 1.3) :

TAB. 1.3 – Le bilan d'une banque dont les actifs sont risqués

Bilan		
Période	<i>Actifs risqués</i>	<i>Passifs</i>
T = 1	L	$\lambda c_1^1 + (1 - \lambda) c_1^2$
T = 2	$(1 - L) \tilde{R}$	$\lambda c_2^1(\tilde{R}) + (1 - \lambda) c_2^2(\tilde{R})$
Total	$L + (1 - L) \tilde{R}$	$\lambda(c_1^1 + \lambda c_2^1(\tilde{R})) + (1 - \lambda)(c_1^2 + c_2^2(\tilde{R}))$

où L représente les actifs à court terme, $(1 - L)\tilde{R}$ la valeur des investissements arrivés à maturité, λ la proportion des agents impatientes, $(1 - \lambda)$ la proportion des agents patients, c_1^1 la consommation de l'agent impatient en $T = 1$, c_1^2 la consommation de l'agent patient en $T = 1$, $c_2^1(\tilde{R})$ la consommation de l'agent impatient en $T = 2$ et $c_2^2(\tilde{R})$ la consommation de l'agent patient à la période finale.

En comparant le bilan d'une banque dont les actifs sont risqués (le rendement \tilde{R} est incertain) avec celui d'une banque ayant des actifs non-risqués (le rendement R est certain) (tableau 1.1, section 1.3.1.2 *vs.* tableau 1.3), on remarque que les principales différences se situent au niveau du passif bancaire. En effet, chez Diamond et Dybvig (1983), les déposants impatientes retirent en $T = 1$ et ceux patients

¹⁵Il s'agit également d'une banque mutuelle qui agit exclusivement dans l'intérêt de ses déposants et qui sera liquidée à la période finale, en impliquant le partage des actifs à long terme aux déposants patients.

¹⁶Le bilan a été établi, par nos soins, à partir des formules du modèle.

en $T = 2$, lorsque le « bon équilibre » n'est pas mis en question. En revanche, chez Jacklin et Bhattacharya (1988), les déposants impatient retirent une satisfaction en consommant en $T = 1$ ou en $T = 2$, en fonction du rendement des actifs à long terme, tandis que les déposants patients retirent une satisfaction en ne consommant qu'en $T = 2$. Cependant, au cas où le rendement des actifs à long terme est faible, les déposants patients ayant reçu des informations à ce sujet, se précipitent pour retirer en $T = 1$ sachant que les retraits sont soumis à la contrainte de service séquentiel.

Afin d'assurer le bien-être des déposants, la banque doit résoudre le programme suivant de maximisation de l'utilité :

$$Max\left\{\lambda \left[u(c_1^1) + u(c_2^1(\tilde{R})) \right] + (1 - \lambda) \left[u(c_1^2) + u(c_2^2(\tilde{R})) \right] \right\} \quad (1.5)$$

sous les contraintes de ressources et d'incitation

$$L = \lambda c_1^1 + (1 - \lambda)c_1^2 \text{ et } (1 - L)\tilde{R} = \lambda c_2^1(\tilde{R}) + (1 - \lambda)c_2^2(\tilde{R}) \quad (1.6)$$

$$U(c_1^j, c_2^j, j) \geq \text{l'utilité espérée en se faisant passer} \\ \text{pour un autre type d'agent, avec } j = 1, 2 \quad (1.7)$$

Les contraintes budgétaires (expressions 1.6) reflètent le fait que les retraits à la période 1 sont couverts par les actifs à court terme, $L = \lambda c_1^1 + (1 - \lambda)c_1^2$, et ceux à la période finale par les actifs à long terme, $(1 - L)\tilde{R} = \lambda c_2^1(\tilde{R}) + (1 - \lambda)c_2^2(\tilde{R})$. La contrainte d'incitation (expression 1.7) assure que les agents impatient préfèrent l'allocation de consommation de la période 1 et non celle de la période finale, et que les déposants patients préfèrent la consommation de la période finale. En effet, quand le rendement des actifs est élevé, la contrainte d'incitation devient similaire à celle énoncée par Diamond et Dybvig (1983). À remarquer également qu'il y a des situations dans lesquelles cette contrainte n'est plus vérifiée. Un tel cas de figure intervient quand le rendement des actifs à long terme est faible, ce qui peut motiver les déposants patients à préférer retirer en $T = 1$.

Lorsque les agents patients ne reçoivent aucune information, les allocations

de consommation aux périodes 1 et 2 correspondent aux allocations optimales calculées *ex-ante* par la banque. Mais, que se passe-t-il si une proportion (α) d'agents patients reçoit en $T = 1$ une information indiquant un faible rendement des actifs bancaires à leur maturité? La conséquence immédiate est la violation de la contrainte d'incitation, car les déposants patients s'appuient sur ce signal pour réviser leurs attentes. En fait, ils retirent leurs avoirs dans la mesure où la consommation obtenue en se faisant passer pour des agents impatientes excède la consommation obtenue en attendant jusqu'à la période finale, soit $c_1^2 > c_2^2(\tilde{R})$.

En conséquence, la probabilité que le rendement des actifs à long terme soit bas joue un rôle crucial, car elle représente le seuil au-delà duquel les agents patients informés préfèrent retirer en $T = 1$, au lieu d'attendre jusqu'en $T = 2$. Elle est aussi d'une importance essentielle pour la banque, car c'est le point où le « bon équilibre » peut basculer vers le « mauvais équilibre ». Par ailleurs, Jacklin et Bhattacharya (1998) montrent que, plus le risque augmente (c'est-à-dire l'écart entre R_h et R_l se creuse), plus la probabilité que les agents patients informés retirent à la période 1 augmente.

Nous remarquons que, dans ce modèle, la ruée bancaire n'est pas très différente de la banqueroute d'une société. Une banque fait faillite car elle est insolvable, et il ne faut pas non plus qu'elle continue son activité au sein du système bancaire.

Nous terminons en illustrant la mesure proposée par les auteurs pour empêcher les ruées bancaires. Les auteurs estiment que l'assurance de dépôt permet de les éviter. Cela n'est pas la conséquence du fait que cette mesure rend le retrait de chaque déposant indépendant des retraits agrégés, mais qu'elle décourage les déposants de surveiller la qualité de la technologie dans laquelle la banque a investi.

1.3.2.2 Mimétisme dans les ruées des déposants

Nous commençons par définir le concept de mimétisme comme étant un ensemble de comportements individuels qui présente des corrélations. Sur ce point, Chari et Jagannathan (1988) ont développé un modèle semblable à celui de Diamond et Dybvig (1983), dans lequel une partie des déposants patients reçoit une

information négative sur le rendement futur des actifs bancaires. La panique se produit car il y a un problème d'extraction d'information, une confusion au niveau des déposants patients non informés. Ils observent seulement la longueur de la file d'attente. Ils ne sont pas capables de différencier les agents qui retirent leurs avoirs à la suite de la réception d'une mauvaise information de ceux qui expérimentent de vrais chocs de liquidité.

À la différence des modèles antérieurs, les auteurs introduisent trois aléas : *(i)* la probabilité d'être un agent impatient, *(ii)* celle que les agents patients reçoivent un signal sur la qualité des actifs bancaires et, *(iii)* enfin, celle que le rendement des actifs bancaires soit bas.

Pour chaque unité de bien déposée, les banques offrent des contrats de dépôt qui promettent une rémunération égale à 1 unité si les dépôts sont liquidés à la période 1, ou une quote-part des profits si les dépôts sont liquidés à la période finale. De la même façon que dans le modèle de Diamond et Dybvig (1983), en $T = 1$, chaque individu « apprend » en privé son type : s'il est impatient ou patient. Les déposants impatients, dont la proportion est ici inconnue, retirent bien évidemment à la période 1. Une partie des agents patients observe un signal relatif au rendement des actifs bancaires. Ces agents, appelés aussi agents patients informés, maintiennent leurs investissements si et seulement si le signal indique un rendement élevé des actifs bancaires. En revanche, si le signal indique une mauvaise performance, ils préfèrent la rémunération de la première période, qui est moins sensible aux variations subies par la rémunération de la période finale.

L'originalité de ce modèle concerne le comportement des autres agents patients, appelés agents patients non informés. Ils observent uniquement le niveau total de retraits et, en fonction de la longueur de la file d'attente, ils décident de leur façon d'agir : attendre ou retirer. Autrement dit, ils déduisent, à tort ou à raison, des retraits effectués par d'autres déposants que ces derniers sont informés des mauvais investissements bancaires, ce qui les conduit eux-mêmes à retirer leurs avoirs. Puisque la proportion des agents impatients n'est pas publiquement observable, il est impossible pour eux de réaliser le motif des retraits. Ceci explique « l'effet de confusion » qui est l'idée centrale autour de laquelle ce modèle

est construit.

La panique bancaire est un équilibre de Nash à anticipations rationnelles. Elle est le résultat de la combinaison de ruées informationnelles (*i.e.* la mauvaise performance du portefeuille bancaire) et de ruées spéculatives (*i.e.* *sunspot*). Dans une situation d'information parfaite, les ruées peuvent être rationnelles et efficaces, mais dans une situation d'information imparfaite, une rumeur peut mener à des ruées rationnelles, mais inefficaces (Gorton, 1985).

Quand les retraits totaux sont élevés, chaque agent non informé croît que le rendement des actifs sera faible et s'inquiète de la solvabilité de sa banque. Afin de se protéger contre d'éventuelles pertes, chacun d'entre eux décide de retirer leur argent. À l'opposé, lorsque les retraits agrégés sont restreints, les agents non informés associent cette situation à un rendement élevé des actifs, et il n'y aura donc pas de ruées. Il en résulte que la nature du signal reçu par les agents informés sur la qualité des actifs n'exerce qu'une influence imparfaite sur les décisions prises par les agents non informés. Il y a des situations où le volume des retraits est important, car la proportion d'agents impatientes est élevée. Dans ce cas, les déposants patients non informés paniquent et se précipitent pour retirer rapidement leur argent, ce qui entraîne par la suite une ruée inefficace des déposants patients informés.

La mesure proposée par Chari et Jagannathan (1988) pour éviter la panique est la suspension de la convertibilité des dépôts en monnaie légale. Cette mesure est susceptible d'améliorer l'utilité collective notamment lorsque le coût du sauvetage des banques insolvables est nettement inférieur aux bénéfices obtenus suite à la prévention de la panique. Mais cela n'est certainement pas l'optimum, car il y a des situations dans lesquelles certains agents de type 1, ayant effectivement subi des chocs de liquidité, ne pourront plus financer une consommation qui leur est pourtant nécessaire. Cette question a été également analysée par Ennis et Keiser (2007).

Pour conclure, les modèles centrés sur les chocs sur la qualité des actifs bancaires ouvrent le débat relatif à l'interaction entre les risques d'illiquidité et d'in-

solvabilité. Un premier point à aborder concerne les ruées inefficaces. Dans Chari et Jagannathan (1988), les ruées inefficaces se produisent lorsque les déposants patients non informés infèrent une information privée de la simple observation de la longueur de la file d'attente d'une banque, sans s'apercevoir qu'en réalité les demandes de retrait proviennent uniquement d'une proportion élevée de déposants impatientes. Ce scénario est en quelque sorte semblable à celui de Diamond et Dybvig (1983) : la banque est solvable et les ruées sont le résultat du comportement déstabilisateur des déposants. À noter que dans Chari et Jagannathan (1988), ce qui est à l'origine des ruées, c'est la crainte de l'insolvabilité d'une banque particulière, tandis que dans Diamond et Dybvig (1983), c'est ce que les auteurs appellent *sunspot*. Pour satisfaire les retraits, la banque doit procéder à la liquidation, socialement inefficace, des projets rentables. Dans ce contexte, il est fort probable que la banque devienne insolvable, sachant que la liquidation des actifs à long terme est la plupart des cas très onéreuse. Avant que l'illiquidité se transforme en insolvabilité, les autorités doivent intervenir rapidement pour rétablir la confiance des déposants.

Enfin, un deuxième point à aborder concerne les situations dans lesquelles les ruées sont efficaces. Dans Jacklin et Bhattacharya (1988), l'insolvabilité anticipée d'une banque précipite une ruée immédiate des déposants informés, qui refusent alors d'attendre jusqu'à ce que les investissements arrivent à maturité. Leur motivation est d'autant plus renforcée par la contrainte de service séquentiel à laquelle sont soumis les retraits prématurés. Pour satisfaire les demandes de retrait, la banque doit liquider coûte que coûte ses actifs à long terme. Cela peut creuser encore davantage l'écart entre la valeur des passifs et celle des actifs bancaires et augmenter ainsi le risque pour ceux qui attendent jusqu'à la période finale de ne rien recevoir. Le même scénario se déroule dans Chari et Jagannathan (1988), quand les déposants patients non informés rejoignent les déposants patients informés qui ont reçu cette fois-ci un signal parfait indiquant une mauvaise qualité des actifs bancaires.

Jusqu'à présent les concepts de panique pure et de ruée informationnelle ont été analysés pour un système bancaire composé d'une seule banque représentative. La question naturelle qui se pose désormais est : comment les banques gèrent-

elles leurs liquidités, si l'on considère un système bancaire à plusieurs banques ? Nous essaierons de répondre à cette question dans la section suivante, consacrée au marché interbancaire, et au défaut de coordination entre les banques en particulier, qui constitue le cœur même du système financier.

1.4 Défaut de coordination entre les banques

Dans les modèles antérieurs, une banque, qui est le seul intermédiaire financier, collecte l'épargne du grand public pour financer les projets d'investissement des entrepreneurs. Le contrat de dépôt à vue protège les déposants contre le risque de liquidité en permettant à chacun d'entre eux de retirer ses avoirs en fonction des besoins de consommation. Il présente toutefois l'inconvénient d'exposer les banques aux ruées déstabilisatrices des déposants. Elles sont vulnérables à ce risque parce qu'elles doivent opérer avec une structure déséquilibrée d'actifs et de passifs consistant à transformer les crédits illiquides en argent liquide. Dans ces modèles, la liquidité d'une banque est déterminée en fonction de la probabilité qu'une ruée se produise. Les retraits à chaque période sont ainsi bien anticipés et une réserve de fonds adéquate est conservée en ce sens. Cependant, si les retraits sont plus importants qu'anticipé, les banques sont amenées à liquider à perte leurs actifs à long terme, mettant en question la continuation de leur activité.

Les adeptes des modèles à plusieurs banques estiment qu'il est désirable de prendre également en considération d'autres sources de liquidité dont les banques disposent. En effet, l'interruption prématurée des projets à long terme peut être évitée si les banques interviennent sur le marché interbancaire en se prêtant réciproquement ou en détenant des dépôts croisés à retirer quand le besoin s'en fait sentir. Ce marché permet de mutualiser le risque de liquidité constituant ainsi une complémentarité à l'assurance de dépôt, dont l'objectif est de prévenir les courses aux guichets.

Comme nous allons pouvoir le constater notamment dans les chapitres suivants, le marché interbancaire joue un rôle crucial sur la stabilité du système financier. Au niveau microéconomique, c'est par le biais de ce marché que les institutions financières couvrent rapidement leurs besoins de paiement et de financement. Au

niveau macroéconomique, les autorités monétaires interviennent sur le marché interbancaire pour mettre en place leur politique monétaire de pilotage des taux du pays et pour déployer leurs moyens de prêteur en dernier ressort.

Dans le cadre de cette section, notre attention portera uniquement sur le rôle microéconomique du marché interbancaire dans la gestion de la liquidité. Le marché interbancaire représente ainsi le lieu de placement des excédents de trésorerie des banques (elles se trouvent en position de prêteurs nets) ou celui qui leur permet de se refinancer afin de satisfaire leurs besoins en liquidité bancaire (elles se trouvent en position d'emprunteurs nets). Une position de prêteur net sur le marché interbancaire reflète la supériorité des actifs interbancaires sur les passifs correspondants. Et, inversement, dans le cas d'une situation d'emprunteur net. Les opérations interbancaires intègrent également les comptes dits de liaison, c'est-à-dire les dépôts qu'une banque détient dans d'autres établissements et de ceux que ces derniers détiennent chez elle pour les besoins de la compensation interbancaire.

Concernant les travaux théoriques, plusieurs auteurs ont étudié les fondements du marché interbancaire et ses effets sur la composition du portefeuille d'une banque. Par exemple, Bhattacharya et Gale (1987) montrent que les marchés interbancaires jouent un rôle positif, car les banques peuvent mieux faire face aux chocs de liquidité si elles peuvent emprunter/prêter des liquidités sur le marché interbancaire. Cela devrait contribuer par la suite à l'amélioration de la situation finale des déposants¹⁷. Ils font également valoir que ces marchés peuvent jouer un rôle négatif lié à l'aléa moral et à la sélection adverse. En effet, une banque peut aboutir à un sous-investissement dans des actifs liquides, peu attractifs en termes d'intérêts et dont la détention est coûteuse, et à un accroissement des investissements dans des actifs à long terme, plus rentables, sachant qu'elle peut emprunter sur le marché interbancaire.

De même que dans les modèles à banque unique, le cadre d'analyse de Bhattacharya et Gale (1987) a été développé à partir du modèle canonique de Diamond et Dybvig (1983), en intégrant le prêt interbancaire. La technologie de production ne peut pas être liquidée prématurément et il n'y a pas d'incertitude agrégée

¹⁷Cette idée a été ultérieurement reprise et développée par Rochet et Tirole (1996), Allen et Gale (2000) ou encore Freixas, Parigi et Rochet (2000).

relative au nombre total de déposants impatientes ni de ruées spéculatives. La nouveauté consiste en l'introduction d'un continuum de banques confrontées à des chocs idiosyncratiques de liquidité à la période intermédiaire. La proportion de déposants impatientes, dont les besoins de consommation se manifestent à la période 1, peut être λ_1 (faible) ou λ_2 (élevée), tel que $0 < \lambda_1 < \lambda_2 < 1$. La probabilité qu'une banque soit confrontée à une demande faible ou, au contraire, élevée de liquidité est égale à p_1 ou p_2 . Le nombre total de déposants impatientes, au niveau du système bancaire, est alors égal à $p_1\lambda_1 + p_2\lambda_2 = \lambda$, où λ est une constante, et celui des déposants patients est $p_1(1 - \lambda_1) + p_2(1 - \lambda_2) = (1 - \lambda)$ (tableau 1.4).

TAB. 1.4 – Répartition des déposants en fonction du choc de liquidité

Période	Banque		Total déposants
	(demande faible de liquidité)		
	probabilité	type de déposant	
$T=1$	p_1	λ_1	$p_1\lambda_1 + p_1(1 - \lambda_1)$
$T=2$		$(1-\lambda_1)$	
Période	Banque		Total déposants
	(demande élevée de liquidité)		
	probabilité	type de déposant	
$T=1$	p_2	λ_2	$p_2\lambda_2 + p_2(1 - \lambda_2)$
$T=2$		$(1-\lambda_2)$	

S'il n'y a pas d'asymétrie d'information et si la proportion des agents impatientes est connue, chaque banque doit choisir les termes du contrat de dépôt (c_1^*, c_2^*) et le niveau de l'investissement dans des actifs liquides (L^*) afin de maximiser l'utilité attendue ex-ante par les déposants. Pour financer les retraits, les banques doivent liquider L^* unités à la période intermédiaire et $(1 - L^*)$ unités à la période finale. La solution du programme de maximisation de l'utilité de consommation :

$$\max_{c_1, c_2} \{ \lambda u(c_1) + (1 - \lambda)u(c_2) \} \quad (1.8)$$

sous les contraintes de ressources

$$\lambda c_1 = L \text{ et } (1 - \lambda)c_2 = (1 - L)R \quad (1.9)$$

coïncide parfaitement avec les allocations optimales (*first-best solution*) trouvées par Diamond et Dybvig (1983), où λ indique le nombre de déposants impatientes, $(1-\lambda)$ est le nombre de déposants patients, L représente les actifs liquides, $(1-L)R$ le rendement des actifs à long terme, c_1 la consommation à la période intermédiaire et c_2 la consommation à la période finale.

Le contrat optimal de dépôt est représenté par le couple (c_1^*, c_2^*) avec les propriétés $u'(c_1^*) = Ru'(c_2^*)$, d'où il en résulte : $c_1^* = \frac{L^*}{\lambda}$ et $c_2^* = \frac{(1-L)R}{(1-\lambda)}$. Le niveau optimal de l'investissement dans des actifs liquides doit égaliser le niveau des retraits effectués en $T = 1$, soit $L^* = \lambda c_1^*$.

Cependant, le scénario envisagé par Bhattacharya et Gale (1987) est différent des modèles antérieurs dans lesquels le système bancaire était constitué d'une seule banque représentative et où la ruée sur une banque, équivalente à une ruée sur le système bancaire, était le résultat de la généralisation de l'illiquidité. À la différence de Diamond et Dybvig (1983) qui se concentrent sur un problème de coordination entre les déposants, Bhattacharya et Gale (1987) se focalisent sur un problème de coordination entre les banques. L'asymétrie d'information, à l'origine du défaut de coordination, provient du fait que la réalisation des chocs de liquidité, ainsi que les décisions individuelles d'investissement dans des actifs liquides et illiquides, sont des informations privées.

Dans ce contexte, le choix du contrat optimal par les banques peut être représenté comme un problème de planification. La tâche qui revient au planificateur hypothétique est de choisir les allocations afin de maximiser l'utilité attendue :

$$\max_{c_1, c_2, L} \sum_{i=1,2} p_i \{ \lambda_i u(c_1^i) + (1 - \lambda_i) u(c_2^i) \} \quad (1.10)$$

sous les contraintes de ressources

$$p_1 \lambda_1 c_1^1 + p_2 \lambda_2 c_1^2 = L \text{ et } p_1 (1 - \lambda_1) c_2^1 + p_2 (1 - \lambda_2) c_2^2 = (1 - L)R \quad (1.11)$$

où c_1^1 et c_1^2 représentent les consommations des agents impatientes et patients à la période intermédiaire et c_2^1 et c_2^2 représentent les consommations des agents impatientes et patients à la période finale et où p_i (avec $i = 1, 2$) indique la probabilité qu'une banque soit confrontée à une demande faible/élevée de liquidité. Le pro-

gramme ci-dessus est également soumis à la contrainte d'incitation à la fois des déposants (les déposants patients ne se font pas passer pour des déposants impatientes) et des banques (les banques liquides ne se font pas passer pour des banques illiquides). Les solutions correspondent à ce que les auteurs appellent une solution de second rang (*second-best solution*).

En conséquence, en présence d'asymétrie d'information concernant l'investissement de chaque banque dans des actifs liquides, la solution optimale ne peut plus être atteinte et la banque ne peut pas garantir la satisfaction de ses engagements, ce qui la rend vulnérable aux ruées des déposants. Se pose désormais la question suivante : comment se procurer des fonds pour faire face aux chocs aléatoires de liquidité sans vendre les actifs à long terme ? En effet, la difficulté pratique résulte du niveau des actifs liquides L qui a été fixé dès la période de planification d'une part et du fait que la banque ne peut plus revenir là-dessus une fois les investissements faits d'autre part.

Cependant, en s'appuyant sur le fait que les besoins de liquidité ne sont pas parfaitement corrélés entre les banques, il est alors possible d'envisager un mécanisme de prêt/emprunt interbancaire par lequel les banques peuvent fournir une assurance aux déposants contre les chocs subis sur leurs préférences de consommation.

Dans ce modèle, les deux types de banques (l'une de type 1, confrontée à une demande faible de liquidité et l'autre de type 2, confrontée à une demande élevée de liquidité) disposent de la même quantité de réserves liquides mais différent en termes de besoins de liquidité pour satisfaire les retraits prématurés. La banque de type 2 a ainsi besoin d'emprunter un montant égal à $B = (\lambda_2 c_{12} - L)$ auprès de la banque de type 1 qui est en excédent, car le volume de retraits s'adressant à elle est faible. En $T = 2$, la banque de type 2 doit rembourser l'emprunt contracté auprès de la banque de type 1 en utilisant le surplus dégagé par les actifs illiquides arrivés à maturité, soit $DB = (1 - L)R - (1 - \lambda_2)c_2^2$, où D s'interprète comme le taux interbancaire.

En partant des expressions de B et DB , d'une part, et en supposant que $p_1 = p_2$ pour faciliter les calculs, d'autre part, il est possible de reformuler les consom-

mations optimales de la manière suivante : $c_1^i = \frac{(-1)^i B + L}{\lambda_i}$ et $c_2^i = \frac{(-1)^{i+1} DB + (1-L)R}{1-\lambda_i}$.

Cependant, les auteurs estiment que le marché n'est pas censé fonctionner correctement, c'est à dire que l'excédent d'une banque ne comble pas toujours le déficit de l'autre. Il peut y avoir des situations d'échec du marché interbancaire en raison du comportement de passager clandestin (*free-rider*)¹⁸ adopté par certaines banques, qui tentent de profiter de la liquidité des autres institutions. Globalement, la liquidité sur le marché est limitée aux investissements effectués par chaque banque dans des actifs liquides (qui sont toutefois inférieurs par rapport à ceux réalisés dans une situation d'information complète)¹⁹. À noter que sous-investir dans des actifs liquides ne mène pas forcément à des faillites tant que les déposants ne commencent pas à émettre des doutes sur la solvabilité du système bancaire.

Il y a deux façons par lesquelles les banques peuvent dévier du plan de consommation antérieur (expression 1.10) : soit en choisissant un niveau d'investissement l différent de L ($l \neq L$), soit en dévoilant un type de choc de liquidité $s(i)$ différent de celui effectivement réalisé i ($s(i) \neq i$). Les deux cas aboutissent à un sous-investissement dans des actifs liquides.

Pour toute action déviante (l, s) , l'utilité attendue par le déposant auprès de la banque déviante ne doit pas dépasser celle d'un déposant auprès d'une banque qui n'a pas dévié. Le programme du planificateur s'écrit alors de la manière suivante :

$$V^* = \max_{B,D,L} \sum_{i=1,2} \lambda_i u \left[\frac{(-1)^i B + L}{\lambda_i} \right] + (1-\lambda_i) u \left[\frac{(-1)^{i+1} DB + (1-L)R}{1-\lambda_i} \right] \quad (1.12)$$

¹⁸On appelle passager clandestin un investisseur dont l'intérêt est que les autres investisseurs fassent collectivement une opération à laquelle il ne participe pas à titre individuel, mais dont il profite pleinement. Le comportement du passager clandestin consiste donc à bénéficier comme toutes les autres banques de la liquidité en tant que bien public, tout en participant le faiblement possible à son financement.

¹⁹Sans lien direct avec le comportement de passager clandestin, FSA (2007) a recensé trois situations dans lesquelles les banques n'ont pas intérêt à détenir un montant trop important d'actifs liquides : (i) quand la liquidité comporte un coût, notamment lorsque la concurrence les pousse à chercher une rentabilité financière plus élevée, (ii) quand il est peu probable que des pénuries de liquidité surviennent et (iii) quand les banques centrales interviennent en qualité de source ultime de liquidité.

sous la contrainte d'incitation reformulée :

$$V^* \geq \sum_{i=1,2} \lambda_i u \left[\frac{(-1)^i B + l}{\lambda_i} \right] + (1 - \lambda_i) u \left[\frac{(-1)^{i+1} DB + (1 - l)R}{1 - \lambda_i} \right] \quad (1.13)$$

quel que soit (l, s) , où l représente l'investissement effectivement réalisé dans des actifs liquides et s la stratégie rendue publique. En résolvant le programme, les auteurs montrent qu'à l'équilibre, les banques tentent de sous-investir dans des actifs liquides.

Bhattacharya et Gale (1987) mettent également en évidence que lorsque le taux interbancaire est inférieur au taux de rendement des actifs illiquides, soit $D < (R - 1)$, les banques choisissent d'emprunter sur le marché interbancaire. Les banques ont alors intérêt à se faire passer pour des banques avec des besoins élevés de liquidité, car l'emprunt contracté sur le marché interbancaire est ensuite investi dans la technologie illiquide, ce qui lui permet de dégager un bénéfice égal à $(R - 1 + D)$. *A contrario*, quand $(1 + D) > R$, les banques choisissent de prêter sur le marché interbancaire, en raison du bénéfice qui en résulte, soit $(1 + D - R)$. En somme, pour prévenir le sous-investissement dans les actifs liquides, les banques doivent être incitées à dévoiler correctement leur type et à prêter sur le marché interbancaire. Cela suppose que la banque centrale surveille de près la façon dont les banques choisissent la composition de leur portefeuille.

Nous continuons en soulignant quelques précisions relatives au modèle de défaut de coordination entre les banques de Bhattacharya et Gale (1987). Le type de contrat interbancaire est préétabli dans le sens où les banques concluent des contrats entre elles avant même que les chocs de liquidité ne se réalisent. Par leur intermédiaire, les banques illiquides sont obligées d'emprunter à un taux d'intérêt prédéterminé au cas où elles deviennent illiquides. Cependant, si le risque de crédit est considérable, les banques affichent une certaine prudence et peuvent hésiter à prêter sur le marché interbancaire. Pour débloquer la situation, la solution proposée consiste à ouvrir une ligne de crédit auprès de la banque centrale. Cet argument est fondé sur l'hypothèse d'absence d'aléa moral.

Bhattacharya et Fulghieri (1994) soutiennent qu'il y a une faiblesse technique

dans Bhattacharya et Gale (1987), à savoir qu'ils imposent la contrainte que les contrats à l'optimum de second rang ne peuvent pas dépendre de l'information ex-post sur les retraits de dépôts effectifs dans les différentes banques. Les auteurs analysent également le marché interbancaire lorsqu'il y a une incertitude sur la date à laquelle l'investissement court sera rentable, ce qui leur permet d'échapper au problème mentionné ci-dessus. Tandis que l'investissement long rapporte R unités avec certitude après deux périodes, l'actif court rapporte 1 unité en $T = 1$ avec la probabilité p ou rapporte 1 unité en $T = 2$ avec la probabilité $1 - p$. Cela veut dire que, avec la probabilité $1 - p$, l'investissement court ne rapporte rien en $T = 1$ et la banque fait face à un manque de liquidité qui sera comblé sur le marché interbancaire.

Dans ce modèle, l'équilibre de second rang suppose que le rendement du prêt interbancaire soit strictement supérieur au rendement de l'actif long. Certes, détenir des réserves liquides est coûteux, mais être une banque liquide sur le marché interbancaire est profitable. C'est pourquoi à l'équilibre de second rang, les banques sur-investissent ou sous-investissent dans l'actif liquide.

La différence entre les deux modèles concerne la quantité de réserves liquides détenues par les banques après la réalisation du choc de liquidité en $T = 1$. Ainsi, dans Bhattacharya et Fulghieri (1987), une banque qui se rend compte que son actif court ne rapporte rien jusqu'à la période finale, ce qui veut dire qu'elle est une banque illiquide, ne peut pas se faire passer pour une banque liquide en prêtant sur le marché interbancaire. Par conséquent, il faut seulement veiller à ce qu'une banque liquide, dont le rendement de l'actif court se réalise à la période intermédiaire, n'ait aucune raison de dévier. Cela peut être réalisé en augmentant le taux interbancaire par rapport au rendement de l'investissement à long terme. Il s'ensuit donc que l'investissement dans l'actif court mais aussi la quantité de prêts interbancaires, peuvent être plus élevés ou moindres, relativement à la solution de premier rang.

Dans le même ordre d'idées, dans une étude portant sur le phénomène de sélection adverse dans les prêts interbancaires, Flannery (1996) montre qu'une banque peut douter de la solvabilité de ses contreparties. En effet, les banques prêtent seulement lorsqu'elles reçoivent un signal positif. Cependant, dans certains

états de la nature, suite à un choc significatif subi par le système financier, les banques peuvent douter de leur capacité à évaluer avec exactitude la qualité des banques emprunteuses. Cela se produit particulièrement en période de crise quand les banques reçoivent des signaux imparfaits concernant la qualité des emprunteurs potentiels. Dans un contexte où elles ne sont plus capables de distinguer les bonnes des mauvaises banques (ou autrement dit, distinguer les établissements illiquides des établissements insolubles), soit les prêteurs augmentent le taux d'intérêt, soit ils refusent de fournir de la liquidité en quittant le marché interbancaire. Si le taux d'intérêt devient trop élevé, les banques illiquides, faute de pouvoir se refinancer, sont susceptibles de faire défaut. L'auteur fait également valoir que, pendant une crise, quand les marchés interbancaires s'effondrent en raison de l'effet d'Akerlof, le guichet d'escompte peut s'avérer très efficace par la fourniture rapide de liquidité aux banques illiquides mais solvables.

1.5 Remarques conclusives

Dans ce chapitre, nous nous sommes focalisés sur les principales théories de crises bancaires liées au défaut de coordination. Dans un premier temps, nous avons abordé les théories construites autour du concept de ruée aux guichets caractérisée par des demandes massives de conversion des dépôts en espèces légales. La ruée est le résultat de la perte de confiance des épargnants en la capacité de leur banque à honorer ses engagements. Parmi les facteurs susceptibles d'influencer le comportement des déposants, nous avons évoqué les *sunspots* (Diamond et Dybvig, 1983) et la réception d'un signal indiquant une mauvaise qualité des actifs bancaires (Jacklin et Bhattacharya, 1988 ; Chari et Jagannathan, 1988).

Selon une autre approche, les ruées bancaires peuvent être soit inefficaces si elles touchent les banques solvables mais illiquides, soit efficaces si elles aboutissent à la fermeture des banques insolubles.

Concernant les mesures prudentielles visant à prévenir les ruées bancaires, nous avons succinctement rappelé la suspension de la convertibilité et l'assurance de dépôt. Cependant, l'échec de coordination entre les déposants ne justifie pas l'intervention des autorités, tant que les arrangements privés peuvent le faire. D'autre

part, la nature auto-réalisatrice des ruées signifie que celles-ci ne sont pas toujours liées à des fondamentaux faibles, ce qui explique, en revanche, la nécessité de l'intervention du prêteur en dernier ressort qui vient à la rescousse des banques illiquides mais solvables.

Dans un second temps, nous avons examiné les défauts de coordination entre les banques. En effet, avec l'assurance des dépôts, la source de fragilité des banques s'est déplacée vers les financements interbancaires, qui ont typiquement une maturité très courte. Le marché interbancaire permet aux banques de satisfaire les retraits des déposants tout en maintenant les investissements à long terme. De plus, cela rend possible la diminution des investissements dans des actifs liquides et l'accroissement des investissements à long terme, plus rentables (Bhattacharya et Gale, 1987). S'il n'y a pas d'incertitude quant au nombre total de déposants impatientes, les actifs liquides couvrent parfaitement les retraits des déposants impatientes. À l'opposé, en présence d'asymétrie d'information relative à la quantité d'actifs liquides détenus, une banque a tendance à dissimuler sa vraie situation financière en dévoilant un choc de liquidité plus élevé que celui réellement subi ou en investissant moins dans des actifs liquides que nécessaire pour couvrir les retraits, dans l'espoir de pouvoir emprunter sur le marché interbancaire (le problème du passager clandestin).

C'est pourquoi des situations de pénurie globale de liquidité peuvent toutefois survenir à un moment donné, nécessitant l'intervention des autorités monétaires. Par ailleurs, il est largement admis que la liquidité d'urgence, au niveau des banques, doit être fournie seulement si les marchés sont inefficaces dans la redistribution de la liquidité au sein du système bancaire.

Nous concluons ce chapitre par quelques remarques. Premièrement, les ruées bancaires ne concernent pas que les déposants et les banques, comme c'est le cas dans la majorité de la littérature classique. Les mouvements de panique concernent aussi d'autres acteurs, tels que les fonds d'investissement. La turbulence qui a secoué les marchés lors de la crise de 2007 a montré qu'il peut y avoir une ruée sur un fonds d'investissement comme il peut y avoir une ruée sur une banque. En cas de panique, tous les investisseurs (qui sont porteurs de parts d'un fonds) ont intérêt à être les premiers à sortir, c'est-à-dire se « désengager » avant que le fonds

ou la banque ne commence à vendre ses actifs. Les mécanismes de panique auto-réalisatrice entre les investisseurs et des intermédiaires financiers ayant découvert que peu d'actifs étaient réellement négociables ont fortement contribué à l'aggravation de la crise. Sans entrer dans les détails qui font la complexité de la crise des *subprimes* et sur laquelle il existe déjà une littérature abondante, il est toutefois opportun de faire remarquer que les crises de liquidité ont dépassé la sphère du marché interbancaire en frappant également les marchés monétaires et obligataires et le marché des actions, mais aussi l'économie réelle à l'échelle mondiale.

Deuxièmement, les banques, parallèlement à la fourniture de liquidité par le biais de l'intermédiation classique (la capacité à assurer le renouvellement des dépôts afin de financer l'offre de prêts), dépendent de plus en plus du financement sur le marché interbancaire (des lignes de crédits que les intermédiaires financiers sont disposés à accorder à leurs contreparties)²⁰. En raison du caractère imparfait (asymétrie d'information²¹, coûts de transaction) des marchés interbancaires, ceux-ci peuvent échouer dans l'acheminement efficace de la liquidité des banques en excédent vers celles en déficit. De plus, il est fort probable que les autres banques, de par leur nature fondamentalement saines mais illiquides, rencontrent également des difficultés pour se procurer de la liquidité en cas de gel du marché interbancaire. Cela intervient car les banques en surplus de liquidité refusent de prêter aux banques illiquides car elles ne sont pas certaines de pouvoir elles-mêmes trouver un prêteur en cas de manque de liquidité. C'est exactement ce qu'il s'est passé dans le contexte de la crise de 2007, quand les banques centrales ont dû intervenir pour injecter de la liquidité afin de soulager les tensions sur le marché interbancaire. Ces interventions ont eu principalement pour objectif de permettre au marché monétaire de fonctionner correctement et d'assurer une répartition appropriée des ressources de financement pendant cette période.

Nous allons maintenant expliquer le phénomène de contagion qui rend pos-

²⁰Par ailleurs, cette dépendance accrue au marché est révélée par la tendance actuelle observée dans la structure du bilan des banques. Par exemple, si en 1950, les actifs liquides représentaient 30% de l'actif général des banques de dépôts britanniques, actuellement, ils représentent à peine 1% du passif (Goodhart, 2007).

²¹La crise de 2007 a mis en évidence une nouvelle source d'asymétrie d'information liée à la désresponsabilisation des distributeurs de crédit dans le modèle « octroi puis cession de crédit » (*originate-to-distribute*).

sible la propagation des déséquilibres entre les banques. De manière générale, il y a deux canaux de propagation spécifiques : la liquidité et la variation des prix des actifs. Ainsi, une crise de liquidité qui se matérialise dans une banque peut se propager à d'autres banques par les liens interbancaires en raison du risque de contrepartie. La contagion peut également se manifester au travers des variations des prix des actifs financiers valorisés en valeur de marché, qui sont en mesure d'entraîner une réaction immédiate des intervenants afin de pallier le repli des fonds propres. Les événements de l'été 2007 ont précisément mis en évidence le fait que les deux canaux se renforcent mutuellement et que le risque de liquidité, qu'il soit localisé dans des banques ou des sociétés non bancaires, est la source principale du risque systémique. Le chapitre suivant sera donc consacré à une analyse approfondie des mécanismes de contagion dans le système bancaire. À cet égard, nous allons présenter les principaux concepts et les modèles de référence à ce sujet.

Chapitre 2

Analyse du phénomène de contagion dans les crises de liquidité

2.1 Introduction

Généralement, le concept de contagion est utilisé pour désigner des situations de transmission et de propagation des chocs ou des déséquilibres des marchés (Dornbush *et al.*, 2001). Une crise financière, qui se matérialise dans un établissement d'importance majeure, peut ainsi entraîner un effet de contagion et menacer la stabilité du système financier dans son ensemble.

Nous présentons également la définition de l'instabilité, car nous allons montrer une crise systémique dans les analyses théoriques (en l'occurrence dans le modèle de Allen et Gale de 2000) mais aussi dans nos applications numériques. Dans les travaux théoriques et empiriques, l'instabilité s'attache principalement aux phénomènes de crises financières (instabilité bancaire) et de risque systémique (instabilité systémique). De manière générale, l'instabilité bancaire est liée aux pertes potentielles engendrées par la faillite d'une seule institution résultant des risques de marché, de crédit, de liquidité ou opérationnel.

En ce qui concerne le risque systémique, devant la multitude de définitions qui en sont données dans la littérature, nous retenons celles présentées par De

Bandt et Hartman (2002) dans un article qui sert de référence en la matière. La première définition renvoie à l'effet de domino. Un choc néfaste ou une mauvaise nouvelle concernant une ou plusieurs institutions financières ou un marché financier se répercute en chaîne sur d'autres institutions ou d'autres marchés. La deuxième mobilise l'intuition d'une catastrophe. Un choc macroéconomique (publication d'informations déclenchant un effet sur l'ensemble de l'économie) affecte simultanément les conditions financières d'un nombre important d'institutions financières et de marchés, et induit une réaction négative commune. Dans les deux cas, la contagion est le processus par lequel un événement systémique peut provoquer une crise financière.

Finalement, nous rappelons la définition (assez stricte) proposée par la Banque des Règlements Internationaux, qui est couramment utilisée en pratique. On parle de choc systémique lorsque « un événement est à l'origine de pertes économiques importantes ou d'une perte de confiance, ce qui suscite des inquiétudes sur la situation d'une partie importante du système financier, suffisamment sérieuses pour avoir des effets négatifs sur l'économie réelle » (Group of Ten - Consolidation in the Financial Sector, 2001).

Nous nous alignons à la première définition de De Bandt et Hartman (2002) avec la précision que, dans le cadre des applications numériques, les chocs proviennent de la nature aléatoire des dépôts renouvelés et des opportunités de crédit d'une période à l'autre.

Les modalités de la contagion peuvent être diverses : panique bancaire, contraction de l'activité de crédit, baisse générale des prix des actifs financiers, blocage des marchés interbancaires ou du système de paiement. Ce chapitre sera donc consacré à une analyse approfondie du phénomène de contagion dans les crises de liquidité. Pour ce faire, nous explorerons les mécanismes classiques de contagion liés à l'activité traditionnelle des banques (section 2.2) en commençant par les ruées des déposants et en poursuivant par la contagion par les dépôts/crédits interbancaires. Ensuite, dans la section 2.3, nous aborderons les mécanismes qui intègrent les variations des prix liées au fait que les banques doivent vendre des actifs pour se procurer de la liquidité. Actuellement, nous remarquons que les mécanismes de contagion par les liens interbancaires et par les prix prennent de

l'ampleur du fait de l'évolution des systèmes bancaires.

2.2 Mécanismes classiques de contagion

L'histoire des crises bancaires montre que les banques sont le « maillon faible » du système bancaire, car elles peuvent avoir une structure bilancielle très risquée. Elles transforment des échéances et disposent d'opportunités de prêt risquées (Marini, 2005). Et, pourtant, leur rôle est d'offrir des services de paiements aux agents économiques en tant qu'intermédiaires financiers. C'est pourquoi les systèmes de règlement de transactions sur les produits financiers, ainsi que les grandes fluctuations des prix des actifs, représentent deux canaux puissants de propagation de l'instabilité dans le système financier (Aglietta, 2002 et 2003).

Nous illustrons à présent de manière structurée les mécanismes classiques de contagion à partir de la littérature existante à ce sujet. Ainsi, Degryse et Nguyen (2004) distinguent trois mécanismes de contagion : (i) lorsque la modification des attentes sur le marché produit des effets de débordement (*spillover effects*), ou bien (ii) quand la liquidité au niveau du système bancaire est insuffisante et enfin, (iii) si la défaillance d'une banque entraîne un effet de domino.

Le premier scénario est représenté par le changement des attentes des intervenants sur le marché. Dans le modèle canonique de crise bancaire, à l'origine d'une ruée aux guichets (qui peut être une prophétie auto-réalisatrice), il y a le risque de multiplication des retraits préventifs par un nombre important de déposants (voir chapitre 1, section 1.3). Le mécanisme des ruées auto-validatrices peut être transposé au niveau du marché interbancaire, où ce sont les banques, dans ce cas de figure, qui se précipitent pour retirer leurs dépôts interbancaires. Il existe également d'autres formes d'externalités d'information, telles que les retraits des déposants qui infèrent une information privée de l'observation de la faillite d'une banque, dans un contexte où les rendements des investissements bancaires sont positivement corrélés. Enfin, nous évoquons le refus des autres banques de fournir de la liquidité à une banque engagée dans les mêmes activités que la banque insolvable.

Le deuxième scénario intervient lorsque la liquidité au niveau du marché interbancaire est insuffisante. En temps normal, le marché interbancaire permet de redistribuer la liquidité entre les banques (sans créer de la liquidité supplémentaire), les excédents des unes ajustant à peu près les déficits des autres. Cependant, une pénurie globale de liquidité peut intervenir si les banques sous-investissent dans des actifs liquides, en se fiant à la capacité du marché interbancaire à absorber les chocs transitoires de liquidité (*cf.* Bhatthacharya et Gale, 1987)¹. Par ailleurs, les banques peuvent également être frappées par des chocs liés à la préférence globale pour la liquidité, provoqués par une augmentation de l'incertitude² (Holstrom et Tirole, 1996). Ainsi, quand l'offre totale de liquidité sur le marché interbancaire est insuffisante par rapport aux besoins, les liens interbancaires sont susceptibles de propager les difficultés frappant une banque à d'autres banques. Dans ce cas, la réaction naturelle des banques est d'éviter la liquidation des actifs à long terme et de retirer les dépôts détenus auprès de leurs contreparties. Ainsi peut-on dire que les liens interbancaires ne font que disséminer les problèmes de liquidité au sein du système bancaire, car en l'absence de liaisons explicites, les effets d'une crise restent toutefois bornés à la banque défailante (Allen et Gale, 2000).

Le troisième scénario fait référence à un enchaînement de défaillances appelé le modèle de dominos de la contagion financière. L'origine de la détresse financière se trouve dans des chocs (exogènes) néfastes qui touchent les banques individuelles. En fait, « c'est la propagation des chocs qui provoque une amplification endogène à incidences macroéconomiques [...] Ce processus se rencontre lorsque les agents craignent que la liquidité disparaisse sur des marchés vulnérables. » (Aglietta, 2003). C'est pourquoi la faillite d'une banque prise individuellement engendre un effet de domino dans le système bancaire, quand le non paiement des engagements interbancaires par la banque en faillite réduit la capacité des banques créditrices à honorer à leur tour les obligations vis-à-vis de leurs créditeurs (déposants et d'autres banques). La contagion se manifeste alors de façon mécanique et

¹Nous faisons ici abstraction du rôle de la Banque Centrale dans la prévention du manque de liquidité.

²Par exemple, des situations caractérisées par une forte hausse de l'incertitude sur un marché financier, propagée par la défaillance d'une importante institution financière ou non financière, une récession ou un krach du marché boursier (Mishkin *et al.*, 2004).

en l'absence des ruées aux guichets, par le biais des liaisons interbancaires explicites entre les banques (Furfine, 1999).

Nous allons à présent détailler les différents mécanismes classiques susceptibles d'entretenir la contagion. Nous examinerons dans un premier temps la contagion par les ruées des déposants qui correspond au premier scénario. Nous exposons ce type de contagion uniquement au niveau du cadre théorique, mais nous ne le reprenons pas dans nos applications numériques.

Dans un second temps, nous procéderons à une analyse approfondie de la contagion par les dépôts interbancaires qui correspondent au deuxième et au troisième scénario. À cet effet, nous allons tout d'abord recenser les principaux travaux théoriques et empiriques. Ensuite, nous exposerons les facteurs déterminants de la contagion, comme la structure des liens interbancaires. Finalement, notre intérêt portera sur le rôle des dépôts interbancaires dans le partage optimal du risque de liquidité, sur l'impact de la structure des liens interbancaires sur la dimension de la contagion et sur les situations qui aboutissent à une crise systémique.

2.2.1 Contagion par les ruées des déposants

L'incertitude relative à la solidité du système bancaire peut entraîner des retraits massifs de la part des déposants. La faillite d'une banque peut, par un effet de contagion, précipiter la défaillance d'autres banques. Ainsi, la panique bancaire, résultant de la généralisation des ruées des déposants sur des banques illiquides mais solvables, peut finalement aboutir à l'effondrement du système bancaire.

Globalement, le phénomène de contagion par les ruées des déposants s'appuie sur les structures d'asymétrie d'informations que nous avons analysées dans le chapitre précédent. En l'absence d'interactions entre les banques sous forme d'externalités d'information ou de liens interbancaires, une course aux guichets d'une banque est exclusivement le résultat des décisions de ses propres déposants. Ce n'est que par coïncidence que les autres banques expérimentent également des ruées.

Parmi les contributions à la littérature sur les ruées aux guichets étendue à des modèles à plusieurs banques, nous citons celles de Temzelides (1997), Chen

(1999) ou Freixas (1999). Nous retenons l'étude de Freixas (1999) qui distingue deux mécanismes de contagion : (i) la contagion purement spéculative et (ii) la contagion par la similitude des actifs. La contagion purement spéculative est liée à des événements aléatoires (de type *sunspot*) et non à l'économie réelle. La faillite d'une banque entraîne la modification du comportement des déposants dans une autre banque, en précipitant une ruée qui elle-même entraînera, par la suite, une crise de liquidité. Dans ce cas, la ruée bancaire est modélisée comme un équilibre de tache solaire, car le comportement mimétique des déposants est le seul élément à la base des défaillances contagieuses. La contagion par la similitude des actifs se produit lorsque les banques investissent dans des actifs similaires, dont les rendements sont corrélés. Le défaut d'une banque à cause de la faible rentabilité de ses investissements influe sur le comportement des investisseurs des autres banques ayant financé des actifs identiques (dans le même secteur ou dans le même pays). En cherchant à se protéger contre les éventuelles pertes, les investisseurs préfèrent réclamer leurs avoirs. L'enchaînement des ruées conduit finalement à la propagation des défaillances à toutes les banques détenant des investissements similaires.

Les deux types de contagion posent la question de l'interaction entre le risque de liquidité et le risque de solvabilité. Dans le premier cas de contagion, les ruées sont inefficaces car elles aboutissent à la fermeture des banques solvables mais illiquides. Dans le second cas, les ruées sont efficaces, car elles frappent principalement les banques ayant une faible rentabilité des actifs et, par conséquent, elles sont potentiellement insolvables. Cette interaction est, comme nous allons le voir plus loin, d'autant plus marquée lorsque les actifs bancaires sont comptabilisés en valeur de marché, car les ventes d'actifs en catastrophe alimentent la spirale baissière des prix, ce qui mène à la diminution de la valeur du bilan de la totalité des banques, mettant en question leur solvabilité.

Dans le même ordre d'idées, Sbracia et Zaghini (2001) recensent les mécanismes de propagation d'une crise de liquidité au niveau international. En effet, une crise bancaire dans un pays peut représenter la variable *sunspot* qui déclenche des ruées ou de la panique dans un autre pays. Ce scénario correspond effectivement au modèle de ruées bancaires à équilibres multiples de Diamond et Dybvig (1983) étendu au niveau international. Un autre mécanisme est la révision des

attentes des déposants sur les perspectives économiques. Les déposants peuvent ainsi interpréter les épisodes de faillites bancaires dans un pays comme un indice des difficultés au niveau de l'économie mondiale. Le résultat est une séquence de retraits massifs et de faillites en cascade. La ressemblance entre ce mécanisme de contagion et les modèles de Jacklin et Bhattacharya (1988) et Chari et Jagannathan (1988) est évidente. Les agents informés sur les pertes actuelles ou futures de leur banque retirent leurs dépôts. Ils sont observés par les déposants non informés qui sont plus réceptifs à la faillite d'une banque (interprétée comme un signal des difficultés dans le monde ou dans une région) qu'à la qualité des actifs de leur banque. En réalité, les agents non informés infèrent une information privée sur la valeur des actifs de la banque par la simple observation du comportement public d'autres déposants, qu'ils considèrent mieux informés qu'eux-mêmes. Ils se fient à cette information et, par conséquent, ils rejoignent la file d'attente.

2.2.2 Contagion par les liens interbancaires

La contribution la plus importante à l'analyse du phénomène de contagion par les liens interbancaires est, à notre avis, apportée par Allen et Gale (2000). Leur modèle se focalise sur le rôle des dépôts interbancaires (participations financières croisées) en tant que moyen d'assurance de liquidité pour faire face aux retraits imprévus. Nous rappelons que les dépôts et leurs revers, les prêts, sont les principaux instruments du marché interbancaire. Un dépôt est un passif ou une dette interbancaire pour l'emprunteur et un actif ou une créance interbancaire pour le prêteur. Ce modèle explique également comment de « petits » chocs sur un secteur donné peuvent aboutir à une pénurie globale de liquidité. Ainsi, quand une banque (région)³ est frappée par une crise de liquidité, elle liquide d'abord ses actifs à court terme, ensuite ses dépôts interbancaires et, enfin, ses actifs à long terme. Les autres banques (régions) peuvent également être touchées par une crise de liquidité à condition que la perte sur les créances détenues sur la banque en détresse ne soit pas trop importante et qu'elle n'absorbe pas ses fonds propres en totalité. Dans des cas extrêmes, et surtout quand la structure de marché est incom-

³La notion de région est une métaphore pour désigner une banque, une région géographique d'un pays ou même un pays entier. Elle peut également correspondre à un secteur spécialisé de l'industrie bancaire.

plète, la crise s'étend, elle passe d'une région à l'autre en amplifiant l'effet initial et en risquant d'aboutir à une crise systémique. La contagion, rendue possible par les liaisons physiques entre les banques, est donc le résultat de la baisse des actifs bancaires du fait du non-recouvrement des créances sur les banques adjacentes. Le modèle d'Allen et Gale (2000) fera l'objet d'une analyse plus approfondie dans la section suivante, car leur cadre d'analyse servira de base pour notre volet appliqué.

En s'appuyant sur la microstructure du marché interbancaire, Iori *et al.* (2006) développent un modèle de simulation microéconomique afin de mettre en évidence le rôle du prêt interbancaire dans la gestion de la liquidité d'une part et dans la contagion d'autre part. La nature stochastique des fluctuations quotidiennes des dépôts renouvelés et des opportunités de crédits, conjuguée avec le désajustement de maturité entre les actifs et les passifs, rend les banques vulnérables au risque de liquidité. Pour combler un éventuel déficit de liquidité, elles ont la possibilité d'emprunter sur le marché interbancaire. Les banques n'ayant pas réussi à se procurer les fonds nécessaires sont mises en faillite et éliminées du système bancaire. Dans ce modèle, deux types de contagion sont mises en évidence : une contagion directe et une contagion indirecte. La contagion directe se produit quand la faillite d'une banque a des effets néfastes (non-recouvrement des créances) sur les banques qui lui ont prêté de la liquidité. La contagion indirecte fait référence aux défaillances qui peuvent survenir ultérieurement par un effet de dominos. En outre, le modèle de Iori *et al.* (2006) donne un algorithme que nous utiliserons dans le chapitre 3.

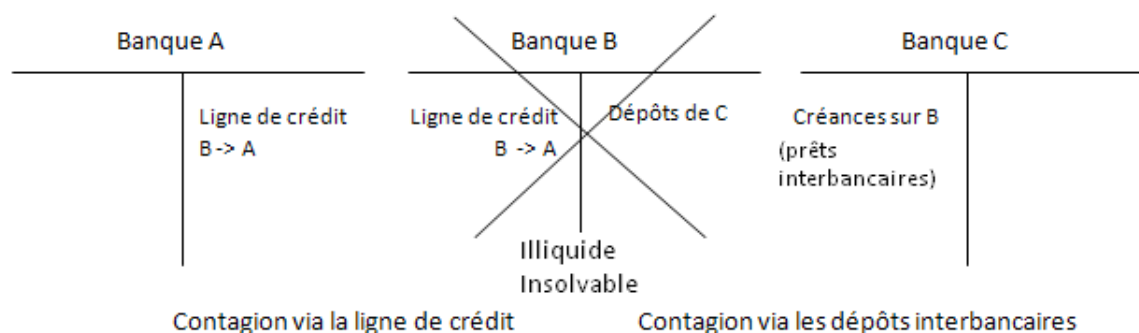
Dans le même ordre d'idées, Freixas *et al.* (2000) traitent des expositions par les lignes de crédit liées aux préférences spatiales de consommation des déposants⁴. Les banques se mettent à disposition des lignes de crédit afin d'éviter la liquidation des investissements à long terme. Globalement, les lignes de crédit améliorent la résistance du système bancaire aux chocs de liquidité aux dépens de la discipline de marché, car il est difficile d'éviter que les pertes d'une banque insolvable ne soient absorbées par les autres banques. De même que dans le modèle d'Allen et Gale (2000), les structures incomplètes, représentées ici par les lignes de crédit,

⁴Ce modèle est intimement lié aux modèles de McAndrews et Roberds (1995) et Freixas et Parigi (1998) qui portent sur les systèmes de paiement.

exacerbent la fragilité au sein du système bancaire. Selon les mêmes auteurs, la contagion peut se produire même si toutes les banques sont solvables. Normalement, les déplacements des déposants d'une banque à l'autre entraînent des transferts interbancaires de fonds. Cependant, si un nombre important de déposants anticipent qu'ils n'obtiendront pas leur paiement dans la banque où ils souhaitent consommer, il est optimal pour eux de ne pas transférer leurs fonds mais de se ruer aux guichets. La ruée sur une banque contamine ultérieurement d'autres banques en les forçant à liquider leurs investissements de long terme. Finalement, le système bancaire arrive à un blocage (*gridlock*), qui nécessite l'intervention du prêteur en dernier ressort. À noter que la contagion au sein du système de paiement, malgré le rôle essentiel qu'il joue au sein du système bancaire, ne fera pas l'objet de notre axe de recherche.

Müller (2006) s'intéresse au risque de contagion en considérant les « liaisons physiques » entre les banques. Le marché interbancaire est présenté comme un réseau où les banques sont liées entre elles via les dépôts interbancaires et les lignes de crédit. L'auteur distingue deux types de contagion : *exposure contagion channel* et *credit line contagion*. Le premier type de contagion se produit lorsque l'illiquidité/l'insolvabilité d'une banque entraîne des pertes sur les créances des créditeurs. Par exemple, sur la figure 2.1, ce scénario correspond à la banque *C* qui détient des dépôts dans la banque *B*. L'illiquidité/l'insolvabilité de la banque *B* a deux effets :

FIG. 2.1 – Mécanismes de contagion par les liaisons interbancaires



Source : Müller (2006)

(i) elle réduit les flux entrants chez la banque créditrice *C* en la rendant illiquide et

(ii) la banque C risque de faire défaut si la perte sur les créances est importante. Les pertes sur les créances peuvent entraîner par la suite des pertes pour d'autres banques si l'on suppose désormais un système interconnecté. Ainsi, les problèmes de liquidité/solvabilité d'une banque (prise individuellement) se propagent à l'ensemble du système bancaire où les liens interbancaires servent de mécanisme de contagion.

La contagion par les lignes de crédit correspond au second mécanisme ; elle intervient quand il y a des banques qui dépendent financièrement des lignes de crédit qui peuvent ultérieurement se tarir. C'est le cas de la banque A , qui perd la possibilité de se refinancer en raison de l'illiquidité/l'insolvabilité de la banque B .

Les effets des deux types de contagion vont de pair au travers le système bancaire et se renforcent mutuellement menant à l'effondrement du système bancaire. Par exemple, si la banque B fait défaut, cela entraîne des pertes sur les bilans de la banque créditrice C et de la banque A qui ne peut plus tirer sur la ligne de crédit ouverte auprès de la banque B .

En ce qui concerne les travaux appliqués, les tests empiriques mettent en évidence deux approches qui permettent de mesurer la contagion. La première approche essaie d'isoler la contagion des autres chocs frappant l'économie et simule les conséquences du défaut d'une banque sur les autres banques en se basant sur les créances/dettes interbancaires. Elle cherche à mettre en évidence un effet de domino⁵. Quant à la seconde approche, elle réside dans l'estimation du risque de contagion en prenant en compte une série de chocs, parmi lesquels les chocs macroéconomiques⁶. De manière générale, quelle que soit l'approche employée pour mesurer la dimension de la contagion, ces modèles empiriques s'appuient principalement sur l'algorithme récursif développé par Eisenberg et Noe (2001) adapté au marché interbancaire. Les exercices de simulation se font sur des matrices indiquant les engagements bilatéraux des banques. Ils simulent mécaniquement comment le non-remboursement des obligations interbancaires d'une banque influe sur la ca-

⁵Cette approche a été utilisée par Furfine (2003) pour les Etats-Unis, Sheldon et Maurer (1998) pour la Suisse, Wells (2004) pour l'Angleterre, Upper et Worms (2002) pour l'Allemagne, Degryse et Nguyen (2004) pour la Belgique, van Lelyveld et Liedorp (2004) pour les Pays-Bas.

⁶Parmi les auteurs qui ont recours à cette approche, nous mentionnons Summer *et al.* (2002) pour l'Autriche.

pacité des prêteurs à faire face à leurs propres obligations interbancaires (avec des effets subséquents de dominos). Une banque est considérée comme défaillante si ses créances irrécupérables, relatives aux expositions vis-à-vis d'une contrepartie, sont supérieures à ses fonds propres.

Bien que les simulations réalisées par les banques centrales concernant la contagion de type domino concluent que l'impact de ce type de contagion est peu importante, ce phénomène a pris de l'importance dans la crise de 2007, quand l'incertitude relative à la véritable valeur de certains instruments financiers a accru l'incertitude quant au risque de contrepartie et entraîné une contagion entre des différentes classes d'actifs, marchés financiers et zones économiques.

On peut également noter que ces modèles empiriques ne s'intéressent pas forcément aux facteurs à l'origine du défaut de paiement. Leur objectif est d'évaluer la solidité du système bancaire pour un type de choc donné (une perte dans une banque). Nous les avons toutefois brièvement passé en revue, car nous utiliserons l'algorithme de Eisenberg et Noe (2001) dans le chapitre 3 consacré à la gestion de la liquidité et à la contagion dans le système bancaire.

Nous poursuivrons notre analyse sur la contagion par les liens interbancaires en exposant dans un premier temps les éléments susceptibles de favoriser la propagation de la défaillance d'une banque au sein du système bancaire, tels que la structure des liens interbancaires. Ensuite, nous mettrons en évidence comment les détentions croisées de dépôts constituent un mécanisme d'assurance de liquidité, d'une part, et rendent possible le phénomène de contagion, d'autre part. Par l'intermédiaire de la section suivante, nous proposons également d'accorder une attention particulière à l'approche développée par Allen et Gale (2000). En soulevant la question du rôle joué par le prêt/l'emprunt interbancaire, leur modèle contribue à une meilleure compréhension des risques de liquidité et de contagion au sein du système bancaire d'un pays et/ou au niveau international.

2.2.2.1 Les éléments déterminants de la contagion

Les travaux sur la dimension de la contagion mettent en évidence l'existence d'une relation de causalité entre le risque de contagion et certaines caractéristiques

institutionnelles repérées au niveau du marché interbancaire. Les facteurs déterminants de la contagion peuvent ainsi être regroupés autour de deux piliers : la typologie des liens interbancaires et le degré de concentration bancaire.

La structure des liens interbancaires à l'intérieur du système bancaire constitue le facteur le plus important pour évaluer le degré de propagation potentielle des effets de la défaillance d'un établissement sur ses contreparties. Allen et Gale (2000) distinguent trois types de structures de liens interbancaires :

- la structure complète sur laquelle les banques sont symétriquement liées à toutes les autres banques du système (figure 2.2) ;
- la structure incomplète circulaire où les banques sont liées seulement aux banques adjacentes (figure 2.3) ;
- la structure incomplète déconnectée sur laquelle deux structures de liens interbancaires distinctes coexistent (figure 2.4).

FIG. 2.2 – Structure complète

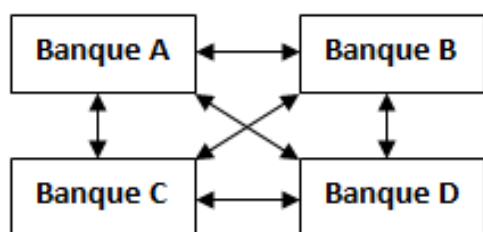


FIG. 2.3 – Structure incomplète

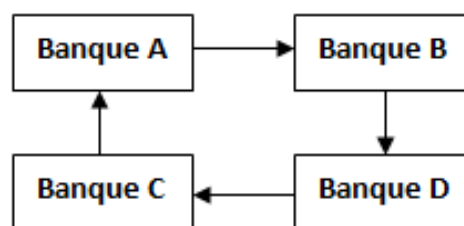


FIG. 2.4 – Structure déconnectée

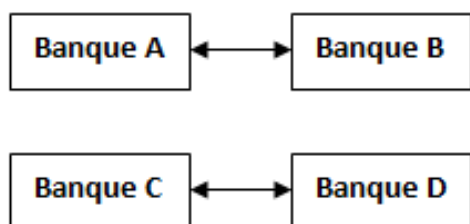
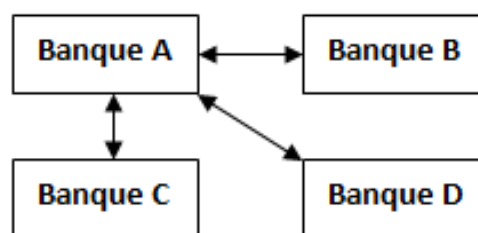


FIG. 2.5 – « Money center structure »



Source : Allen et Gale (2000) pour les figures 2.2 - 2.4 et Freixas *et al.* (2000) pour la figure 2.5

La structure complète est moins vulnérable à la contagion comparée à la structure incomplète circulaire et incomplète déconnectée, car les effets pervers d'une crise frappant une banque (région) sont absorbés par un nombre plus élevé de banques (régions). Cet aspect sera détaillé dans la section suivante.

Freixas, Parigi et Rochet (2000) distinguent une quatrième structure appelée *money center structure* (figure 2.5). Le centre est symétriquement lié à toutes les autres banques (régions) du système, sans que les banques soient reliées entre elles. La faillite d'une banque liée au centre ne déclenche pas de faillite du centre. En revanche, la faillite du centre entraîne la faillite de toutes les autres banques avec lesquelles il est relié. Concernant ce cas de figure, nous pouvons donner comme exemple le rôle joué par les banques de New York au 19^{ème} siècle aux États-Unis (Marini, 2005). La panique bancaire de 1893 a touché principalement les « national banks » de l'intérieur du pays. En revanche, la place de New York, a été peu touchée, en raison de la structure pyramidale du système bancaire. Ainsi, les banques de New York, se trouvant dans le top de la pyramide, détenaient les réserves déposées par les banques des villes de réserves qui, à leur tour, détenaient une proportion des réserves des autres banques. De plus, la Chambre de Compensation de New York, qui était une association de banquiers, pouvait organiser leur coopération en période de crise. En vertu de son pouvoir de coopération, d'émission de certificats de prêts et de mise en commun des garanties, les faillites des banques ont pu être évitées.

L'autre facteur déterminant de la contagion est le degré de concentration du secteur bancaire, qui n'a pas été, à notre connaissance, suffisamment exploré jusqu'à présent. Cependant, les études empiriques qui existent à ce sujet font apparaître une relation positive dans le sens où le risque de contagion augmente avec la concentration du système bancaire.

2.2.2.2 Le rôle des dépôts interbancaires dans la gestion de liquidité et dans la contagion

Allen et Gale (2000) ont développé un modèle, devenu la référence en matière de contagion interbancaire, qui met en évidence le rôle des dépôts interbancaires en tant que mécanisme d'assurance de liquidité entre les banques. Les auteurs supposent que les banques sont séparées spatialement et que les chocs individuels de liquidité (à savoir le nombre de consommateurs impatientes dans chaque banque) sont idiosyncratiques. Un marché interbancaire, où les banques sont incitées à détenir des dépôts dans d'autres banques, représente une solution efficiente de

réaliser le partage optimal du risque de liquidité entre les banques. En introduisant le phénomène de contagion rendu possible par les détentions croisées de dépôts, les auteurs se rallient à la « théorie de la boule de neige », qui repose sur la transmission d'un « petit » choc de liquidité à l'ensemble de l'économie bancaire. La dimension de la contagion dépend à la fois de la quantité d'actifs liquides de la banque en difficulté et du nombre de banques qui seront également touchées si la banque en détresse retire ses dépôts interbancaires.

Illustrons les faits stylisés évoqués plus haut. La méthodologie repose principalement sur les hypothèses faites par Diamond et Dybvig (1983). Il y a trois périodes $T = (0, 1, 2)$, un continuum d'agents identiques *ex-ante* et une technologie d'investissement.

L'originalité du modèle de Allen et Gale (2000) réside dans la division de l'économie en quatre régions identiques *ex-ante* (A, B, C, D), chacune étant composée d'une banque représentative. Il existe un continuum d'agents dans chaque région, qui déposent leur dotation, égale à 1 unité, dans la banque de leur région. Ils reçoivent en contrepartie un contrat de dépôt (c_1, c_2) leur promettant un montant fixe à chaque période.

Les fonds collectés auprès du grand public servent à financer deux catégories d'actifs non risqués : (i) les actifs liquides ou à court terme (L) représentés par la technologie de stockage qui rapporte 1 unité pour chaque unité investie, et (ii) les actifs illiquides ou à long terme $(1 - L)$ représentés par la technologie de production qui rapporte pour chaque unité investie, soit $R > 1$ si l'investissement arrive à maturité, soit $0 < r < 1$ si l'investissement est prématurément liquidé.

Nous distinguons également deux catégories de déposants au niveau du système bancaire : « patients » avec la probabilité $(1 - \omega)$ et « impatientes » avec la probabilité ω , où ω est une information publique. *Ex-ante*, chaque agent a la même chance d'être impatient, l'incertitude étant résolue en $T = 1$, quand chacun apprend en privé son vrai type. Il est à noter que le nombre d'agents impatientes varie d'une région à l'autre et il peut être élevé ω_H ou faible ω_L , avec $0 < \omega_L < \omega_H < 1$. En $T = 0$, une région a la même probabilité d'être confrontée à une demande élevée de liquidité.

Il existe également deux états de la nature S_1 et S_2 , chacun avec une probabilité de réalisation égale à 0.5. La réalisation du choc de liquidité pour chaque région, en fonction de l'état de la nature, est reflétée dans le tableau 2.1.

TAB. 2.1 – La répartition des chocs de liquidité pour chaque région selon l'état de la nature (en $T = 0$)

	A	B	C	D
S_1	ω_H	ω_L	ω_H	ω_L
S_2	ω_L	ω_H	ω_L	ω_H

Source : Allen et Gale (2000)

Les réalisations de ω dans les régions adjacentes sont parfaitement et négativement corrélées. De ce fait, la proportion moyenne de consommateurs impatient sur les deux périodes est égale à $\gamma = \frac{(\omega_H + \omega_L)}{2}$ pour chaque banque. *Ex-ante*, toutes les banques sont informées des états de la nature, de la corrélation qui existe entre ces états et la nature des chocs de liquidité subis par les déposants. Il est important de mentionner que la demande de liquidité provenant des déposants impatient pour l'ensemble des banques, qui est d'ailleurs une information publique, reste constante pour chaque état de la nature. En revanche, la réalisation de la demande de liquidité (élevée ou basse) à satisfaire par chaque banque est une inconnue. L'incertitude globale est résolue en $T = 1$, quand les déposants apprennent s'ils doivent consommer aussitôt ou attendre. À la même période, les banques prennent connaissance de l'état de la nature qui les concerne (S_1 ou S_2).

Les hypothèses selon lesquelles, au niveau du système bancaire, le volume de retraits ($2\omega_H + 2\omega_L$) reste constant d'une période à l'autre d'une part et les besoins de liquidité sont négativement corrélés entre les banques voisines, d'autre part, permettent de mettre en place un marché interbancaire d'assurance pour compenser la distribution inégalitaire de la liquidité. Par son intermédiaire, les banques en déficit peuvent liquider les dépôts détenus auprès des autres banques. Un tel dispositif constitue un élément « rassurant » tant pour les banques que pour les déposants. Pour une banque, l'existence de ce marché permet d'éviter la liquidation coûteuse des actifs à long terme lorsque la demande de liquidité excède ses actifs liquides. À ce sujet, les auteurs proposent un ordre de liquidation des

actifs, qui permet une meilleure gestion des chocs de liquidité tout en préservant la solidité de la banque. Tout d'abord, il est souhaitable d'épuiser les actifs liquides, ensuite liquider les dépôts interbancaires et, finalement, vendre les actifs à long terme. Quant aux déposants, tant qu'il y a assez de liquidité dans le système bancaire, il n'y a pas de raison de paniquer et de se ruiner sur leurs dépôts.

Tout d'abord, nous détaillons la façon dont les dépôts interbancaires permettent la réalisation du partage optimal du risque de liquidité. Ensuite, nous présentons les situations susceptibles de favoriser la contagion ainsi que le rôle de la structure des liens interbancaires sur la dimension de la contagion.

2.2.2.2.1 Le partage optimal du risque de liquidité par le biais des dépôts interbancaires

La question qui se pose dès lors est de savoir comment le mécanisme des dépôts interbancaires est-il capable de réaliser le partage optimal du risque de liquidité entre les banques ?

Dans une économie décentralisée (divisée préalablement en quatre régions identiques *ex-ante*) dans laquelle les consommateurs déposent leur dotation auprès d'une banque, laquelle investit dans des actifs liquides et illiquides, le partage optimal du risque de liquidité est réalisé au moyen des contrats de dépôt (c_1, c_2) . Ces contrats offrent les meilleures allocations de consommation aux deux catégories de déposants, tels que $u'(c_1) = Ru'(c_2)$ et $(1 - \gamma)c_2 = (1 - \gamma c_1)R$. Les banques investissent un montant $y = L$ dans des actifs liquides et un montant $x = (1 - L)$ dans des actifs illiquides. Sachant que les réalisations des chocs de liquidité entre les banques sont négativement corrélées, cela veut dire qu'en $T = 1$, quel que soit l'état de la nature, il y a deux banques en déficit de liquidité et les deux autres qui sont en excédent (après avoir satisfait les demandes de retrait de leurs propres déposants).

Pour s'assurer contre le risque de liquidité le plus élevé possible qui s'élève à ω_h , une banque va retirer ses dépôts détenus auprès de ses contreparties. Néanmoins, ces dépôts n'ont ni la nature ni la forme des contrats discrétionnaires ou

à montant fixe. De plus, le montant des dépôts croisés dépend de la structure du marché interbancaire, qui est déterminée de manière exogène par le modèle.

Compte tenu de la typologie des liaisons interrégionales dans le cadre du marché interbancaire, on peut distinguer ici deux structures : complète et incomplète-circulaire. D'après les définitions présentées dans la section 2.2.2.1, une structure de marché interbancaire est complète quand les banques de la région j sont connectées à toutes les autres régions k , $k \neq j$, les liaisons étant dans ce cas symétriques. Une structure de marché est incomplète lorsque les banques d'une région sont connectées de façon asymétrique et seulement aux régions adjacentes. Comme les régions sont toutes identiques⁷, les dépôts interbancaires sont alors parfaitement substituables.

Dans ce qui suit, nous regardons de près la situation financière des banques pour chaque état de la nature ainsi que leur capacité à gérer le risque de liquidité à chaque période. Nous examinons ainsi la structure du bilan des banques des quatre régions (A, B, C, D) en fonction de la typologie des liens interbancaires. À cet effet, nous supposons qu'en $T = 1$, le nombre d'agents impatientes est élevé pour A et C et faible pour B et D . En $T = 2$, la situation s'inverse.

Nous commençons l'analyse par le cas de la structure de marché interbancaire complète et continuerons par le cas de la structure de marché incomplète circulaire.

Le mécanisme des dépôts interbancaires dans le cas de la structure complète

La structure du bilan des banques est présentée de manière synthétisée dans le tableau 2.2⁸ et, de manière détaillée, compte tenu de la dimension du choc de liquidité, dans les tableaux 2.3 et 2.4.

Globalement, la quantité d'actifs liquides dont dispose une banque peut couvrir au maximum les retraits d'une proportion γ de déposants impatientes. Cependant, le risque de liquidité le plus élevé possible intervient lorsqu'une proportion ω_H d'agents impatientes retire ses dépôts. Pour faire face à une telle éventualité,

⁷Le fait que les banques soient identiques veut dire qu'elles ont le même type de bilan, c'est-à-dire les mêmes catégories d'actifs et de passifs bancaires.

⁸Les tableaux 2.2, 2.3, 2.4 ont été établis par nos soins à partir des formules du modèle.

TAB. 2.2 – La structure du bilan dans le cas de la structure complète

Banques A , B, C et D	
Actifs	Passifs
Actifs à court terme	
Actifs à long terme	Dépôts du grand public
Créances interbancaires (dépôts détenus auprès des autres banques)	Dettes interbancaires (dépôts détenus par les autres banques)

elle doit s'assurer de pouvoir se procurer de la liquidité d'un montant total égal à $(\omega_H - \gamma)$ si le besoin se fait sentir. Sachant que les liens sont symétriques, en $T = 0$, chaque banque de la région j détient des dépôts d'un montant de $z = \frac{(\omega_H - \gamma)}{2}$ sur les banques des autres régions $j \neq k$, où $j, k \in \{A, B, C, D\}$.

Dans un premier temps, nous illustrons la façon dont les banques font face aux chocs de liquidité survenus en $T = 1$ (tableau 2.3).

TAB. 2.3 – Le marché interbancaire en $T = 1$ (structure complète)

	A (demande élevée de liquidité)		B (demande faible de liquidité)	
	Actifs	Passifs	Actifs	Passifs
$T = 1$	L $3 \left(\frac{\omega_H - \gamma}{2} \right) c_1$	$\omega_H c_1$ $\frac{(\omega_H - \gamma)}{2} c_1$	L	$\omega_L c_1$ $\frac{(\omega_H - \gamma)}{2} c_1$ $\frac{(\omega_H - \gamma)}{2} c_1$
	$L + 3 \left(\frac{\omega_H - \gamma}{2} \right) c_1$	$\omega_H c_1 + \frac{(\omega_H - \gamma)}{2} c_1$	L	$\omega_L c_1 + (\omega_H - \gamma) c_1$
	C (demande élevée de liquidité)		D (demande faible de liquidité)	
	Actifs	Passifs	Actifs	Passifs
$T = 1$	L $3 \left(\frac{\omega_H - \gamma}{2} \right) c_1$	$\omega_H c_1$ $\frac{(\omega_H - \gamma)}{2} c_1$	L	$\omega_L c_1$ $\frac{(\omega_H - \gamma)}{2} c_1$ $\frac{(\omega_H - \gamma)}{2} c_1$
	$L + 3 \left(\frac{\omega_H - \gamma}{2} \right) c_1$	$\omega_H c_1 + \frac{(\omega_H - \gamma)}{2} c_1$	L	$\omega_L c_1 + (\omega_H - \gamma) c_1$
La contrainte de budget pour A et C est : $L + 3 \left(\frac{\omega_H - \gamma}{2} \right) c_1 = \omega_H c_1 + \frac{(\omega_H - \gamma)}{2} c_1$ La contrainte de budget pour B et D : $L = \omega_L c_1 + (\omega_H - \gamma) c_1$ En faisant les calculs pour chaque cas, on arrive à la contrainte de budget $\gamma c_1 = L$, ce qui correspond au modèle de Diamond et Dybvig (1983).				

Prenons la banque A, confrontée à une demande élevée de liquidité. Les retraits effectués par ses propres déposants impatientes, $\omega_H c_1$, et les retraits de la banque C, $\frac{(\omega_H - \gamma)}{2} c_1$, confrontée aussi à une demande élevée, sont satisfaits par

les actifs à court terme (L) et les fonds obtenus suite à la liquidation des dépôts détenus sur les autres banques B, C , et D , soit $\frac{3(\omega_H - \gamma)}{2}c_1$.

Quant à la banque B dont la demande de liquidité est faible, les retraits de ses propres agents impatientes, $\omega_L c_1$ mais aussi les retraits effectués par les banques A et C , soit $\frac{2(\omega_H - \gamma)}{2}c_1$, confrontées à une demande élevée de liquidité, sont couverts en totalité par les actifs à court terme (L).

Dans un second temps, nous présentons la façon dont les banques font face aux chocs de liquidité en $T = 2$ (tableau 2.4).

TAB. 2.4 – Le marché interbancaire en $T = 2$ (structure complète)

	A (demande faible de liquidité)		B (demande élevée de liquidité)	
	Actifs	Passifs	Actifs	Passifs
$T = 2$	$(1 - L)R$	$(1 - \omega_H)c_2$ $\frac{(\omega_H - \gamma)}{2}c_2$ $\frac{(\omega_H - \gamma)}{2}c_2$	$(1 - L)R$ $3 \left(\frac{\omega_H - \gamma}{2}\right) c_2$	$(1 - \omega_L)c_2$ $\frac{(\omega_H - \gamma)}{2}c_2$
	$(1 - L)R$	$(1 - \omega_H)c_2 + (\omega_H - \gamma) c_2$	$(1 - L)R + 3 \left(\frac{\omega_H - \gamma}{2}\right) c_2$	$(1 - \omega_L)c_2 + \frac{(\omega_H - \gamma)}{2} c_2$
	C (demande faible de liquidité)		D (demande élevée de liquidité)	
	Actifs	Passifs	Actifs	Passifs
$T = 2$	$(1 - L)R$	$(1 - \omega_H)c_2$ $\frac{(\omega_H - \gamma)}{2}c_2$ $\frac{(\omega_H - \gamma)}{2}c_2$	$(1 - L)R$ $3 \left(\frac{\omega_H - \gamma}{2}\right) c_2$	$(1 - \omega_L)c_2$ $\frac{(\omega_H - \gamma)}{2}c_2$
	$(1 - L)R$	$(1 - \omega_H)c_2 + (\omega_H - \gamma) c_2$	$(1 - L)R + 3 \left(\frac{\omega_H - \gamma}{2}\right) c_2$	$(1 - \omega_L)c_2 + \frac{(\omega_H - \gamma)}{2} c_2$
<p>La contrainte de budget pour A et C est : $(1 - L)R = (1 - \omega_H)c_2 + (\omega_H - \gamma)c_2$ La contrainte de budget pour B et D : $(1 - L)R + 3 \left(\frac{\omega_H - \gamma}{2}\right) c_2 = (1 - \omega_L)c_2 + \frac{(\omega_H - \gamma)}{2} c_2$ En faisant les calculs pour chaque cas, on arrive à la contrainte de budget $(1 - \gamma)c_2 = (1 - L)R$, ce qui correspond au modèle de Diamond et Dybvig (1983).</p>				

Au niveau de la banque A , les retraits de ses propres agents patients $(1 - \omega_H)c_2$ et les retraits des banques B et D ($\frac{2(\omega_H - \gamma)}{2}c_2$), dont la demande de liquidité est élevée, sont satisfaits par la valeur de liquidation des actifs à long terme $(1 - L)R$.

Concernant la banque B , les retraits de ses propres agents patients $(1 - \omega_L)c_2$ et les retraits faits par la banque D , ($\frac{(\omega_H - \gamma)}{2}c_2$), confrontée à une demande élevée, sont couverts par la valeur de liquidation des investissements $(1 - L)R$ et des créances sur les banques de A, C et D , soit $\frac{3(\omega_H - \gamma)}{2}c_2$.

Le mécanisme des dépôts interbancaires dans le cas de la structure incomplète-circulaire

La structure du bilan, compte tenu de la dimension du choc de liquidité, est présentée de manière synthétisée dans le tableau 2.5⁹ et, de manière détaillée, dans les tableaux 2.6 et 2.7. En $T = 0$, les banques de la région A détiennent des dépôts

TAB. 2.5 – La structure du bilan dans le cas de la structure incomplète-circulaire

Banques A , B, C et D	
Actifs	Passifs
Actifs à court terme	
Actifs à long terme	Dépôts du grand public
Créances interbancaires (dépôts détenus auprès de la banque adjacente $k \neq i$)	Dettes interbancaires (dépôts détenus par la banque adjacente $j \neq i$)

d'un montant de $z = (\omega_H - \gamma)$ auprès des banques de la région B , les banques de la région B détiennent z dépôts sur les banques de la région C , les banques de la région C détiennent le même montant (z) sur les banques de la région D et, enfin les banques de la région D détiennent z dépôts sur la région A .

Étant donnée la structure du bilan de la banque A , dont la demande de liquidité est élevée en $T = 1$ (tableau 2.6), les actifs, qui sont composés des actifs à court terme (L) et des créances sur la banque adjacente B , soit $(\omega_H - \gamma)c_1$, servent à couvrir les retraits de ses propres déposants impatientes, soit $\omega_H c_1$.

En $T = 2$, la situation s'inverse, car la banque A est confrontée à une demande faible de liquidité (tableau 2.7). Dans ce cas, les actifs à long terme $(1 - L)R$ sont entièrement repartis aux déposants patients $(1 - \omega_H)c_2$ et à la banque adjacente D , confrontée à une demande élevée de liquidité, soit $(\omega_H - \gamma)c_2$.

En ce qui concerne la banque B , qui fait face à une faible demande de liquidité en $T = 1$ (tableau 2.6), les retraits de ses déposants impatientes $(\omega_L c_1)$ et les retraits de la banque adjacente A , confrontée à une demande élevée $(\omega_H - \gamma)c_1$ sont satisfaits exclusivement par les actifs à court terme (L). En $T = 2$, le nombre

⁹Les tableaux 2.5, 2.6 et 2.7 ont été établis par nos soins à partir des formules du modèle.

TAB. 2.6 – Le marché interbancaire en $T = 1$ (structure incomplète-circulaire)

	A (demande élevée de liquidité)		B (demande faible de liquidité)	
	Actifs	Passifs	Actifs	Passifs
$T = 1$	L	$\omega_H c_1$	L	$\omega_L c_1$
	$(\omega_H - \gamma)c_1$			$(\omega_H - \gamma)c_1$
	$L + (\omega_H - \gamma)c_1$	$\omega_H c_1$	L	$\omega_L c_1 + (\omega_H - \gamma)c_1$
	C (demande élevée de liquidité)		D (demande faible de liquidité)	
	Actifs	Passifs	Actifs	Passifs
$T = 1$	L	$\omega_H c_1$	L	$\omega_L c_1$
	$(\omega_H - \gamma)c_1$			$(\omega_H - \gamma)c_1$
	$L + (\omega_H - \gamma)c_1$	$\omega_H c_1$	L	$\omega_L c_1 + (\omega_H - \gamma)c_1$
<p>La contrainte de budget pour A et C est : $L + (\omega_H - \gamma)c_1 = \omega_H c_1$ La contrainte de budget pour B et D : $L = \omega_L c_1 + (\omega_H - \gamma)c_1$ En faisant les calculs pour chaque cas, on arrive à la contrainte de budget $\gamma c_1 = L$, ce qui correspond au modèle de Diamond et Dybvig (1983).</p>				

TAB. 2.7 – Le marché interbancaire en $T = 2$ (structure incomplète-circulaire)

	A (demande faible de liquidité)		B (demande élevée de liquidité)	
	Actifs	Passifs	Actifs	Passifs
$T = 2$	$(1 - L)R$	$(1 - \omega_H)c_2$	$(1 - L)R$	$(1 - \omega_L)c_2$
		$(\omega_H - \gamma)c_2$	$(\omega_H - \gamma)c_2$	
	$(1 - L)R$	$(1 - \omega_H)c_2 + (\omega_H - \gamma)c_2$	$(1 - L)R + (\omega_H - \gamma)c_2$	$(1 - \omega_L)c_2$
	C (demande faible de liquidité)		D (demande élevée de liquidité)	
	Actifs	Passifs	Actifs	Passifs
$T = 2$	$(1 - L)R$	$(1 - \omega_H)c_2$	$(1 - L)R$	$(1 - \omega_L)c_2$
		$(\omega_H - \gamma)c_2$	$(\omega_H - \gamma)c_2$	
	$(1 - L)R$	$(1 - \omega_H)c_2 + (\omega_H - \gamma)c_2$	$(1 - L)R + (\omega_H - \gamma)c_2$	$(1 - \omega_L)c_2$
<p>La contrainte de budget pour A et C est : $(1 - L)R = (1 - \omega_H)c_2 + (\omega_H - \gamma)c_2$ La contrainte de budget pour B et D : $(1 - L)R + (\omega_H - \gamma)c_2 = (1 - \omega_H)c_2$ En faisant les calculs pour chaque cas, on arrive à la contrainte de budget $(1 - \gamma)c_2 = (1 - L)R$, ce qui correspond au modèle de Diamond et Dybvig (1983).</p>				

de déposants qui retirent leurs avoirs étant élevé (tableau 2.7), la banque doit liquider ses actifs à long terme $(1 - L)R$ mais aussi ses créances sur la banque C $(\omega_H - \gamma)c_2$ pour honorer les retraits de ses propres déposants $(1 - \omega_L)c_2$.

En conclusion, le marché interbancaire permet, pour les deux types de structure des liens, d'éviter la liquidation prématurée des actifs. Les banques peuvent honorer leurs contrats et l'équilibre est le même que celui obtenu avec un planificateur (Pareto-Optimal). Mises à part les deux structures de marché analysées précédemment, il y a une troisième structure incomplète dite déconnectée, où les banques dans les régions A et B , respectivement C et D , détiennent des dépôts d'un montant égal à $z = (\omega_H - \gamma)$ les unes envers les autres. Cette structure est également capable d'assurer le partage optimal du risque de liquidité par les dépôts interbancaires, mais à condition que la demande et l'offre de liquidité se compensent parfaitement (il n'y a pas d'excès de demande de liquidité au niveau du système bancaire).

2.2.2.2.2 Dans quelles situations la contagion intervient-elle ? Quel est l'impact de la typologie des liens interbancaires sur la dimension de la contagion ?

Certes, le marché interbancaire joue le rôle de mécanisme d'assurance de liquidité permettant la réalisation du contrat optimal de dépôt. Néanmoins, dans certaines situations, il semble que ce marché favorise la propagation d'une crise de liquidité qui frappe une banque dans le système bancaire dans son ensemble. L'inconvénient est lié au fait que la liquidation des dépôts interbancaires n'aboutit pas à la production de liquidité additionnelle. Seule la liquidation des actifs à long terme peut créer de la liquidité. De plus, quand il y a un excès de demande de liquidité, les interdépendances entre les banques sont susceptibles d'entraîner un enchaînement de défaillances contagieuses. La question immédiate qui se pose alors est de savoir dans quelles situations la contagion intervient-elle et dans quelle mesure la structure des liens interbancaires constitue-t-elle un élément décisif à la propagation d'une crise de liquidité ?

Allen et Gale (2000) montrent que le système bancaire est plus stable, c'est-à-dire qu'il n'y a pas de contagion lorsque la structure de marché est complète.

Lorsque la structure est complète et si le déficit n'est pas très important, l'impact initial d'une crise de liquidité est beaucoup plus atténué et l'extension de la crise est évitée. Car, chaque région absorbe une part des chocs de liquidité par la liquidation d'une proportion négligeable d'investissements à long terme. Cela est possible car les liens interbancaires sont symétriques et il n'existe aucun moyen d'éviter le paiement de ses obligations. C'est l'exemple de la banque de la région A (confrontée à une demande élevée de liquidité) qui doit satisfaire les retraits de la banque de la région C, confrontée elle aussi à une demande élevée de liquidité. Pour ce faire, la banque A va liquider ses dépôts interbancaires dans la banque C pour payer ultérieurement le même montant à la banque C. Par conséquent, il y a une compensation parfaite des dettes et des créances interbancaires.

À l'opposé, la structure incomplète-circulaire des liens interbancaires s'avère être tout à fait fragile, car une pénurie de liquidité dans une région peut être ressentie très fortement dans les régions adjacentes, dans le sens où elles subissent également une crise de liquidité, qui peut se transformer ultérieurement en insolvabilité.

Il est à noter que les banques font face au problème du passager clandestin dans la fourniture de liquidité à une banque qui subit un choc de liquidité car la liquidité est un bien public. En fait, c'est ce comportement qui engendre la nécessité de considérer la liquidité comme un bien public, parce qu'il entraîne des externalités négatives si elle est gérée de façon privée.

Pour satisfaire les demandes de retrait, une banque utilise, en vertu des hypothèses relatives à l'ordre de liquidation, ses actifs courts. Ensuite, elle retire ses dépôts interbancaires « en mettant la responsabilité de fournir de la liquidité » sur la banque voisine. Les banques dans les autres régions (qui ne sont pas reliées à la banque en manque de liquidité) poursuivent leurs propres intérêts et ne liquident pas leurs actifs à long terme jusqu'à ce qu'elles subissent elles-mêmes les effets de la contagion de ses contreparties (Allen et Gale, 2002).

La liquidité est donc nécessaire à tout le monde et elle doit être garantie par les autorités publiques. Cela veut dire que, lorsque l'économie se trouve en situation d'illiquidité, la banque centrale doit intervenir et rendre le marché liquide. Cette argumentation revient à dire que la liquidité doit être gérée comme un bien public

qui ne peut pas être laissé au marché¹⁰.

Nous allons à présent nous concentrer sur la dimension de la contagion lorsque la structure de marché est incomplète-circulaire, qui est par ailleurs la plus vulnérable. Il est supposé qu'en $T = 1$, la demande globale de liquidité excède, exceptionnellement, les actifs liquides. Cela correspond au troisième état de la nature, noté \bar{S} , qui a une probabilité de réalisation quasi nulle en $T = 0$. Pour cet état de la nature, la demande agrégée de liquidité est supérieure à celle que peut offrir le marché.

Ce scénario ne peut pas être assimilé aux ruées spéculatives ou informationnelles, car il s'agit d'un petit choc de liquidité, « abnormal » comme disent les auteurs, et il n'est vraisemblablement pas le résultat de la montée de l'incertitude. L'objectif des auteurs est de faire apparaître qu'un « petit » choc de liquidité est parfois suffisant pour qu'une pénurie de liquidité se propage dans l'ensemble du système bancaire.

Les réalisations des chocs de liquidité pour cet état de la nature sont reflétées dans le tableau 2.8 où ε représente la dimension du choc de liquidité supplémen-

TAB. 2.8 – La répartition des chocs de liquidité pour chaque région dans l'état de la nature \bar{S} , en $T = 1$

	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
\bar{S}	$\gamma + \varepsilon$	γ	γ	γ

Source : Allen et Gale (2000)

taire. D'après ce tableau, en $T = 1$, chaque région est confrontée à une demande de liquidité égale à γ sauf la région *A*, dont la demande de liquidité est plus élevée que prévu, soit $(\gamma + \varepsilon) > \gamma$.

Pour satisfaire les demandes de retrait, les banques doivent d'abord utiliser leurs actifs à court terme, ensuite retirer leurs dépôts interbancaires détenus dans

¹⁰Cependant, ce n'est pas parce que la liquidité est un bien public que le passager clandestin peut en profiter. Voici un exemple typique : chaque banque constitue peu de réserves en comptant sur les autres (voir Bhattacharya et Gale, 1987). Si tout le monde fait pareil, il n'y a plus de liquidité.

la région adjacente, et, seulement après, liquider une part, voire la totalité des actifs à long terme. Selon Allen et Gale (2000), une banque est solvable si elle peut offrir aux déposants c_1 en utilisant uniquement ses actifs liquides. En revanche, si elle est amenée à liquider une part de ses actifs illiquides, cela veut dire qu'elle est insolvable, mais elle peut toujours payer c_1 à ses déposants. En cas extrême, lorsqu'elle ne peut pas offrir c_1 aux déposants même en liquidant tous ses actifs à long terme, elle est considérée défailante.

Ainsi, en $T = 1$, une unité de dépôt vaut c_1 si la banque ne fait pas faillite, sinon celle-ci correspond à la valeur de liquidation de ses actifs bancaires. Une condition suffisante pour qu'il y ait des ruées est que la consommation distribuée par les banques de la région j à la période 1, notée q^j , soit inférieure à celle promise c_1 . Cela veut dire que non seulement le grand public mais aussi les banques de la région adjacente cherchent à liquider leurs avoirs au même moment où les banques de la région en difficulté essaient de retirer leurs dépôts détenus auprès de la région adjacente.

Prenons l'exemple de la banque de la région A . La valeur d'une unité de dépôt est notée q^A . Au cas où tous les déposants retirent, la demande totale de liquidité qui la concerne (dépôts du grand public et de la banque de la région adjacente D) est égale à $(1 + z)$, d'où on obtient la valeur de son passif bancaire, soit $(1 + z)q^A$. La valeur totale des actifs est composée de la valeur des actifs liquides (y) de la valeur de liquidation des actifs à long terme (rx) et de celle des dépôts sur la région adjacente B (zq^B). À l'équilibre, la valeur de q^A est obtenue en égalisant les actifs bancaires et les passifs bancaires, soit :

$$y + rx + q^B z = q^A(1 + z)$$

d'où

$$q^A = \frac{y + rx + zq^B}{1 + z} \leq c_1 \quad (2.1)$$

Une équation similaire est simultanément établie pour chaque région j . Si la banque de la région B est fondamentalement saine, la valeur d'une unité de dépôt correspond au niveau promis ($q^B = c_1$), ce qui permet de calculer tout de suite la valeur de q^A . En cas contraire, nous avons besoin d'une autre équation pour

calculer la valeur de q^B qui tient compte de la valeur des dépôts dans la banque de la région C , soit $q^B = q^B(q^C) < c_1$, et ainsi de suite.

Dans ces circonstances, il importe de savoir quelle quantité d'actifs à long terme maximale une banque peut-elle liquider sans violer la contrainte d'incitation ? Normalement, les déposants impatients doivent consommer en $T = 1$; ils n'ont aucun intérêt à se faire passer pour des déposants patients. En revanche, les déposants patients peuvent se faire passer pour des déposants impatients s'ils obtiennent plus de cette façon. Afin d'éviter que cette catégorie de déposants retire trop tôt, les banques doivent leur offrir au moins c_1 en $T = 2$ et, pour y parvenir, elles doivent garder au moins $\frac{(1-\omega)c_1}{R}$ dans des actifs à long terme jusqu'à la période finale.

En quelque sorte, ce cas de figure renvoie au modèle de Diamond et Dybvig (1983) dans lequel une banque suspend la convertibilité des dépôts en numéraire dès qu'un certain seuil de retraits prématurés a été atteint. Cela garantit qu'il y aura toujours des ressources à distribuer aux déposants patients à la période finale. À cet effet, Allen et Gale (2000) utilisent le concept de tampon (*buffer*) noté $b(\omega)$, tel que :

$$b(\omega) = r \left[x - \frac{(1-\omega)c_1}{R} \right]$$

où $[x - \frac{(1-\omega)c_1}{R}]$ représente la quantité maximale qui peut être liquidée sans provoquer des courses aux guichets. En effet, la valeur de $b(\omega)$ correspond à la consommation qui peut être obtenue en liquidant l'actif à long terme sans causer de panique en $T = 1$. Si le choc de liquidité est inférieur au tampon, soit $\varepsilon c_1 < b(\omega)$, il n'y a pas de ruées. Au contraire, si le choc excède le tampon, soit $\varepsilon c_1 > b(\omega)$, il y aura des ruées, car les déposants patients savent que leur banque ne sera plus capable de leur offrir la même consommation que celle des déposants impatients.

Dans le cas de la banque de la région A , pour payer aux consommateurs un montant c_1 , elle doit liquider l'équivalent de εc_1 unités de consommation de l'actif à long terme. Si le choc est « faible », soit $\varepsilon c_1 < b(\gamma + \varepsilon)$, la banque de A est considérée insolvable. Elle satisfait les demandes supplémentaires de retrait en liquidant une proportion de ses propres actifs à long terme. Au contraire, si le

choc est important, soit $\varepsilon c_1 > b(\gamma + \varepsilon)$, la banque de la région A fait faillite, car elle doit liquider l'intégralité de ses actifs afin de satisfaire les retraits de tous les déposants.

Nous allons maintenant nous intéresser aux effets éventuels sur les autres banques du système bancaire. Lorsque le choc sur la banque de la région A est d'une faible ampleur, il n'y a pas de répercussions sur les banques des autres régions. Seulement leurs déposants patients subissent une perte de leur consommation en raison de la liquidation prématurée d'une part des actifs illiquides, ce qui fait diminuer la consommation c_2 à la période finale (qui reste toutefois supérieure à c_1). Même si elle détient des dépôts dans la banque de B, ceux-ci ne servent à rien tant que la valeur comptable des dépôts en A est $q^A = c_1$. Si la banque de la région A retire ses dépôts, la banque de la région B va également retirer ses dépôts détenus en C et ainsi de suite. En vertu de l'ordre de liquidation des actifs, les banques procèdent à la liquidation des dépôts interbancaires avant de toucher aux actifs à long terme. Mais, comme tous les dépôts ont la même valeur, ceux-ci s'annulent tout simplement.

En revanche, quand le choc est important, la banque de la région A fait faillite. Le fait que la banque dans A a fait défaut influe forcément sur le bilan la banque de la région adjacente D. Comme $q^D = c_1$ et $q^A < c_1$, la banque de la région D subit des pertes lorsqu'elle retire ses dépôts interbancaires. Cette perte s'élève à $z(c_1 - q^A)$. Si le choc subi par la banque de la région D n'est pas trop important, soit $z(c_1 - q^A) < b(\gamma)$, la banque de D devient insolvable, mais elle ne fait pas faillite. Lorsque les pertes sont inférieures au *buffer*, il n'y aura pas de contagion. Par contre, si les créances irrécupérables relatives à l'exposition vis-à-vis de sa contrepartie sont supérieures au tampon, soit $z(c_1 - q^A) > b(\gamma)$, la banque de la région adjacente D fait également faillite. La liquidation des actifs la banque de D provoque des pertes sur la banque de la région C, qui peut faire également faillite étant donnée la force des effets cumulés.

Finalement, il peut y avoir des ruées des déposants dans tout le système, car $q^j < c_1$. Les auteurs font ressortir que, dans le cas de la structure incomplète-circulaire, si la banque de la région D fait faillite à la suite du défaut de la banque de

la région A , les effets pervers sur la banque de la région C sont amplifiés par rapport à l'effet initial. Les pertes sur les créances ne sont plus absorbées par plusieurs banques, mais elles sont entièrement supportées par les banques adjacentes, ce qui rend plus significative la baisse de la valeur d'une unité de dépôt, q^j , et creuse davantage l'écart entre la valeur optimale (calculée *ex-ante*) et la valeur effective des dépôts, soit $(c_1 - q^j)$. Les effets pervers se propagent d'une région à l'autre et les créances irrécupérables s'accumulent, ce qui aboutit à l'effondrement du système bancaire dans son ensemble.

Enfin, pour conclure cette analyse portant sur la contagion par les dépôts interbancaires, il est important de souligner quelques aspects. Lorsque la structure des liens interbancaires est complète, les effets pervers de la faillite d'une banque sont absorbés par un grand nombre de régions. Au fur et à mesure que le nombre de contreparties augmente, le système bancaire devient de plus en plus stable. En revanche, si la structure est incomplète circulaire, les effets pervers s'amplifient progressivement et une éventuelle augmentation du nombre de contreparties ne fait que développer l'effet du choc initial. Quant à la structure déconnectée, les banques sont davantage vulnérables par rapport à la structure circulaire, mais la contagion reste toutefois bornée aux banques reliées entre elles (par exemple, aux banques A et B ou aux banques C et D).

Deux conditions doivent être réunies pour la propagation de la faillite d'une banque : (i) la demande supplémentaire de liquidité dans la région A doit être supérieur à son *buffer* et (ii) les pertes de la banque de la région D liées à la faillite de la banque de la région A doivent être supérieures à son *buffer*. Il est à noter également que, dès que la banque A fait faillite, toutes les autres banques font faillite quel que soit leur nombre. Dans Allen et Gale (2000) il y en a encore trois, mais s'il y en aurait 5000, cela ne changerait rien à ce résultat, et c'est aussi en cela que c'est un modèle de fragilité financière.

Les conditions de la contagion financière dépendent donc de la complétude des marchés, mais aussi du degré d'interconnection et de la structure du marché.

Le principal inconvénient des modèles classiques de dominos réside dans le fait qu'ils ne prennent pas en compte les effets des baisses des prix des actifs (Cifuentes *et al.*, 2005). Dans la plupart des modèles, les actifs sont enregistrés à

leur valeur fondamentale, ce qui fait que les bilans ne subissent un choc qu'en cas de défaut de paiement. Or, dans un système financier régi par les marchés, une telle hypothèse est obsolète, car les institutions financières sont très sensibles à ce qu'il se passe sur le marché. Leurs réactions sont synchronisées et elles gèrent activement leur bilan, en fonction des variations des prix. Adrian et Shin (2008) soulignent que la pression exercée par les variations des prix sur les bilans serait bien plus susceptible d'entraîner des difficultés que les défauts de paiements eux-mêmes. L'analyse de la contagion au travers des variations des prix des actifs bancaires fera l'objet de la section suivante.

2.3 Contagion au travers des variations des prix des actifs bancaires

Ce canal de contagion découle de l'incidence que peut avoir la vente d'actifs par une banque frappée par des problèmes de liquidité sur son propre bilan et sur le bilan des autres établissements détenant des actifs similaires. Cette approche, développée par Allen et Gale (1994, 1998, 2002, 2004b, 2004c), Schnabel et Shin (2004), Cifuentes *et al.* (2005), Plantin *et al.* (2005), Allen et Carletti (2006 et 2008), repose sur l'hypothèse selon laquelle les marchés sont incomplets et imparfaits et, de ce fait, les banques sont amenées à vendre des actifs. Dans un contexte où les bilans sont valorisés en valeur de marché, les variations des prix des actifs y apparaissent immédiatement et provoquent une réaction spontanée des intervenants. En outre, l'incidence potentielle d'un choc peut être largement amplifiée par les variations des prix, même si les expositions sont largement dispersées sur l'ensemble du système (Adrian et Shin, 2008).

Particulièrement en période de turbulence financière, il est difficile de déterminer si une situation d'illiquidité est temporaire ou permanente. Pour ce faire, il est utile de se rapporter au théorème de Arrow-Debreu portant sur les marchés complets. Les marchés sont donc complets lorsqu'il y a un titre Arrow-Debreu pour chaque état de la nature. D'après ce théorème, il existe un équilibre concurrentiel des prix de sorte que l'offre globale sera équivalente à la demande globale pour chaque produit au sein de l'économie et qu'il y aura un prix pour chaque

produit, un marché pour chaque période et un prix à terme pour chaque produit à toutes les périodes. Le théorème est fondé sur deux hypothèses importantes : la participation de chaque agent économique sur chaque marché et une information exhaustive (Debreu, 1959).

En réalité, des marchés complets et parfaits n'existent pas du fait des frictions liées à l'asymétrie d'information¹¹ (les marchés sont incomplets) et à cause des taxes, des coûts de transaction et de la concurrence imparfaite¹² (les marchés sont imparfaits). Le caractère incomplet et imparfait des marchés financiers peut entraver non seulement la disponibilité de l'information mais aussi le financement sur les marchés. Cette situation risque d'engendrer des inefficiences dans le processus d'établissement des prix (y compris des primes de liquidité sur d'importants marchés). Les inefficiences de ce type, qui ne constituent habituellement que de petites frictions temporaires, peuvent devenir majeures dans certaines circonstances, comme un accroissement soudain et généralisé de l'incertitude au sujet de la solvabilité d'une contrepartie. La crise commencée à l'été 2007 nous a fait découvrir qu'un tel phénomène peut dissuader les participants de se prêter entre eux et pousser d'importants acteurs à se retirer du marché, rendant celui-ci encore plus incomplet. De plus, les inefficiences de prix sont susceptibles d'être aggravées si un comportement moutonnier se développe, c'est-à-dire au cas où les participants se mettent à imiter les autres au lieu de faire confiance à leur propre analyse.

En considération de ce qui précède, dans un monde idéal de marchés complets et parfaits, il existe suffisamment de liquidité pour satisfaire les besoins de liquidités des intervenants au sein du système bancaire. Allen et Gale (1998) et Allen et Carletti (2008) affirment que, dans ce cas de figure, n'importe quelle banque illiquide mais solvable trouvera sans difficulté les financements dont elle a besoin. Elles ne doivent pas vendre d'actifs afin d'obtenir de la liquidité. Les banques s'échangent uniquement des promesses de livraison (voir chapitre 1, section 1.3.1.1) et le prix est indépendant des besoins de liquidité. En effet, celui-ci correspond exactement

¹¹Lorsque les intervenants sur le marché ne disposent pas d'informations précises sur la solvabilité d'une banque, ils peuvent hésiter quant à un prêt éventuel, même si la banque est fondamentalement solvable (Chari et Jagannathan, 1988).

¹²Par ailleurs, la concurrence imparfaite révèle des situations dans lesquelles certaines banques peuvent être tentées de restreindre la liquidité de leurs concurrents afin d'en tirer parti.

à la capacité future des actifs à générer un bénéfice.

En revanche, lorsque les marchés sont incomplets et imparfaits, les banques à court de fonds sont contraintes de vendre des actifs de long terme pour disposer de liquidités à des prix qui ne reflètent ni la valeur des fondamentaux ni la valeur à long terme de l'actif et du passif, mais plutôt le volume de liquidités dont disposent les acheteurs à un moment donné (*cash-in-the-market*).

Les prix des actifs sont donc déterminés par la liquidité totale disponible sur le marché. Car, il est nécessaire que certaines institutions financières détiennent des liquidités et soient prêtes à acheter des actifs lorsque d'autres les mettent en vente. Certes, les fournisseurs de liquidité sont plus motivés d'investir dans des actifs à long terme, qui sont plus rentables mais moins liquides. Cela d'autant plus que détenir de la liquidité induit un coût d'opportunité, car les actifs liquides rapportent beaucoup moins que les actifs à long terme. Pour que les institutions financières soient incitées à détenir des liquidités et qu'elles soient prêtes à acheter des actifs lorsque d'autres les vendent, il faut qu'elles soient en mesure de dégager des bénéfices dans certaines situations. Autrement dit, « elles doivent récupérer ce coût sur la moyenne calculée sur tous les états de la nature » (Allen et Carletti, 2008).

Par conséquent, les fluctuations des prix, plus marquées en période de crise, s'expliquent par le fait que la quantité de liquidité disponible sur le marché est endogène et insuffisante. Si aucune banque ne détient de liquidité, cela veut dire que les prix s'effondrent jusqu'à devenir nuls au moment où les banques et les autres intermédiaires vendent des actifs. Ceci devrait inciter les institutions à détenir des liquidités puisqu'elles pourraient alors acquérir des actifs à bon marché¹³ (c'est-à-dire à un prix plus bas que leur valeur fondamentale). À l'équilibre, les prix montent jusqu'au niveau où, lorsque les banques et les intermédiaires vendent, le bénéfice réalisé sera suffisant pour dédommager les fournisseurs de liquidité pour toutes les autres situations où ils supportent des coûts d'opportunité, car ils détiennent de

¹³ « The suppliers of liquidity can only recoup the opportunity cost of holding liquidity by buying assets at firesale prices in some states of the world, so the private provision of liquidity by arbitrageurs will always be inadequate to ensure complete asset-price stability » (Allen et Gale, 2004c page 11).

la liquidité sans pouvoir l'utiliser. Il en résulte alors que les prix des actifs à long terme sont bas dans les situations de pénurie globale de liquidité.

À remarquer que la volatilité des prix influe directement sur la valeur des actifs de l'ensemble des institutions financières lorsque l'on recourt à la comptabilisation en valeur de marché. Si la valeur de marché de l'actif d'une institution est inférieure à la valeur de son passif, elle ne sera plus capable d'honorer ses obligations et elle doit vendre davantage d'actifs exerçant ainsi une pression à la baisse sur les prix. Ce phénomène peut générer une contagion « artificielle » au travers des fluctuations des prix des actifs. Cela rend les banques insolvables, alors qu'elles seraient parfaitement capables de couvrir leurs engagements si elles étaient autorisées à poursuivre leur activité jusqu'à ce que les investissements arrivent à maturité. En revanche, si les actifs sont comptabilisés aux coûts historiques, ce problème ne compromet pas la solvabilité des banques, car il n'affecte pas la valeur comptable de leur actif. C'est pourquoi la comptabilisation aux coûts historiques peut empêcher des crises qui se produiraient en cas de valorisation en valeur de marché.

Nous proposons à présent d'illustrer la façon dont Allen et Gale (1998) mettent en évidence le rôle du marché des actifs dans la fourniture de liquidité d'une part et expliquent les facteurs à l'origine des fluctuations des prix des actifs d'autre part. Ils montrent qu'un tel marché ne fournit pas assez de liquidités car la détention de réserves liquides est coûteuse. Dans ce modèle, les ruées bancaires sont « nécessaires », car elles permettent la réalisation du partage optimal des risques. Cela est possible dans un contexte où le rendement des actifs à long terme est stochastique et la réalisation du choc technologique devient une information publique seulement à la période intermédiaire, une fois l'investissement effectué.

Le cadre d'analyse a été construit à partir du modèle canonique de Diamond et Dybvig (1983), en considérant que la technologie de production rapporte un rendement aléatoire (bas ou élevé) en $T = 2$, soit $R \geq 0$. L'hypothèse de l'illiquidité complète de la technologie de production (elle ne peut pas être prématurément liquidée) a pour objectif d'écartier la possibilité des ruées auto-réalisatrices liées à l'échec de coordination entre les déposants. L'incertitude est levée en $T = 1$, quand tous les intervenants observent un signal parfait concernant le rendement

des actifs à long terme.

Dans un premier temps, les auteurs considèrent le cas où le partage optimal des risques est réalisé par l'intermédiaire d'un plan de consommation qui rend les consommations aux périodes intermédiaire et finale contingentes aux réalisations de R . Dans cette situation, les actifs à long terme ne peuvent pas être prématurément liquidés, ce qui explique pourquoi les ruées (on sous-entend des ruées informationnelles) ne réduisent pas les revenus générés par les actifs. Puisque les proportions de déposants impatientes et patients sont connues, la seule incertitude concerne le rendement de l'investissement à long terme.

Le programme de maximisation de l'utilité sous les contraintes des ressources et d'incitation correspond à celui de Diamond et Dybvig (1983). Les allocations optimales de consommation (*first-best solution*), qui sont donc conditionnelles à la réalisation de R , sont égales à : $c_1^* = \min\{L + RX; \frac{L}{\lambda}\}$ et $c_2^* = \max\{L + RX; \frac{RX}{1-\lambda}\}$ où L représente le portefeuille optimal d'actifs liquides ; X correspond au portefeuille optimal d'actifs illiquides ; λ indique la proportion de déposants impatientes et $(1 - \lambda)$ représente la proportion de déposants patients.

Si le rendement des actifs à long terme est faible (inférieur ou égal à la valeur des actifs liquides $L \geq RX$), la consommation en $T = 2$ doit équilibrer celle en $T = 1$ pour qu'il n'y ait pas de ruées, tel que $c_1^* = c_2^* = (L + RX)^{14}$. En revanche, si le rendement des actifs illiquides est élevé (supérieur à la valeur des actifs liquides $L < RX$), la consommation à la période finale excède forcément celle à la période intermédiaire, soit $c_1^* < c_2^*$ ou encore $\frac{L}{\lambda} < \frac{RX}{(1-\lambda)}$.

Dans un second temps, les auteurs s'intéressent à la réalisation de l'allocation optimale par les banques en enlevant la contrainte de service séquentiel et en supposant que les banques émettent des contrats de dépôt contingents au nombre de déposants qui retirent à chaque période.

Ainsi, la banque s'engage à payer soit \bar{c} unités à tous les déposants qui retirent leurs avoirs à la période intermédiaire, mais à condition que leur nombre (n) ne dépasse toutefois le nombre initial de déposants impatientes ($n < \lambda$), soit une quote-part des actifs à court terme ($\frac{L}{n}$) si $n > \lambda$, où n représente donc le nombre

¹⁴Cette valeur a été trouvée à partir de la contrainte budgétaire $tc_1 + (1 - \lambda)c_2 \leq L + RX$ en posant $c_1 = c_2$ pour éviter les ruées des déposants patients.

de déposants qui retirent à la période 1. Enfin, à la période finale, le profit sera distribué aux déposants qui ont attendu jusqu'à ce que les investissements arrivent à maturité. À l'équilibre, n est tel que les déposants patients sont indifférents à retirer prématurément ou attendre jusqu'à la période finale. Nous remarquons qu'en posant $\bar{c} = \frac{L}{\lambda}$, cela permet de réaliser la même allocation que celle trouvée dans le cas où les contrats de dépôts sont contingents à R , qui permettent un partage optimale des risques compte tenu du rendement des actifs à long terme.

Les ruées bancaires se produisent quand $n > \lambda$ si et seulement si $c_1^* > c_2^*$, ou encore lorsque $R < \frac{(1-\lambda)L}{\lambda X}$. Cela veut dire qu'une fraction des déposants patients égale à $(n - \lambda)$ retire ses avoirs en $T = 1$, tandis que l'autre fraction $(1 - n)$ attend jusqu'en $T = 2$. À partir de la condition d'indifférence (quand la consommation devient indépendante du type d'agent, c'est-à-dire $c_1 = c_2$), il est possible de déterminer le seuil n , au-dessus duquel la banque est vulnérable aux ruées. Pour cet état de la nature, le niveau de la consommation est égal à $(L + RX)$ unités pour les deux catégories de déposants, ce qui correspond à l'allocation optimale trouvée dans le cas antérieur pour un rendement faible des actifs à long terme.

Nous avons fait valoir que dans ce modèle les ruées sont « nécessaires » afin de permettre la réalisation de l'allocation optimale. Cela est possible en rendant la consommation à la période intermédiaire contingente au rendement des actifs à long terme R . Le rôle « stabilisateur » des ruées bancaires est envisageable seulement en se basant sur l'hypothèse d'illiquidité complète des actifs à long terme, ce qui garantit qu'il y aura des ressources à distribuer aux déposants patients. Le fait que certains déposants patients retirent leurs fonds en $T = 1$ ne fait que diminuer la consommation en $T = 1$ et augmenter celle en $T = 2$, car la consommation à la période finale est décroissante du nombre de déposants impatientes.

En affinant leur analyse, Allen et Gale (1998) montrent qu'en enlevant l'hypothèse d'illiquidité complète des actifs illiquides et en introduisant un marché afin de vendre des actifs à long terme pour disposer de liquidités, cela détruit le mécanisme « stabilisateur » des ruées bancaires. L'introduction de ce marché peut mener à une ruée généralisée, au cas où la banque ne peut pas payer \bar{c} unités à la totalité des déposants retirant à la période intermédiaire. Cela intervient par-

ticulièrement lorsque le rendement des actifs à long terme est trop faible, auquel cas il y a le risque pour les déposants patients de perdre totalement leur argent en attendant jusqu'à la période finale.

Lorsqu'une banque est confrontée aux ruées de ses déposants, la liquidation du portefeuille d'actifs bancaires devient imminente. Chaque déposant va recevoir alors une quote-part de la valeur de liquidation, soit $(L + P(R)X)$, où $P(R)$ représente le prix auquel les actifs risqués sont vendus en $T = 1$. Si le prix correspond au bénéfice que les actifs dégageraient normalement à la période finale (ce qui est peu probable), l'allocation optimale est réalisée. Pourtant, Allen et Gale (1998) font valoir que ce prix est forcément inférieur à la valeur fondamentale des actifs en $T = 2$.

Globalement, le prix des actifs à long terme $P(R)$ est déterminé de manière endogène en fonction des caractéristiques des participants aux transactions sur le marché des actifs. Pour montrer pourquoi les actifs sont vendus à un prix inférieur, Allen et Gale (1998) introduisent une nouvelle catégorie d'intervenants qui est celle des spéculateurs. On distingue ainsi deux types d'intervenants sur le marché : (i) les banques qui vendent des actifs et (ii) un grand nombre de spéculateurs identiques et neutres à l'égard du risque qui achètent ces actifs.

Le portefeuille d'une banque est donné par le couple (L, X) , tandis que celui des spéculateurs est représenté par (L_s, X_s) . L'objectif de la banque est de maximiser *ex-ante* (en $T = 0$) l'utilité de ses déposants. En revanche, les spéculateurs se proposent de maximiser *ex-post* (en $T = 2$) leur utilité sous la contrainte de budget, $L_s + X_s \leq W_s$, où W_s représente la richesse des spéculateurs.

Au cas où les ruées se produisent avec une probabilité positive, les spéculateurs sont certainement motivés à détenir des actifs liquides ($L_s > 0$). En effet, une condition nécessaire et suffisante pour que les spéculateurs détiennent un portefeuille composé d'actifs liquides et illiquides est :

$$E[\max\{1; \frac{R}{P(R)}\}] = E[R] \quad (2.2)$$

ce qui signifie que le gain réalisé en détenant des actifs liquides pour acheter des actifs risqués en $T = 1$ à un prix inférieur à R doit être égal au rendement attendu

en achetant des actifs risqués en $T = 0$ pour les garder jusqu'à leur maturité.

À noter que R peut représenter deux choses différentes en fonction de la catégorie d'intervenant : (i) pour les banques, R^{*15} représente la valeur critique (minimale) du rendement des actifs pour laquelle l'on passe du bon équilibre à l'équilibre de panique et (ii) pour les spéculateurs, R^{016} représente le prix maximum qu'ils sont prêts à payer pour acheter des actifs risqués en $T = 1$. Détaillons ces aspects ci-dessous.

Du côté des banques, si le rendement attendu est supérieur à la valeur critique ($R \geq R^*$), cela signifie qu'il n'y a pas de ruées. Inversement, si le rendement attendu est plus faible par rapport à la valeur critique ($R < R^*$), cette situation déclenche inévitablement des courses aux guichets, car la contrainte d'incitation est violée et la banque ne peut pas payer au minimum \bar{c} à ses déposants patients. Face à cette situation, les banques sont forcées de vendre l'intégralité de leurs actifs risqués afin de pouvoir satisfaire les retraits.

Du côté des spéculateurs, nous distinguons également deux cas de figure. Si $R^0 < R < R^*$, cela veut dire que le prix qu'ils sont prêts à payer pour acheter des actifs risqués est inférieur à leur « valeur juste ». Au contraire, lorsque $R^0 \geq R \geq R^*$, les spéculateurs sont prêts à acheter des actifs risqués à un prix qui correspond à « la valeur juste ».

Il s'ensuit donc que le prix des actifs est déterminé non seulement en fonction du rendement des actifs (R) mais aussi de la quantité de liquidité dont disposent les spéculateurs (L_s). En admettant qu'il y ait assez de liquidité sur le marché ($L_s > RX$), le prix que les spéculateurs paient pour acheter des actifs risqués est $P(R) = R^{17}$.

En revanche, lorsqu'il y a pénurie de liquidité, car l'offre de liquidité est insuffisante par rapport à la demande ($L_s < RX$), le prix auquel les spéculateurs

¹⁵ R^* est déterminé à partir de la condition d'indifférence $c_1(R) = c_2(R)$ où $c_1(R) = \bar{c}$ et $c_2(R) = L + RX - \bar{c}$.

¹⁶ R^0 est calculé à partir de la contrainte des ressources en $T = 1$, soit $L_s = R^0 X$.

¹⁷Effectivement, si $P(R) < R$ les spéculateurs veulent certainement détenir des actifs risqués, ce qui induit un excès d'offre d'actifs liquides sur le marché. Au contraire si $P(R) > R$, les spéculateurs ne sont plus incités à détenir des actifs risqués, ce qui crée un excès d'offre d'actifs risqués sur le marché. C'est pour cela que le seul prix d'équilibre possible est $P(R) = R$.

offrent des actifs liquides en échange d'actifs risqués est égal à $P(R) = \frac{L_s}{X} \leq R < R^*$. C'est pourquoi le marché ne fournit pas assez de liquidité pour des réalisations intermédiaires de R , ce qui intervient exactement au moment où les banques ont davantage besoin de liquidité.

Synthétisant, nous distinguons deux régimes concernant le prix des actifs à long terme :

$$P(R) = \begin{cases} R & \text{si } R \leq R^0 \text{ et } R \geq R^* \\ \frac{L_s}{X} & \text{si } R^0 < R < R^* \end{cases} \quad (2.3)$$

Par conséquent, le prix diminue seulement dans un contexte où le rendement des actifs risqués est assez faible pour que cela entraîne la ruée des déposants, mais supérieur toutefois à un certain niveau pour lequel les spéculateurs sont toujours motivés à détenir des actifs liquides pour absorber les ventes d'actifs.

Pour conclure, le marché des actifs non seulement détruit le mécanisme « stabilisateur » des ruées bancaires dans le partage optimal du risque de liquidité, mais il engendre également une redistribution indésirable de gains des déposants vers les spéculateurs. Les derniers réalisent des bénéfices en achetant des actifs à long terme à un prix inférieur à leur valeur fondamentale, tandis que les premiers subissent des pertes.

En approfondissant cette analyse, Allen et Gale (2004c) estiment qu'il y a une relation étroite entre la fragilité financière, d'une part, et le caractère incomplet des marchés à l'origine de la volatilité des prix, d'autre part. Le système financier est considéré fragile au cas où des « petits chocs » sur la demande totale de liquidité engendrent des effets considérables en termes de défauts et de volatilité des prix.

Selon les auteurs, l'offre et la demande de liquidité étant « probablement inélastiques »¹⁸ à court terme, une incertitude globale, même limitée, peut entraîner des variations importantes des prix des actifs¹⁹. Une augmentation de la demande

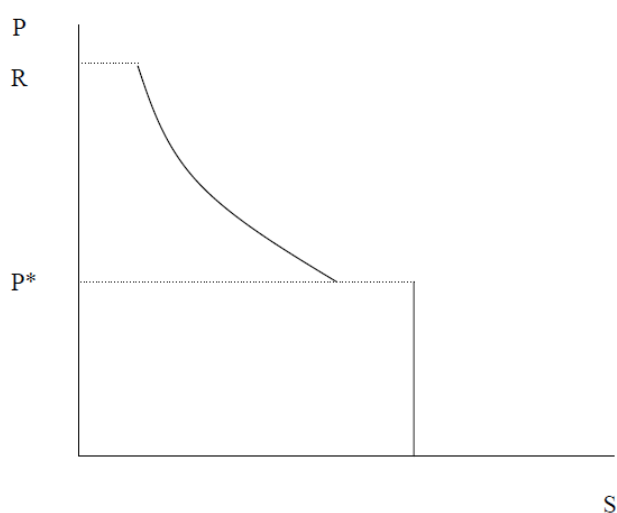
¹⁸Les quantités offertes/demandées sont relativement insensibles aux variations des prix. Les raisons pour lesquelles la demande et l'offre sont inélastiques à court terme n'ont pas été explorées par les auteurs. Une explication possible est liée à des aspects microéconomiques, tels que les coûts de transaction et l'asymétrie d'information.

¹⁹« Because the supply of and demand for liquidity are likely to be inelastic in the short run, a small degree of aggregate uncertainty can cause large fluctuations in asset prices » (Allen et Gale, 2004c page 1).

de liquidité se traduit automatiquement par l'accroissement de la quantité d'actifs offerte sur le marché, ce qui fait en revanche chuter le prix. La baisse du prix entraîne ultérieurement une augmentation subséquente de la quantité d'actifs à vendre, et ainsi de suite, ce qui ne fait qu'exacerber le déclin du prix.

Cependant, à la base de ces distorsions, susceptibles de générer cette contagion « artificielle », se trouvent les imperfections de l'offre de liquidité. En effet, les auteurs modélisent la courbe de l'offre comme une fonction décroissante en fonction du prix (*backward bending supply curve of assets*) (figure 2.6) :

FIG. 2.6 – La courbe de l'offre d'actifs



Source : Allen et Gale (2004c)

où S représente l'offre d'actifs à long terme ; P indique le prix de marché des actifs à long terme ; R correspond au rendement des actifs risqués en $T = 2$ et P^* est le prix-seuil qui marque la barrière entre la solvabilité et l'insolvabilité. Si $P = P^*$, la banque se trouve au bord de la défaillance. Si le prix est supérieur au prix-seuil ($P > P^*$), la banque est solvable et l'offre d'actifs est décroissante du prix, car la quantité d'actifs qu'elle doit vendre décroît avec l'augmentation du prix. Au contraire, si le prix est inférieur au prix-seuil ($P < P^*$), les banques sont insolubles et la quantité offerte est constante (sur le graphique, c'est la droite parallèle à l'ordonnée), car les banques défaillantes doivent vendre la totalité de leurs actifs à long terme.

C'est pourquoi un déclin important du prix rend, dans des cas extrêmes,

les banques incapables de satisfaire leurs obligations contractuelles en anticipant ainsi leur défaut. Si plusieurs banques sont amenées à vendre simultanément leurs actifs, l'espoir d'obtenir de la liquidité est voué à l'échec, car une offre croissante d'actifs peut précipiter les prix des actifs dans une spirale à la baisse et transformer artificiellement un problème de liquidité en problème de solvabilité. C'est donc en raison de cet effet multiplicateur que les petits chocs ont des effets négatifs sur les prix des actifs et, finalement, sur la stabilité financière.

Il est important de souligner que le défaut d'une banque est le résultat d'un changement exogène dans les prix des actifs que les déposants ne peuvent pas contrôler. Ici, la crise financière est modélisée comme un phénomène systémique, car la baisse du prix peut se produire seulement si un nombre important de banques vend leurs actifs.

Pour conclure, afin de prévenir l'effondrement des prix sur le marché des actifs, Allen et Gale (1998, 2004c) évoquent l'intervention de la banque centrale. C'est ce qui s'est produit lors de la crise de 2007, quand les banques centrales ont dû injecter des liquidités à des institutions solvables pour leur permettre de poursuivre leurs opérations. De plus, le blocage survenu sur le marché interbancaire a fait visiblement ressortir que les décideurs ont aussi intérêt à s'assurer que les principaux marchés disposent de suffisamment de liquidités.

Nous allons maintenant nous tourner vers le modèle de Cifuentes, Ferrucci et Shin (2005) qui s'appuient sur le mécanisme de baisse des prix des actifs de Allen et Gale (1998). Les auteurs ajoutent les exigences de solvabilité et développent les conséquences de la contagion liée à l'interaction du risque de liquidité et les normes prudentielles de solvabilité dans un contexte où la valorisation des actifs bancaires au prix de marché peut entraîner des cessions d'actifs endogènes. Les auteurs estiment que l'hypothèse des prix fixes (historiques), adoptée dans les travaux empiriques sur la contagion, n'est pas tout à fait réaliste, car les actifs financiers et les garanties adossées aux actifs sont évalués aux prix de marché (*cash-in-the-market pricing*).

L'originalité de ce modèle réside alors dans la prise en considération des effets-prix imbriqués avec celui du prêt et de l'emprunt interbancaire. Cette interaction

est indéniablement susceptible de rendre plus puissant l'effet initial de la défaillance d'une banque individuelle. À la base, l'algorithme développé par Cifuentes *et al.* (2005) s'appuie sur la matrice indiquant les engagements bilatéraux des banques qui a la forme suivante :

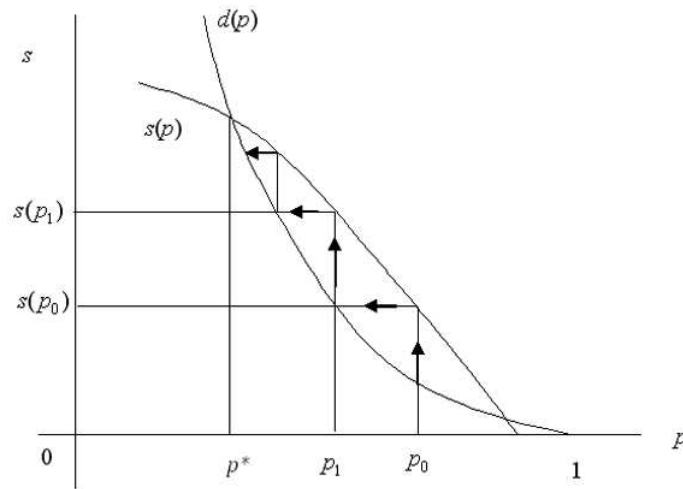
$$\begin{bmatrix} 0 & L_{12} & \dots & L_{1n} \\ L_{21} & 0 & \dots & L_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ L_{n1} & L_{n2} & \dots & 0 \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} 0 & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & 0 & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & 0 \end{bmatrix} \quad (2.4)$$

où n est le nombre de banques, L_{jk} représente la valeur comptable de la dette de la banque j envers la banque k , x_j désigne la valeur réelle des dettes de la banque j et $x_{jk} = x_j \left(L_{jk} / \sum_j L_{jk} \right)$ représente le paiement proportionnel effectué par j envers k . À remarquer que la valeur réelle des dettes interbancaires peut être différente de leur valeur comptable si un débiteur n'est pas capable de payer ses dettes en intégralité (c'est pour cela que les paiements sont proportionnels).

Mise à part l'utilisation de la matrice des engagements bilatéraux, il y a également le marché des actifs bancaires, qui associe une courbe de demande résiduelle décroissante (figure 2.7), ce qui signifie que la diminution du prix est accompagnée de l'accroissement des actifs illiquides à vendre, soit $p = d^{-1} \left(\sum_j s_j \right)$, où $\sum_j s_j$ représente l'offre totale d'actifs illiquides ou la fonction de ventes totales.

Quelques précisions s'imposent relativement au mécanisme de formation du prix qui consiste en un processus d'ajustement vers le prix d'équilibre. Le prix est au maximum ($p = 1$) lorsqu'il n'y a pas de ventes d'actifs illiquides. Cette situation intervient en l'absence de chocs sur le système bancaire, $s(1) = d(1) = 0$. Cependant, en supposant qu'un choc se produise au temps notionnel t , le prix diminue à p_0 . Étant donné ce prix, la quantité totale que les banques doivent mettre sur le marché afin de rétablir les exigences de fonds propres est $s(p_0)$. Cependant, cette quantité est absorbée par le marché pour un prix inférieur, soit $p_1 = d^{-1}(s(p_0))$. Mais, pour un prix égal à p_1 , les banques doivent mettre davantage d'actifs sur le marché, ce qui explique pourquoi l'offre d'actifs totale augmente à $s(p_1)$. Cette quantité est absorbée à un prix inférieur, soit $p_2 = d^{-1}(s(p_1))$, et la

FIG. 2.7 – Dynamique du prix des actifs illiquides



Source : Cifuentes *et al.* (2005)

spirale baissière peut continuer. Le processus d’ajustement continue jusqu’à ce que un nouveau prix d’équilibre (inférieur à 1) soit atteint, en l’occurrence lorsque la courbe de la demande agrégée $d(p)$ croise celle de l’offre agrégée d’actifs illiquides $s(p)$.

Pour mettre en évidence la force des interactions directes au niveau des bilans, Cifuentes *et al.* (2005) ont mis en place une sorte de mécanique reposant sur la contrainte des exigences en fonds propres. Ils supposent qu’un choc initial, de par sa nature exogène, est à l’origine de la réduction de la valeur du bilan d’une banque et déclencheur de ventes d’actifs sur le marché. Ces ventes sont nécessaires pour rétablir les exigences de fonds propres. Le processus de liquidation implique, selon l’importance des pertes, des ventes d’actifs liquides et, ensuite, illiquides. Les ventes d’actifs liquides n’ont aucune influence sur le ratio de solvabilité, car leur prix reste invariant. En revanche, les ventes d’actifs illiquides sont susceptibles de modifier le ratio de solvabilité, car leur prix change en fonction de l’offre et la demande de liquidité sur le marché.

Si le ratio ainsi calculé (expression 2.5), se situe en dessous du ratio de fonds propres réglementaires (r^*) la banque doit réduire la taille de son bilan en vendant les actifs liquides dans un premier temps, et les actifs illiquides dans un second

temps :

$$\frac{pe_j + c_j + \sum_k x_{kj} - x_j}{p(e_j - s_j) + (c_j - t_j) + \sum_k x_{kj}} \geq r^* \quad (2.5)$$

où pe est la valeur de marché des actifs illiquides ; c représente le volume d'actifs liquides dont le prix est égal à 1 ; $\sum_k x_{kj}$ est la somme totale des créances de la banque j sur les banques k . Le numérateur représente les fonds propres de la banque j et le dénominateur indique la valeur de marché de ses actifs ; t et s désignent la quantité d'actifs liquides, respectivement illiquides à vendre, afin de rétablir le ratio de solvabilité²⁰.

Dans le cadre de ce modèle, deux mécanismes de contagion, qui vont de pair et se renforcent mutuellement, sont mis en évidence : (i) par les liens interbancaires et (ii) au travers des effets engendrés par les changements des prix des actifs illiquides sur les fonds propres des autres banques.

Le mécanisme de contagion par les prêts/les dépôts interbancaires est similaire à celui analysé dans la section précédente (voir section 2.2.2.2). Il en résulte des interactions directes au niveau des bilans, les difficultés pouvant se propager à d'autres banques en raison de leur exposition mutuelle.

En revanche, la contagion par le canal des variations des prix des actifs illiquides fonctionne différemment. Quand une banque fait défaut, les autres banques sont influencées indirectement. Sachant que les banques gèrent activement leur bilan, n'importe quelle modification du prix y apparaît instantanément. Ensuite, si la contrainte relative à l'adéquation en fonds propres est violée, elles se trouvent dans l'obligation de vendre des actifs afin de réduire la valeur du bilan. Si plusieurs banques sont amenées à vendre des actifs illiquides simultanément, le prix des actifs diminue, entraînant par la suite des réactions synchronisées pour la totalité des banques. La baisse du prix se répercute à nouveau sur le bilan des institutions financières et peut générer un repli de leurs fonds propres en-dessous du niveau

²⁰Dans ce modèle, une banque en difficulté ne peut pas se refinancer sur le marché interbancaire, car pendant des périodes de stress quand les marchés de capitaux sont fermés, les liquidités sont coûteuses ou même introuvables. En outre, le modèle n'introduit pas le prêteur en dernier ressort, dont l'intervention, estiment Cifuentes *et al.* (2005), peut soulever la question de l'aléa moral. Dans le même ordre d'idées, on peut rajouter que, durant les périodes de stress, il est impossible de distinguer entre les banques illiquides et les banques insolubles, ces deux piliers de l'activité bancaire étant souvent impossibles à dissocier l'un de l'autre (Goodhart, 2007).

réglementaire, et un nouveau calibrage du bilan peut à nouveau être nécessaire. Ceci crée un effet de spirale conduisant à la baisse continue des prix et entraînant l'ensemble des institutions financières dans « ce cercle vicieux ».

Il est important de signaler que certains modèles, comme ceux de Cifuentes *et al.* (2005), ne tiennent pas compte des sources de risque de liquidité. Généralement, il y a un choc initial donné, qui n'est pas forcément un choc de liquidité, et qui entraîne la faillite d'une banque. Nous assistons à un phénomène mécanique où les ventes d'actifs illiquides s'enchaînent à cause de l'ajustement à la baisse de leur prix. Les liens interbancaires ne font que perturber encore plus le marché et amplifier l'effet initial d'une crise isolée de liquidité.

Dans le même ordre d'idées, Estrada et Osorio²¹ (2006) ont mis en place un modèle microéconomique en vue de modéliser et de simuler le comportement d'une banque face aux fluctuations quotidiennes de dépôts et de crédits, qui doit vendre des actifs négociables sur un marché spécifique afin de faire face aux retraits des déposants. Nous nous intéressons à ce modèle car les auteurs ont développé un algorithme sur lequel nous nous appuyerons dans notre application numérique qui fera l'objet du chapitre 4.

L'originalité de ce modèle repose sur la prise en considération de manière explicite des sources du risque de liquidité et sur la manifestation de la contagion par les prix des actifs en l'absence du marché interbancaire. Concernant ce dernier aspect, Adrian et Shin (2008) soulignent que les défauts (il s'agit de la propagation des défaillances contagieuses par les liens interbancaires) ne sont même pas « nécessaires » pour qu'il y ait contagion et des reculs des cours de Bourse peuvent suffire²². Cela nous laisse entendre que les liens interbancaires ne font qu'amplifier l'effet du choc qui frappe une banque.

Le modèle d'Estrada et Osorio (2006) se focalise sur le risque de liquidité découlant de l'activité de transformation des échéances traditionnellement exercée par les intermédiaires financiers. Une première source du risque de liquidité

²¹À noter que leur cadre d'analyse s'appuie sur le modèle de Iori *et al.* (2006).

²²À ce sujet, il suffit de voir les difficultés traversées par les sociétés européennes d'assurance-vie pendant l'été 2002 (FSA Guidance Note 4 et « FSA introduces new element to life insurers resilience tests »).

est le décalage de maturité entre les crédits, qui sont illiquides, et les dépôts, qui sont exigibles à tout moment. De ce fait, le déficit de liquidité intervient car les crédits n'ont pas été remboursés au moment où les banques devaient honorer les retraits des déposants. La nature aléatoire de la collecte de nouveaux dépôts et des opportunités de crédits représente la deuxième source du risque de liquidité. Dans ce modèle, la contagion à travers des fluctuations des prix se manifeste dans un contexte où il n'y a pas de marché interbancaire au sens traditionnel du terme ni de prêteur en dernier ressort. De même que dans les modèles de Allen et Gale (1998, 2004b et 2004c), les banques en quête de liquidités doivent vendre leur portefeuille d'actifs négociables au lieu de se refinancer sur le marché (éventuellement emprunter en contrepartie de collatéral). Dans un univers de réglementation comptable reposant sur la valorisation en valeur de marché, la baisse du prix entraîne par la suite une diminution de la valeur du bilan de chaque banque, qu'elle ait participé ou non aux transactions sur le marché. Après la réévaluation des actifs négociables au nouveau prix, les banques initialement liquides peuvent devenir illiquides ou même insolubles entraînant des ventes supplémentaires et, par voie de conséquence, un nouveau prix sur le marché. En fonction de la dimension, de la profondeur du marché pour les actifs et du caractère endogène de la liquidité, cette spirale baissière des prix peut aboutir à une crise systémique.

Bien qu'il s'agisse de simulations purement numériques, les modèles illustrés offrent un aperçu des différents éléments susceptibles de favoriser le phénomène de contagion par les prix. Selon Cifuentes *et al.* (2005), un système autarcique est plus résistant aux chocs qu'un système interconnecté, car il n'y a pas de canal de transmission des pertes aux contreparties. Les pertes restent au niveau du bilan des banques en détresse, les autres étant influencées par le biais des effets-prix. Quand le nombre de contreparties est élevé et les pertes ne sont pas très importantes, selon l'approche traditionnelle, le système devient plus résistant et même un niveau faible de fonds propres pourrait suffire pour absorber une petite proportion des pertes (Allen et Gale, 2000). Cependant, un tel scénario est possible lorsque les effets-prix ne sont pas pris en compte, ou bien s'il n'y a que des ventes d'actifs liquides qui ne perturbent pas les prix. Lorsque les pertes excèdent les fonds propres, le fait qu'il y ait un nombre élevé de banques ne fait qu'amplifier les effets pervers de la

contagion liée à la volatilité des prix.

Quant à Estrada et Osorio (2006), ils se sont intéressés aux effets de la demande agrégée de crédit, du niveau des réserves obligatoires et de la volatilité des dépôts sur la solidité d'un système bancaire homogène et, ensuite, hétérogène. En dehors de l'effet incertain de la volatilité des dépôts, les deux autres variables exercent un impact négatif sur la stabilité bancaire. Premièrement, le volume de crédits satisfaits est positivement lié à la dimension de la demande agrégée de crédit. Quand la demande est élevée, la banque octroie plus de crédits, ce qui mène au tarissement du cash disponible pour acheter des titres. En revanche, une demande agrégée faible se traduit par une diminution du volume des crédits satisfaits et par une augmentation des actifs financiers achetés. Deuxièmement, un taux élevé des réserves obligatoires influence négativement le solde du compte de trésorerie, car une proportion significative des dépôts collectés sera conservée sous forme de réserves obligatoires au lieu d'être utilisée pour accorder des crédits et acheter des actifs négociables. En conséquence, la demande d'actifs négociables diminue et l'excès d'offre augmente, ce qui provoque une baisse du prix et une amplification de la contagion par les prix.

Enfin, une dernière constatation importante concerne les exigences de liquidité en mesure de réduire la contagion et qui peuvent jouer le même rôle que les fonds propres. À noter toutefois que, pendant des périodes de tensions sur le marché, quand l'impact des ventes sur le prix est plus élevé, la liquidité peut être plus efficace que les fonds propres pour limiter les effets systémiques. C'est pourquoi on impose une réglementation concernant un niveau approprié de réserves de liquidité. De même que pour les exigences de fonds propres, l'établissement de leur niveau ne devrait pas être laissé aux gestionnaires ou à l'actionnariat. Dans ce contexte, les exigences en matière de liquidité devraient prendre en compte de l'exposition de chaque banque aux chocs macroéconomiques ou de la contribution de chacune au risque systémique (Cifuentes *et al.*, 2005 ; Rochet, 2004 ; Dziobek *et al.*, 2000). Rochet et Vives (2004) font également ressortir que la combinaison des exigences de fonds propres, de liquidité et des interventions de prêteur en dernier ressort à la Bagehot peut empêcher l'effet de domino sur les marchés interbancaires.

2.4 Remarques conclusives

Dans ce chapitre, nous avons recensé les aspects plus importants de la littérature relative aux mécanismes de contagion dans les crises de liquidité. Nous avons traité dans un premier temps de la contagion par les ruées des déposants, en distinguant la contagion purement spéculative de celle provoquée par la similitude des actifs. Dans un second temps, nous avons analysé la contagion par les liens interbancaires, en mettant en évidence les facteurs susceptibles de favoriser la contagion. Nous avons également illustré le rôle des dépôts interbancaires. Par la redistribution des excédents de liquidité vers les banques en déficit, les dépôts (et, implicitement, les prêts) interbancaires s'avèrent être un instrument efficace d'assurance de liquidité. Cependant, nous avons montré qu'ils présentent l'inconvénient de favoriser la propagation d'une crise de liquidité, éprouvée initialement par une seule banque, à l'ensemble du système bancaire, notamment quand il y a un excès de demande de liquidité et quand les créances irrécupérables relatives à l'exposition à l'égard d'une contrepartie sont supérieures aux fonds propres.

Nous avons aussi faire ressortir que la structure du marché interbancaire influe directement sur la dimension de la contagion : la structure complète est moins vulnérable à la contagion par rapport à la structure incomplète, car, dans le premier cas, les effets d'une crise financière dans une banque (région) sont proportionnellement absorbés par un nombre plus important de banques (régions). Par ailleurs, la contagion est mesurée par le nombre de banques qui font défaut à chaque période, à la suite d'un choc initial. Alternativement, la solidité du système est donnée par le nombre de périodes écoulées avant que ce système atteigne l'équilibre.

Enfin, nous nous sommes intéressés à la contagion au travers des variations des prix des actifs, en l'occurrence à l'incidence des ventes d'actifs sur les bilans des institutions financières. Puisque les marchés sont incomplets et imparfaits, les banques sont amenées à vendre des actifs illiquides. Une offre croissante d'actifs fait baisser rapidement le prix et provoque un repli des fonds propres pour la totalité des banques. La contagion se manifeste alors de façon mécanique dans le sens où les ventes d'actifs s'enchaînent aboutissant à un nouveau prix, probablement plus bas. Les liens interbancaires conjugués avec les effets-prix ne font qu'amplifier l'effet initial d'une crise de liquidité.

Dans la deuxième partie de notre travail, consacrée à deux applications numériques, nous proposerons de vérifier les hypothèses relatives à la dimension de la contagion pour les différents scénarios. Pour ce faire, nous allons nous appuyer notamment sur le deuxième chapitre sans sous-estimer l'importance du premier, qui est toutefois indispensable à la compréhension de la contagion dans les crises de liquidité. Nous tenterons également de modéliser la fonction de transformation des échéances telle qu'elle est traditionnellement exercée par les banques, en intégrant les fluctuations périodiques des dépôts à court terme et des opportunités de crédit à long terme.

Dans un premier temps, en considérant les structures des liens interbancaires décrites lors de la présentation du modèle de Allen et Gale (2000) dans l'algorithme de Iori *et al.* (2006), nous évaluerons la dimension de la contagion en supposant que les banques se prêtent entre elles sur le marché interbancaire (chapitre 3).

Ensuite, dans un second temps, nous adapterons l'algorithme de Estrada et Osorio (2006) afin d'y pouvoir intégrer le mécanisme de baisse des prix des actifs de Allen et Gale (1998, 2004b et 2004c) et Cifuentes *et al.* (2005). Nous essaierons ainsi d'examiner la force des interactions directes au niveau des bilans des banques dans un contexte où les actifs financiers sont évalués aux prix de marché, auquel cas les variations des prix entraînent une réaction immédiate et synchronisée de tous les intervenants dans le cadre du système bancaire (chapitre 4).

DEUXIEME PARTIE

Applications numériques. Simulations des
mécanismes de contagion par les liens
interbancaires et par les variations des prix des
actifs

Introduction

Dans le cadre de la deuxième partie, qui constitue le volet appliqué de notre travail, nous tenterons de modéliser et tester des éléments du cadre théorique illustré dans la première partie.

En effet, cette partie sera constituée de deux chapitres, chacun proposant une simulation des mécanismes de contagion présentés dans le chapitre 2. Les exercices de simulation, qui sont purement numériques, seront réalisés en s'appuyant sur des algorithmes récursifs que nous développerons à partir de ceux proposés par Iori *et al.* (2006) (pour la première simulation) et Estrada et Osorio (2006) (pour la deuxième simulation).

À la différence des modèles de contagion dans lesquelles le déséquilibre initial est exogène et pas forcément liée au risque de liquidité, nous essayons de modéliser les sources de risque de liquidité et de faire apparaître des situations de pénuries de liquidité. Notre objectif est de mesurer la dimension de la contagion suite au défaut d'une banque qui n'arrive pas à combler son besoin de financement. Le point de départ de nos démarches est donc le mécanisme de gestion de la liquidité au niveau d'une banque compte tenu des fluctuations des dépôts et des crédits d'une période à l'autre. Puisqu'il y a un décalage de maturité entre les actifs et les passifs, une banque peut se retrouver, à un moment donné, dans une situation de manque de liquidité. Une telle situation pourra être surmontée en empruntant sur le marché interbancaire ou auprès de la banque centrale ou encore en vendant des actifs négociables sur le marché des actifs financiers.

Ainsi, dans le chapitre 3, nous nous appuyons principalement sur le modèle de Allen et Gale (2000) et l'algorithme de Iori *et al.* (2006). Nous supposons que les banques ont la possibilité de se prêter entre elles sur le marché interbancaire ou d'emprunter à la banque centrale en contrepartie de garanties de bonne qualité. Dans ce cas, les prix des actifs ne varient pas. Notre objectif est de tester les hypothèses de Allen et Gale (2000) relatives à la dimension de la contagion en fonction de la structure des liens interbancaires. Nous étudierons également les

effets de certaines variables institutionnelles, telles que la dimension des actifs liquides, la demande agrégée de crédit ou la volatilité des dépôts sur la stabilité du système bancaire.

Ensuite, dans le chapitre 4, à partir des modèles de Allen et Gale (1998 et 2004c), Cifuentes *et al.* (2005) et l'algorithme de Estrada et Osorio (2006), nous supposons qu'une banque illiquide sera amenée à vendre des actifs négociables sur les marchés des actifs financiers pour se procurer de la liquidité. Dans ce cas de figure, nous considérons qu'il n'y a pas de marché interbancaire et que les prix des actifs varient d'une période à l'autre en fonction de la demande et l'offre de liquidité. Ce chapitre a donc pour objectif de mettre en évidence non seulement le mécanisme de contagion par les prix, mais aussi de chercher les effets éventuels sur le bilan de l'ensemble des institutions financières.

Chapitre 3

Application numérique de la contagion par les liens interbancaires

3.1 Introduction

Les premiers modèles de crises bancaires, qui ont été étudiés dans le chapitre 1, sont axés sur les fragilités intrinsèques d'une banque unique, dont les origines se trouvent dans le service de transformation des maturités. Nous avons également vu que cette structure déséquilibrée d'actifs et de passifs rend les banques vulnérables à des ruées de type *sunspot* (Diamond et Dybvig, 1983) ou à des ruées informationnelles (Jacklin et Bhattacharya, 1988 ; Chari et Jagannathan, 1988). Faute de pouvoir se refinancer ou faire intervenir une autorité extérieure, une banque solvable mais incapable de satisfaire ses engagements à l'égard des déposants, peut finir par faire faillite du fait des ventes en catastrophe d'actifs à long terme.

Ensuite, dans les modèles à plusieurs banques, nous avons mis en évidence que le marché interbancaire permet de réduire le montant des investissements dans des actifs liquides ou peu porteurs d'intérêts et d'augmenter ainsi les investissements à long terme, plus rentables (Bhattacharya et Gale, 1987). Comme nous l'avons montré dans le chapitre 2, le marché interbancaire contribue à une meilleure gestion de la liquidité en facilitant la redistribution de la liquidité des banques en

excédent vers celles en déficit, ce qui permet de stopper l’amorce d’une ruée aux guichets. Mais cela n’est possible que si, au niveau du système bancaire, le volume de retraits prématurés n’est pas plus élevé que prévu, car la liquidation des dépôts interbancaires n’aboutit pas à l’augmentation de la liquidité totale sur le marché interbancaire (voir section 2.2.2.2 du chapitre 2 consacrée au modèle de Allen et Gale, 2000). De plus, la défaillance d’une banque peut engendrer un effet de contagion (ou de dominos) au travers des liaisons interbancaires, au cas où le non paiement des engagements interbancaires par la banque défaillante réduit la capacité des banques créditrices à honorer, à leur tour, leurs obligations à l’égard des autres établissements financiers (Cifuentes *et al.*, 2005 ; Iori *et al.* 2006).

Notre étude se situera dans le champs d’analyse des modèles de contagion par les liens interbancaires. Nous proposons de mettre en évidence une source de risque de liquidité liée à la gestion des moyens de paiement. Nous faisons ainsi apparaître une pénurie globale de liquidité qui provient d’une part, du désajustement de maturités entre les actifs et les passifs d’autre part et des fluctuations des dépôts et des opportunités de crédits d’une période à l’autre. La pénurie de liquidité est différente d’un choc exceptionnel de liquidité (demande exceptionnellement élevée de liquidité) qui est surtout lié à la montée globale de l’incertitude suite à la défaillance d’une institution financière, à une récession ou encore à un krach boursier (*cf.* Holstrom et Tirole, 1996).

Ainsi, nous proposerons de discuter le rôle potentiellement « stabilisateur » du prêt interbancaire (qui est d’ailleurs l’autre face du dépôt interbancaire) dans la gestion de la liquidité, au niveau d’une seule banque et du système bancaire, en fonction de certaines variables institutionnelles, telles que la dimension des actifs liquides, la demande agrégée de crédit ou la volatilité des dépôts. Nous tenterons également de vérifier les hypothèses d’Allen et Gale (2000) relatives à la dimension de la contagion par le biais de simulations numériques, en intégrant trois types de structures de liens interbancaires : complète, circulaire ou déconnectée.

Ce chapitre sera organisé comme suit. Dans la première section, nous décrivons le cadre d’analyse du modèle. Dans la deuxième section, nous examinerons le mécanisme de gestion de la liquidité au niveau d’une banque et du système

bancaire en se focalisant sur l'activité de prêt interbancaire. Dans la troisième section, nous présenterons et interpréterons les principaux résultats des simulations réalisées. Nous concluons dans la dernière section.

3.2 Le cadre d'analyse

L'idée directrice qui guide notre analyse est qu'une banque doit rigoureusement gérer sa liquidité afin de faire face aux décalages entre les entrées et les sorties de fonds, qui résultent de l'activité de transformation telle qu'elle est traditionnellement pratiquée par les banques. En effet, notre démarche reposera sur l'approche de flux monétaires utilisée pour estimer les besoins de liquidité d'une banque. Selon cette approche, la liquidité bancaire augmente avec les dépôts et les autres sources de financement et diminue avec les prêts et les autres emplois de fonds (Blaschke *et al.*, 2001). Il y a donc un déficit de liquidité quand les emplois excèdent les fonds disponibles. Dans ce cas, les banques doivent trouver des ressources supplémentaires, comme l'emprunt interbancaire, en vue de couvrir le solde créditeur.

De toute évidence, le marché interbancaire permet un partage optimal du risque de liquidité, mais les interdépendances créées entre les banques constituent un cadre propice à la propagation d'une crise de liquidité qui trouve son origine dans une banque particulière à d'autres banques. Dans ce contexte, elles sont exposées non seulement au risque de liquidité, mais aussi au risque de contrepartie, car les pertes induites par une banque défaillante peuvent, comme nous allons voir plus loin, peser fortement sur leur bilan.

Il est à noter que les exercices de simulations, qui sont d'ailleurs purement numériques, seront réalisés en s'appuyant sur un système bancaire composé de plusieurs banques dont la structure du bilan initiale est similaire. En outre, les stratégies des participants sont exogènes. Il convient également de garder à l'esprit que les crises engendrées par divers chocs ne sont pas censées être « réalistes » au niveau de leur durée et de leur sévérité.

3.2.1 Les axes directeurs du cadre d'analyse

Nous allons à présent illustrer les trois axes autour desquels notre cadre d'analyse s'articule. Nos trois points de départ sont les suivants : *(i)* les facteurs de risque de liquidité, *(ii)* les instruments de gestion de la liquidité dont dispose une banque et, enfin, *(iii)* les situations de défaillances des marchés dans la fourniture de liquidité.

Le premier axe est constitué par les facteurs de risque de liquidité. Du côté du passif bancaire, nous évoquons l'incertitude concernant la capacité des banques à assurer le renouvellement des dépôts qu'elles reçoivent afin de financer leur offre de prêts. Du côté de l'actif, le risque de liquidité provient de l'incertitude relative au volume de demandes de crédit émanant du secteur non-financier.

Les instruments de gestion de la liquidité d'une banque font l'objet du second axe. Par définition, une banque est liquide si elle est capable de faire face à ses obligations de trésorerie suivant leur échéance. Ces instruments recouvrent la liquidité et les actifs susceptibles d'être convertis rapidement en liquidité pour satisfaire les demandes de retraits de fonds à court terme émanant des contreparties¹ (Valla *et al.*, 2006). Les actifs détenus à cet effet sont les titres d'État qui peuvent être utilisés en garantie dans le cadre des opérations de refinancement sur le marché interbancaire et/ou à la banque centrale.

Enfin, le troisième axe traite des situations de défaillances des marchés dans la fourniture de liquidité qui surviennent quand il y a pénurie temporaire de liquidité, ou lorsque la structure de liens est incomplète. Ces deux situations impliquent nécessairement une intervention extérieure pour alimenter les banques en liquidités.

À la base de notre analyse, c'est le modèle de Iori *et al.* (2006) auquel nous avons apporté plusieurs modifications structurelles. Nous commençons en présentant les aspects communs avec le cadre d'analyse de Iori *et al.* (2006) et poursuivons avec les aspects qui nous en différencient. Les aspects communs portent sur le rôle d'une banque, en tant qu'intermédiaire financier, et la façon dont elle peut

¹En fait, selon cette approche, la liquidité est intimement liée à l'activité de transformation des échéances pratiquée par les banques.

comblent un éventuel déficit de liquidité. À chaque période de temps, les banques reçoivent des dépôts et des demandes de crédits aléatoires du grand public et des entrepreneurs du secteur non financier. Leur rôle principal est alors de diriger les fonds collectés vers l'activité de crédit. Puisque les fluctuations de liquidité sont stochastiques, une banque peut, à un moment donné, se trouver dans l'incapacité à faire face aux engagements envers ses créiteurs (déposants et autres banques) en raison de l'illiquidité de ses actifs, en l'occurrence des crédits. Pour surmonter une telle situation, elles empruntent sur le marché interbancaire.

Parmi les aspects qui nous différencient, nous évoquons la structure des expositions interbancaires et les conditions de refinancement. Selon Iori *et al.* (2006), une banque ne peut qu'emprunter ou prêter sur le marché interbancaire. De surcroît, le prêt interbancaire est en blanc, sans collatéral, et le taux afférent reste constant d'une période à l'autre, indépendamment de la quantité de liquidité mise en jeu. Parallèlement, les banques qui n'ont pas réussi à combler leur manque de liquidité sont directement mises en faillite.

Nous allons plus loin et supposons qu'une banque peut être à la fois créditrice et débitrice. C'est pourquoi nous travaillons sur la matrice indiquant les engagements bilatéraux des banques afin de déterminer la position interbancaire nette de chacune. À la différence de Iori *et al.* (2006), nous envisageons une possible intervention de la banque centrale dans le cadre des facilités de prêt marginal par des prêts garantis². Dans des circonstances normales, il n'existe aucune limite de crédit ni de restriction relative à l'accès des contreparties à la facilité de prêt, mise à part l'obligation de présenter suffisamment d'actifs en garantie (BCE, 2006). En outre, nous supposons que les transactions interbancaires s'opèrent de même que les facilités de prêt marginal contre collatéral.

Il est important de préciser que les opérations de fourniture de liquidité peuvent aussi s'effectuer par des prises en pension³. Cependant, pour des raisons de simplification, nous n'utiliserons pas ici le marché du repo mais uniquement les

²Une sûreté opposable est constituée sur l'actif, mais, sous réserve de l'exécution intégrale de l'obligation, l'actif demeure la propriété de l'emprunteur (BCE, 2006).

³La propriété de l'actif est transférée au créancier et les parties acceptent de dénouer l'opération par une rétrocession de l'actif au débiteur à une date ultérieure (BCE, 2006).

prêts garantis. À cet effet, nous introduisons les titres d'État⁴ dans la structure bilancielle de chaque banque qui, hormis le fait qu'ils génèrent un revenu fixe pour une période de temps indéterminée, servent aussi d'actif éligible dans le cadre des opérations sur le marché interbancaire et de refinancement auprès de la banque centrale.

Nous faisons quatre hypothèses relatives aux opérations d'emprunt sur le marché interbancaire et/ou à la banque centrale. Premièrement, de même que pour Iori *et al.* (2006), ces emprunts concernent uniquement les besoins de liquidité à court terme. En effet, ils sont destinés à couvrir les retraits des déposants ou à rembourser les emprunts contractés à la période précédente, et non à financer des projets d'investissement à long terme (crédits au secteur non financier).

Deuxièmement, une banque ne peut pas reporter le paiement de ses dettes envers les contreparties et la banque centrale d'une période à l'autre. Ce qui a été emprunté à la période précédente doit être remboursé à la période courante, au principal s'ajoutant les intérêts afférents. En revanche, elle peut, à la différence de Iori *et al.* (2006), fractionner ce paiement au cours de la période. Par exemple, une banque peut régler une part de ses dettes après avoir encaissé ses créances interbancaires et régler l'autre part après avoir emprunté sur le marché interbancaire et/ou à la banque centrale.

Troisièmement, le règlement des dettes interbancaires nettes et envers la banque centrale, dont le montant est conditionné par la capacité de règlement des contreparties, se fait par le biais de la liquidité dégagée par les opérations de trésorerie et interbancaires.

Finalement, concernant les conditions d'intérêt, nous nous différencions totalement de Iori *et al.* (2006), dont le modèle s'appuie uniquement sur le taux interbancaire, qui reste inchangé d'une période à l'autre quelle que soit la quantité de liquidité disponible sur le marché. En ce qui nous concerne, nous utiliserons deux taux d'intérêt : le taux plafond et le taux interbancaire. Ainsi, le taux d'intérêt plafond pratiqué dans le cadre de la facilité de prêt marginal est préalablement établi par la banque centrale. Les intérêts dus au titre de recours à la facilité sont

⁴« Si la banque détient un stock d'actifs liquides de très haute qualité, la transformation d'échéances peut être plus grande, car le risque de financement peut être couvert par la vente ou le nantissement d'actifs de grande qualité » Goodhart (2007, page 45).

payables en même temps que le remboursement du prêt (*cf.* BCE, 2006). Quant au taux du marché interbancaire, nous allons le calculer en fonction de l'offre et la demande de liquidité et celui-ci traduira la rareté ou l'abondance de monnaie banque centrale sur ce marché. Il s'établit donc librement sur le marché.

Tout en restant fidèles à l'objectif de notre étude, nous ne proposons pas de faire une analyse détaillée relative à l'établissement du taux interbancaire en pratique sur laquelle il existe une littérature très abondante (*i.e.* Woodford, 2000 ; Gaspar *et al.* 2004 ; Neyer et Wiemers, 2004 ; Wiemers et Neyer, 2003 ; Bindseil, 2004 ; Berentsen et Monnet, 2007, etc.). Quelques précisions s'imposent toutefois à cet égard.

De manière générale, les banques font face à deux risques (Gaspar *et al.*, 2004). Premièrement, il peut y avoir une baisse imprévue de la liquidité. Le déficit de liquidité peut intervenir dans le cas où une banque a effectué des paiements trop élevés en provenance des comptes de ses clients vers les autres banques. Celui-ci peut être comblé soit en diminuant son activité de crédit à long terme (ce qui n'est pas si évident), soit en empruntant sur le marché interbancaire, soit en empruntant ou en liquidant ses dépôts (si la banque en dispose) auprès de la banque centrale.

Deuxièmement, une banque peut être confrontée à une augmentation imprévue de la liquidité. Dans ce cas de figure, elle pourra prêter sur le marché, acheter des titres de créance ou encore accorder des crédits à long terme au grand public. Ceci explique pourquoi, lorsque les banques déterminent le montant des fonds à mettre sur le marché, elles doivent prendre en compte l'effet de ses décisions sur la probabilité de devoir recourir à la facilité de prêt marginal ou de se retrouver avec un surplus de liquidité (ou *locked-in*) en fin de journée (Gaspar, 2004).

Dans les économies modernes, les banques centrales se proposent d'utiliser les taux d'intérêt directeurs (le taux refi et les taux des facilités permanentes) pour atteindre leurs objectifs finaux de politique monétaire. À cet égard, Mitlid et Vesterlung (2001) font remarquer que la banque centrale contrôle parfaitement le taux interbancaire, qui lui-même détermine tous les autres taux à court terme. Nous rappelons que le taux interbancaire est le taux auquel les banques peuvent, selon le cas, financer le déficit ou placer l'excédent de liquidité sur le marché inter-

bancaire. Ces auteurs montrent qu'en principe, chaque banque connaît sa position en fin de journée, et la banque centrale connaît aussi avec certitude sa position vis-à-vis de chacune. Par conséquent, le fait que la banque centrale puisse orienter le taux interbancaire est dû à sa capacité à déterminer les termes et l'ampleur de ses dépôts et de ses prêts auprès d'elle pour l'ensemble des participants aux systèmes de paiement⁵ (par exemple, aux systèmes de paiement européens Target et Euro1).

Comme nous l'avons évoqué plus haut, les taux directeurs, ainsi que la façon dont la banque centrale est capable d'influencer la situation de liquidité du système bancaire, constitue le cœur même de la politique monétaire. Pour faire connaître ses intentions, la BCE annonce le taux des appels d'offre, ainsi que les taux plancher et plafond, tout en maintenant l'écart entre ces deux taux constant. Le taux des appels d'offre ou des opérations de refinancement constitue le principal taux directeur de la BCE (taux refi). Il se situe exactement au milieu du corridor formé par les taux plafond et le taux plancher. Les banques sont également tenues de maintenir un certain niveau de réserves auprès de la banque centrale, dont l'objectif est de stabiliser les taux d'intérêt du marché monétaire et de créer (ou d'accentuer) un déficit structurel de liquidités au sein du système bancaire (BCE, 2006).

En temps normal, les établissements de crédit ne vont se refinancer auprès de la banque centrale, via des facilités permanentes, qu'en dernier recours pour assurer les ajustements résiduels de trésorerie qu'ils n'ont pu effectuer en cours de journée sur le marché interbancaire.

Sur le marché interbancaire, les banques se prêtent entre elles en blanc (le taux utilisé est Eonia) ou en contrepartie de collatéral (le taux pratiqué s'appelle Euro Interbank Offered Rate ou, simplement, Euribor).

Les facilités permanentes interviennent en fin de journée, après la clôture du marché interbancaire, ce qui coïncide avec la clôture du système de paiement Target. À ce moment-là, une position *overdraft* sur une banque se transforme automatiquement en un prêt au jour le jour via la facilité de prêt marginal (toujours

⁵Ces systèmes sont utilisés pour traiter des paiements non seulement entre les banques participantes elles-mêmes mais aussi entre les banques et la banque centrale.

en contrepartie de collatéral). En outre, les banques peuvent également accéder aux facilités permanentes trente minutes après la clôture du Target.

À l'opposée, en temps de crise, la confiance mutuelle que se font généralement les banques est mise à mal et les transactions sur le marché interbancaire ne se font plus. Les banques disposant d'excédents de liquidité refusent de les placer auprès de leurs consœurs et préfèrent constituer des dépôts à la banque centrale, même à un taux inférieur, comme cela s'est passé lors de la crise de 2007. Dans un contexte où il n'y a plus d'activité sur le marché interbancaire, les banques en déficit doivent bien évidemment se tourner elles aussi vers la banque centrale.

Il est important de mentionner que le rôle des facilités permanentes est de limiter l'évolution du taux du marché interbancaire. Leur niveau est établi de sorte qu'il est plus avantageux d'aller sur le marché interbancaire que d'emprunter ou de faire des dépôts auprès de la banque centrale (cela si l'on suppose qu'il y a assez de liquidité sur le marché).

Ainsi, le taux pratiqué pour les facilités de prêt marginal devient le taux plafond du marché interbancaire, car aucune banque n'a pas de raison d'aller chercher ailleurs ce qu'elle peut obtenir par ce mécanisme. Le recours à la facilité de prêt marginal est donc coûteux, car le taux plafond est supérieur au taux interbancaire.

Le taux pratiqué dans le cadre des facilités de dépôt devient le taux plancher du marché interbancaire, car une banque n'ira pas prêter des liquidités à un taux inférieur à celui qui est offert automatiquement par la banque centrale. Il s'ensuit alors que le recours à la facilité de dépôt marginal est également coûteux, car la valeur marginale des réserves accumulées au-dessus de ce qui est nécessaire, c'est-à-dire le taux plancher, est inférieure au taux interbancaire.

La raison pour laquelle la politique monétaire se base sur l'« orientation du taux interbancaire » afin de le maintenir proche du taux directeur et non sur le placement des fonds à la banque centrale, est le coût subi par les banques lorsqu'elles sont forcées de placer certains de leurs actifs à un taux d'intérêt plus faible, voire nul. Pour limiter le recours aux facilités, la banque centrale fournit, à son initiative, autant de liquidité que nécessaire. À cette fin, elle intervient par des opérations d'*open market* destinées à approvisionner le marché en liquidités

à intervalles réguliers d'une part et à réguler, par une politique de *fine tuning*, le niveau des liquidités sur le marché interbancaire d'autre part. Cela est possible en achetant des titres d'état disponibles sur le marché pour augmenter la liquidité ou, au contraire, en vendant des titres d'état pour absorber l'excédent de liquidité.

Lorsque la banque centrale décide de mener une politique monétaire restrictive, elle vendra des titres souscriptibles uniquement en monnaie banque centrale. Cette intervention a comme effet la raréfaction de la monnaie centrale sur le marché monétaire. Puisque la diminution de sa quantité entraîne ultérieurement une augmentation de son prix, cela va par la suite relever le taux interbancaire. Au contraire, si la banque centrale mène une politique expansionniste, elle va acheter des titres aux banques commerciales. Le paiement des titres achetés se traduit par un apport en monnaie centrale sur le marché, ce qui tend à faire baisser le taux interbancaire.

Sans au moins l'une des trois procédures exposées précédemment (les facilités permanentes, les réserves obligatoires et les opérations d'*open market*), le taux interbancaire pourrait avoir des fluctuations importantes. En conséquence, les interventions « défensives » de la banque centrale ont pour objectif de compenser les flux de paiements entre la banque centrale et le secteur bancaire d'une part et de borner le taux interbancaire d'autre part. Du point de vue théorique, le taux du marché interbancaire pourrait être n'importe où à l'intérieur du corridor. Cependant, en réalité, le taux interbancaire sera attiré par le taux directeur, car la demande d'encaisses est en tout temps très exactement égale à l'offre (sauf en période de crise), les deux étant égales à zéro en termes nets. Néanmoins, quand la BCE estime mal la demande nette de liquidités, celle correspondante aux exigences de réserves obligatoires et la demande de monnaie banque centrale des particuliers, donc quand la BCE ne fournit pas la bonne quantité de monnaie banque centrale à travers ses opérations principales de refinancement, les banques sont invitées à utiliser les facilités permanentes (Bindseil et Seitz, 2001).

Dans le cadre de notre étude, nous nous limitons au taux de la facilité permanente de prêt marginal (taux plafond) et à celui qui s'établit sur le marché interbancaire sur les prêts et les emprunts avec collatéral. Nous ne prendrons pas en compte le taux refi ni les opérations d'*open market*.

Nous illustrons maintenant une dernière hypothèse de notre analyse. Ainsi, nous supposons que, au cas où une banque n'arrive pas à se procurer la liquidité dont elle a besoin, elle est mise en faillite et éliminée du système bancaire. La valeur de liquidation des actifs bancaires sert à rembourser les déposants et, ensuite, dans la mesure où cela est possible, à régler les dettes envers la banque centrale et les autres banques. Ce scénario intervient lorsque la quantité de garanties ne lui permet pas d'emprunter suffisamment pour combler son besoin de financement. Le remplacement des banques qui ont fait faillite est impossible, car nous nous intéressons à la dynamique d'un système autonome avec un nombre initial de banques.

Nous allons à présent développer le flux des opérations de gestion de la liquidité au niveau d'une banque prise individuellement, puis globalement, pour l'ensemble du système bancaire. La méthodologie repose sur un algorithme récursif de détermination du nombre de banques qui ne font pas défaut qui se rapporte à chaque période au calcul de la liquidité disponible en fonction des opérations intervenant au niveau du bilan de chaque banque.

3.2.2 Présentation des flux des opérations de gestion de la liquidité

Considérons un système bancaire composé de N_t banques interconnectées avec $N_t \geq N_{t-1}$. La façon dont les banques sont reliées entre elles est reflétée dans la matrice de connectivité dont l'élément C_{ij} est tel que (expression 3.1) :

$$C_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si les banques } i \text{ et } j \text{ sont connectées} \\ 0 & \text{si les banques } i \text{ et } j \text{ ne sont pas connectées} \end{cases} \quad (3.1)$$

La nature de la connexion peut être : (i) asymétrique (*one-way*), ce qui veut dire que la banque i a des dettes envers la banque j , mais la banque j n'a pas de dettes envers la banque i ou (ii) symétrique (*two-way*), c'est-à-dire les banques i et j ont des créances et des dettes les unes envers les autres. Le premier type de connexion relève de la structure incomplète du marché interbancaire, tandis que le deuxième type relève de la structure complète du marché (Allen et Gale, 2000).

Les variables qui interviennent dans ce modèle classées soit en endogènes soit en exogènes sont présentées dans le tableau A.3.1 dans l'Annexe du chapitre 3.

Pour construire la matrice des engagements bilatéraux, nous nous appuyons sur le modèle d'Eisenberg et Noe (2001). Nous notons B_t^{ij} la dette en valeur nominale (ou faciale) de la banque i envers la banque j à la période t . Il s'agit d'une valeur brute des dettes, car il y a aussi des créances. La dette interbancaire totale de la banque i , notée \bar{B}_t^i , est alors donnée par la somme des dettes envers l'ensemble des banques avec lesquelles elle est reliée, soit :

$$\bar{B}_t^i = \sum_j B_t^{ij} \quad (3.2)$$

Soit B_t^i la valeur réelle des dettes interbancaires de la banque i . Elle peut tout à fait être différente de la valeur nominale. Ce cas de figure renvoie au modèle de Allen et Gale (2000), car le montant des paiements effectués par une banque envers ses contreparties dépend de la capacité de remboursement de ses propres débiteurs. Ainsi, la valeur réelle est inférieure à la valeur nominale, $B_t^i < \bar{B}_t^i$, au cas où les banques débitrices de la banque i n'ont pas pu régler en intégralité leurs dettes interbancaires. Ceci signifie que la banque i ne peut rembourser ses dettes que partiellement. Par conséquent, le montant du paiement que la banque i peut effectuer envers la banque j est déterminé en multipliant la valeur réelle de la dette interbancaire totale de la banque i (B_t^i) par un coefficient représentant la proportion de la dette de i envers j dans le total des dettes interbancaires de i exprimées en valeur nominale (Π_t^{ij}), soit :

$$B_t^i \Pi_t^{ij} \quad \text{avec} \quad \Pi_t^{ij} = \frac{B_t^{ij}}{\sum_j B_t^{ij}} \quad (3.3)$$

En ce qui concerne les créances interbancaires, nous appliquons le même principe que pour les dettes interbancaires. Ainsi, la valeur réelle des créances⁶ de la banque i sur la banque j , notée B_t^{ji} , dépend de la capacité de remboursement des contreparties de j . Le montant effectivement encaissé par i est calculé en multipliant la valeur totale de ses créances exprimées en valeur réelle par un coefficient

⁶Nous supposons que l'ancienneté des créances est la même pour toutes les banques.

indiquant la quote-parte des créances que i a sur j divisé par la somme des dettes interbancaires de j en valeur nominale, soit :

$$\sum_j B_t^j \Pi_t^{ji} \quad \text{avec} \quad \Pi_t^{ji} = \frac{B_t^{ji}}{\sum_i B_t^{ji}} \quad (3.4)$$

Si la valeur réelle des créances interbancaires égale la valeur nominale, la banque i peut alors obtenir le montant total de ses créances. Sinon, elle reçoit un montant inférieur calculé en appliquant la formule antérieure.

La dette envers la banque centrale, notée BC_t^i , reflète le montant que la banque i a emprunté auprès de la banque centrale dans le cadre d'une opération de facilité de prêt marginal.

Afin de rendre plus claire la présentation du mécanisme de gestion de la liquidité, nous avons découpé le flux des opérations intervenant entre les institutions financières en cinq blocs.

3.2.2.1 Solde initial, flux monétaires, position de liquidité intra-période

Quelques précisions s'imposent concernant la dimension temporelle de notre modèle. La notion de période que nous utilisons désigne forcément le court terme, car nous nous intéressons à la liquidité et non à la solvabilité. Notre modèle repose donc sur la modélisation des éléments d'actifs et de passifs à court terme afin de déterminer si une banque est ou non en mesure de rembourser ses dettes à l'instant où elles deviennent exigibles en mobilisant rapidement ses avoirs. L'horizon de temps peut correspondre à un mois, sachant que le coefficient réglementaire de couverture des exigibilités par des liquidités est calculé sur le même intervalle de temps. Les scénarios de stress tests de liquidité sont également réalisés sur un mois. Mis à part les dispositifs prudentiels, il apparaît opportun, depuis la crise de 2007, d'introduire un tableau des flux de trésorerie pour calculer une impasse de liquidité à 7 jours. En effet, l'hypothèse - spécifique aux stress tests - d'une fuite des dépôts de 20%-30% au cours du mois ne semble pas tout à fait correspondre aux expériences accumulées lors des dernières crises de liquidité. Car, une proportion modeste en volume, mais concentrée dans le temps, par exemple une semaine, peut suffire à provoquer un risque de liquidité. De plus, sur l'horizon relativement

plus long d'un mois, la fuite des dépôts s'atténue et les dépôts ont tendance à se stabiliser.

Au début de la période t , chaque banque i présente un solde initial de liquidité ou de trésorerie, dont le montant est égal à :

$$M_{t-1}^i = V_{t-1}^i + (1 - \beta) D_{t-1}^i + B_{t-1}^i + BC_{t-1}^i - L_{t-1}^i - A_{t-1}^i - \sum_j B_{t-1}^j \Pi_{t-1}^{ji} \quad (3.5)$$

D'après cette expression, la liquidité de la période précédente (M_{t-1}^i), est égale aux passifs moins les actifs. Les passifs sont composés des fonds propres (V_{t-1}^i); de l'encours des dépôts dont on soustrait les réserves obligatoires constituées auprès de la banque centrale $(1 - \beta) D_{t-1}^i$; des dettes envers les autres banques avec lesquelles la banque i est reliée, exprimées en valeur réelle (B_{t-1}^i), et des dettes envers la banque centrale (BC_{t-1}^i). Dans les fonds propres, il apparaît également les produits et les charges d'intérêts. Les actifs sont représentés par l'encours des crédits accordés au secteur non-financier (L_{t-1}^i); le solde des titres d'État (A_{t-1}^i) et les créances sur les banques avec lesquelles la banque i est connectée, exprimées en valeur réelle ($\sum_j B_{t-1}^j \Pi_{t-1}^{ji}$). Au niveau du système bancaire, les positions interbancaires se compensent parfaitement car les créances interbancaires égalisent les dettes interbancaires.

Au début de la période t , chaque banque comptabilise quatre flux monétaires qui font varier le solde de liquidité de la manière suivante :

(i) *Remboursement des crédits arrivés à l'échéance* de deux périodes. Les prêts accordés en $(t - 2)$ sont ainsi remboursés en t . L'objectif étant de mettre en évidence le désajustement de maturité de la meilleure façon possible, nous supposons alors que les emprunteurs remboursent le principal (L_{t-2}^i) et les intérêts (déterminés en appliquant le taux spécifié au montant du crédit sur la durée de l'opération), soit $[(1 + \rho_l)^2 - 1]L_{t-2}^i$, seulement à la fin du prêt, soit :

$$(1 + \rho_l)^2 L_{t-2}^i \quad (3.6)$$

où ρ_l représente le taux d'intérêt appliqué sur les crédits. La liquidité est une fonction croissante des crédits remboursés.

(ii) *Encaissement des revenus des titres d'État.* Nous supposons, afin de simplifier les calculs, que les titres d'État sont détenus pour une période indéterminée mais finie et que leur rendement est inférieur au taux d'intérêt sur les crédits ($\rho_a < \rho_l$)⁷. Dans ces conditions, à chaque période, les banques reçoivent un revenu égal à :

$$\rho_a A_{t-1}^k \quad (3.7)$$

où ρ_a est le taux de rendement des titres d'État. La liquidité est une fonction croissante du revenu de ces titres.

(iii) *Liquidation des dépôts constitués dans la période précédente.* Le taux d'intérêt appliqué sur les dépôts ($\rho_{d,t} = \rho_{bc} - \frac{\alpha}{N_t}$), est construit à partir de l'application de Freixas et Rochet (1997), qui est à l'origine une adaptation du modèle de Salop (1979) sur le marché des dépôts bancaires. Il tient compte du taux de la banque centrale (ρ_{bc}), du coût de déplacement des déposants d'une banque à une autre (α) et du nombre de banques actives à un moment donné dans le système bancaire (N).

Lorsqu'il y a un grand nombre de banques, la concurrence est « acharnée » entraînant l'accroissement du taux d'intérêt créditeur et la diminution de la marge d'intérêt nette. En revanche, la contraction du système bancaire se traduit par une diminution du taux d'intérêt créditeur et donc par l'augmentation de la marge d'intérêt nette. La position de liquidité diminue du montant des dépôts constitués à la période précédente et liquidés à la période courante $(1 - \beta)D_{t-1}^i$, à laquelle s'ajoutent les intérêts dus $\rho_{d,t}D_{t-1}^i$, soit :

$$(1 - \beta)D_{t-1}^i + \rho_{d,t}D_{t-1}^i \quad (3.8)$$

La liquidité est donc une fonction décroissante des retraits des déposants.

(iv) *Renouvellement des dépôts.*

Pour modéliser le comportement des dépôts des clients, nous considérons que

⁷Sinon, dans un contexte où il y a rationnement du crédit, il faudrait introduire une variable de la dimension du crédit et calculer le portefeuille optimal compte tenu de l'impact marginal de l'investissement sur les deux types d'actifs (Freixas et Jorge, 2007).

le montant des dépôts renouvelés en t^8 évolue autour de son niveau initial selon une loi normale de moyenne égale au montant de départ (D_0) et d'écart type σ_d^2 , soit :

$$D_t^i = D_{t-1}^i + \frac{\sigma_d}{\sqrt{T}} \varepsilon_t \quad (3.9)$$

où σ_d représente la volatilité des dépôts, T le nombre de périodes et $\varepsilon_t \sim N(0, 1)$ une perturbation qui suit une loi normale et qui rend compte des fluctuations qu'on pourrait observer dans les dépôts.

La liquidité est une fonction croissante des nouveaux dépôts, diminués des réserves obligatoires, $(1 - \beta)D_t^i$. Il est à noter que chaque banque doit constituer des réserves obligatoires auprès de la banque centrale. En « gelant » une fraction des actifs des banques, équivalente à une proportion β des dépôts, il est ainsi possible de limiter le montant du crédit qu'elles peuvent accorder.

Compte tenu de ce qui précède, le solde intermédiaire de liquidité s'obtient en additionnant les composants du solde initial (M_{t-1}^i) et les quatre flux monétaires. Ce solde intermédiaire, noté \hat{M}_t^i , est donc égal à :

$$\begin{aligned} \hat{M}_t^i = & V_{t-1}^i + (1 - \beta) D_t^i + B_{t-1}^i + BC_{t-1}^i - L_{t-1}^i - A_{t-1}^i - \\ & - \sum_j B_{t-1}^j \Pi_{t-1}^{ji} - \rho_{d,t} D_{t-1}^i + (1 + \rho_l)^2 L_{t-2}^i + \rho_a A_{t-1}^i \end{aligned} \quad (3.10)$$

Les informations relatives aux opérations de trésorerie (caisse et banque centrale) sont importantes pour évaluer la liquidité d'une banque. Quand son exploitation lui permet de dégager des excédents de trésorerie, la banque se trouve en position de prêteur sur le marché interbancaire. Dans le cas inverse, la banque doit recourir au marché pour assurer son refinancement. Dans ce but, nous calculons la position de liquidité intra-période (expression 3.11), qui sert à déterminer si une banque est en excédent ou en déficit de liquidité. Pour ce faire, nous allons ajouter au solde intermédiaire de liquidité calculée ci-dessus (\hat{M}_t^i), le montant nécessaire pour reconstituer les réserves obligatoires (βD_t^i) :

⁸Il nous faut $\frac{\sigma_d}{\sqrt{T}}$, car nous voulons un processus d'espérance D_0 et de variance finie et constante σ_d^2 . Ce processus doit être stationnaire (non explosif).

$$\hat{M}_t^i + \beta D_t^i = V_{t-1}^i + B_{t-1}^i + BC_{t-1}^i + D_t^i - A_{t-1}^i - L_{t-1}^i - \sum_j B_t^j \Pi_t^{ji} - \rho_{d,t} D_{t-1}^i + (1 + \rho_l)^2 L_{t-2}^i + \rho_a A_{t-1}^i \quad (3.11)$$

À ce stade, nous distinguons deux cas de figure :

(i) la liquidité intra-période est positive, soit $\hat{M}_t^i + \beta D_t^i > 0$. De ce fait, la banque i peut honorer ses engagements contractuels à l'égard des déposants et l'excès de liquidité est redirigé vers l'activité de crédit au secteur non financier ou sur le marché interbancaire.

(ii) la liquidité intra-période est négative, soit $\hat{M}_t^i + \beta D_t^i < 0$. Par rapport à la situation précédente, ce scénario révèle l'incapacité de la banque i à payer les déposants au niveau contractuel pour cause d'insuffisance de fonds. Dans une telle situation, nous pouvons supposer, de même que Iori *et al.* (2006), que les banques illiquides procèdent à l'émission de certificats de dette d'une valeur correspondant à leur besoin de financement et par lesquels elles s'engagent à régler le montant promis jusqu'à la fin de la période courante. Normalement, ces certificats doivent être rachetés en fin de période et les déposants seront réglés en utilisant les fonds empruntés. Au cas où une banque est mise en faillite, les certificats de dette perdent totalement leur valeur et les déposants touchent une quote-part de la valeur de liquidation des actifs.

3.2.2.2 Encaissement des créances interbancaires, règlement des dettes interbancaires

Ce deuxième bloc est structuré autour de deux axes : le premier porte sur l'encaissement des créances détenues sur les contreparties, et le second porte sur le paiement des dettes envers la banque centrale et les contreparties. Afin de « faciliter » le déroulement des opérations de paiement, nous imposons la règle suivante : une banque paie préalablement ses dettes envers la banque centrale et, ultérieurement, les dettes envers ses contreparties. Le montant à régler doit couvrir non seulement la valeur nominale de la dette mais aussi les intérêts connexes. Cependant, il peut y avoir des situations dans lesquelles les banques ne peuvent régler

que partiellement leurs dettes. Dans ces circonstances, il est nécessaire de calculer des coefficients, que nous appelons « coefficients de répartition proportionnelle », qui servent à déterminer la valeur réelle des dettes et des créances interbancaires.

Encaissement des créances interbancaires par la banque i

Le premier axe de l'analyse se focalise sur l'encaissement des créances détenues par la banque i sur les banques avec lesquelles elle est reliée. Ce processus se fait en trois étapes.

La première étape réside dans l'identification des contreparties de i en parcourant la matrice de connectivité C_{ij} . Pour rappel, la banque i est connectée à la banque j si $C_{ij} = 1$.

Lors de la deuxième étape, pour les banques débitrices j envers i , nous procéderons à la détermination de leur capacité de remboursement compte tenu de leur solde intermédiaire de liquidité et de leurs dettes interbancaires. Il y a deux scénarios possibles. Soit la capacité de remboursement est totale, ce qui veut dire que les banques disposent de suffisamment de liquidité pour régler leurs dettes en totalité; soit elle est partielle, ce qui se passe lorsque les disponibilités sont insuffisantes pour couvrir intégralement la valeur des dettes envers la banque i .

La troisième étape correspond au calcul du montant des paiements que les banques j peuvent effectuer. Premièrement, le montant du paiement de j envers la banque centrale, noté $p_t^{j,BC}$, correspond, en vertu des hypothèses que nous avons retenues sur les règles de priorité de paiement, au minimum entre les montants suivants : la liquidité disponible (\widehat{M}_t^j) et la valeur initiale de la dette envers la banque centrale, à laquelle s'ajoutent les intérêts afférents calculés en appliquant le taux plafond au montant du prêt contracté à la période précédente $(1 + \rho_{bcp})BC_{t-1}^j$, soit :

$$p_t^{j,BC} = \min\{\widehat{M}_t^j; (1 + \rho_{bcp})BC_{t-1}^j\} \quad (3.12)$$

où ρ_{bcp} représente le taux plafond pratiqué par la banque centrale dans le cadre des opérations de facilité de prêt marginal et BC_{t-1}^j la dette de la banque j envers la banque centrale à la période $(t - 1)$.

Si $\hat{M}_t^j > (1 + \rho_{bcp})BC_{t-1}^j$, cela signifie que j peut rembourser entièrement ses dettes envers la banque centrale et partiellement (ou totalement) les dettes envers ses contreparties. En cas contraire, elle va payer un montant inférieur, la différence devant être couverte par un nouvel emprunt sur le marché interbancaire ou à la banque centrale.

Deuxièmement, la banque j doit régler ses dettes envers les banques avec lesquelles elle est reliée. Le montant total des paiements que la banque j peut effectuer envers ses contreparties (p_t^j) est égal au minimum entre la liquidité disponible après avoir réglé la banque centrale ($\hat{M}_t^j - p_t^{j,BC}$) et la valeur de la dette interbancaire (principal plus intérêts) $(1 + \rho_{b,t-1})B_{t-1}^j$, soit :

$$p_t^j = \min\{(\hat{M}_t^j - p_t^{j,BC}); (1 + \rho_{b,t-1})B_{t-1}^j\} \quad (3.13)$$

où $\rho_{b,t-1}$ représente le taux interbancaire établi à la période $(t - 1)$ en fonction de l'offre et de la demande de liquidité et B_{t-1}^j correspond à la dette totale interbancaire de la banque j à la période $(t - 1)$.

En admettant qu'une banque ne peut effectuer que des paiements partiels, il est alors nécessaire de calculer la quote-part du paiement possible dans la dette interbancaire totale (expression 3.14) :

$$coeff = \frac{p_t^j}{(1 + \rho_{b,t-1})B_{t-1}^j} \quad (3.14)$$

Ce coefficient permet une distribution proportionnelle de la liquidité disponible envers les contreparties. Ainsi, le montant du paiement envers la banque i est obtenu en appliquant le coefficient de répartition à la dette en valeur nominale envers la banque i , soit :

$$coeff * B_{t-1}^i \quad (3.15)$$

Le solde de liquidité, les positions interbancaires, ainsi que le compte de résultat des banques impliquées dans les opérations précédentes changent de la façon suivante :

- (i) *Pour les banques débitrices j de i :*
- la dette envers la banque centrale diminue du paiement effectué ($p_t^{j,BC}$);
 - la valeur des dettes interbancaires diminue du montant réglé à la banque i ($coeff * B_{t-1}^{ji}$);
 - la liquidité diminue de la somme des paiements réalisés ($p_t^{j,BC} + coeff * B_{t-1}^{ji}$);
 - le compte de résultat diminue du montant des intérêts payés.

- (ii) *Pour la banque analysée i :*
- la valeur des créances interbancaires diminue du montant encaissé ($coeff * B_{t-1}^{ji}$);
 - la liquidité augmente du montant encaissé ($coeff * B_{t-1}^{ji}$);
 - le compte de résultat augmente du montant des intérêts perçus.

Païement des dettes interbancaires par la banque i

Le paiement des dettes interbancaires par la banque i fait l'objet du second axe. Après avoir encaissé ses créances, la banque analysée i doit régler ses dettes, selon le cas, envers la banque centrale et/ou les autres banques k avec lesquelles elle est reliée.

Ce processus suppose l'estimation de la capacité de paiement de la banque i compte tenu de sa liquidité et de la totalité de ses dettes. La capacité de paiement est totale lorsque cette banque a la possibilité de payer l'intégralité de ses dettes. Quand sa capacité de paiement est partielle en raison d'insuffisance de liquidité, il est alors nécessaire de calculer le coefficient de répartition reflétant la quote-part de la dette totale qui peut être honorée.

Le paiement envers la banque centrale et/ou les contreparties k se détermine de la même manière que dans le cas précédent.

Ces opérations influencent le solde de liquidité de la banque i , les positions interbancaires et le compte de résultat des banques participantes aux opérations de la manière suivante :

- (i) *Pour la banque analysée i :*

- la dette envers la banque centrale diminue du montant réglé ($p_t^{i,BC}$);
- la valeur des dettes interbancaires diminue du montant réglé ($coeff * B_{t-1}^{ik}$);
- la liquidité diminue de la somme des paiements effectués ($p_t^{i,BC} + coeff * B_{t-1}^{ik}$);
- le compte de résultat diminue du montant des intérêts réglés.

(ii) *Pour les banques créditrices k :*

- la valeur totale des créances interbancaires diminue du montant encaissé ($coeff * B_{t-1}^{ik}$);
- la liquidité augmente du même montant ($coeff * B_{t-1}^{ik}$);
- le compte de résultat augmente du montant des intérêts perçus.

3.2.2.3 Octroi des crédits au secteur non financier

L'activité d'octroi de crédits au secteur non financier (ménages et entreprises) est réservée seulement aux banques en excédent de liquidités, dont la position de liquidité est positive.

Les demandes de crédit qui s'adressent à la banque i (en admettant que celle-ci est liquide) sont modélisées selon expression 3.16. Cette formalisation a été proposée par Estrada et Osorio (2006) dans leur modèle qui s'intéresse à la transformation du risque de liquidité en risque de marché.

$$o_t^i = (1 - \sigma_0) \frac{\Omega}{N_t} + v_t^i \sigma_0 \Omega \quad (3.16)$$

Le premier terme $(1 - \sigma_0) \frac{\Omega}{N_t}$ représente la partie fixe (identique pour toutes les banques actives à l'instant t) de la demande agrégée de crédit qui est, par hypothèse, exogène. Le second terme ($v_t^i \sigma_0 \Omega$) reflète la partie aléatoire qui fait varier la demande de crédit d'une banque à l'autre d'une part et d'une période à l'autre pour une même banque d'autre part. Cette variation est induite par le coefficient aléatoire v_t^i , uniformément distribué sur $[0; 1]$ et $\sum_i^N v_t^i = 1$.

La valeur totale des crédits effectivement accordés par la banque i est égale au minimum entre la liquidité disponible et le montant des opportunités de crédits

s'adressant à elle, soit :

$$\omega_t^i = \min \left\{ \max \left[0, (\hat{M}_t^i - p_t^{i,BC} - p_t^i) \right], o_t^i \right\} \quad (3.17)$$

La liquidité disponible est calculée en diminuant le solde de liquidité intra-période (\hat{M}_t^i), des paiements effectués envers la banque centrale et les contreparties ($p_t^{i,BC} + p_t^i$).

Enfin, la position de liquidité diminue du montant des crédits effectivement accordés.

3.2.2.4 Comblent le déficit de liquidité en empruntant sur le marché interbancaire et/ou à la banque centrale

Dans le cadre de cette section, les banques en manque de liquidité peuvent emprunter auprès des contreparties disposant de surplus de liquidité (après avoir octroyé des crédits au secteur non-financier) ou à la banque centrale. Nous introduisons le concept de « liquidité virtuelle » afin d'évaluer la liquidité d'une banque en intégrant les opérations de trésorerie d'une part et les opérations interbancaires d'autre part. La « liquidité virtuelle » désigne ici les ressources potentielles d'une banque, représentées par la position interbancaire nette (créances diminuées des dettes interbancaires) à laquelle s'ajoutent la liquidité disponible et le montant nécessaire à la reconstitution des réserves obligatoires.

Ceci dit, nous allons à présent décrire, dans un premier temps, la façon dont les banques s'échangent de la liquidité entre elles, et, dans un second temps, les situations dans lesquelles les banques empruntent auprès de la banque centrale.

Il y a deux conditions essentielles à remplir pour qu'une banque puisse emprunter. Premièrement, il est nécessaire que sa liquidité virtuelle soit négative et, deuxièmement, que ses garanties soient suffisantes pour lui permettre d'emprunter autant qu'elle le souhaite afin de combler son déficit de liquidité. Ci-après, nous analysons le cas où les banques disposent d'assez de garanties. La situation inverse sera analysée dans le cadre de la section suivante.

La première étape consiste à déterminer le montant qu'une banque doit emprunter pour satisfaire son besoin de financement (c'est-à-dire pour que sa liquidité virtuelle arrive à zéro). Ce montant est égal à :

$$(1 + \rho_{b,t-1}) \sum_j B_{t-1}^j \Pi_{t-1}^{j_i} - (1 + \rho_{b,t-1}) B_{t-1}^i - (1 + \rho_{bcp}) BC_{t-1}^i + \hat{M}_{t-1}^i + (1 - \beta) D_t^i \quad (3.18)$$

Ce montant sera ensuite comparé au stock de titres pour voir si la banque dispose ou non de suffisamment de garanties (expression 3.19) :

$$(1 + \rho_{b,t-1}) \sum_j B_{t-1}^j \Pi_{t-1}^{j_i} - (1 + \rho_{b,t-1}) B_{t-1}^i - (1 + \rho_{bcp}) BC_{t-1}^i + \hat{M}_{t-1}^i + (1 - \beta) D_t^i \leq (\text{ou } \geq) A_{t-1}^i \quad (3.19)$$

Si le montant à emprunter est supérieur au stock de titres, la banque sera directement soumise au processus de liquidation (voir la section suivante). Au contraire, si le montant à emprunter est inférieur au stock de titres, la banque peut emprunter sur le marché interbancaire et/ou à la banque centrale.

À remarquer que l'emprunt sur le marché interbancaire est limité à la liquidité des banques en excédent, tandis que l'emprunt à la banque centrale est illimité mais toutefois limité aux garanties apportées par les demandeurs.

La deuxième étape concerne la formation du taux interbancaire qui servira de base de calcul des intérêts pour l'emprunt contracté à la période courante qui doit être remboursé à la période suivante.

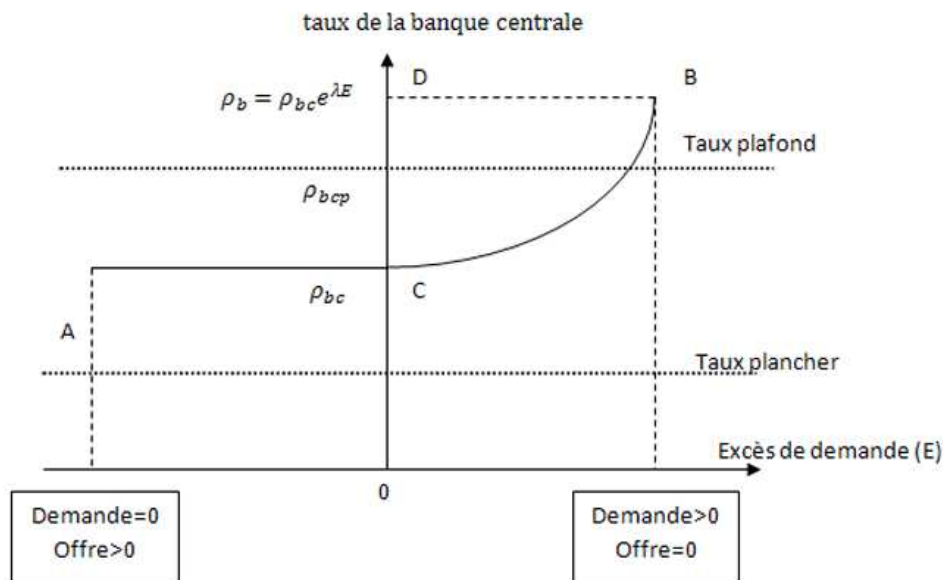
Pour modéliser le taux du marché interbancaire, considérons une fonction du type $\rho_b : R_+ \rightarrow R_+$ définie de la façon suivante :

$$\rho_b = \begin{cases} \rho_{bc} & \text{pour } E \in (-\infty; 0] \\ \rho_{bc} e^{\lambda E} & \text{pour } E \in (0; +\infty) \end{cases} \quad (3.20)$$

où E représente l'excès de demande sur l'offre de liquidité et λ le coefficient d'élasticité.

Dans notre modèle, le taux interbancaire est endogène et il résulte de la confrontation entre l'offre et la demande globale de liquidité. De ce fait, le taux interbancaire varie selon le régime considéré : excédent ou déficit de liquidité (figure 3.1).

FIG. 3.1 – La formation du taux interbancaire



Source : L'auteur (Mihaela Costisor) à partir de Neyer et Wiemers (2004)

Lorsque la demande de liquidité est inférieure ou égale à l'offre, nous supposons que le taux interbancaire égalise le taux directeur, soit $\rho_b = \rho_{bc}$. Sur la figure 3.1, il correspond au segment de droite AC parallèle à l'abscisse. L'hypothèse du taux interbancaire qui ne baisse pas en-dessous du taux de la banque centrale, se base sur les résultats de Wiemers et Neyer (2003) et Neyer et Wiemers (2004). Les auteurs affirment que le taux interbancaire est supérieur au taux directeur, la marge positive étant expliquée par les besoins de liquidité du système bancaire, les coûts de transaction sur le marché interbancaire, les coûts d'opportunité du collatéral et les coûts de distribution de la liquidité entre les banques. En outre, les banques sont incitées à participer sur le marché interbancaire à des fins spéculatives en tant qu'intermédiaires entre la banque centrale et les banques ayant des coûts d'opportunité du collatéral élevés.

À l’opposée, quand la demande dépasse l’offre totale, nous supposons que le taux interbancaire est une fonction croissante et convexe de l’excès de demande sur le marché, soit $\rho_b = \rho_{bc}e^{\lambda E}$. Plus l’écart entre la demande et l’offre de liquidité se creuse, plus le taux augmente. Sur la figure (figure 3.1), il correspond à la courbe passant par les points C et B . La valeur ainsi trouvée est comparée au taux plafond. Si le taux interbancaire est supérieur au taux plafond, les banques se refinancent alors exclusivement à la banque centrale dans le cadre des facilités de prêt marginal.

Relativement au cas où il y a un excès de demande de liquidité, une banque emprunteuse i peut se trouver dans l’une des situations suivantes : *(i)* la demande de liquidité de la banque i est inférieure à l’offre de liquidité de ses contreparties, et *(ii)* la demande de liquidité de la banque i est supérieure à l’offre totale de ses contreparties.

Dans le premier scénario, la banque i dont la liquidité virtuelle est négative contacte toutes ses contreparties disposant d’excédent de liquidité. Le montant qu’elle emprunte auprès de chaque banque est calculé de manière proportionnelle compte tenu du besoin de la banque en déficit de liquidité et du surplus de ses contreparties.

Dans le second scénario, la banque illiquide i contacte toutes ses contreparties en surplus de liquidité et conclut des « accords de principe » spécifiant le montant de l’emprunt. Ce montant étant inférieur au besoin de financement, la différence devra être couverte en empruntant auprès de la banque centrale par le biais des facilités de prêt marginal. Au moment de la signature de l’accord de principe avec la contrepartie disposant d’excédent de liquidité, une sûreté opposable est constituée à l’actif qui demeure la propriété du débiteur. Cependant, les prêts sont effectivement accordés seulement après que les banques-prêteuses « aient la certitude » que la banque emprunteuse i dispose encore de titres libres de toute dette lui permettant d’emprunter également à la banque centrale (voir expression 3.19). Il est important de mentionner que ces engagements de garantie constitués en faveur des autres établissements financiers (contreparties et banque centrale) sont enregistrés hors bilan et, par voie de conséquence, ne créent pas de flux monétaires. Ils ne modifient pas non plus la structure du patrimoine et, implicitement, la position de

liquidité. Cela est conditionné par une autre opération qui est la non-exécution de l'obligation de paiement. Effectivement, c'est à cet instant que l'engagement enregistré hors bilan se transforme alors en une opération bilantielle. Par ailleurs, cet aspect sera analysé dans la section suivante consacrée aux situations dans lesquelles le processus de liquidation intervient.

Ces opérations s'achèvent par un nouvel ajustement du solde de liquidité et des positions interbancaires des banques participantes aux opérations de refinancement, ce qui peut entraîner de nouveaux transferts de fonds. Les potentiels emprunteurs et prêteurs sont à nouveau déterminés. Par exemple, il peut y avoir des banques qui encaissent leurs créances à cet instant, ce qui leur permet de payer les dettes envers d'autres banques et ainsi de suite. L'équilibre du système est atteint au moment où il n'y a plus d'échanges de liquidités, plus précisément, lorsque l'offre de liquidité a été entièrement épuisée ou la demande de liquidité a été entièrement satisfaite.

3.2.2.5 Les cas de liquidation des banques et la fin de période

Les banques dont les garanties ne sont pas suffisantes pour emprunter le montant souhaité sont soumises au processus de liquidation. En effet, les trois catégories d'actifs bancaires subissent des règles différentes de liquidation. Ainsi, les titres d'État sont normalement des actifs très liquides dans le sens où ils sont susceptibles d'être rapidement transformés en espèces sans perte de valeur, mise à part les coûts engendrés par la procédure de liquidation. Les crédits accordés au secteur non financier sont illiquides en raison des compétences spécifiques développées par les banques vis-à-vis des entrepreneurs, ce qui explique pourquoi elles ne sont pas capables d'emprunter le même montant qu'elles pourraient extraire directement de l'entrepreneur (*cf.* Diamond et Rajan, 2001). Les actifs interbancaires de la banque en liquidation sont redistribués proportionnellement aux banques créditrices qui deviennent ainsi les nouveaux titulaires des contrats de prêt interbancaire.

La valeur de liquidation des titres et des crédits est alors égale à :

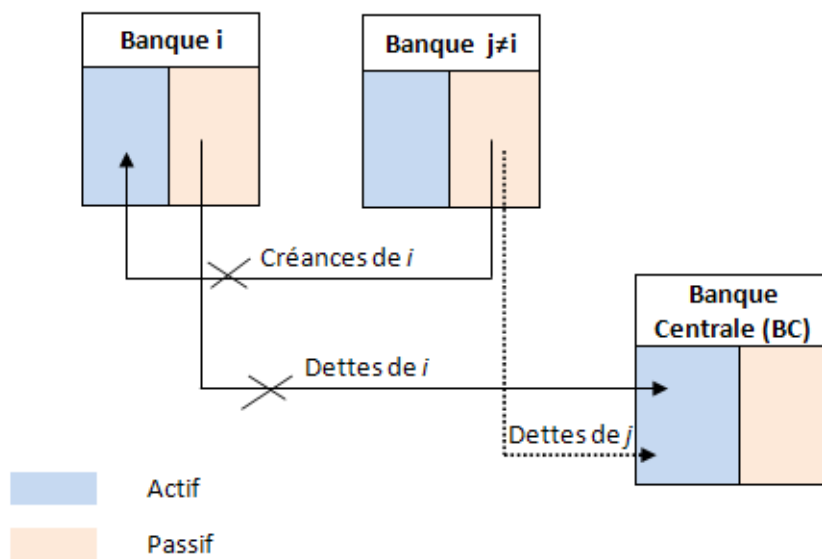
$$\text{Valeur de liquidation} = \gamma (L_{t-1}^i + A_{t-1}^i) \quad (3.21)$$

où γ représente le taux de recouvrement ou bien la part du montant des crédits et des titres d'État que la banque peut récupérer en cas de liquidation.

La liquidité dégagée par le processus de liquidation, à laquelle s'ajoute le montant des réserves obligatoires, sera distribuée aux déposants. L'éventuel surplus de liquidité sera utilisé pour régler les dettes envers la banque centrale et les contreparties (toujours de manière proportionnelle). À cet égard, nous distinguons deux situations possibles : (i) la banque défaillante i a des créances à récupérer sur j et des dettes envers la banque centrale et (ii) la banque défaillante i a des créances sur j et des dettes envers d'autres banques k .

Dans le premier cas, la dette de la banque défaillante i envers la banque centrale est transférée aux banques débitrices j de i ($j \neq i$) qui les prennent en charge de manière proportionnelle mais sans dépasser le quantum de leurs dettes initiales (figure 3.2). Après cette opération, les dettes de j envers i d'une part et

FIG. 3.2 – Le transfert des dettes de i envers la banque centrale

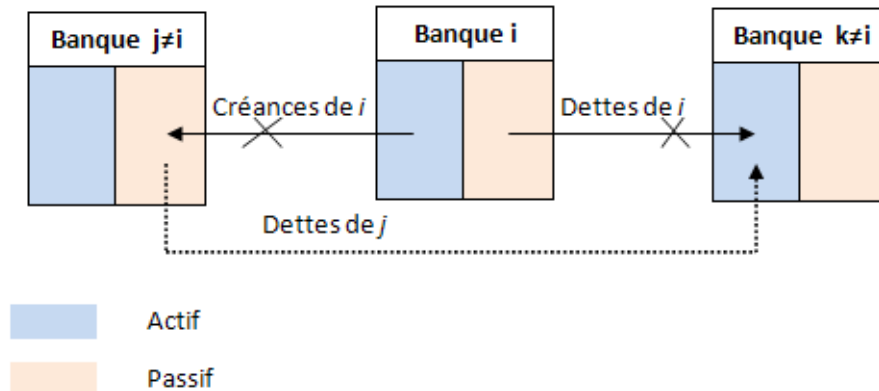


Source : L'auteur (Mihaela Costisor)

les dettes de i envers la banque centrale d'autre part, sont annulées.

Dans le second cas, les créances de i sur j sont transférées directement et proportionnellement des banques débitrices j de i vers les banques créditrices k envers i (figure 3.3). À la suite de ces échanges, les dettes de j envers i et les dettes

FIG. 3.3 – Le transfert des dettes de i envers ses contreparties débitrices



Source : L'auteur (Mihaela Costisor)

de i envers k sont annulées et les banques j deviennent débitrices de k .

Les deux situations présentées modifient également la structure du système bancaire dans le sens où la banque défaillante i est éliminée du système bancaire et, par conséquent, toutes les connexions avec cette banque deviennent obsolètes. Éventuellement, de nouvelles connexions, si elles n'existent déjà, se créent entre les banques j et les banques k .

Tout surplus de liquidité dégagé par le processus de liquidation est, par hypothèse, éliminé du système bancaire à la fin de chaque période. Les créances qui ne peuvent plus être encaissées en raison du défaut de certaines contreparties sont traitées comme des pertes.

À la fin de la période t , le solde final de liquidité (M_t^i) doit vérifier l'égalité suivante :

$$M_t^i = V_t^i + (1 - \beta) D_t^i + B_t^i + BC_t^i - L_t^i - A_t^i - \sum_j B_t^j \Pi_t^{ji} \quad (3.22)$$

Pour la période suivante, nous repartons du solde final de liquidité qui vient d'être calculé et parcourons toutes les étapes antérieures.

Ceci dit, dans la section suivante, nous présenterons et interpréterons les principaux résultats des simulations réalisées à partir de l'algorithme développé précédemment.

3.3 Simulation et interprétation des résultats

Dans le cadre de l'application numérique, nous considérons un système bancaire extrêmement stylisé et cherchons un rapport de causalité entre la gestion efficace de la liquidité par le biais du prêt interbancaire, la structure du marché interbancaire et la stabilité systémique. Le code de l'algorithme a été écrit en utilisant le langage de programmation C++ et compilé avec MinGW g++. Le code source compte environ 1000 lignes que nous présenterons en annexe de ce chapitre.

Les paramètres qui restent inchangés pendant les exercices de simulation sont : le nombre initial de banques ($N = 20$), le taux de réserves obligatoires ($\beta = 0.2$), le taux d'intérêt sur les crédits ($\rho_l = 0.065$), le taux de rendement des titres d'État et le taux directeur⁹ ($\rho_a = \rho_{bc} = 0.05^{10}$), les exigences de fonds propres (8% de l'actif total), la volatilité des dépôts et des crédits ($\sigma_d = \sigma_0 = 0.5$), les créances et les dettes interbancaires totales en valeur nominale de chaque banque ($\bar{B}_t^i = \sum_j B_t^j \Pi_t^{ji} = 30\%$ du total des actifs bancaires de chaque banque), le taux de recouvrement en cas de liquidation ($\gamma = 0.5$), le coefficient d'élasticité ($\lambda = 0.01$) et le coût de déplacement des déposants d'une banque à une autre ($\alpha = 0.01$).

Les exercices de simulation ont été menés sur cinq types de structures de liens interbancaires :

⁹En se basant sur les statistiques concernant les taux de la BCE sur la période 2000-2007, le corridor constitué par les taux des facilités permanentes est de 200 points de base autour du taux d'intérêt des opérations principales de refinancement. À partir de 8 octobre 2008, ce corridor a été ramené à 100 points de base. Cependant, à compter du 21 janvier 2009, nous notons un rétablissement du corridor constitué par les taux des facilités permanentes à 200 points de base autour du taux d'intérêt des opérations principales de refinancement. Dans notre modèle, nous supposons que le taux plafond s'élève à $(1.5 * \rho_{bc})$.

¹⁰Cette hypothèse s'appuie sur le cadre d'analyse de Freixas et Jorge (2007). Les auteurs supposent ainsi que le taux auquel la Banque Centrale peut prêter aux banques des montants illimités de liquidité en échange lui fournissant des titres d'État correspond, s'il n'y a pas de coûts de transaction, exactement au taux de rendement de ces titres.

(i) complète - une banque est liée de façon symétrique à toutes les autres banques du système. Afin de simplifier les calculs, nous supposons que le montant total de ses dettes interbancaires est distribué proportionnellement à toutes ses contreparties.

(ii) circulaire - une banque est liée à une seule banque adjacente. La valeur totale de sa dette interbancaire correspond à la dette envers la banque adjacente.

(iii) déconnectée dans laquelle coexistent deux structures de marché circulaires non reliées entre elles. La valeur de la dette de chaque banque envers la banque avec laquelle elle est reliée correspond au total de sa dette interbancaire.

(iv) déconnectée dans laquelle coexistent deux structures de marché non reliées : l'une est circulaire et l'autre est complète. Dans le cadre de la structure circulaire, le montant de la dette interbancaire totale d'une banque correspond à la dette envers la banque adjacente, tandis que, dans le cadre de la structure complète, le montant total de la dette interbancaire d'une banque est égal à la somme des dettes envers chaque contrepartie.

(v) mixte - est une combinaison des structures antérieures, car une banque est liée à plusieurs banques mais pas forcément à toutes. À notre avis, cette structure se rapproche plus de la réalité par la nature des connexions et la distribution des engagements entre les banques. Pour calculer la valeur de la dette d'une banque envers la banque avec laquelle est reliée, nous procédons de la manière suivante. Chaque banque est amenée à attribuer un poids, plus ou moins significatif, à chacune de ses contreparties (par exemple, sur une échelle de 0 à 100). Le poids attribué doit ainsi tenir compte de l'estimation de la contribution de chaque contrepartie à son refinancement. La difficulté qui apparaît ici est liée au fait que nous ne connaissons de la matrice des dettes et des créances que les totaux en lignes et en colonnes. Il s'agit des créances et des dettes totales au niveau de chaque banque. Pour distribuer ces totaux, nous avons utilisé la méthode RAS¹¹. Nous ne disposons pas de montants de dettes prises individuellement, relatifs à la composition de la matrice des engagements interbancaires, mais il est possible de les trouver en utilisant l'in-

¹¹La méthode RAS consiste, dans une première étape, à multiplier chaque ligne du tableau initial par un même coefficient, de manière à obtenir les marges souhaitées. Dans une seconde étape, nous multiplions chaque colonne par un même coefficient et nous réitérons la procédure jusqu'à obtenir la convergence vers ces marges de référence (Courbis et Pommier, 1979 ; Froment, 1972).

formation concernant l'importance de chaque banque. En fait, cette méthode est un processus qui consiste à opérer un ajustement proportionnel sur les lignes et sur les colonnes de la matrice de base (ou autrement dit, c'est un programme de minimisation sous contraintes de marges) jusqu'à concordance.

Pour tous les types de structure, nous supposons que les banques sont homogènes dans le sens où elles ont toutes la même structure initiale du bilan, soit :

TAB. 3.1 – Structure initiale du bilan (système homogène)

Cash et réserves	124	Fonds propres	80
Titres d'État	226		
Crédits au secteur non-financier	350	Dépôts	620
Créances interbancaires	300	Dettes interbancaires	300
Total actifs	1000	Total passifs	1000

Il est important de remarquer que les actifs liquides et illiquides représentent chacun la moitié de l'actif total hors les actifs interbancaires. Pour refléter davantage le désajustement de maturité, nous supposons que la moitié des crédits au secteur non-financier a été accordée en $(t - 2)$ et l'autre moitié en $(t - 1)$. Quant à la demande agrégée de crédit, nous l'avons fixé à 85% de la valeur de départ des crédits accordés¹². La valeur des dettes envers chaque contrepartie dépend, comme nous l'avons montré plus haut, de la structure des liens interbancaires envisagée.

La première question qui se pose ici est de savoir si le rôle potentiellement stabilisateur du prêt interbancaire est influencé par la typologie des liens interbancaires. En raison du caractère aléatoire de certains éléments intervenant dans la simulation qui peuvent influencer sur la robustesse du modèle¹³, nous avons fait tourner l'algorithme 500 fois (ce qui est toutefois assez peu, mais nous sommes contraints

¹²En fait, le montant initial des crédits accordés tant en $(t - 2)$ qu'en $(t - 1)$ s'élève, au niveau du système bancaire, à 3500 unités pour chacune de ces périodes. En attribuant cette valeur à la demande agrégée, il y a des situations où soit il n'y pas de faillites, soit elles arrivent après un nombre trop important d'itérations. Pour des raisons informatiques, nous nous proposons de contrôler cette variable, en diminuant sa valeur, pour faire en sorte que les faillites interviennent plus rapidement.

¹³Il s'agit des paramètres ε_t et v_t .

par nos moyens informatiques) durant 600 périodes. Afin d'avoir une mesure de la stabilité du système bancaire ou l'inverse, de la dimension de la contagion durant la période d'étude, nous prenons la médiane du nombre de banques survivantes à chaque période¹⁴. La médiane est, par définition, une mesure de tendance centrale de la série telle qu'on ait la moitié des banques en-dessous de cette valeur et la moitié au-dessus.

Nos résultats sont cohérents avec la littérature spécialisée sur la contagion financière, qui confirme l'existence d'une telle relation de causalité (Allen et Gale, 2000 ; Iori *et al.*, 2006 ; Cifuentes *et al.*, 2005). Nous précisons notre propos ci-après. D'abord, regardons la figure 3.4 qui présente la distribution du nombre de banques actives après 500 itérations en fonction de la typologie des liens interbancaires. Ce graphique présente l'intérêt de faire apparaître la courbe normale surposée à l'histogramme de nos données.

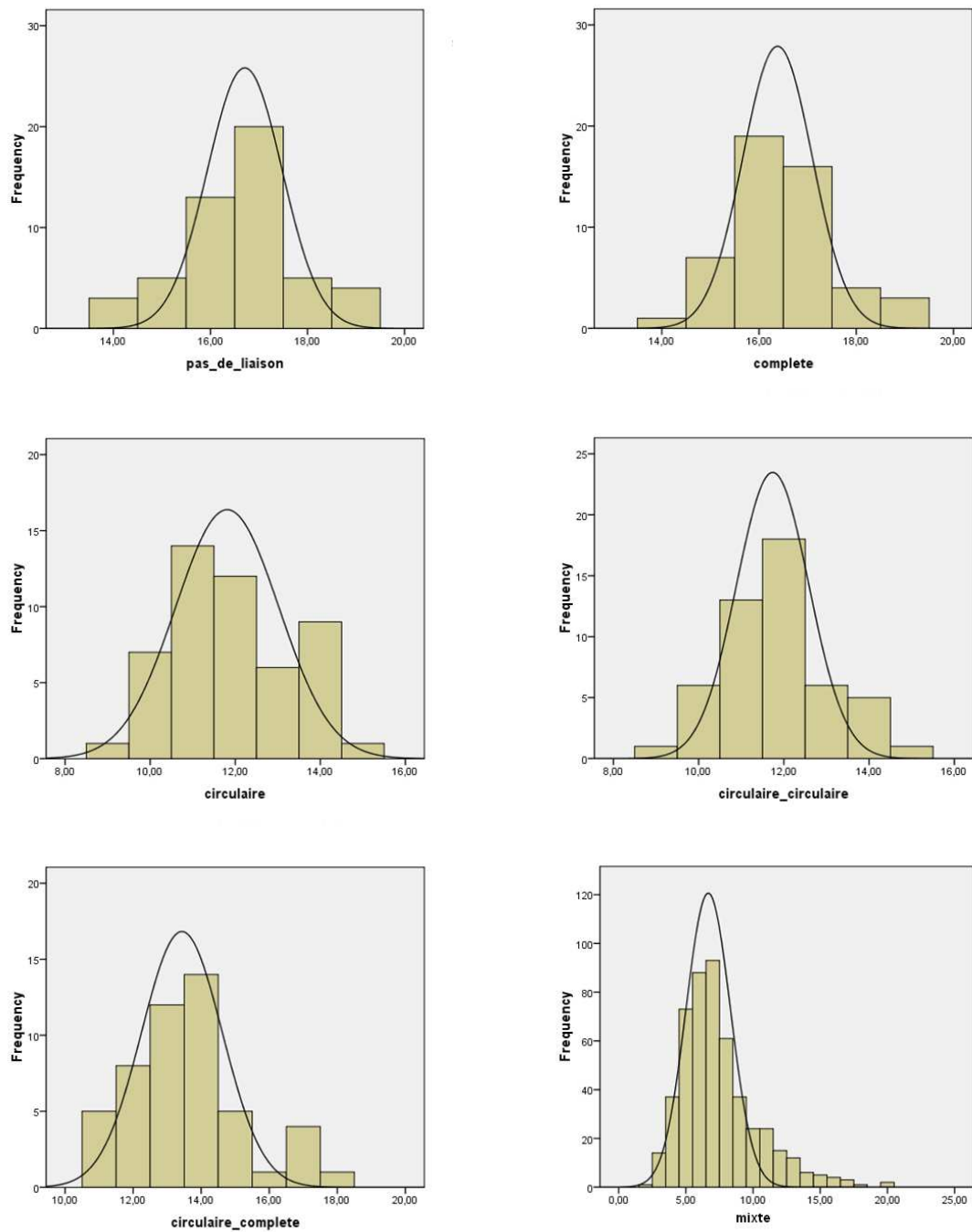
Les tests statistiques que nous mettrons en œuvre reposent sur l'hypothèse d'une distribution normale (gaussienne) de la variable représentant le nombre de banques survivantes pour les 500 itérations. Pour tester la normalité de notre variable, nous utilisons une procédure qui permet de calculer l'asymétrie et l'aplatissement. Les caractéristiques d'une loi de distribution normale sont les suivantes : une symétrie parfaite (le coefficient d'asymétrie est égal à 0) et une forme en cloche caractéristique (le coefficient d'aplatissement est égal à 3 ou 0¹⁵).

Une des mesures les plus utilisées du coefficient d'asymétrie est le *skewness*. Une distribution avec un coefficient d'asymétrie positif indique une longue queue vers la droite. Une distribution avec un coefficient d'asymétrie négatif signifie une longue queue vers la gauche. On peut également utiliser le rapport du coefficient d'asymétrie sur l'écart-type pour vérifier si la distribution des valeurs d'une variable ne suit pas la distribution normale. On peut rejeter la normalité si le ratio

¹⁴Généralement, dans les travaux empiriques la dimension de la contagion est donnée par le nombre moyen de banques défailtantes pendant une période de temps donnée (Cihak, 2005).

¹⁵Normalement, le coefficient d'aplatissement de toute loi normale est égal à 3, quelle que soient sa moyenne et son écart-type. On trouve également dans la littérature la convention consistant à soustraire 3 de ce coefficient ; le *kurtosis* de la loi normale est alors égal à 0. Le logiciel que nous utilisons, PASW Statistics 17.0, s'aligne à cette convention.

FIG. 3.4 – La distribution du nombre médian de banques selon la structure des liens interbancaires (Actifs liquides : 50%, actifs illiquides : 50%)



Source : L'auteur (Mihaela Costisor)

est inférieur à -2 ou supérieur à +2. Le *skewness* est utilisé conjointement à la statistique du *kurtosis* pour estimer si une variable est normalement distribuée.

Une des mesures les plus utilisées du coefficient d'aplatissement est donc le *kurtosis*. C'est une mesure du degré de concentration des observations dans les queues. Un *kurtosis* négatif indique que les queues comptent moins d'observations que dans une distribution gaussienne. Au contraire, un *kurtosis* positif indique que les queues comptent plus d'observations que dans une distribution gaussienne. Comme pour le coefficient d'asymétrie, on utilise le rapport du coefficient d'aplatissement sur l'écart-type pour vérifier si la distribution des valeurs d'une variable suit la distribution normale. On peut rejeter la normalité si le ratio est inférieur à -2 ou supérieur à +2.

Dans notre cas, pour vérifier si la distribution s'approche suffisamment de la distribution normale, nous faisons les démarches suivantes : premièrement, vérification du degré d'asymétrie et, deuxièmement, vérification du degré d'aplatissement. Le tableau ci-après présente les statistiques descriptives et les coefficients d'asymétrie et d'aplatissement (tableau 3.2).

TAB. 3.2 – Statistiques descriptives relatives au nombre de banques actives selon le type de structure

	Minimum	Maximum	Mean	Median	
	Statistic	Statistic	Statistic	Statistic	
pas_de_liaison	14,00	19,00	16,62	17	
complète	14,00	19,00	16,48	16	
circulaire	9,00	15,00	11,92	12	
circulaire_circulaire	9,00	15,00	11,82	12	
circulaire_complète	11,00	18,00	13,60	13,5	
mixte	2,00	20,00	7,46	7	
	Std. Deviation	Skewness		Kurtosis	
	Statistic	Statistic	Std. Error	Statistic	Std. Error
pas_de_liaison	1,23	-,117	,337	,110	,662
complète	1,09	,396	,337	,304	,662
circulaire	1,44	,231	,337	-,812	,662
circulaire_circulaire	1,27	,290	,337	-,013	,662
circulaire_complète	1,70	,636	,337	,226	,662
mixte	2,89	1,232	,109	1,996	,218

Les chiffres ci-dessus montrent que les distributions ne sont pas parfaitement symétriques car la médiane est différente de la moyenne et les coefficients

d'asymétrie et d'aplatissement sont différents de zéro. Par ailleurs, les coefficients d'aplatissement nous montrent également que les distributions sont relativement concentrées pour tous les types de structures.

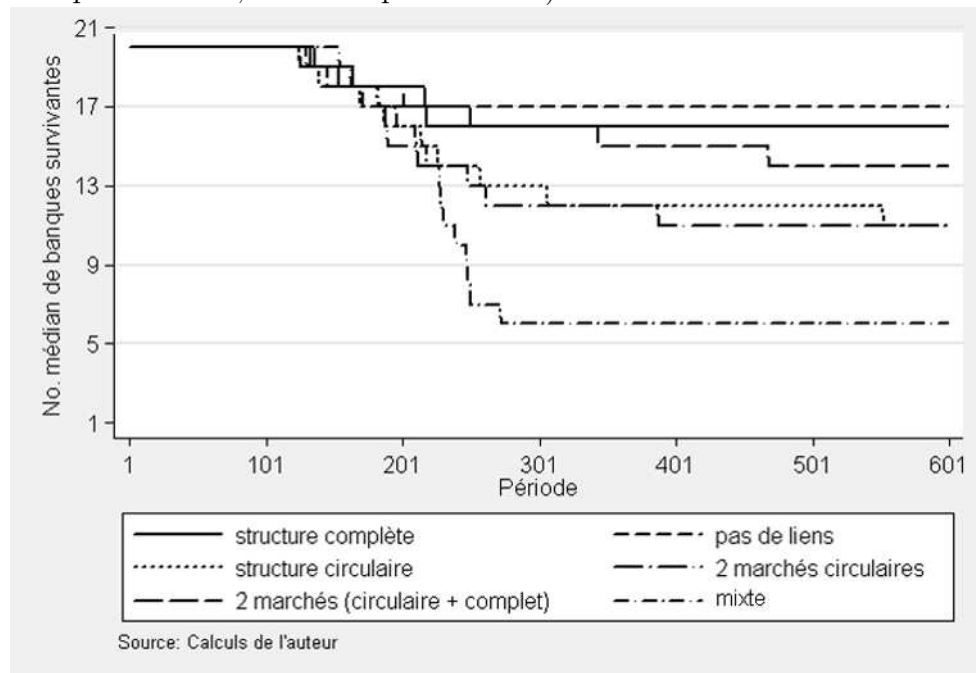
Le ratio du coefficient d'asymétrie sur l'écart-type est, dans tous les cas, exception faite de la structure mixte, compris entre -2 et 2 , ce qui ne peut rejeter la distribution normale. Nous pouvons faire le deuxième test. Le ratio du coefficient d'aplatissement sur l'écart-type est également pour tous les cas, exception faite de la structure mixte, compris entre -2 et 2 , ce qui nous permet d'affirmer que la distribution des données ne peut rejeter la distribution normale. Par conséquent, du moment que les analyses d'asymétrie et d'aplatissement n'invalident pas la distribution normale, nous pouvons continuer à croire que, mise à part la structure mixte, la distribution de cette variable respecte la distribution normale, et poursuivre nos analyses qui vont désormais s'appuyer uniquement sur la médiane.

Ainsi, d'après la figure 3.5, un système autarcique semble plus résistant qu'un système interconnecté, car la médiane indique un nombre de 17 banques actives à la fin des 600 périodes par rapport à 16 pour la structure complète ou 12 pour la structure circulaire. Cela s'explique par le fait qu'en l'absence de liens interbancaires, une banque illiquide emprunte seulement auprès de la banque centrale. Ce processus ne génère pas d'obligations vis-à-vis des autres banques. De plus, quand une banque fait faillite, les pertes ne dépassent pas son bilan, car il n'y a pas de canal de transmission des pertes sur les créances sur d'autres banques.

En revanche, en comparant un système faiblement connecté avec un autre complètement connecté, nous remarquons que la solidité du système augmente avec le nombre de contreparties. Ainsi, la structure complète est la plus solide (16 banques survivantes), suivie par la structure déconnectée avec deux marchés différents (circulaire et complet) (13.5 banques), et par la structure déconnectée avec deux marchés circulaires et la structure circulaire qui donnent les mêmes résultats (12 banques). En dernière position, c'est la structure mixte (7 banques).

Nous expliquons ces résultats par le fait que, lorsque la structure de marché est complète, une banque illiquide emprunte proportionnellement auprès de plusieurs banques, compte tenu de son besoin de financement et de l'excédent des

FIG. 3.5 – Le nombre médian de banques selon le type de structure de marché (Actifs liquides : 50%, actifs illiquides : 50%)



autres. Cela lui permet de mieux gérer sa pénurie de liquidité¹⁶. D'autre part, lors de la faillite d'une banque, la perte générée sera divisée par le nombre de créanciers, qui doivent finalement absorber une perte qui est bien inférieure à celle initiale.

Par contre, si la structure est circulaire, la banque adjacente doit absorber intégralement le choc (la perte étant toutefois limitée au montant de sa créance) et elle risque de faire faillite. C'est ce qui se passe car la liquidité virtuelle (liquidités + créances interbancaires - dettes interbancaires + réserves obligatoires) de certaines banques devient négative. Leur stock de titres est également insuffisant pour pouvoir emprunter autant qu'elles le souhaitent pour combler leur déficit de liquidité. De même que dans le modèle de Allen et Gale (2000), l'effet boule de neige continue à prendre de l'ampleur menant à l'augmentation du nombre de banques défaillantes jusqu'à la fin de la durée considérée.

¹⁶Indépendamment de la structure de marché, une banque peut également emprunter auprès de la banque centrale dans le cadre des facilités de prêt. Afin de répondre à notre objectif, nous avons imposé à une banque d'emprunter d'abord sur le marché interbancaire et, en second recours, auprès de la banque centrale.

Dans le même ordre d'idées, nos résultats montrent que la structure mixte est beaucoup plus instable comparée à la structure circulaire. En effet, l'architecture de cette structure est différente par rapport aux précédentes, car chaque banque est amenée à attribuer un « poids » à chaque contrepartie à partir de l'importance de chacune pour son refinancement¹⁷. Selon les résultats, le nombre médian de banques diminue rapidement à 7 banques dans la première moitié de l'intervalle du temps, où il se stabilise jusqu'à la fin des 600 périodes.

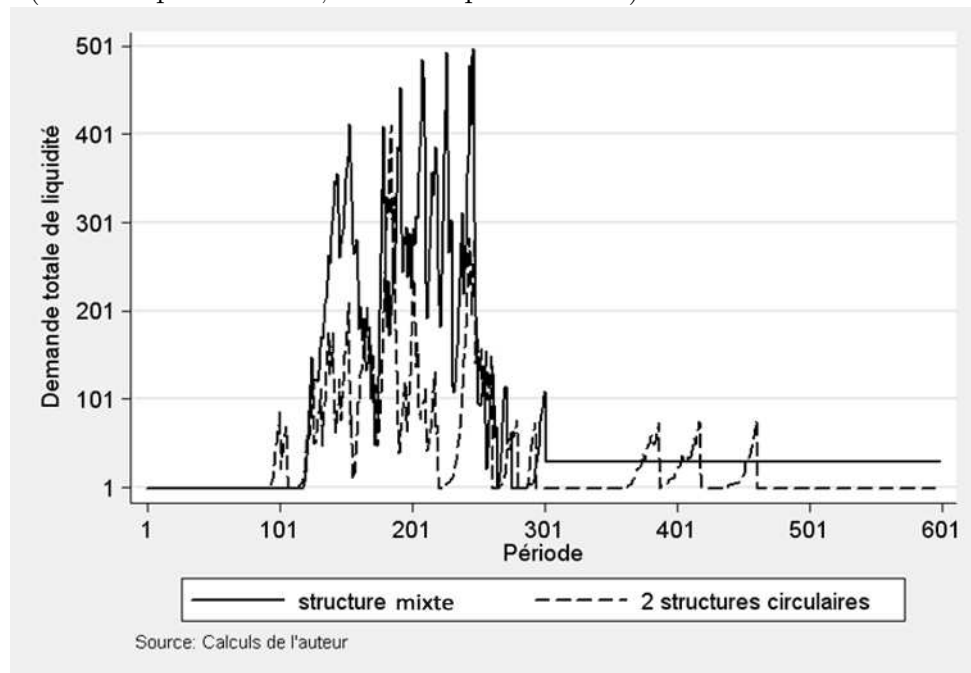
Pour expliciter cette évolution « atypique », nous regarderons plus en détail ce qui se passe au niveau du système bancaire. Plus précisément, nous tentons de répondre aux questions suivantes : Pourquoi, lorsque la structure est mixte, les déséquilibres accumulés sont-ils plus importants ? Pourquoi le système bancaire s'effondre-t-il brusquement par rapport aux situations précédentes ? À cette fin, nous cherchons les causes qui expliquent le fait que la demande totale de liquidité (retraits de déposants et remboursement de prêts interbancaires) dépasse à chaque période et de façon substantielle la demande de liquidité dans le cas de la structure mixte par rapport à la structure circulaire (figure 3.6).

Habituellement, une banque satisfait les retraits des déposants en utilisant la liquidité dont elle dispose. On sait également que la défaillance d'une banque ayant un poids important est susceptible d'engendrer des pertes substantielles chez les banques avec lesquelles elle est reliée. Du fait du non-recouvrement de leurs créances interbancaires, qui se traduit en conséquence par une baisse des entrées de liquidités, les banques créditrices doivent ralentir leur activité de crédit. Cela ne fait que diminuer encore plus les entrées de trésorerie à la période suivante. Elles doivent par la suite recourir au prêt interbancaire pour faire face aux engagements contractuels, ce qui va, finalement, précipiter leur faillite. En revanche, la baisse du nombre de banques au sein du système bancaire mène à l'augmentation de la demande individuelle de crédit (o_t^k) de chaque banque survivante car la demande globale de crédit est par hypothèse exogène.

Comme nous pouvons le constater sur la figure 3.6, juste au début de l'intervalle de temps d'étude, les banques n'ont pas besoin d'emprunter. L'effet de la contraction de l'activité de crédit intervient un peu plus tard, suite à l'accu-

¹⁷Cette structure peut également refléter le degré de concentration bancaire ou bien la dépendance financière à l'égard d'une banque quelconque.

FIG. 3.6 – Comparaison de la demande totale de liquidité : structure circulaire *vs.* mixte (Actifs liquides : 50%, actifs illiquides : 50%)

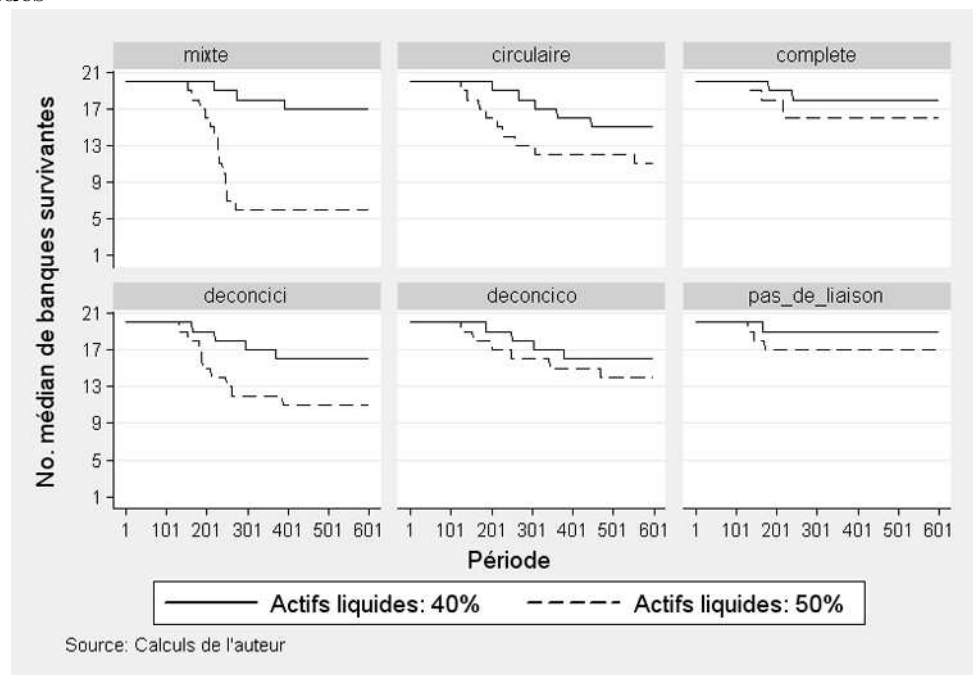


mulation des déséquilibres. En effet, les banques, en impossibilité de financer leur offre de prêts pour collecter ultérieurement davantage de liquidités, deviennent dépendantes du refinancement sur le marché. À partir de la deuxième moitié, nous observons une stabilisation du système bancaire qui indique effectivement l'absence d'activité sur le marché interbancaire. Cela s'explique par le fait qu'il n'y a plus de situations de pénurie de liquidité, ni de faillites. Pendant cette période, les banques sont capables d'honorer les retraits des déposants au moyen des revenus générés par les crédits octroyés au secteur non financier. Dans un contexte où la demande agrégée de crédit est exogène, le fait que le nombre de banques survivantes ait diminué ne fait que contribuer à l'accroissement du volume de crédit accordé par les banques actives, et, implicitement, à celui de la marge d'intérêts nette. De plus, sachant que la dimension des dépôts constitués varie relativement peu d'une période à l'autre et que la liquidité augmente avec les intérêts perçus sur les crédits, les banques n'ont plus besoin d'emprunter, car elles ne sont plus à court de liquidité.

Globalement, quelle que soit la structure de marché, exception faite de la structure mixte, aucune des banques ne devient un débiteur significatif. De même que dans le modèle de Allen et Gale (2000), si le nombre de contreparties est élevé et les pertes sur les créances ne sont pas significatives, la structure complète semble favoriser davantage la répartition efficace de la liquidité entre les banques.

Le deuxième aspect qui suscite notre intérêt concerne le rôle des actifs liquides dans la gestion de la liquidité. À cet effet, nous modifions la structure du bilan, en augmentant la proportion des actifs illiquides à 60% (figure 3.7). La demande agrégée de crédits augmente également tout en respectant la proportion considérée (85%) dans le montant total de crédits.

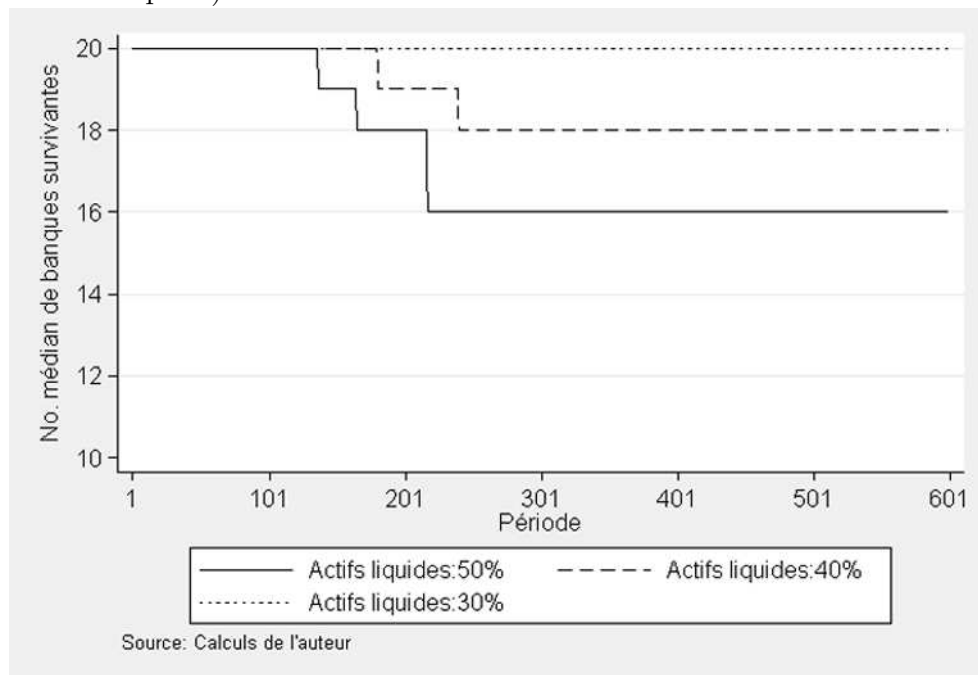
FIG. 3.7 – Nombre médian de banques survivantes selon la proportion d’actifs liquides



Le nombre médian de banques survivantes, *caeteris paribus*, augmente significativement, quel que soit le type de structure de marché. Nous expliquons ces résultats à partir des éléments du modèle de Bhattacharya et Gale (1987) qui montrent que le marché interbancaire permet aux banques d’investir davantage

dans des actifs illiquides, porteurs d'intérêts, et moins dans des actifs liquides, sachant qu'elles peuvent emprunter sur le marché interbancaire si le besoin s'exprime. Dans ce cas de figure, les banques ne manquent pas de liquidités, et quand cela intervient, la dimension du déficit est assez faible pour qu'elles puissent le combler en empruntant sur le marché interbancaire en contrepartie de leur portefeuille de titres. À titre d'exemple, si la structure de marché est complète, pour une proportion d'actifs illiquides égale à 70%, il n'y a aucune faillite, tandis que si la proportion des actifs illiquides diminue à 60% ou à 50%, le nombre de banques survivantes descend respectivement de 18 à 16 (figure 3.8). Pour interpréter ces résultats, il faut se rapporter au fait qu'il n'y pas de ruées des déposants dans notre modèle. La hausse du volume des crédits accordés ne fait qu'augmenter les intérêts perçus qui serviront après à rembourser les déposants.

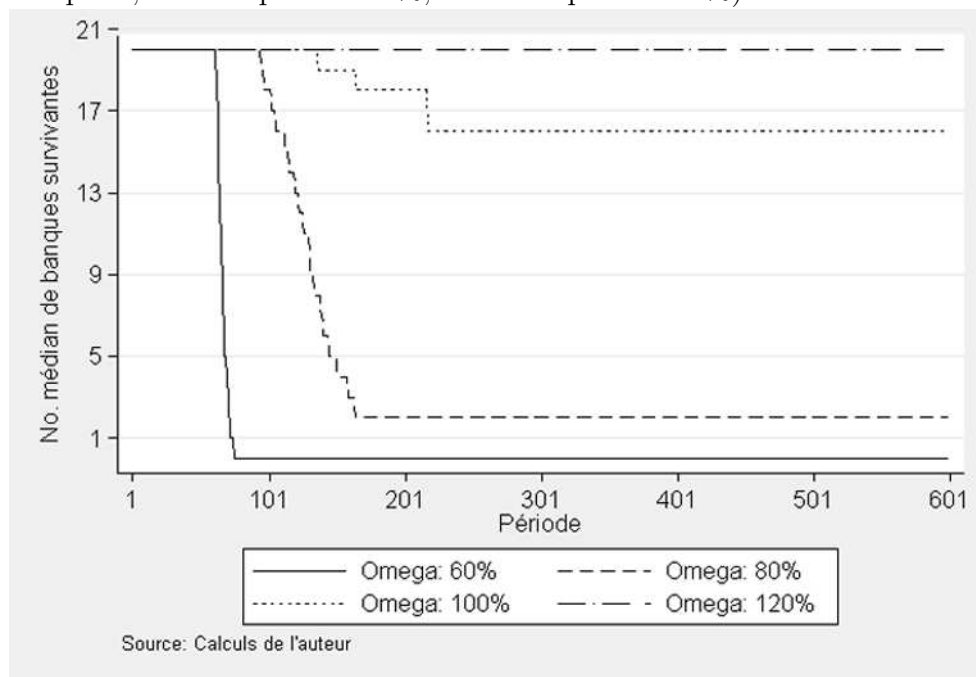
FIG. 3.8 – Analyse comparative de la médiane selon la proportion d'actifs liquides (structure complète)



Troisièmement, nous illustrons les effets de l'impact de la modification de la demande agrégée de crédit et de la volatilité des dépôts sur la stabilité du système bancaire, dans un contexte où la structure de marché est complète.

Tout d'abord, nous faisons varier la demande agrégée de crédit. D'après la figure 3.9, il y a une relation positive entre la demande agrégée de crédit et la stabilité systémique : plus la demande agrégée de crédit augmente, plus le nombre médian de banques survivantes est élevé et inversement. Ces résultats sont conformes à nos attentes, car, en se rapportant au mécanisme de gestion de la liquidité, une augmentation de la demande agrégée de crédit entraîne l'accroissement du volume des crédits effectivement accordés au secteur non-financier, et implicitement celui des revenus des intérêts. Par ailleurs, il est beaucoup plus « tentant » pour une banque d'investir dans des actifs illiquides, en raison de leur rentabilité, que de prêter sur le marché interbancaire (*cf.* Bhattacharya et Gale, 1987).

FIG. 3.9 – Banques survivantes en fonction de la demande agrégée de crédit (structure complète, actifs liquides : 50%, actifs illiquides : 50%)



Ainsi, nous observons qu'une forte contraction de la demande agrégée de crédit à 60% de sa valeur initiale mène à l'effondrement du système bancaire dans son ensemble. Au contraire, pour une demande équivalente ou supérieure à la valeur de départ, la stabilité est assurée jusqu'à la fin de l'intervalle du temps. D'ailleurs, pour ces valeurs, il n'y a pas d'activité sur le marché interbancaire, car les banques

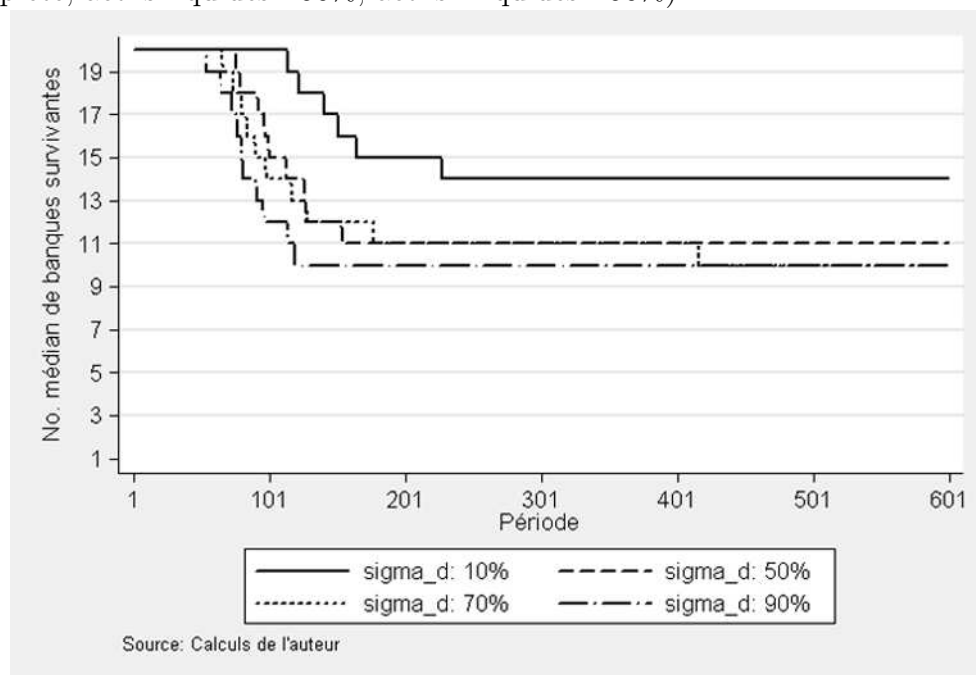
satisfont les retraits uniquement par les produits des intérêts.

Finalement, nous cherchons un éventuel impact de la volatilité des dépôts sur la stabilité du système. Nous modélisons la variable indiquant les dépôts renouvelés en faisant apparaître des corrélations locales dans le comportement des déposants de chaque banque, dans le sens où la volatilité des dépôts peut être plus grande pour les grandes banques que pour les petites :

$$D_t^i = D_{t-1}^i + \frac{\sigma_d}{\sqrt{T}} D_{t-1}^i \quad (3.23)$$

où T représente le nombre total de période. D'après les résultats, il semble qu'il y ait une relation négative entre la volatilité des dépôts et la stabilité du système (figure 3.10). Au fur et à mesure que la volatilité s'accroît, le nombre de banques

FIG. 3.10 – Banques survivantes en fonction de la volatilité des dépôts (structure complète, actifs liquides : 50%, actifs illiquides : 50%)



qui poursuivent leur activité diminuent. Pour $\sigma_d = 0.10$, la médiane est égale à 14 banques ; elle diminue à 10 pour $\sigma_d = 0.90$. Une forte volatilité augmente le risque de pénurie de liquidité des banques, car il y a des situations dans lesquelles les

revenus des intérêts et le montant des nouveaux dépôts ne couvrent pas les retraits des déposants. Cela mène au tarissement de la liquidité et au ralentissement de l'activité de crédit. Il y a également des cas dans lesquels la liquidité virtuelle devient négative, et les banques sont obligées alors d'emprunter sur le marché interbancaire et/ou à la banque centrale. À la période suivante, il se peut que la valeur des dépôts constitués baisse par rapport à ceux liquidés, ce qui creuse davantage le déficit de liquidité et rend les banques encore plus endettées. La spirale baissière continue. Plus une banque s'endette, plus elle risque de ne plus pouvoir rembourser ses dettes interbancaires, ce qui peut finalement entraîner un manque aigu de liquidité au niveau des contreparties.

3.4 Remarques conclusives

Dans ce chapitre, nous avons tenté de mettre en évidence le mécanisme de gestion de la liquidité dans un contexte où les banques peuvent emprunter sur le marché interbancaire. Nous avons privilégié une des fonctions essentielles assurées par les banques dans une économie, en l'occurrence celle de transformation des dépôts à court terme en prêts à long terme au secteur non-financier.

Nous avons trouvé que la typologie des liens interbancaires influe sur le rôle potentiellement stabilisateur du prêt interbancaire. D'abord, la structure complète est la plus stable, car les banques empruntent de façon proportionnelle auprès de chaque contrepartie et aucune d'entre elles ne devient un débiteur significatif. De surcroît, le risque de contrepartie est significativement atténué, car les pertes engendrées par le défaut de paiement sont absorbées proportionnellement par les banques avec lesquelles elle est reliée au moment où une banque fait faillite. Ensuite, dans le cas des structures circulaire et déconnectée, la défaillance d'une banque est totalement ressentie par la banque adjacente créditrice, qui peut devenir illiquide et, par la suite, dépendante du refinancement interbancaire. Chaque banque utilise ses liquidités à rembourser ses dettes au lieu d'accorder des crédits. Ceci ne fait que mener à la réduction de la liquidité globale et, donc à la précipitation de la faillite d'autres banques. Cependant, la plus instable est la structure mixte dans le cadre de laquelle les déséquilibres s'accroissent d'une période à l'autre et l'effondrement

du système bancaire intervient soudainement.

Nous avons également analysé l'impact de certaines variables susceptibles d'influer sur l'activité du marché interbancaire. Nous avons trouvé qu'une proportion faible d'actifs liquides peut stabiliser totalement le système bancaire. Ce résultat s'explique par le fait qu'une banque, en investissant davantage dans des actifs illiquides, porteurs d'intérêts, est capable de faire face à ses dettes en utilisant principalement les revenus générés par l'activité de crédit. Les déficits de liquidité sont assez faibles et les titres sont en quantité suffisante pour qu'ils soient utilisés en tant que collatéral lors du refinancement sur le marché interbancaire et/ou à la banque centrale.

La demande agrégée de crédit joue également un rôle important sur la stabilité du système bancaire. Une intensification de l'activité de crédit (une demande égale ou supérieure au montant de départ) semble stabiliser totalement le système bancaire. Les revenus de l'activité de crédit étant suffisamment élevés d'une part et les fluctuations des dépôts étant relativement négligeables d'une période à l'autre d'autre part, il y a des cas de figure dans lesquels l'activité sur le marché interbancaire est interrompue. En revanche, une demande réduite de crédits rend le système très vulnérable, ce qui explique le nombre très élevé de défaillances.

Un dernier aspect traité concerne la volatilité des dépôts. Nous sommes face à un constat négatif : plus la volatilité est forte, plus le nombre de banques actives diminue. Une volatilité élevée mène au tarissement de la liquidité et au ralentissement de l'activité de crédit, ce qui revient au cas précédent caractérisé par une demande agrégée de crédit relativement faible.

Nous concluons ce chapitre en illustrant deux axes possibles de développement de notre analyse. Le premier serait d'introduire une structure faite de « centres monétaires multiples » dans laquelle les centres sont liés symétriquement à plusieurs banques sans que celles-ci soient reliées entre elles. Une telle structure permettra d'étudier plusieurs questions intéressantes, telle que le rôle de la concentration du marché bancaire, qui sont pertinentes pour la stabilité des systèmes financiers. Le second serait l'intégration de la réglementation de la liquidité,

justifiée par le fait que les banques ont besoin de liquidité. En effet, les marchés interbancaires et financiers échouent parfois dans l'apport de liquidité à court terme. L'introduction du volet prudentiel repose en effet sur des raisons microéconomiques qui visent la protection des petits déposants, ainsi que macroéconomiques qui concerne le rôle de la banque centrale dans l'injection de la liquidité durant une crise. Cependant, cet axe est au cœur d'un vif débat relatif au choix du niveau optimal de liquidité. Car, comme Cifuentes *et al.* (2005) et Rochet (2008) le soulignent, son choix ne devrait pas être laissé aux gestionnaires et à l'actionnariat. De plus, Rochet (2008) affirme qu'un simple ratio de liquidité ne semble pourtant pas suffisant, car il faudrait également tenir compte de la contribution de chaque banque au risque systémique, ou autrement dit de l'exposition de chacune aux chocs macroéconomiques. Quelle que soit l'approche, la réglementation en matière d'exigences de liquidité a pour objectif de limiter le risque de contagion des défaillances d'une part et l'injection de liquidité par la banque centrale en cas de choc macroéconomique d'autre part.

Annexe du chapitre 3

TAB. A.3.1 – Liste des variables intervenant dans le modèle

Variable	Type	Explication
t	exogène	indice de la période
i, j, k	exogène	indice de la banque
M_t^i	endogène	solde de trésorerie au début de la période t
L_t^i	endogène	solde des crédits octroyés au secteur non-financier au début de la période t
A_t^i	endogène	solde des titres d'État au début de la période t
D_t^i	endogène	dépôts constitués à la période t
B_t^i	endogène	dette interbancaire totale de i en valeur nominale
B_t^{ij}	endogène	dette interbancaire de i envers j en valeur nominale
\bar{B}_t^i	endogène	dette interbancaire totale de i exprimée en valeur de marché
BC_t^i	endogène	dette de i envers la banque centrale
V_t^i	endogène	fonds propres de i
$\sum_j B_t^j \Pi_t^{ji}$	endogène	créances interbancaires totales de i sur ses contreparties
\hat{M}^i	endogène	solde intermédiaire de liquidité (la liquidité intra-période) en t
ρ_l	exogène	taux d'intérêt sur les crédits
$\rho_{d,t}$	endogène	taux d'intérêt sur les dépôts
ρ_a	exogène	rendement des titres d'État
ρ_{bc}	exogène	taux directeur (banque centrale)
ρ_{bcp}	exogène	taux plafond (banque centrale)
$\rho_{b,t}$	endogène	taux interbancaire à la période t
β	exogène	taux de réserves obligatoires
α	exogène	coût de déplacement des déposants d'une banque à une autre banque
$p_t^{i,BC}$	endogène	montant du paiement des dettes de i envers la banque centrale
p_t^i	endogène	montant du paiement des dettes de i envers ses contreparties
Ω	exogène	demande agrégée de crédit
σ_d	exogène	volatilité des dépôts
ε_t^i	endogène	coefficient aléatoire $\sim N(0, 1)$ (concerne les dépôts)
o_t^i	endogène	opportunités de crédits s'adressant à la banque i
σ_o	exogène	volatilité des crédits
v_t^i	endogène	coefficient aléatoire $\sim N(0, 1)$ (concerne les crédits)
ω_t^i	endogène	crédits effectivement accordés au secteur non-financier
λ	exogène	coefficient de l'élasticité
γ	exogène	taux de recouvrement
N_t	endogène	nombre total de banque actives à la période t
E	endogène	excès de la demande sur l'offre de liquidité
T	exogène	nombre total de périodes

Le code source du programme

```
#include <iostream>
#include <fstream>
#include <sstream>
#include <vector>
#include <map>
#include <numeric>
#include <algorithm>
#include <cmath>

using namespace std ;
//T - le nombre de périodes
const size_t T = 600;
// M - le nombre d'itérations
const size_t M = 500;
// SizeMarket - le nombre de banques
const size_t SizeMarket = 20;
const double delta_double_error = 0.001;
const string csv_sep = ",";
// fichiers de configuration
const string in_file_banking_system = "banques_init.txt";
const string in_file_conf_params = "params.txt";
const string in_file_connected_banks = "connected_banks.txt";
const string in_file_interbank_Lending = "interbank_Lending.txt";
// fichiers de résultats
const string out_file_actives_banks = "out\\actives_banks.csv";
const string out_file_t_actives_banks = "out\\t_actives_banks.csv";
const string out_file_distribution_actives_banks = "out\\↵
distribution_actives_banks.csv";
const string out_file_details = "out\\details.csv";

// vecteur contenant le nombre de banques actives dans chaque période pour ↵
chaque itération
vector< vector<size_t> > output;

enum { ACTIVE, LIQUIDATED } ;

// structure d'une banque et une méthode pour afficher sa structure
struct Banque {

    Banque() : name(), cash(), reserves(), titles(), loans(), deposits(), ↵
titles_offer(), titles_demand(), old_titles(), old_deposits(), sold_titles↵
(), purchased_titles(), loans_repayment(), diff_reeval_titles(), cpp(), ↵
rank(), status(ACTIVE) {}

    string name ;
```

```

double cash ;
double reserves ;
double titles ;
double loans[2] ;
double deposits ;
double titles_offer ;
double titles_demand ;
double old_titles;
double old_deposits;
double sold_titles;
double purchased_titles;
double loans_repayment;
double diff_reeval_titles;
double cpp;
double cb_lending;
double new_cb_lending;
int rank;
int status ;

void imprimer() {
    cout << " Name : " << name << " Cash : " << cash << " Titles : " << titles << "\n" << " Loans[0] : " << loans[0] << " Loans[1] " << loans[1] << " Deposits : " << deposits << " Reserves : " << reserves << " Old Deposits : " << old_deposits << " CPP : " << cpp << " CB lending : " << cb_lending << " Rank : " << rank ;
    if (status == ACTIVE) {
        cout << " ACTIVE " << status << endl;
    }
    if (status == LIQUIDATED) {
        cout << " LIQUIDATED " << status << endl;
    }
}
};

void fatal(const string & message) {
    cerr << "Erreur fatale ; message : " << message << endl ;
    exit(1) ;
}

void debug (const string &label, const double &message) {
    cout << "Debug - " << label << " : " << message << endl;
}

struct isActive {
    size_t operator() (const size_t arg1, const Banque & arg2) {
        return arg1 + (arg2.status == ACTIVE) ;
    }
};

```



```

// récupérer le nombre de banques actives
size_t getNoActiveBanks(const vector<Banque> & banques) {
    return accumulate(banques.begin(), banques.end(), 0, isActive());
}

// vérifier si une banque est active ou non
bool isActiveBank (const string & nom, const vector<Banque> & banques ) {
    bool isActive = false;
    for (int i=0; i<banques.size(); ++i) {
        if(strcmp(banques[i].name.c_str(), nom.c_str())==0) {
            if (banques[i].status == ACTIVE) {
                isActive = true;
            }
            break;
        }
    }
    return isActive;
}

int getBankIdx (const string & nom, const vector<Banque> & banques ) {
    int idx = -1;
    for (int i=0; i<banques.size(); ++i) {
        if(strcmp(banques[i].name.c_str(), nom.c_str())==0) {
            idx = i;
            break;
        }
    }
    return idx;
}

int getBankIndex(const vector<string> & nom_banques, const string & nom) {
    int index = -1;
    for (int i=0; i<nom_banques.size(); i++) {
        if(strcmp(nom_banques[i].c_str(), nom.c_str())==0) {
            index = i;
            break;
        }
    }
    return index;
}

// comparateur de crédits de deux banques
bool cmpLoans(const Banque &a, const Banque &b) {
    double loans_a = a.loans[0] + a.loans[1];
    double loans_b = b.loans[0] + b.loans[1];

    return (loans_a>loans_b);
}

```

```

// classer les banques par ordre décroissant de leur portefeuille de crédit
void initBanksOrder (vector<Banque> & banques) {
    sort(banques.begin(), banques.end(), cmpLoans);

    int bSize = banques.size();
    for (int i=0; i<bSize; i++) {
        banques[i].rank = (bSize-i);
    }
}

// calculer la somme des dépôts pour l'ensemble des banques actives
double getTotalDeposits (const vector<Banque> & banques) {
    double s=0;
    for(int i=0; i<banques.size(); i++) {
        if (banques[i].status == ACTIVE) {
            s+=banques[i].deposits;
        }
    }
    return s;
}

// calculer l'offre de liquidité au niveau du système bancaire
double getTotalLiquidityOffer (const vector<Banque> & banques) {
    double s=0;
    for(int i=0; i<banques.size(); i++) {
        if (banques[i].status == ACTIVE && banques[i].cash>0) {
            s+=banques[i].cash;
        }
    }
    return s;
}

// calculer la demande de liquidité au niveau du système bancaire
double getTotalLiquidityDemand(const vector <Banque> &banques, const vector<↵
    string> &nom_banques, const vector < vector<int> > & connected_banks, const ↵
    vector< vector<double> > & interbank_Lending) {
    double s = 0;
    for (int i=0; i<nom_banques.size(); i++) {
        if (isActiveBank(nom_banques[i], banques)) {
            for (int j=0; j<nom_banques.size(); j++) {
                if (connected_banks[i][j]==1 && isActiveBank(nom_banques[j], banques)) {
                    s += (1+ro_b)*interbank_Lending[i][j];
                }
            }
            int idx = getBankIdx(nom_banques[i], banques);
            s += (1+ro_bc)*(banques[idx].cb_lending);
        }
    }
    return s;
}

```

```

}

// méthode de debug
void print_banks( vector<Banque> & banques ) {
    for (int i=0; i<banques.size(); i++) {
        banques[i].imprimer();
    }
}

// générer des coefficients aléatoires pour les dépôts renouvelés : c'est la ←
variable epsilon_t
vector<double> getRandomCoefficientsDeposits(size_t N) {
    double coef_ecart = 0.1 ; // 10%
    vector<double> array(N) ;
    if (N==0) {
        return array;
    }
    double sum = 0 ;
    int interval = (int) 2*coef_ecart*1000;

    for ( size_t i = 0 ; i < array.size() ; ++ i ) {
        sum += array[i] = (1000 + (rand() % interval) );
    }
    for ( size_t i = 0 ; i < array.size() ; ++ i )
        array[i] /= sum ;

    sum = 0;
    for ( size_t i = 0 ; i < array.size() ; ++ i )
        sum += array[i];
    double average = sum / N;
    sum = 0;
    for ( size_t i = 0 ; i < array.size() ; ++ i ) {
        sum += pow(array[i] - average, 2);
    }
    if (N==1) {
        array[0] = 1;
    } else {
        double std_deviation = pow(sum/(N-1), 0.5);
        for ( size_t i = 0 ; i < array.size() ; ++ i )
            array[i] = (array[i]-average)/(std_deviation) ;
    }

    return array ;
}

// générer des coefficients aléatoires pour les opportunités de crédit: c'est la ←
variable upsilon_t
vector<double> getRandomCoefficientsCredits(size_t N) {
    vector<double> array(N) ;

```

```

double sum = 0 ;
for ( size_t i = 0 ; i < array.size() ; ++ i )
    sum += array[i] = (1+ rand()) ;
for ( size_t i = 0 ; i < array.size() ; ++ i )
    array[i] /= sum ;
return array ;
}

// méthode de debug
void print_coef (const vector<double> & arr_coef) {
    cout << "Random coef :" << endl;
    for (int i=0; i<arr_coef.size(); i++) {
        cout << arr_coef[i] << "\t" ;
    }
    cout << endl;
}

/*
Effectuer l'ensemble des flux monétaires pour toutes les banques actives du ←
système à un moment donné
- remboursement des crédits arrivés à l'échéance
- encaissement des revenus des titres d'État
- liquidation des dépôts constitués dans la période précédente
- renouvellement des dépôts
*/
void realizeBanksEvents(int period, double &AggregateDeposits, const size_t &←
    nActiveBanks, vector<Banque> & banques) {
    int t = period%2;
    vector<double> arr_coefficients = getRandomCoefficientsDeposits(nActiveBanks);
    print_coef(arr_coefficients);

    int k=0;
    for(int i=0; i<banques.size(); i++) {
        if (banques[i].status == ACTIVE) {
            banques[i].old_titles = banques[i].titles;
            banques[i].old_deposits = banques[i].deposits;
            // remboursement des crédits arrivés à l'échéance
            banques[i].loans_repayment = banques[i].loans[t];
            double loans_income = banques[i].loans_repayment * pow(1+ro_l, 2);
            banques[i].cash += loans_income;
            banques[i].loans[t] = 0;
            banques[i].cpp+=loans_income -banques[i].loans_repayment;

            if (period==0) {
                double cash = (1-beta)*banques[i].deposits;
                double reserves = beta * banques[i].deposits;
                banques[i].cash += cash;
                banques[i].reserves = reserves;
                banques[i].cash -= banques[i].titles;
            }
        }
    }
}

```

```

    banques[i].cash += banques[i].cpp-loans_income+banques[i].←
        loans_repayment;

} else {
    // encaissement des revenus des titres d'État
    double titres_proceeds = ro_a*banques[i].titres;
    banques[i].cash += titres_proceeds;
    banques[i].cpp += titres_proceeds;
    // liquidation des dépôts constitués dans la période précédente
    double InterestRateDeposit = (ro_bc - alpha/nActiveBanks);
    double DepositInterest = InterestRateDeposit * banques[i].deposits;
    banques[i].cash -= DepositInterest;
    banques[i].cpp -= DepositInterest;
    banques[i].cash -= (1-beta)*banques[i].deposits;
    banques[i].reserves -= beta*banques[i].deposits;
    banques[i].deposits = 0;
    banques[i].reserves=0;
    // renouvellement des dépôts
    double coef = arr_coefficients[k++];
    double NewDeposits = banques[i].old_deposits + sigma_d*banques[i].←
        old_deposits*coef/pow(T, 0.5);
    banques[i].deposits = NewDeposits;
    double cash = (1-beta)*banques[i].deposits;
    double reserves = beta * banques[i].deposits;
    banques[i].cash += cash;
    banques[i].reserves += reserves;
}
}
}

// calculer la position interbancaire nette pour chaque banque
void clearNetInterbankLending(const int n, vector< vector<double> > & ←
    interbank_Lending) {
    for (int i=0; i<n; ++i) {
        for (int j=i+1; j<n; ++j) {
            double m = min(interbank_Lending[i][j], interbank_Lending[j][i]);
            interbank_Lending[i][j] -= m;
            interbank_Lending[j][i] -= m;
        }
    }
}

// récupérer la valeur des dettes d'une banque envers ses contreparties
double getBankLiabilities(const string bank_name, const vector <Banque> &banques ←
    , const vector<string> &nom_banques, const vector < vector<int> > & ←
    connected_banks, const vector< vector<double> > & interbank_Lending) {
    double bank_liabilities = 0;
    int idx_bank = getBankIndex(nom_banques, bank_name);
    for (int i=0; i<nom_banques.size(); i++) {

```

```

    if (i!=idx_bank && connected_banks[idx_bank][i]==1 && isActiveBank(↔
        nom_banques[i], banques)) {
        bank_liabilities += interbank_Lending[idx_bank][i];
    }
}

return bank_liabilities;
}

// récupérer la valeur des créances d'une banque auprès de ses contreparties
double getBankReceivables(const string bank_name, const vector <Banque> &banques↔
    , const vector<string> &nom_banques, const vector < vector<int> > &↔
    connected_banks, const vector< vector<double> > & interbank_Lending) {
double bank_receivables = 0;
int idx_bank = getBankIndex(nom_banques, bank_name);
for (int i=0; i<nom_banques.size(); i++) {
    if (i!=idx_bank && connected_banks[i][idx_bank]==1 && isActiveBank(↔
        nom_banques[i], banques)) {
        bank_receivables += interbank_Lending[i][idx_bank];
    }
}

return bank_receivables;
}

// collecter les créances d'une banque auprès de ses contreparties
bool collectBankReceivables(const int current_bank, const string bank_name, ↔
    vector <Banque> &banques, const vector<string> &nom_banques, const vector <↔
    vector<int> > & connected_banks, vector< vector<double> > &↔
    interbank_Lending) {
bool bCollected = false;
int idx_bank = getBankIndex(nom_banques, bank_name);

for (int i=0; i<nom_banques.size(); i++) {
    if (i!=idx_bank && connected_banks[i][idx_bank]==1 && isActiveBank(↔
        nom_banques[i], banques)) {
        double i_bank_liabilities = getBankLiabilities(nom_banques[i], banques, ↔
            nom_banques, connected_banks, interbank_Lending);
        int idx = getBankIdx(nom_banques[i], banques);
        double i_rest_cash = banques[idx].cash - (1+ro_bc)*banques[idx].cb_lending↔
            ;

        if (i_rest_cash>0 && i_bank_liabilities>0) {
            double i_can_pmt = min(i_rest_cash, (1+ro_b)*i_bank_liabilities);
            double coef = i_can_pmt / ((1+ro_b)*i_bank_liabilities);
            double v = coef*interbank_Lending[i][idx_bank];
            interbank_Lending[i][idx_bank] -= v;
            banques[idx].cash -= (1+ro_b)*v;
            banques[idx].cpp -= ro_b*v;
            banques[current_bank].cash += (1+ro_b)*v;
        }
    }
}
}

```

```

        banques[current_bank].cpp += ro_b*v;
        bCollected = true;
    }
}
}

return bCollected;
}

// régler les dettes d'une banque envers ses contreparties
bool payBankLiabilities(const int current_bank, const string bank_name, vector<↔
    Banque> & banques, const vector<string> &nom_banques, const vector< vector<↔
    int>> & connected_banks, vector< vector<double>> & interbank_Lending, ↔
    const double bank_liabilities) {
    bool bPaid = false;
    if (banques[current_bank].cash <=0 || (bank_liabilities <=0.001 && banques[↔
        current_bank].cb_lending<=0.001))
        return bPaid;

    int idx_bank = getBankIndex(nom_banques, bank_name);

    double pmt = 0;
    pmt = min(banques[current_bank].cash, (1+ro_bc)*banques[current_bank].↔
        cb_lending);
    banques[current_bank].cash -= pmt;
    banques[current_bank].cpp -= (ro_bc/(1+ro_bc))*pmt;
    banques[current_bank].cb_lending -= pmt/(1+ro_bc);
    pmt = min(banques[current_bank].cash, (1+ro_b)*bank_liabilities);

    if (pmt > 0 && bank_liabilities>0) {
        double coef = pmt / ((1+ro_b)*bank_liabilities);

        banques[current_bank].cash -= pmt;
        banques[current_bank].cpp -= (ro_b/(1+ro_b))*pmt;
        for (int i=0; i<nom_banques.size(); i++) {
            if (i!=idx_bank && connected_banks[idx_bank][i]==1 && isActiveBank(↔
                nom_banques[i], banques)) {
                double v = coef*interbank_Lending[idx_bank][i];
                interbank_Lending[idx_bank][i] -= v;
                int idx = getBankIdx(nom_banques[i], banques);
                banques[idx].cash += (1+ro_b)*v;
                banques[idx].cpp += ro_b*v;
                bPaid = true;
            }
        }
    }

    return bPaid;
}
}

```

```

// essayer de combler le déficit de liquidités d'une banque en empruntant sur ←
le marché interbancaire et à la banque centrale
void tryToBorrow(double cash_needed, const bool bOnlyFromBCBorrowing, const int ←
current_bank, const string bank_name, vector <Banque> & banques, const ←
vector<string> &nom_banques, const vector < vector<int> > & connected_banks, ←
vector< vector<double> > & interbank_Lending, vector< vector<double> > & ←
new_interbank_Lending) {
int idx_bank = getBankIndex(nom_banques, bank_name);

if (bOnlyFromBCBorrowing==false) {
double dispo_interbank_cash = 0;
for (int i=0; i<nom_banques.size(); i++) {
if (i!=idx_bank && connected_banks[i][idx_bank]==1 && isActiveBank(←
nom_banques[i], banques)) {
double i_bank_liabilities = getBankLiabilities(nom_banques[i], banques, ←
nom_banques, connected_banks, interbank_Lending);
int idx = getBankIdx(nom_banques[i], banques);
double i_rest_cash = banques[idx].cash - (1+ro_bc)*banques[idx].←
cb_lending - (1+ro_b)*i_bank_liabilities;
if (i_rest_cash>0) {
dispo_interbank_cash += i_rest_cash;
}
}
}
if (dispo_interbank_cash>0) {
for (int i=0; i<nom_banques.size(); i++) {
if (i!=idx_bank && connected_banks[i][idx_bank]==1 && isActiveBank(←
nom_banques[i], banques)) {
double i_bank_liabilities = getBankLiabilities(nom_banques[i], banques ←
, nom_banques, connected_banks, interbank_Lending);
int idx = getBankIdx(nom_banques[i], banques);
double i_rest_cash = banques[idx].cash - (1+ro_bc)*banques[idx].←
cb_lending - (1+ro_b)*i_bank_liabilities;

if (i_rest_cash>0) {
double coef = i_rest_cash/dispo_interbank_cash;
double iBank_can_pay = min(coef*i_rest_cash, cash_needed);
new_interbank_Lending[idx_bank][i] += iBank_can_pay;
banques[idx].cash -= iBank_can_pay;
banques[idx].cpp -= iBank_can_pay;
banques[current_bank].cash += iBank_can_pay;
banques[current_bank].cpp += iBank_can_pay;
cash_needed -= iBank_can_pay;
}
}
}
}
}

if (cash_needed>0) {

```



```

    banques[current_bank].cash += cash_needed;
    banques[current_bank].new_cb_lending += cash_needed;
}
}

// transférer les dettes d'une banque défailante aux banques débitrices par
// rapport à elle de manière proportionnelle
void transferBankLiabilities(const int current_bank, const string bank_name,
vector<Banque> & banques, const vector<string> &nom_banques, vector<
vector<int>> & connected_banks, vector< vector<double>> &
interbank_Lending) {
    int idx_bank = getBankIndex(nom_banques, bank_name);

    double bank_liabilities = getBankLiabilities(banques[current_bank].name,
banques, nom_banques, connected_banks, interbank_Lending);
    double bank_receivables = getBankReceivables(banques[current_bank].name,
banques, nom_banques, connected_banks, interbank_Lending);

    if (banques[current_bank].cb_lending>0 && bank_receivables>0) {
        double cb_lending_to_pay = min(banques[current_bank].cb_lending,
bank_receivables);

        double coef = cb_lending_to_pay / bank_receivables;
        banques[current_bank].cb_lending -= cb_lending_to_pay;

        for (int i=0; i<nom_banques.size(); i++) {
            if (i!=idx_bank && connected_banks[idx_bank][i]==1 && isActiveBank(
nom_banques[i], banques)) {
                double v = coef*interbank_Lending[i][idx_bank];
                interbank_Lending[i][idx_bank] -= v;
                int idx = getBankIdx(nom_banques[i], banques);
                banques[idx].cb_lending += v;
                bank_receivables -= v;
            }
        }
    }

    if (bank_receivables>0 && bank_liabilities>0) {
        double receivables_to_transfer = min(bank_receivables, bank_liabilities);

        double coef = receivables_to_transfer / bank_liabilities;

        for (int i=0; i<nom_banques.size(); i++) {
            if (i!=idx_bank && connected_banks[idx_bank][i]==1 && isActiveBank(
nom_banques[i], banques)) {
                for (int j=0; j<nom_banques.size(); j++) {
                    if (j!=idx_bank && j!=i && connected_banks[idx_bank][j]==1 &&
isActiveBank(nom_banques[j], banques)) {
                        double v = coef*interbank_Lending[idx_bank][i]*interbank_Lending[j][
idx_bank]/bank_receivables;

```

```

        interbank_Lending[j][idx_bank] -= v;
        interbank_Lending[j][i] += v;
        interbank_Lending[idx_bank][i] -= v;
        connected_banks[j][i] = connected_banks[i][j] = 1;
    }
}
}
}
}

// réaliser des opérations d'échange de liquidités entre les banques actives
void InterbankOperations(vector <Banque> & banques, const vector<string> &
    nom_banques, const vector < vector<int> > & connected_banks, vector< vector<double> > & interbank_Lending) {
    bool bRepeat = true;
    clearNetInterbankLending(nom_banques.size(), interbank_Lending);

    int max_repeat = 2000;
    while (bRepeat && max_repeat>0) {
        max_repeat--;
        bRepeat = false;
        for(int i=0; i<banques.size(); i++) {
            if (banques[i].status == ACTIVE) {
                double bank_receivables = getBankReceivables(banques[i].name, banques, &
                    nom_banques, connected_banks, interbank_Lending);
                if (bank_receivables>0) {
                    bool bCollected = collectBankReceivables(i, banques[i].name, banques, &
                        nom_banques, connected_banks, interbank_Lending);
                    if (bCollected)
                        bRepeat = true;
                }
                double bank_liabilities = getBankLiabilities(banques[i].name, banques, &
                    nom_banques, connected_banks, interbank_Lending);
                bool bPaid = payBankLiabilities(i, banques[i].name, banques, &
                    nom_banques, connected_banks, interbank_Lending, bank_liabilities);
                if (bPaid)
                    bRepeat = true;
            }
        }
    }
}

// réaliser des opérations d'échange de liquidités entre les banques actives en
// fonction des fonds restants après l'octroi des crédits au grand public
void PostInterbankOperations(vector <Banque> & banques, const vector<string> &
    nom_banques, vector < vector<int> > & connected_banks, vector< vector<double> > &
    interbank_Lending, const bool bOnlyFromBCBorrowing) {

```

```

bool bRepeat = true;
vector< vector<double>> new_interbank_Lending;

vector<double> tmp_vector;
for(int i=0; i<banques.size(); i++) {
    banques[i].new_cb_lending = 0;
    tmp_vector.push_back(0);
}
for(int i=0; i<banques.size(); i++) {
    new_interbank_Lending.push_back(tmp_vector);
}

clearNetInterbankLending(nom_banques.size(), interbank_Lending);

int max_repeat = 2000;
while (bRepeat && max_repeat>0) {
    max_repeat--;
    bRepeat = false;
    for(int i=0; i<banques.size(); i++) {
        if (banques[i].status == ACTIVE) {
            double bank_receivables = 0.0;
            double bank_liabilities = 0.0;

            bank_receivables = getBankReceivables(banques[i].name, banques, ←
                nom_banques, connected_banks, interbank_Lending);
            if (bank_receivables>0) {
                bool bCollected = collectBankReceivables(i, banques[i].name, banques, ←
                    nom_banques, connected_banks, interbank_Lending);
                if (bCollected)
                    bRepeat = true;
            }

            bank_receivables = (1+ro_b)*getBankReceivables(banques[i].name, banques, ←
                nom_banques, connected_banks, interbank_Lending);
            double bank_interbank_liabilities = (1+ro_b)*getBankLiabilities(banques[←
                i].name, banques, nom_banques, connected_banks, interbank_Lending);
            bank_liabilities = bank_interbank_liabilities + (1+ro_bc)*banques[i].←
                cb_lending;
            double net_position = bank_receivables - bank_liabilities;
            double virtual_cash_position = banques[i].cash + net_position + banques[←
                i].reserves;

            if (banques[i].titles + virtual_cash_position >= 0) {
                bank_liabilities = getBankLiabilities(banques[i].name, banques, ←
                    nom_banques, connected_banks, interbank_Lending);
                bool bPaid = payBankLiabilities(i, banques[i].name, banques, ←
                    nom_banques, connected_banks, interbank_Lending, bank_liabilities)←
                    ;
                if (bPaid)

```

```

        bRepeat = true;

        if (virtual_cash_position<0) {
            tryToBorrow(abs(virtual_cash_position), bOnlyFromBCBorrowing, i, ←
                banques[i].name, banques, nom_banques, connected_banks, ←
                interbank_Lending, new_interbank_Lending);
        }
    } else {
        if (banques[i].reserves>0 && banques[i].deposits>0) {
            double reimbursement = min(banques[i].reserves, banques[i].deposits)←
                ;
            banques[i].reserves -= reimbursement;
            banques[i].deposits -= reimbursement;
        }

        if (banques[i].cash>0 && banques[i].deposits>0) {
            double reimbursement = min(banques[i].cash, banques[i].deposits);
            banques[i].cash -= reimbursement;
            banques[i].deposits -= reimbursement;
        }
        if (banques[i].deposits>0) {
            bRepeat = true;
        } else {
            bank_liabilities = getBankLiabilities(banques[i].name, banques, ←
                nom_banques, connected_banks, interbank_Lending);
            bool bPayed = payBankLiabilities(i, banques[i].name, banques, ←
                nom_banques, connected_banks, interbank_Lending, ←
                bank_liabilities);
            if (bPayed)
                bRepeat = true;
        }
    }
}
}
}

for(int i=0; i<banques.size(); i++) {
    for(int j=0; j<banques.size(); j++) {
        interbank_Lending[i][j] = (1+ro_b)*interbank_Lending[i][j]+←
            new_interbank_Lending[i][j];
    }
}

// pour chaque banque active
for(int i=0; i<banques.size(); i++) {
    if (banques[i].status == ACTIVE) {
        // calculer la position de liquidité virtuelle
        double bank_receivables = (1+ro_b)*getBankReceivables(banques[i].name, ←
            banques, nom_banques, connected_banks, interbank_Lending);
    }
}

```

```

double bank_interbank_liabilities = (1+ro_b)*getBankLiabilities(banques[i]
    ].name, banques, nom_banques, connected_banks, interbank_Lending);
double bank_liabilities = bank_interbank_liabilities + (1+ro_bc)*banques[i]
    ].cb_lending;
double net_position = bank_receivables - bank_liabilities;
double virtual_cash_position = banques[i].cash + net_position + banques[i]
    ].reserves;
// mettre en faillite la banque dont la position de liquidité virtuelle ←
    est négative
if (banques[i].titles + virtual_cash_position < 0) {
    banques[i].status = LIQUIDATED;
    // calculer la valeur de liquidation
    double LiquidationValue = gamma*(banques[i].loans[0] + banques[i].loans←
        [1] + banques[i].titles);
    AggregateDeposits += LiquidationValue - (1 - beta)*banques[i].deposits +←
        banques[i].cash;
    banques[i].cash += LiquidationValue;
    // calculer le coût de liquidation
    double liquidation_cost = (1-gamma) * (banques[i].loans[0] + banques[i].←
        loans[1] + banques[i].titles);

    banques[i].cpp -= liquidation_cost;
    banques[i].loans[0] -= (gamma*banques[i].loans[0] + (1-gamma)*banques[i]←
        ].loans[0]);
    banques[i].loans[1] -= (gamma*banques[i].loans[1] + (1-gamma)*banques[i]←
        ].loans[1]);

    banques[i].titles -= banques[i].titles;
    // distribuer aux déposants la liquidité résultante du processus de ←
        liquidation
    if (banques[i].cash >= (1-beta)*banques[i].deposits) {
        banques[i].cash -= (1-beta)* banques[i].deposits;
        banques[i].deposits -= (1-beta)* banques[i].deposits;

        banques[i].deposits -= banques[i].reserves;
        banques[i].reserves = 0;
    } else {
        double vmin = min(banques[i].reserves, banques[i].deposits);
        banques[i].reserves -= vmin;
        banques[i].deposits -= vmin;

        if (banques[i].deposits > 0) {
            if (banques[i].cash > 0) {
                double vmin = min(banques[i].cash, banques[i].deposits);
                banques[i].deposits -= vmin;
                banques[i].cash -= vmin;
            }
        }
    }
}
}

```

```

// utiliser l'éventuel surplus de liquidité pour régler les dettes ←
    envers la banque centrale et les contreparties
if (banques[i].cash > 0) {
    double bank_liabilities = getBankLiabilities(banques[i].name, banques, ←
        nom_banques, connected_banks, interbank_Lending);
    bool bPayed = payBankLiabilities(i, banques[i].name, banques, ←
        nom_banques, connected_banks, interbank_Lending, bank_liabilities)←
        ;
}
// transférer les dettes d'une banque défaillante aux banques débitrices←
    par rapport à elle de manière proportionnelle
transferBankLiabilities(i, banques[i].name, banques, nom_banques, ←
    connected_banks, interbank_Lending);
} else {banques[i].cb_lending = (1+ro_bc)*banques[i].cb_lending + banques[←
    i].new_cb_lending;

}
}
}
}

// accorder des crédits au grand public
void NonGouvernementalLoans (int period, const size_t &nActiveBanks, vector<←
    Banque> &banques, const vector<string> nom_banques, vector < vector<int> > ←
    & connected_banks, vector< vector<double> > & interbank_Lending) {
    int t = period%2;
    vector<double> arr_niu_loans = getRandomCoefficientsCredits(nActiveBanks);
    print_coef(arr_niu_loans);

    int k=0;
    for(int i=0; i<banques.size(); i++) {
        if (banques[i].status == ACTIVE) {
            double bank_interbank_liabilities = (1+ro_b)*getBankLiabilities(banques[←
                i].name, banques, nom_banques, connected_banks, interbank_Lending);
            double bank_liabilities = bank_interbank_liabilities + (1+ro_bc)*banques←
                [i].cb_lending;
            double virtual_cash_position = banques[i].cash - bank_liabilities;

            if (virtual_cash_position > 0) {

                double credit_demand = (1 - sigma_zero)*omega / nActiveBanks + ←
                    sigma_zero*omega*arr_niu_loans[k];
                double loans_extended = min(max(0., banques[i].cash), credit_demand);
                banques[i].cash -= loans_extended;
                banques[i].loans[t] += loans_extended;
            }
            ++k;
        }
    }
}
}

```

```

}

// calculer et sauvegarder les résultats dans les fichiers respectifs
void saveOutput2File(const vector< vector<size_t> > &output) {
    {
        ofstream ofile(out_file_actives_banks.c_str());
        if ( ! ofile )
            fatal("Cannot open output file " + out_file_actives_banks);

        for ( size_t iter = 0 ; iter < M ; ++ iter ) {
            ofile << iter << csv_sep;
            for ( size_t t = 0 ; t < T ; t++ ) {
                ofile << output[iter][t] << csv_sep;
            }
            ofile << endl;
        }
        ofile.close();
    }

    {
        ofstream ofile(out_file_t_actives_banks.c_str());
        if ( ! ofile )
            fatal("Cannot open output file " + out_file_t_actives_banks);

        ofile << "Q1" << csv_sep << "Médiane" << csv_sep << "Q3" << endl;
        for ( size_t t = 0 ; t < T ; t++ ) {
            vector<size_t> tmp(M);
            for ( size_t iter = 0 ; iter < M ; ++ iter ) {
                tmp[iter] = output[iter][t];
            }
            sort(tmp.begin(), tmp.end());
            ofile << tmp[M/4] << csv_sep << tmp[M/2] << csv_sep << tmp[3*M/4] << endl;
        }
        ofile.close();
    }

    {
        ofstream ofile(out_file_distribution_actives_banks.c_str());
        if ( ! ofile )
            fatal("Cannot open output file " + out_file_distribution_actives_banks);

        typedef map <int, size_t> t_distribution;
        t_distribution distribution;

        for ( size_t iter = 0 ; iter < M ; ++ iter ) {
            ofile << iter << csv_sep;
            ++distribution[output[iter][T-1]];
        }
        ofile << "ActiveBanks" << csv_sep << "Count" << endl;
    }
}

```

```

t_distribution::iterator iter = distribution.begin();
while (iter != distribution.end()) {
    ofile << iter->first << csv_sep << iter->second << endl;
    iter++;
}

ofile.close();
}
}

// lire les paramètres à partir du fichier de configuration "params.txt"
void readParams() {
    ifstream file(in_file_conf_params.c_str());
    if ( ! file )
        fatal("Cannot open params file " + in_file_conf_params) ;
    map<string, double *> params ;
    params["beta"] = &beta ;
    params["alpha"] = &alpha ;
    params["sigma_d"] = &sigma_d ;
    params["sigma_zero"] = &sigma_zero ;
    params["gamma"] = &gamma ;
    params["pi"] = &pi ;
    params["ro_l"] = &ro_l ;
    params["ro_a"] = &ro_a ;
    params["ro_b"] = &ro_b ;
    params["ro_bc"] = &ro_bc ;
    params["omega"] = &omega ;
    params["lambda"] = &lambda ;
    string line ;
    while ( getline(file, line) ) {
        istringstream tmp(line) ;
        string name ;
        double value ;
        tmp >> name ; if ( tmp.fail() ) fatal("IO error") ;
        tmp >> value ; if ( tmp.fail() ) fatal("IO error") ;
        if ( params.find(name) != params.end() )
            *params[name] = value ;
        else
            fatal("unknown parameter "+name) ;
    }
}

// lire la structure du système bancaire à partir du fichier de configuration "↔
banques_init.txt"
void readBanks(vector<Banque> &banques) {
    ifstream file(in_file_banking_system.c_str());
    if ( ! file )
        fatal("Cannot open file " + in_file_banking_system) ;
    string line ;

```



```

while ( getline(file, line) ) {
    if ( line.empty() )
        continue ;
    if ( line.substr(0,1).compare("#")==0 )
        continue;
    istringstream tmp(line) ;
    Banque banque ;
    tmp >> banque.name ; if ( tmp.fail() ) fatal("IO error bank name") ;
    tmp >> banque.cash ; if ( tmp.fail() ) fatal("IO error cash") ;
    tmp >> banque.titles ; if ( tmp.fail() ) fatal("IO error titles") ;
    tmp >> banque.loans[0] ; if ( tmp.fail() ) fatal("IO error loans 0") ;
    tmp >> banque.loans[1] ; if ( tmp.fail() ) fatal("IO error loans 1") ;
    tmp >> banque.deposits ; if ( tmp.fail() ) fatal("IO error deposits") ;
    tmp >> banque.cpp ; if ( tmp.fail() ) fatal("IO error cpp") ;
    tmp >> banque.reserves ; if ( tmp.fail() ) fatal("IO error reserves") ;
    tmp >> banque.cb_lending ; if ( tmp.fail() ) fatal("IO error cb_lending") ←
        ;

    banque.imprimer();
    banques.push_back(banque);
}
cout << endl << endl;
initBanksOrder(banques);
print_banks(banques);
//exit(1);
}

// construire un tableau contenant les nom des banques
void initBanksName(const vector<Banque> &banques, vector<string> &nom_banques) {
    for(int i=0; i<banques.size(); i++) {
        nom_banques.push_back(banques[i].name);
    }
}

// méthode de debug
void print_BanksName (const vector<string> &nom_banques) {
    for(int i=0; i<nom_banques.size(); i++) {
        cout << nom_banques[i] << " ";
    }
    cout << endl;
}

// lire la matrice de connectivité à partir du fichier de configuration "←
connected_banks.txt"
void readConnectedBanks(vector< vector<int> > &connected_banks, const int n) {
    ifstream file(in_file_connected_banks.c_str());
    if ( ! file )
        fatal("Cannot open file " + in_file_connected_banks) ;
    string line ;
    while ( getline(file, line) ) {

```

```

    if ( line.empty() )
        continue ;
    if ( line.substr(0,1).compare("#")==0 )
        continue;
    istringstream tmp(line) ;

    int item;
    vector <int> array;
    while( tmp >> item ) {
        array.push_back(item);
    }
    connected_banks.push_back(array);
}
}

// méthode de debug
void print_ConnectedBanks(const vector< vector<int> > &connected_banks , const int ←
    int n) {
    cout << "ConnectedBanks :" << endl;
    for(int i=0; i<n; i++) {
        for(int j=0; j<n; j++) {
            cout << connected_banks[i][j] << " ";
        }
        cout << endl;
    }
    cout << endl;
}

// lire les dettes interbancaires à partir du fichier de configuration "←
interbank_Lending.txt"
void readInterbankLending(vector< vector<double> > &interbank_Lending , const int ←
    n) {
    ifstream file(in_file_interbank_Lending.c_str() ) ;
    if ( ! file )
        fatal("Cannot open file " + in_file_interbank_Lending) ;
    string line ;
    while ( getline(file, line) ) {
        if ( line.empty() )
            continue ;
        if ( line.substr(0,1).compare("#")==0 )
            continue;
        istringstream tmp(line) ;

        double item;
        vector <double> array;
        while( tmp >> item ) {
            array.push_back(item);
        }
        interbank_Lending.push_back(array);
    }
}

```

```

}

// méthode de debug
void print_InterbankLending(const vector< vector<double> > &interbank_Lending, ←
    const int n) {
    cout << "Interbank Lending :" << endl;
    for(int i=0; i<n; i++) {
        for(int j=0; j<n; j++) {
            cout << interbank_Lending[i][j] << " ";
        }
        cout << endl;
    }
    cout << endl;
}

// méthode de debug
void print_InterbankBank_Borrowing_Lending (const vector<string> &nom_banques, ←
    const vector< vector<double> > &interbank_Lending, const int n) {
    double lending;
    double borrowing;
    for (int i=0; i< nom_banques.size(); ++i) {
        cout << nom_banques[i] << " : ";
        lending = 0;
        borrowing = 0;
        for (int j=0; j<n; ++j) {
            if (i!=j) {
                lending += interbank_Lending[j][i];
                borrowing += interbank_Lending[i][j];
            }
        }
        cout << " Lending:" << lending << " Borrowing:" << borrowing << endl;
    }
}

// programme principal
int main() {
    ofstream ofile(out_file_details.c_str());
    if ( ! ofile )
        fatal("Cannot open output file " + out_file_details);

    ofile << "M" << csv_sep << "T" << csv_sep << "TL_Offer" << csv_sep << "←
        TL_Demand" << csv_sep << "AgregatedDeposits" << csv_sep << "ro_b" << endl;

    // pour chaque itération
    for ( size_t iter = 0 ; iter < M ; ++ iter ) {
        readParams();

        vector<Banque> banques ;
        vector<string> nom_banques;
        vector< vector<int> > connected_banks;

```

```

vector< vector<double> > interbank_Lending;

readBanks(banques);
initBanksName(banques, nom_banques);
int n = nom_banques.size();

readConnectedBanks (connected_banks, n);
print_ConnectedBanks (connected_banks, n);

readInterbankLending (interbank_Lending, n);
print_InterbankLending (interbank_Lending, n);

initBanksOrder(banques);
cout << endl << endl;
print_banks(banques);

cout << endl << "START " << endl;
double AggregateDeposits = getTotalDeposits(banques);

vector<size_t> actives(T) ;
// pour chaque période
for ( size_t i = 0 ; i < T ; ++i ) {
    int t = i%2;

    size_t nActiveBanks = getNoActiveBanks(banques) ;

    realizeBanksEvents(i, AggregateDeposits, nActiveBanks, banques);
    print_banks(banques);

    cout << endl << "InterbankOperations " << endl;
    InterbankOperations(banques, nom_banques, connected_banks, ↔
        interbank_Lending);
    print_banks(banques);
    print_InterbankLending (interbank_Lending, n);
    print_InterbankBank_Borrowing_Lending(nom_banques, interbank_Lending, n);

    NonGouvernementalLoans(i, nActiveBanks, banques, nom_banques, ↔
        connected_banks, interbank_Lending);
    print_banks(banques);

    clearNetInterbankLending(nom_banques.size(), interbank_Lending);
    print_InterbankLending (interbank_Lending, n);
    double TotalLiquidityOffer = getTotalLiquidityOffer(banques);
    double TotalLiquidityDemand = getTotalLiquidityDemand(banques, nom_banques↔
        , connected_banks, interbank_Lending);

    double new_ro_b = ro_b;
    double bOnlyFromBCBorrowing = false;
    // calculer le nouveau taux interbancaire
    if (TotalLiquidityDemand < TotalLiquidityOffer) {

```

```

    new_ro_b = ro_bc;
} else {
    new_ro_b = ro_bc * exp(lambda*(TotalLiquidityDemand-TotalLiquidityOffer)↵
    );
    if (new_ro_b > 1.5*ro_bc) {
        new_ro_b = 1.5*ro_bc;
        bOnlyFromBCBorrowing = true;
    }
}

if (i>0) {
    PostInterbankOperations(banques, nom_banques, connected_banks, ↵
        interbank_Lending, bOnlyFromBCBorrowing);
    print_InterbankLending (interbank_Lending, n);
}
ro_b = new_ro_b;
print_InterbankBank_Borrowing_Lending(nom_banques, interbank_Lending, n);

double TotalDeposits = getTotalDeposits(banques);

AggregateDeposits = TotalDeposits;
actives[i] = getNoActiveBanks(banques);
ofile << iter << csv_sep << i << csv_sep << TotalLiquidityOffer << csv_sep↵
    << TotalLiquidityDemand << csv_sep << AggregateDeposits << csv_sep <<↵
    ro_b << endl;
}
// sauvegarder le tableau des banques actives de chaque période
output.push_back(actives) ;
}
ofile.close();
//sauvegarder les résultats dans les fichiers respectifs
saveOutput2File(output);

return 0 ;
}

```

Chapitre 4

Application numérique de la contagion au travers des variations des prix des actifs

4.1 Introduction

Le dernier chapitre est articulé autour de l'approche de la liquidité qui vise à comprendre le phénomène de contagion au travers des fluctuations des prix des actifs. Comme nous l'avons vu dans le cadre de la section 2.3 du chapitre 2, les marchés sont incomplets et imparfaits. Cela veut dire que, pour disposer de liquidités, une banque pourrait être amenée à vendre ses actifs à long terme à des prix qui reflètent la liquidité existante sur le marché (Allen et Gale, 1998, 2004b et 2004c; Allen et Carletti, 2006 et 2008).

Nous avons également montré que l'offre de liquidité est insuffisante, car sa détention suppose un coût d'opportunité, ce qui explique pourquoi l'offre de liquidité est une fonction décroissante des prix des actifs bancaires à long terme (Allen et Gale, 2004c). En effet, au cœur des processus auto-renforçants qui mènent au retournement du prix des actifs, c'est la multiplication des tentatives de vente expliquées soit par la nécessité de rétablir le ratio de solvabilité (Cifuentes *et al.*, 2005) soit par le besoin de combler le déficit de liquidité (Estrada et Osorio, 2006).

Le phénomène de contagion par les prix intervient lorsque les bilans sont valorisés en valeur de marché, auquel cas les variations des prix y apparaissent immédiatement, provoquant des réactions synchronisées des intermédiaires financiers détenant des actifs similaires.

L'étude que nous allons entamer dans ce chapitre repose principalement sur des éléments des modèles de Allen et Gale (2004b et 2004c) et Cifuentes *et al.* (2005) que nous allons essayer d'intégrer dans l'algorithme récursif de Estrada et Osorio (2006). De même que dans l'application antérieure, nous proposons de modéliser les sources de risque de liquidité découlant du décalage de maturité entre les actifs et les passifs d'une part et des fluctuations des dépôts et des crédits au cours du temps d'autre part. Par l'intermédiaire de simulations purement numériques, nous tenterons ainsi de mettre en évidence non seulement le mécanisme de contagion par les prix, mais aussi de chercher les effets éventuels sur les bilans des institutions financières. Pour ce faire, nous nous intéresserons à la solidité d'un système bancaire hétérogène en considérant deux mécanismes de formation de prix des actifs négociables : *(i)* le prix suit un processus d'ajustement partiel et *(ii)* le prix suit un processus de tâtonnement.

Ce chapitre sera structuré comme suit. La première section sera dédiée à la description du cadre d'analyse et du mécanisme de gestion de la liquidité par une banque individuelle. Nous mettrons ensuite en évidence le rôle du marché des actifs financiers dans l'assurance de liquidité au niveau du système bancaire. Finalement, à partir du cadre méthodologique mis en place, nous effectuerons plusieurs exercices de simulation pour vérifier les hypothèses formulées. Nous concluons dans la dernière section.

4.2 Cadre d'analyse

Dans l'élaboration du cadre d'analyse, nous reprenons et développons le modèle de Estrada et Osorio (2006). Nous commencerons sa présentation en résumant les aspects communs dans un premier temps et les différences d'approche dans un second temps.

Premièrement, les aspects communs concernent le rôle d'une banque en tant qu'intermédiaire financier et la façon dont elle comble son déficit de liquidité. De manière générale, les banques sont amenées à gérer activement leur liquidité en raison des variations des dépôts renouvelés et des opportunités de crédit d'une période à l'autre, mais aussi du décalage de maturités entre les actifs et les passifs. De ce fait, une banque peut se retrouver, à un moment donné, dans une situation de pénurie de liquidité. Selon (Allen et Gale, 2004c), une telle situation peut être surmontée en vendant des titres sur le marché des actifs financiers. Nous reprenons de Estrada et Osorio (2006) les hypothèses suivantes. D'abord, le remplacement des banques qui ont fait faillite n'est pas possible, car c'est la dynamique d'un système autonome avec un nombre initial de banques qui nous intéresse. Ensuite, les ruées bancaires, quelle que soit leur nature - *sunspot* (Diamond et Dybvig, 1983) ou informationnelles (Jacklin et Bhattacharya, 1988 ; Chari et Jagannathan, 1988) - sont exclues. Le fait que les projets de crédit à long terme ne comportent aucun risque constitue une autre hypothèse importante. Enfin, les banques ne se prêtent pas réciproquement sur le marché interbancaire (en fait, ce marché n'existe même pas dans le modèle de Estrada et Osorio (2006)). Par ailleurs, sur ce dernier point, nous nous distinguons totalement du modèle de Cifuentes *et al.* (2005) dans lequel le facteur déclencheur de ventes d'actifs est exogène et le marché interbancaire ne fait qu'amplifier les effets pervers. L'objectif de notre étude est donc d'introduire les sources de risque de liquidité et de montrer que la contagion par les prix peut se manifester même en l'absence des expositions interbancaires ou encore des ruées bancaires.

Deuxièmement, les principaux aspects spécifiques portent sur la formalisation des dépôts et des crédits d'une part et sur l'établissement des prix des actifs négociables d'autre part. Concernant le prix, mis à part le mécanisme d'ajustement partiel proposé par Estrada et Osorio (2006), nous introduisons également le mécanisme de prix par tâtonnements successifs proposé par Cifuentes *et al.* (2005). Ce dernier a déjà été présenté dans la section 2.3 du chapitre 2. Enfin, par opposition à Estrada et Osorio (2006), nous introduisons une variable, notée V_t^k , pour refléter de manière explicite les intérêts perçus et dûs, le rendement et les variations (positives ou négatives) des prix des titres. En général, pour qu'une banque

puisse octroyer plus de crédits, elle doit collecter davantage de dépôts au risque de ne pas pouvoir les rembourser ou renforcer ses fonds propres. En vertu des hypothèses énoncées précédemment, nous privilégierons la première piste, la variation des fonds propres étant donc donnée uniquement par la variation du résultat de l'exercice précédent.

Il est également important de mentionner que les banques agissent exclusivement dans l'intérêt de leurs propres déposants, et, en cas de défaut, le bénéfice en tant que source ultime de liquidité est utilisé pour régler les dettes envers eux. De même, si le résultat est négatif, les dépôts sont diminués de la perte qui en résulte.

Supposons un système bancaire composé de N banques, chacune étant libellée $k \in \{1, 2, \dots, N_t\}$, avec t représentant l'indice de la période. Comme dans l'application précédente, l'horizon de temps que nous avons choisi est le court terme. Chaque banque collecte l'épargne du grand public, investit dans des actifs illiquides, en l'occurrence dans des crédits octroyés au secteur non-financier, et dans des actifs financiers, tels que les titres négociables. Les titres sont évalués aux prix de marché, tandis que les crédits sont évalués au coût historique (car les crédits traditionnels ne peuvent pas être négociés sur le marché), qui reste inchangé pendant toute la période d'étude.

Dans un premier temps, nous décrivons le mécanisme de gestion de la liquidité au niveau individuel. Ensuite, dans un second temps, nous exposerons la façon dont les banques s'échangent des titres en contrepartie de liquidités sur le marché des actifs financiers.

4.2.1 Le mécanisme de gestion de la liquidité au niveau d'une banque

Dans ce qui suit, nous proposons d'illustrer le flux des opérations intervenant au niveau d'une banque prise individuellement. De même que dans l'application précédente, la méthodologie s'appuie sur un algorithme récursif de détermination du nombre de banques poursuivant leur activité, qui se ramène, à chaque période, au calcul de la liquidité disponible en fonction des opérations intervenant au niveau du bilan de chaque banque.

Les variables intervenant dans ce modèle, classées soit en endogènes soit en exogènes, sont présentées dans le tableau A.4.1 dans l'Annexe du chapitre 4.

Chaque banque k présente ainsi, au début de la période t , un solde initial de liquidité, dont le montant est égal au solde de liquidité de la période précédente, soit :

$$M_{t-1}^k = (1 - \beta) D_{t-1}^k + V_{t-1}^k - L_{t-1}^k - p_{t-1} A_{t-1}^k \quad (4.1)$$

avec M_{t-1}^k représentant la liquidité de la période précédente ; D_{t-1}^k l'encours des dépôts à la période précédente ; βD_{t-1}^k l'encours des réserves obligatoires constituées auprès de la banque centrale¹ ; V_{t-1}^k le compte de résultat ; L_{t-1}^k l'encours des crédits accordés au secteur non-financier et $p_{t-1} A_{t-1}^k$ le stock de titres disponibles en $(t - 1)$, évalués au prix de la même période.

En respectant le fil conducteur proposé dans le chapitre antérieur, il existe quatre flux monétaires qui font varier le solde de liquidité de chaque banque de la manière suivante :

(i) *Remboursement des crédits arrivés à échéance* au bout de deux périodes. Les emprunteurs remboursent le principal, L_{t-2}^k , ainsi que les intérêts afférents, $[(1 + \rho_l)^2 - 1]L_{t-2}^k$ en une seule fois, au terme du contrat, soit :

$$(1 + \rho_l)^2 L_{t-2}^k \quad (4.2)$$

où ρ_l représente le taux d'intérêt appliqué sur les crédits accordés au secteur non-financier. La liquidité est une fonction croissante des crédits remboursés.

(ii) *Encaissement des revenus des titres*. Nous retenons l'hypothèse selon laquelle le rendement des titres est inférieur au taux d'intérêt sur les crédits². En fonction du stock de la période précédente, les titres rapportent, à chaque période, un revenu d'un montant égal à :

¹Chaque banque doit constituer des réserves obligatoires auprès de la banque centrale, dont le montant est égal à une fraction β des dépôts, pour des raisons de pilotage de la politique monétaire, plus précisément pour limiter le montant du crédit qu'elles peuvent accorder.

²Voir note 7, page 110.

$$\rho_a A_{t-1}^k \quad (4.3)$$

où ρ_a représente le taux de rendement des actifs négociables. La liquidité est une fonction croissante du revenu des titres.

(iii) *Liquidation des dépôts constitués à la période précédente.* La liquidité diminue de la valeur des dépôts constitués à la période précédente et liquidés à la période courante, $(1 - \beta)D_{t-1}^k$, à laquelle s'ajoute les intérêts connexes, $\rho_d D_{t-1}^k$, soit :

$$(1 - \beta)D_{t-1}^k + \rho_d D_{t-1}^k \quad (4.4)$$

où ρ_d est le taux d'intérêt sur les dépôts. La liquidité est une fonction décroissante des retraits des déposants.

(iv) *Renouvellement des dépôts.*

Pour modéliser de façon dynamique l'incertitude dans la structure des dépôts renouvelés, nous supposons qu'ils suivent un processus de retour vers le niveau de départ³ de type Ornstein-Uhlenbeck (O-U), proposé à l'origine comme fondement d'un modèle de structure à terme par Vasicek (1977). Ce processus nous permet de préciser les fluctuations des dépôts période après période.

Sous la probabilité risque-neutre, la dynamique des dépôts à l'instant t , ΔD_t , est alors donnée par l'équation différentielle stochastique suivante :

$$\Delta D_t^k = \nu(D_0^k - D_{t-1}^k)dT + \sigma_d \epsilon_t \sqrt{dT} \quad (4.5)$$

avec ν , un paramètre positif et constant, représentant la force de rappel du processus vers le niveau initial ; D_0 , le niveau initial des dépôts ; D_{t-1} , les dépôts constitués à la période précédente ; σ_d , la volatilité des dépôts ; T , la durée de la période d'étude ; $dT = 1/T$, le pas temporel et $\epsilon_t \sim N(0, 1)$, une variable aléatoire qui met en évidence les variations des dépôts à travers les banques. Tous les concepts ci-dessus sont utilisés dans la formalisation du processus d'Ornstein-Uhlenbeck.

³Dans le modèle original, il s'agit d'un processus de retour vers la moyenne, mais nous considérons que le niveau initial correspond à la moyenne observée sur les périodes précédentes.

En principe, plus ν est faible, plus la volatilité de D_t^k est grande, en ce sens que D_t^k met alors d'autant plus de temps à retourner vers son niveau de départ. Au contraire, plus ν est élevé, plus les fluctuations de D_t^k autour du niveau initial sont faibles et, par conséquent, plus la volatilité de D_t est faible.

En partant de la dernière expression, les dépôts constitués à la période t se définissent par la forme récursive suivante :

$$D_t^k = D_{t-1}^k + \Delta D_t^k \text{ ou } D_t^k = D_{t-1}^k + \nu(D_0^k - D_{t-1}^k)dT + \sigma_d \epsilon_t \sqrt{dT} \quad (4.6)$$

La liquidité est une fonction croissante des dépôts renouvelés, car ceux-ci représentent une entrée de trésorerie.

Le solde initial de liquidité auquel s'additionnent les quatre flux monétaires permet alors de déterminer un solde intermédiaire de liquidité (\hat{M}_t^k), tel que :

$$\hat{M}_t^k = M_{t-1}^k + (1 + \rho_l)^2 L_{t-2}^k + \rho_a A_{t-1}^k - \rho_d D_{t-1}^k - (1 - \beta) D_{t-1}^k + (1 - \beta) D_t^k \quad (4.7)$$

En remplaçant le solde de la liquidité en $(t - 1)$ par l'expression (4.1), nous trouvons le niveau des ressources liquides (la caisse et le montant nécessaire pour reconstituer les réserves obligatoires auprès de la Banque Centrale) d'une banque, soit :

$$\hat{M}_t^k + \beta D_t^k = D_t^k + V_{t-1}^k - p_{t-1} A_{t-1}^k - L_{t-1} - \rho_d D_{t-1}^k + (1 + \rho_l)^2 L_{t-2}^k + \rho_a A_{t-1}^k \quad (4.8)$$

La position de liquidité intra-période sert alors à déterminer si une banque est en excédent ou en déficit de liquidité, c'est-à-dire si elle est capable ou non de satisfaire ses engagements. Nous distinguons deux situations possibles : (i) la liquidité intra-période est positive et (ii) la liquidité intra-période est négative.

Une valeur positive des ressources en liquidités, $\hat{M}_t^k + \beta D_t^k > 0$, se traduit par un excédent de liquidité qui sera orienté, d'abord, vers l'activité de crédit et, ensuite, vers l'achat d'actifs négociables. Par ailleurs, le rendement des prêts étant, par hypothèse, supérieur à celui des actifs négociables, les banques en excédent de

liquidité traitent donc en priorité les demandes de crédit, o_t^k , qui s'adressent à elles, soit :

$$o_t^k = o_{t-1}^k + \Delta o_t^k \text{ avec } \Delta o_t^k = \nu_c(o_0^k - o_{t-1}^k)dT + \sigma_0 v_t \sqrt{dT} \quad (4.9)$$

Les demandes de crédits sont modélisées en considérant qu'ils suivent également un processus de retour vers le niveau initial de type Ornstein-Uhlenbeck (O-U), avec ν_c , un paramètre positif et constant, représentant la force de rappel du processus vers le niveau initial ; $o_0 = \omega_0$, le niveau initial des opportunités de crédits ; o_{t-1} , la demande de crédit de la période précédente ; σ_0 , la volatilité des crédits ; $dT = 1/T$, le pas temporel et $v_t \sim N(0, 1)$, une variable aléatoire qui rend compte des variations survenues dans les opportunités de crédits.

Le volume de crédits effectivement accordés, noté ω_t^k , est conditionné par le volume des disponibilités liquides de la banque en excédent. En effet, celui-ci correspond au minimum entre les montants suivants : la liquidité disponible et la demande de crédit s'adressant à elle, soit :

$$\omega_t^k = \min \left\{ \max \left[0, \hat{M}_t^k \right], o_t^k \right\} \quad (4.10)$$

Un éventuel surplus de liquidité dégagé par la banque k après avoir accordé des crédits ($\hat{M}_t^k - \omega_t^k$) sera ultérieurement utilisé pour acheter les actifs négociables mis en vente par les banques en déficit. Ainsi, en se rapportant au modèle de Estrada et Osorio (2006), une banque k peut acquérir une quantité de titres égale à d_t^k qui est calculée compte tenu du prix de la période précédente. Cette quantité est donnée par l'expression suivante :

$$d_t^k = \frac{(\hat{M}_t^k - \omega_t^k)}{p_{t-1}} \quad (4.11)$$

D'après cette expression, plus le volume de crédits octroyés est élevé, plus la quantité de titres à acheter est faible, $d^k(\omega_t^k) < 0$. Et inversement, une contraction de l'activité de crédit est susceptible d'entraîner une augmentation de la demande d'actifs négociables, ce qui devrait normalement permettre une meilleure répartition de la liquidité au sein du système bancaire.

La deuxième situation, caractérisée par un niveau négatif des ressources en liquidités, $\hat{M}_t^k + \beta D_t^k < 0$, révèle une situation de pénurie de liquidité dans laquelle les banques sont incapables d'honorer les engagements envers leurs déposants, car les entrées de trésorerie sont inférieures aux sorties de trésorerie :

$$D_t^k - p_{t-1}A_{t-1}^k - L_{t-1}^k + (1 + \rho_l)^2 L_{t-2} + \rho_a A_{t-1}^k + V_{t-1}^k \leq \rho_d D_{t-1}^k \quad (4.12)$$

Un tel cas de figure intervient parce que les prêts n'ont pas été remboursés au moment où les dettes deviennent exigibles ou bien parce que les dépôts constitués à la période courante ne s'élèvent pas au niveau précédent. Pour combler son déficit de liquidité, une banque k doit vendre sur le marché une quantité de titres égale à s_t^k , calculée en fonction du prix de la période précédente si on se base sur le modèle de Estrada et Osorio, 2006. Cette quantité est alors donnée par l'expression :

$$s_t^k = - \min \left\{ 0, \frac{(\hat{M}_t^k + \beta D_t^k)}{p_{t-1}} \right\} \quad (4.13)$$

Nous observons qu'il y a une relation négative entre l'offre de titres et le prix des titres, $s'(p_{t-1}) < 0$, car lorsque le prix diminue, la quantité de titres à vendre pour combler le déficit de liquidité augmente en conséquence, et inversement. Comme nous pourrions le constater plus loin, il y a des situations dans lesquelles une banque est amenée à vendre l'intégralité de son stock de titres ou dans lesquelles le stock de titres s'avère être insuffisant, dans le sens où la liquidité qu'une banque puisse obtenir ne satisfait pas son besoin de financement en totalité.

Les deux situations recensées font apparaître des scénarios dans lesquels il y a des banques en impossibilité de satisfaire les retraits d'une part et des banques capables d'octroyer des crédits et, éventuellement, d'acheter des titres d'autre part. En fonction du cas de figure que nous détaillons ci-après, des transactions sur titres seront réalisées sur le marché. Ces opérations s'achèvent par un nouvel ajustement de la liquidité : la liquidité augmente pour les banques qui ont vendu des titres et diminue pour celles qui en ont acheté.

Enfin, les banques qui n'ont pas réussi à combler leur manque de liquidité

sont mises en faillite et soumises au processus de liquidation. La liquidité intra-période, \hat{M}_{t-1}^k , à laquelle s'ajoute la valeur de liquidation⁴ des crédits et des actifs négociables, $\gamma(L_{t-1}^k + p_{t-1}A_{t-1}^k)$, est distribuée aux déposants. Si le processus de liquidation dégage toutefois un éventuel surplus de liquidité, celui-ci sera soustrait du système bancaire.

Les banques survivantes, même si elles n'ont pas réalisé de transactions, en raison du principe de valorisation en valeur de marché (*mark-to-market*), doivent réévaluer leur stock de titres au nouveau prix sur le marché et, de plus, intégrer les différences (positives ou négatives, en fonction du sens de variation du prix) dans leur compte de résultat.

Le solde de liquidité à la fin de la période t , M_t^k , doit vérifier l'égalité suivante :

$$M_t^k = D_t^k(1 - \beta) - L_t^k - p_t A_t^k + V_t^k \quad (4.14)$$

À remarquer que la dernière expression, qui implique inévitablement la prise en compte du nouveau prix sur le marché (p_t) dans l'évaluation des titres, représente l'élément clé à la base du mécanisme de contagion au travers des variations des prix. Si le prix en t est inférieur à celui établi en $(t-1)$, cela mène à la fois à la baisse de la valeur du portefeuille de titres et à la baisse des fonds propres. Ainsi, il est possible qu'une banque capable de satisfaire ses engagements en t devienne illiquide en $(t+1)$. Du fait de la baisse de la valeur de son portefeuille de titres, elle sera obligée de mettre sur le marché plus de titres que s'il n'y avait pas de variation de prix afin de pouvoir combler son déficit de liquidité. De plus, comme nous l'avons montré dans la première partie de la thèse, si plusieurs banques vendent simultanément des titres, leur espoir d'obtenir de la liquidité est voué à l'échec, car une offre croissante de titres conduit inévitablement à la baisse significative des prix.

Pour la période suivante, nous repartons du solde final de liquidité qui vient d'être calculé et parcourons l'ensemble des étapes précédentes. Il est à noter que

⁴Pour plus d'explications concernant « les règles de liquidation » des actifs bancaires, voir la section 3.2.2.5 du chapitre 3.

l'algorithme continue à tourner jusqu'à ce que l'équilibre du système soit atteint, c'est-à-dire jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de faillites.

4.2.2 Le rôle du marché des actifs financiers dans la gestion de la liquidité

En préambule, nous souhaiterions apporter quelques précisions relatives au marché des actifs financiers, qui est au cœur de notre étude. *Primo*, par rapport au marché interbancaire, qui désigne le lieu dans lequel les institutions financières se prêtent entre elles de la liquidité (en blanc ou en contrepartie d'actifs éligibles) sur le marché des actifs financiers, les transactions portent uniquement sur des actifs négociables. Il est notable que les participants sont, de même que sur le marché interbancaire, uniquement les banques.

Secundo, la banque centrale ne joue pas de rôle de prêteur en dernier ressort qui vient à la rescousse des banques. Elle n'injecte pas de liquidités pour casser la spirale baissière des prix et ne met pas à disposition des fonds pour palier les manquements du marché. Ses seules interventions concernent l'établissement du taux de réserves obligatoires et la participation active au processus de liquidation des banques dans certains états de la nature. Concernant le premier aspect, chaque banque est assujettie à la constitution de réserves obligatoires sur des comptes ouverts sous la forme de dépôts en compte auprès de la banque centrale. Dans l'assiette des réserves sont ainsi incluses les exigibilités correspondant aux dépôts, dont le niveau varie d'une période à l'autre. Quant au second aspect, la banque centrale participe au processus de liquidation des banques en achetant les titres des banques qui n'ont pas réussi à combler leur déficit de liquidité. Ces titres seront achetés, selon l'état de la nature, au prix de la période courante (p_t) ou au prix de la période précédente (p_{t-1}).

La question qui se pose désormais est de savoir comment mettre en contact les deux catégories de banques, en l'occurrence les vendeurs et les acheteurs de titres? À cet effet, nous recensons plusieurs cas de figure. Tout d'abord, le cas de figure où l'offre de titres est nulle et la demande de titres positive traduit un excédent de liquidité au niveau du système bancaire qui ne peut pas être placé

dans des actifs productifs. Dans cette situation, il n'y a pas de transactions sur le marché ni de faillites des banques. Ensuite, l'existence d'une offre de titres positive et d'une demande de titres nulle indique qu'il y a des banques qui ne peuvent pas satisfaire les retraits de leurs déposants. Dans cette situation, les banques en déficit de liquidité, en raison de l'impossibilité de vendre leurs titres faute d'acheteurs, sont directement soumises au processus de liquidation. Enfin, le cas où l'offre excède la demande ou inversement le cas où la demande excède l'offre, correspond à deux scénarios qui impliquent des transactions avec des titres sur le marché. Ceux-ci seront détaillés ci-après, en envisageant deux types de prix : *(i)* le prix suit un processus d'ajustement partiel et *(ii)* le prix suit un processus de tâtonnement vers le prix d'équilibre.

Un autre aspect, qui nous apparaît important, concerne l'ordre dans lequel les banques participent aux transactions. Y-a-t-il des banques plus exposées au risque de faillite ? Compte tenu de l'hétérogénéité des banques et de leur degré différent de résistance aux chocs, nous pensons que les transactions ne peuvent pas se réaliser de façon aléatoire, comme c'est le cas dans Estrada et Osorio (2006). Ainsi, notre raisonnement reposera sur l'hypothèse que les grandes institutions sont trop importantes pour échouer et que leur faillite entraînerait par la suite une crise systémique. Pour cette raison, nous procédons à la classification des banques par ordre décroissant de la dimension de leur portefeuille de crédit (qui est une variable indicatrice de la taille d'une banque). Cela veut dire que la priorité aux transactions est donnée aux grandes banques, qui vont donc vendre/acheter des actifs négociables en premier lieu. Elles sont suivies par les moyennes et les petites banques, qui sont les dernières placées dans la « file d'attente ». Il s'ensuit donc que le processus de liquidation concernera le plus probablement les banques moyennes et, notamment, les petites banques pour cause d'impossibilité de vendre leur stock d'actifs négociables.

4.2.2.1 La modélisation des prix par le biais d'un mécanisme d'ajustement partiel

Nous allons dans un premier temps illustrer le cas où les prix sont modélisés selon un mécanisme d'ajustement partiel (figure A.4.1 dans l'Annexe du chapitre

4). Ce type de prix a été proposé par Estrada et Osorio (2006).

Deux conditions doivent être simultanément accomplies pour que les banques puissent effectuer des transactions entre elles à l'instant t : (i) la demande totale de titres doit être strictement positive, et (ii) au niveau d'une banque, son offre de titres doit être inférieure à la demande totale de titres sur le marché.

Nous illustrons ci-dessous le mécanisme de ce marché tel qu'il a été décrit par Estrada et Osorio (2006), tout en respectant l'ordre de classement des banques que nous avons introduit. Le premier vendeur k , qui est forcément une grande banque, contacte le premier acheteur j , qui est aussi une grande banque. Ce dernier, en fonction de son excédent de liquidité, peut absorber totalement ou partiellement la quantité mise en vente par k . Quand l'offre de k est inférieure à la demande de j , la transaction est alors conclue pour la quantité totale offerte par la banque k . En revanche, quand l'offre de k est supérieure à la demande de j , le vendeur et l'acheteur concluent un accord de principe pour une quantité égale à $\min(\text{offre}[k], \text{demande}[j])$. Le vendeur contacte ultérieurement d'autres acheteurs potentiels, en respectant le classement des banques, et il conclut d'autres accords de principe. Les transactions sont effectivement réalisées entre une banque-vendeuse et une ou plusieurs banques-acheteuses seulement après que les banques-acheteuses se soient « assurées » que l'offreur ait trouvé des repreneurs pour la quantité totale de ses titres mis en vente. Les démarches sont identiques pour tous les autres vendeurs. Les banques qui n'ont pas vendu ce qu'elles espéraient, sont mises en faillite et, en conséquence, soumises au processus de liquidation. Leurs titres seront finalement achetés par la banque centrale.

En synthétisant, le marché des actifs est soumis, dans ce cas de figure, aux contraintes suivantes :

$$x_{kj,t} = \min [s_t^k, d_t^j] \quad (4.15)$$

$$\sum_{j=1}^{N_t} x_{kj,t} \leq s_t^k \quad (4.16)$$

$$x_{kj,t} \leq \sum_{j=1}^{N_t} d_t^j \quad (4.17)$$

$$\ln\left(\frac{p_t}{p_{t-1}}\right) = -\lambda\left(\sum_{j=1}^{N_t} s_t^j - \sum_{j=1}^{N_t} d_t^j\right) \quad (4.18)$$

La première contrainte (expression 4.15) indique la quantité qui fait l'objet de la transaction effectuée sur le marché entre la banque-offreuse k et la banque-demandeuse j . Selon la deuxième contrainte (expression 4.16), il est possible que la quantité de titres à vendre par la banque k ne puisse être absorbée en intégralité par la banque j . Dans ce cas, la banque k s'adresse à d'autres banques, jusqu'à ce qu'elle arrive à combler son déficit de liquidité. La quantité de titres faisant l'objet des transactions ne peut en aucun cas dépasser la quantité totale que les banques sont prêtes à acheter (expression 4.17). La dernière expression 4.18 met en évidence le prix auquel les titres sont vendus à la période t d'une part et auquel chaque banque doit réévaluer son portefeuille de titres d'autre part. Celui-ci est, comme nous pouvons l'observer, établi en fonction du prix de la période précédente. En effet, le prix, défini comme un taux de croissance entre p_{t-1} et p_t , est une fonction négative de l'excès d'offre de titres et de la vitesse d'ajustement, λ . Plus la vitesse d'ajustement est élevée, plus le prix diminue. En utilisant ce modèle d'ajustement partiel, Estrada et Osorio (2006) affirment que leur objectif est de montrer qu'un excès d'offre de titres important est suffisant pour que celui-ci entraîne une baisse significative des prix, en admettant que l'offre et la demande sont inélastiques à court terme. Cette idée est également présente dans Allen et Gale (2004b et 2004c).

4.2.2.2 La modélisation des prix par le biais d'un mécanisme de tâtonnement à la Walras

Dans un second temps, nous analysons le comportement des banques en considérant que les prix suivent un processus de tâtonnements successifs vers les prix d'équilibre (figure A.4.2 dans l'Annexe du chapitre 4). Ce type de prix a été développé par Cifuentes, Ferrucci et Shin (2005).

Contrairement au cas précédent dans lequel les prix suivent un processus

d'ajustement partiel, les banques illiquides ne sont plus amenées à vendre une quantité déterminée de titres. Elles ont pour objectif de combler leur déficit de liquidité, dont le montant est égal à $(\hat{M}_t^k + \beta D_t^k)$. Quant aux banques en excédent, leur but est de placer leur surplus de liquidité qui s'élève à $(\hat{M}_t^k - \omega_t^k)$.

Les contraintes conditionnant le fonctionnement du marché des actifs sont liées à la quantité de titres et au prix d'équilibre, soit :

$$\sum_{j=1}^{N_t} x_{kj,t} \leq A_t^k \quad (4.19)$$

$$p_t = d^{-1}(s(p)) \quad (4.20)$$

La première contrainte (expression 4.19) indique le fait que la banque k ne peut pas vendre plus de titres qu'elle dispose en portefeuille. L'expression 4.20 reflète le prix d'équilibre auquel les transactions sont réalisées. La fonction de ventes agrégées (offre totale de titres au niveau du système bancaire), notée $s(p) = \sum_k s_k(p)$, est, de même que dans Cifuentes *et al.* (2005), décroissante des prix.

L'équilibre du système bancaire est donné par le doublet (X_t, p_t) où le premier élément représente la matrice des transactions avec des titres réalisées à la période t et le deuxième indique le prix auquel celles-ci sont effectuées.

Afin de déterminer le prix d'équilibre (p^*) , nous nous sommes donc appuyés sur le mécanisme de tâtonnement développé par Cifuentes, Ferrucci et Shin (2005). Celui-ci ne correspond pas *stricto sensu* à celui de Walras parce qu'il n'y a pas de commissaire priseur ni de chambre de compensation, mais les échanges entre les banques n'ont lieu qu'au moment où les prix d'équilibre ont été trouvés. À noter que ce mécanisme de formation du prix d'équilibre s'applique uniquement lorsque l'offre de titres est strictement supérieure à la demande de titres, ou autrement dit lorsqu'il y a un déficit global de liquidité. Le prix d'équilibre se trouve au point où la courbe de la demande croise la courbe de l'offre. C'est le point où la quantité mise en vente par les banques illiquides est complètement absorbée par les banques disposant d'un surplus de liquidité, soit $s(p) = d(p)$. Tant que ce point n'est pas atteint, l'excédent de l'offre provoque la baisse du prix. C'est donc par tâtonnement

que nous arrivons à trouver le prix d'équilibre. En revanche, le prix est maximum ($p = 1$) quand il existe alors un excès de liquidité sur le marché ou bien quand les banques ne doivent pas vendre de titres sur le marché, car elles n'ont pas besoin de financement.

Dans ce qui suit, à travers des simulations purement numériques, nous allons tenter de mettre en pratique les hypothèses formulées précédemment. Nous proposons également d'analyser les conséquences des variations des prix sur les bilans des institutions financières suite à la multiplication des ventes d'actifs négociables. Ces exercices n'ont nullement la prétention d'illustrer les crises réelles, mais pourraient servir de base pour comprendre et, par la suite, approfondir les analyses relatives aux effets pervers de l'évaluation des actifs bancaires au prix de marché, notamment en période de stress sur le marché.

4.3 Simulation et interprétation des résultats

Dans le cadre de cette section, nous présenterons les principaux résultats des simulations réalisées en mettant en pratique la méthodologie décrite antérieurement. Nous rappelons que celle-ci repose sur la gestion de la liquidité dans un contexte où les pénuries de liquidités proviennent de la nature aléatoire des dépôts et des opportunités de crédit et du décalage de maturités entre les actifs et les passifs. Il est notable que les conséquences engendrées par l'activité de crédit (*i.e.* une éventuelle augmentation des créances impayées et douteuses ou le remboursement anticipé des crédits) n'ont pas été incluses dans la simulation. Le code de l'algorithme a été écrit en utilisant le langage de programmation C++ et compilé avec MinGW g++. Nous présentons le code source du programme en annexe de ce chapitre.

Considérons un système bancaire hétérogène composé de 20 banques, dont la structure bilancielle est présentée dans le tableau 4.1.

TAB. 4.1 – Description de la structure bilancielle du système bancaire

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
titres	20	15.01	10.53	3	39.6
crédits	20	25.02	17.55	2.5	66
total actif	20	50.05	35.11	10	132
dépôts	20	50.05	35.11	10	132

Pour la construire, nous avons fait les hypothèses suivantes relatives à la composition des actifs bancaires : les réserves obligatoires représentent 20%, les actifs négociables 30% et les crédits au secteur non-financier 50% de l'actif total. Pour déterminer les éléments du bilan de chaque banque, nous parcourons plusieurs étapes. Premièrement, nous avons supposé que l'actif total du système bancaire était égal à 1000 unités. Deuxièmement, nous avons généré les montants de l'actif total de chaque banque comme des nombres aléatoires uniformément distribués dans l'intervalle $[0, 1000]^5$. Troisièmement, nous avons à nouveau redistribuées les 1000 unités, représentant l'actif total au niveau du système bancaire, entre les banques en fonction de la proportion du total de l'actif de chaque banque, généré aléatoirement, dans le total de l'actif du système bancaire (la somme des actifs de l'ensemble des banques)⁶. En résumé, la structure du système bancaire est : titres 300 unités, crédits 500 unités (dont 250 unités accordées en $(t - 2)$ et 250 unités accordées en $(t - 1)$), réserves obligatoires 200 unités et dépôts 1000 unités.

Pour amplifier le déficit de liquidité, nous supposons donc que la moitié des crédits au secteur non-financier a été accordée en $(t - 2)$ et l'autre moitié en $(t - 1)$. En considérant d'une part que les déposants peuvent retirer leurs avoirs après une période et d'autre part que les emprunteurs doivent rembourser leur prêt (le principal et les intérêts) après deux périodes, nous pensons que le risque de liquidité inhérent au service de transformation des échéances est bien mis en évidence.

Parmi les paramètres intervenant dans la simulation, il y en a plusieurs qui

⁵Pour ce faire, nous avons utilisé l'outil élaboré par Jean-Paul Quelen, professeur de mathématiques. Voir le site : <http://pagesperso-orange.fr/jpq/proba/index.htm>

⁶Par exemple, pour calculer le nouveau total de l'actif de la banque i , on va multiplier la proportion de son actif dans le total de l'actif du système bancaire par 1000 unités.

restent inchangés. Il s'agit du taux des réserves obligatoires ($\beta = 0.20$), du rendement des titres ($\rho_a = 0.05$), du taux d'intérêt perçu sur les crédits ($\rho_o = 0.06$), de la force de rappel pour les processus O-U ($\nu = \nu_c = 0.5$), du coefficient de l'élasticité ($\lambda = 0.05$) et du nombre de périodes ($T = 500$).

En raison du caractère aléatoire de certains paramètres intervenant dans la simulation qui peuvent avoir un impact sur la robustesse du modèle, nous avons fait tourner l'algorithme, en fonction de nos contraintes informatiques, durant 500 périodes. Pour avoir une image d'ensemble de la solidité du système bancaire pour différents scénarios, nous prenons la médiane du nombre de banques survivantes à chaque période.

Nous précisons également que les banques ont été classées par ordre décroissant de leur portefeuille de crédit, les grandes banques étant listées en premier, suivies des moyennes et des petites banques, en dernier.

Nous présentons maintenant les principaux résultats. Il est important de mentionner ici les aspects qui nous différencient de Estrada et Osorio (2006) au niveau des simulations. Ainsi, Estrada et Osorio (2006) s'intéressent aux effets de la demande de crédit au niveau du système bancaire, de la volatilité des dépôts et du taux des réserves obligatoires sur la stabilité du système bancaire, sans mettre en évidence de manière explicite la manifestation de la contagion par les prix. Par ailleurs, on ne peut pas se rendre compte si la diminution du nombre de banques est due à l'effet de contagion ou bien à un portefeuille de titres insuffisant. Dans ce contexte, nos simulations se veulent complémentaires de celles d'Estrada et Osorio (2006) dans la mesure où nous proposons de répondre concrètement aux questions suivantes : Comment la variation des dépôts et des crédits d'une période à l'autre est-elle à l'origine des besoins de liquidités des banques ? Comment la valorisation en valeur de marché mène-t-elle à la diminution de nombre de banques actives ?

4.3.1 Comment la variation des dépôts et des crédits d'une période à l'autre est-elle à l'origine des besoins de liquidités des banques ?

Dans un premier temps, nous considérons qu'il n'y a pas de variation de prix. En se rapportant au cadre d'analyse, nous rappelons qu'une des sources du risque de liquidité est donnée par le décalage de maturité entre les dépôts constitués sur une période et les crédits octroyés sur deux périodes. De ce fait, nous voulons montrer que les fluctuations des dépôts et/ou des crédits d'une période à l'autre peuvent rendre les banques illiquides et, de plus, avoir des effets sur la solidité du système bancaire. Dans ce but, nous procéderons à la comparaison de plusieurs types de situations : pas de variations des dépôts et des crédits, variation des dépôts uniquement, variation des crédits uniquement et, enfin, variation simultanée des dépôts et des crédits.

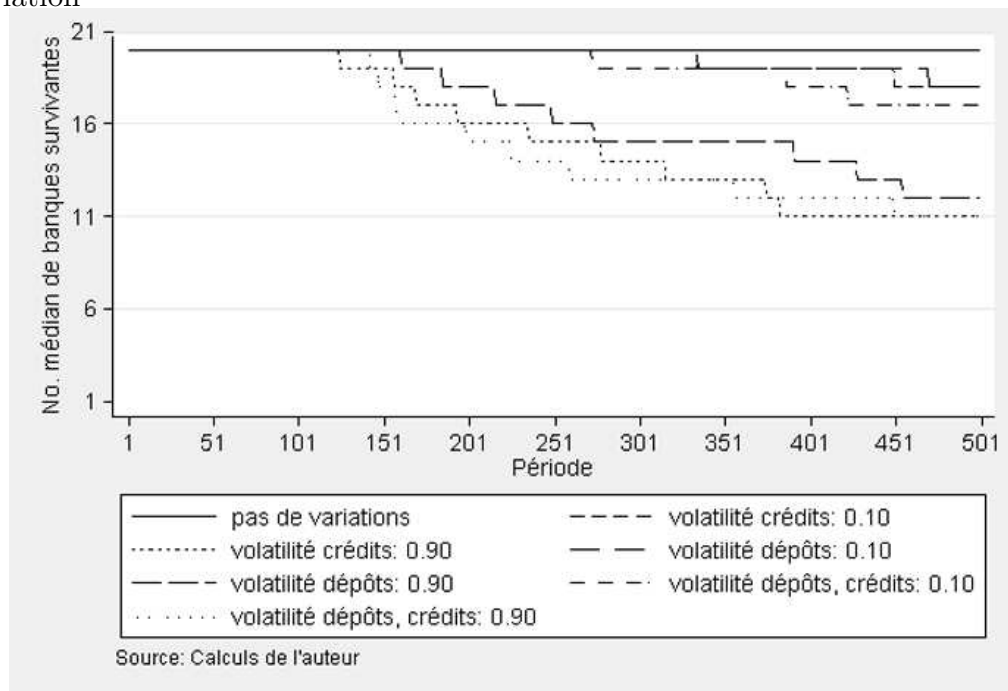
Dans un premier temps, les exercices de simulation sont effectués en considérant que le taux d'intérêt sur les dépôts est égal à $\rho_d = 0.0459$. Ce taux est calculé à partir de la proportion des crédits et des titres dans le total de l'actif d'une part et du taux débiteur et du rendement des titres d'autre part, dans un contexte d'absence de variations des crédits et des dépôts⁷.

D'après la figure 4.1, nous observons que plus la volatilité est élevée, que ce soit des crédits ou/et des dépôts, plus le nombre de banques survivantes diminue. Lorsqu'il n'y a pas de fluctuations des dépôts et des crédits d'une période à l'autre, la continuation de l'activité bancaire des 20 banques ne semble pas être perturbée.

En revanche, pour une forte volatilité des crédits ($\sigma_o = 0.90$) ou des dépôts ($\sigma_d = 0.90$), la médiane, *ceteris paribus*, indique un nombre de 12 banques survivantes, nombre inférieur à celui correspondant aux situations où ces volatilités sont faibles ($\sigma_o = \sigma_d = 0.10$), auquel cas il reste autour de 18 banques. Cependant, la

⁷Le taux créditeur est calculé en remplaçant le taux débiteur, le rendement des titres et la proportion des titres et des crédits dans l'actif total dans l'expression suivante : $[(1 + \rho_o)^2 (L_{t-2} - 1)]/D_{t-1}^k + \rho_a A_{t-1}^k/D_{t-1}^k \geq \rho_d$. Cela veut dire que s'il n'y a pas de variations des crédits et des dépôts, le produit des crédits et des titres doit être supérieur ou égal aux intérêts payés aux déposants pour que cela n'entraîne pas de ventes de titres sur le marché.

FIG. 4.1 – Comparaison du nombre médian de banques actives selon le type de variation

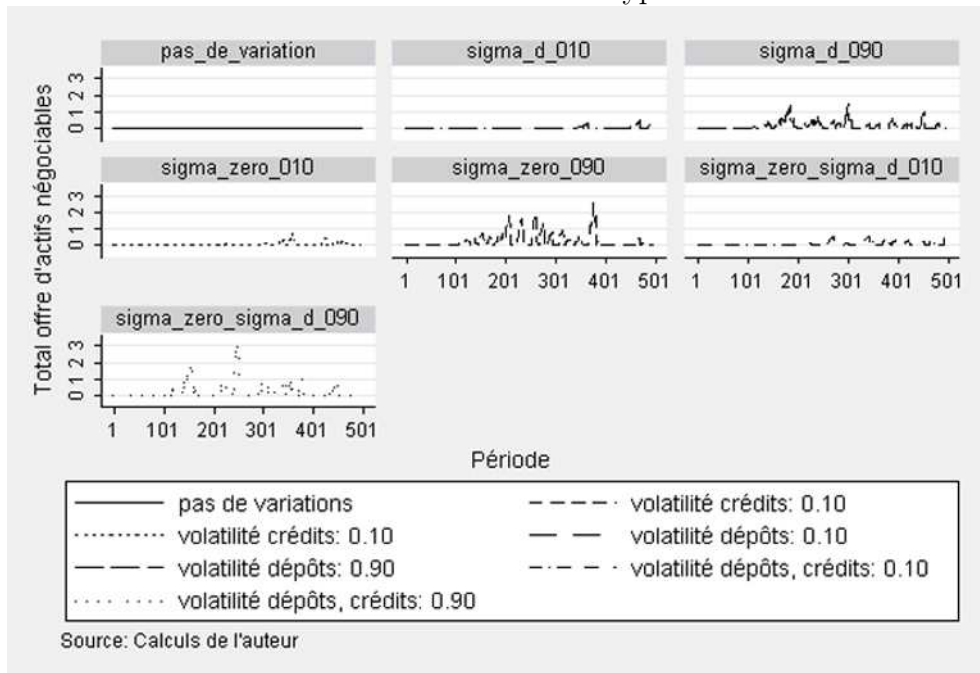


combinaison la plus baissière est induite par une volatilité forte et simultanée des crédits et des dépôts ($\sigma_o = \sigma_d = 0.90$), situation dans laquelle il reste 11 banques à la fin de la période d'étude.

Pour expliciter ces résultats, nous regarderons de près ce qui se passe dans le système bancaire et sur le marché des actifs financiers. Plus précisément, nous examinerons : (a) l'évolution de l'offre de titres totale, (b) l'évolution de la demande de titres à partir de l'excès de demande sur l'offre de titres globale et, finalement, (c) l'évolution des dépôts au niveau du système bancaire.

(a) Ainsi, la figure 4.2 montre que les situations de pénurie de liquidité, à savoir des ressources insuffisantes pour satisfaire les retraits, apparaissent plus souvent lorsque la volatilité est forte. En effet, cela se traduit par l'accroissement de la quantité de titres que les banques illiquides doivent mettre sur le marché pour se procurer de la liquidité, afin de pouvoir satisfaire les retraits des déposants.

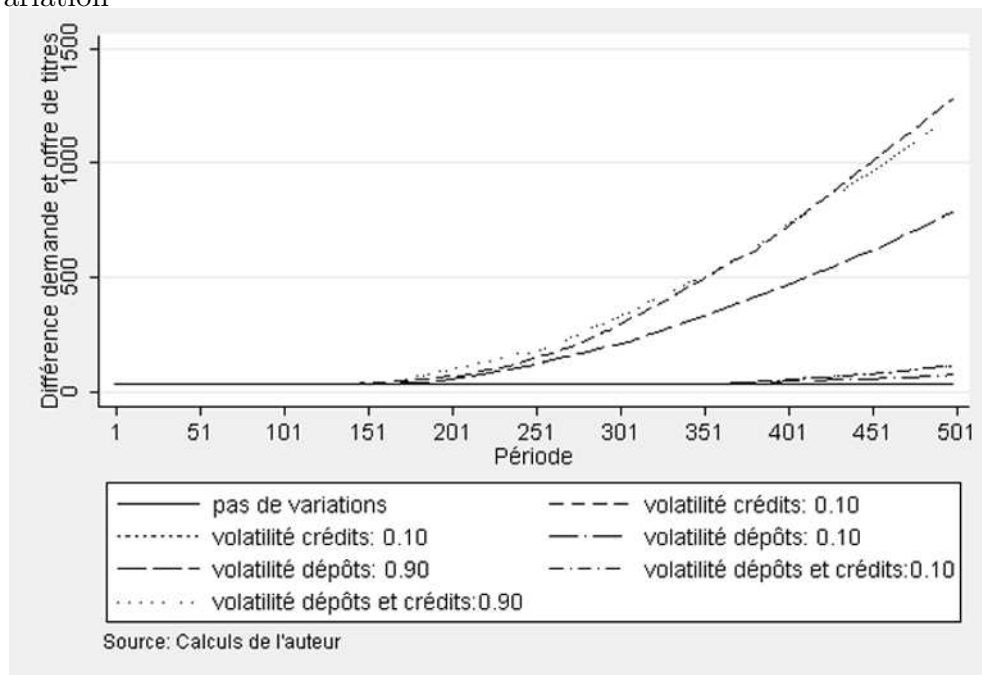
FIG. 4.2 – Offre de titres selon le type de variation



(b) Quant à la demande de titres, nous observons que lorsque la volatilité est nulle, l'écart entre la demande et l'offre de titres est une parallèle à l'abscisse, qui s'explique par le fait que les entrées de trésorerie compensent parfaitement les sorties de trésorerie (figure 4.3). Si la volatilité est faible, il y a des déficits de liquidité de faible ampleur et peu de faillites. En revanche, si la volatilité est forte, nous constatons que les déficits de liquidité sont plus importants et qu'à partir d'une certaine période l'écart entre la demande de titres et l'offre de titres présente une tendance à la hausse.

Expliquons de manière détaillée nos résultats. Pour un niveau inchangé du prix, la demande de titres (dans le cas du mécanisme d'ajustement partiel) ou l'excédent de liquidité (dans le cas du mécanisme de tâtonnement) est une fonction décroissante des crédits accordés et croissante des nouveaux dépôts constitués. Quand la banque octroie plus de crédits, cela mène à l'augmentation de la marge d'intérêt nette pour la période suivante d'une part et au tarissement de la liquidité disponible pour acheter des titres à la période courante d'autre part. Inversement, une demande de crédit plus faible se traduit par une diminution du volume de

FIG. 4.3 – Excès de la demande de titres sur l’offre de titres globale selon le type de variation



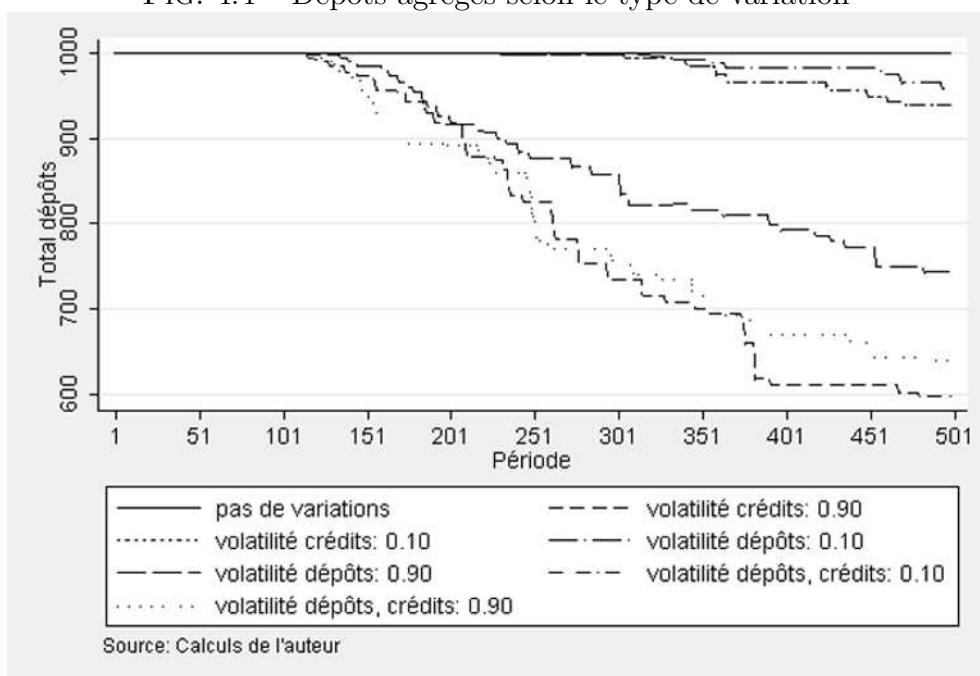
crédits satisfaits et, par conséquent, par la baisse des revenus à la période suivante. La liquidité disponible qui n’a pas trouvé d’emploi via le crédit est utilisée pour acheter des titres à la période courante. En ce qui concerne les dépôts, lorsqu’une banque collecte plus de fonds à la période courante par rapport à celle précédente, l’excédent de liquidité sera orienté vers l’activité de crédit dans la mesure où cela est possible, sinon vers l’achat de titres. À l’opposée, si la banque collecte moins de fonds, sa liquidité servira alors à rembourser les déposants et à régler les intérêts afférents. La demande de titres diminue en conséquence.

Effectivement, lorsque la volatilité est forte, l’excès de la demande sur l’offre de titres est plus important à cause de la demande de titres qui s’envole à partir de deuxième moitié de l’intervalle d’étude. Cette évolution intervient avec la stabilisation du système bancaire lorsque l’équilibre est atteint, ce qui signifie qu’il n’y a plus de faillites. Parallèlement, les banques actives, dont le nombre a diminué significativement (figure 4.2), commencent à accumuler plus de liquidités d’une période à l’autre, car les entrées de trésorerie excèdent les sorties de trésorerie.

Elles ne peuvent pas octroyer davantage de crédit, car selon l'expression 4.1, leur volume est censé varier légèrement d'une période à l'autre. Elles ne peuvent plus acheter de titres, car plus aucune d'entre elles n'est à court de fonds et donc ne vendent pas de titres.

(c) En ce qui concerne les dépôts agrégés (au niveau du système bancaire), leur montant va de pair avec l'évolution du système bancaire. Prévisiblement, ils baissent significativement au fur et à mesure que la volatilité des crédits et/ou des dépôts augmente, avec des conséquences en termes de diminution du nombre de banques actives (figure 4.4). Par contre, une forte volatilité des crédits conjuguée

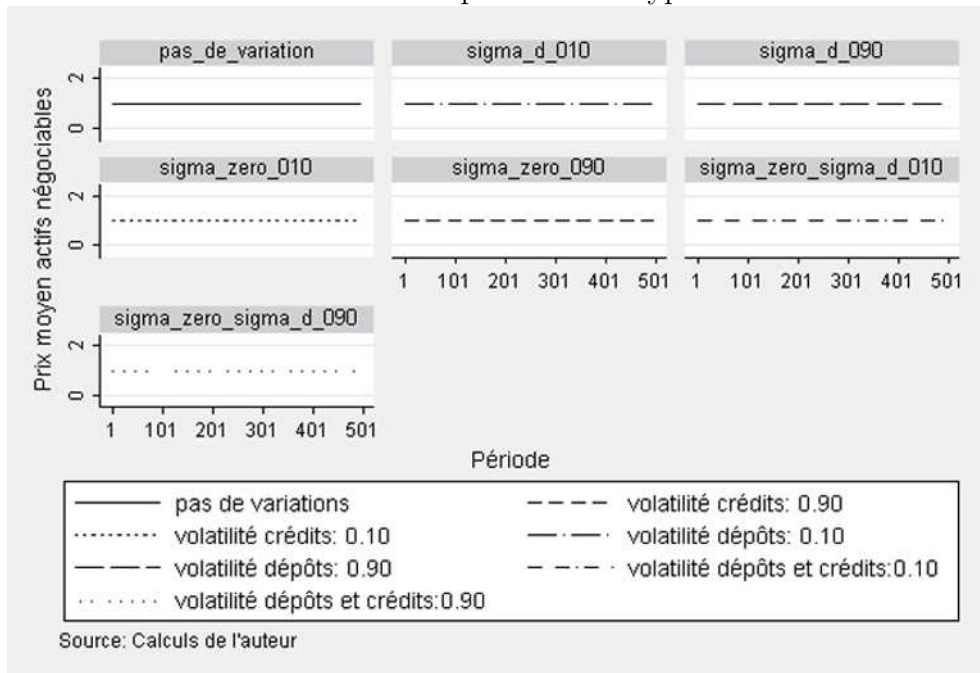
FIG. 4.4 – Dépôts agrégés selon le type de variation



avec une forte volatilité des dépôts semble avoir les effets les plus significatifs sur le niveau agrégé des dépôts. Les banques qui continuent leur activité dans ce cas de figure sont les mêmes que celles pour lesquelles l'excès de la demande sur l'offre de titres est le plus élevé (voir figure précédente).

Enfin, le prix, quant à lui, ne varie pas (figure 4.5). Cela s'explique par le fait que les titres mis en vente par les banques illiquides sont, à chaque période, com-

FIG. 4.5 – Evolution du prix selon le type de variation



plètement absorbés par les banques excédentaires, ce qui n'exerce aucune influence sur le prix et qui reste, par conséquent, inchangé (égal à 1 unité) pendant toute la période d'étude. Donc, dans ce cas de figure, il n'y a pas de déficit de liquidité global, comme nous le ferons apparaître ultérieurement.

En résumé, nous remarquons que les situations de pénurie de liquidité pour les banques prises individuellement interviennent suite aux variations des dépôts et/ou des crédits. Les défaillances se produisent uniquement en raison d'insuffisance de titres à vendre en contrepartie de liquidité pour satisfaire les retraits des déposants ou autrement dit parce que leur déficit de liquidité est trop important. Le prix auquel les transactions sont réalisées est toujours égal à 1 unité. De ce fait, dans ce cas de figure, nous ne pouvons pas parler de contagion au travers des variations des prix des actifs financiers ni d'effets pervers sur les bilans des autres banques. Les deux mécanismes de formation de prix présentés dans le cadre méthodologique n'exercent aucun effet sur les exercices de simulation que nous venons de réaliser.

4.3.2 Comment la valorisation en valeur de marché mène-t-elle à la diminution du nombre de banques actives ?

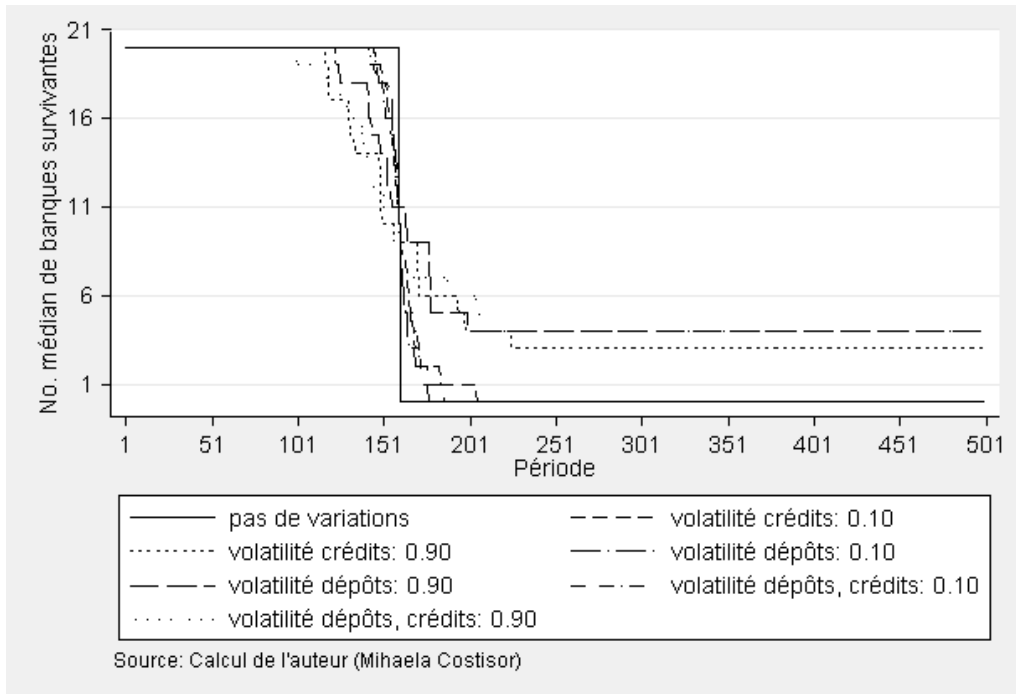
Nous allons à présent essayer de faire apparaître des situations concrètes de contagion au travers des variations des prix. À partir de ce stade, nous illustrons en parallèle les résultats des simulations pour les deux mécanismes de prix. De manière globale, nous pouvons constater que le système bancaire suit une tendance à la baisse, quel que soit le type de prix. Cependant, il semble que le nombre de banques actives à la fin de la période d'étude est légèrement inférieur lorsque le prix suit un processus de tâtonnement. Dans ce cas, il y a également davantage de variations des prix des actifs négociables.

Pour ce faire, nous induisons une situation de pénurie de liquidité dès la première période en augmentant le taux sur les dépôts de 5%. Nous avons choisi de modifier cette variable, car c'est la seule en mesure d'entraîner des effets simultanés au niveau du système bancaire. La hausse du taux d'intérêt sur les dépôts produit trois effets. D'abord, les banques doivent utiliser davantage de liquidités pour pouvoir rembourser les déposants à cause de l'augmentation des intérêts. Ensuite, elles doivent restreindre leur activité de crédit, ce qui compromet par la suite la possibilité d'augmenter leur marge d'intérêt nette. Et, enfin, elles doivent faire face beaucoup plus souvent à des situations de pénurie de liquidité, qu'elles essaient de surmonter en vendant des titres sur le marché.

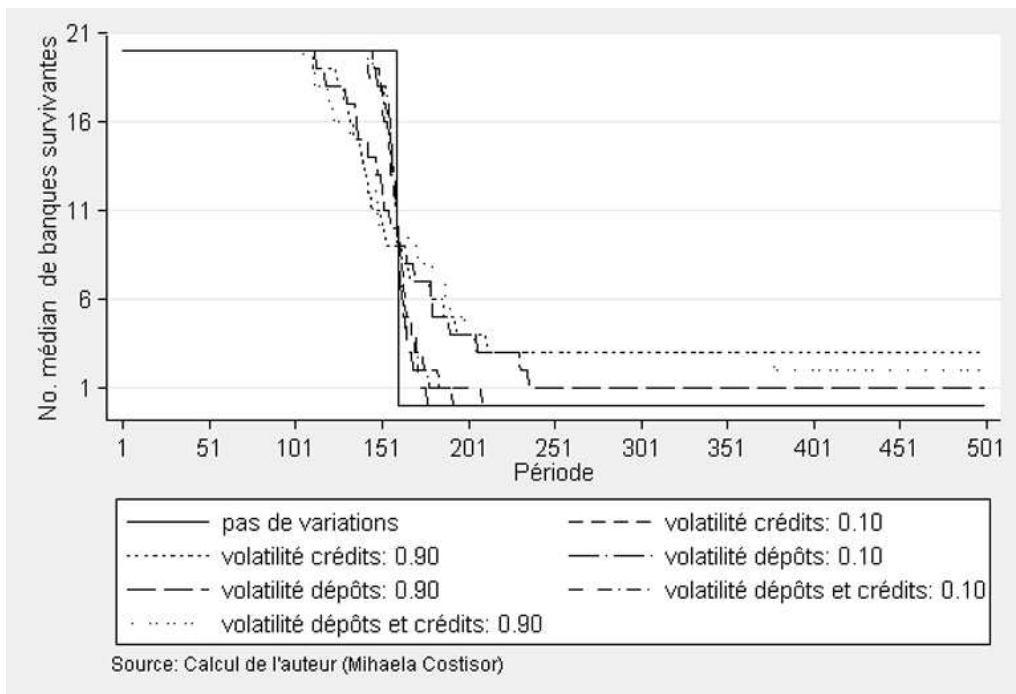
Un tel scénario nous a permis d'obtenir des résultats particulièrement intéressants, car il y a des retournements de tendances. Selon la figure 4.6, indifféremment du type de prix, lorsque la volatilité est forte ($\sigma_o = \sigma_d = 0.90$), il reste davantage de banques actives par rapport à la situation caractérisée par absence de fluctuations ou par une faible volatilité ($\sigma_o = \sigma_d = 0.10$).

Nous expliquons ces résultats en analysant : (a) l'évolution de l'excès de la demande sur l'offre de titres et (b) le plus important élément de notre analyse qui est l'évolution des prix des actifs négociables.

FIG. 4.6 – Comparaison du nombre médian de banques actives selon le type de variation



(a) Mécanisme d'ajustement partiel



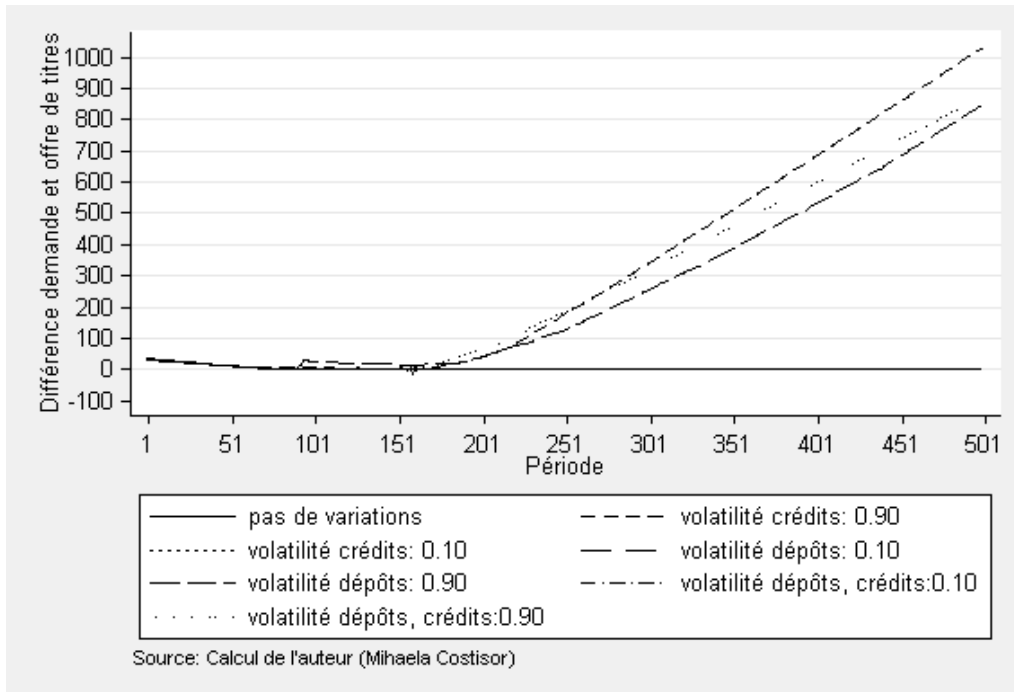
(b) Mécanisme de tâtonnements successifs

(a) Quand il n'y a pas de variations des crédits et/ou des dépôts ou bien quand la volatilité est faible, nous observons que, tant qu'il y a des banques survivantes, la demande de titres est nulle et l'offre est, à certaines périodes, positive. La demande est nulle car la plupart des banques est confrontée à un déficit de liquidité en réponse à l'augmentation du taux d'intérêt créditeur. Ces banques doivent vendre des titres sur le marché pour pouvoir le combler. Quand il n'y a pas d'acheteurs, elles sont alors directement soumises au processus de liquidation. Ceci explique également pourquoi le nombre de banques survivantes diminue rapidement et radicalement.

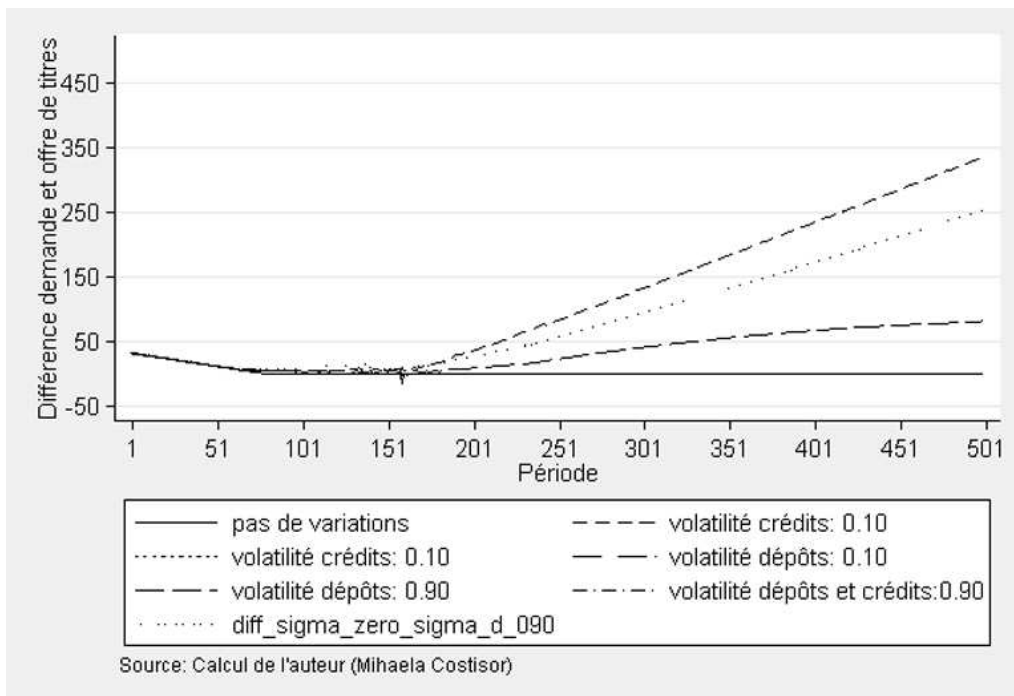
En revanche, lorsque la volatilité est élevée, il reste davantage de banques actives, mais leur nombre est toutefois inférieur en comparaison avec la situation précédente quand le taux d'intérêt sur les dépôts était $\rho_d = 0.0459$. En fait, en faisant varier fortement les dépôts et/ou les crédits d'une période à l'autre, il existe des scénarios qui aboutissent, pour certaines banques, à l'augmentation de la liquidité en vertu de la possibilité de collecter plus de dépôts ou d'octroyer plus de crédits. Cela leur permet ultérieurement de mieux faire face aux retraits et/ou de satisfaire en totalité les demandes de crédit s'adressant à elles. De plus, certaines d'entre elles dégagent des surplus de liquidité qui pourront ultérieurement être utilisés pour acheter des titres.

Sur la figure 4.7, nous observons que pendant la première moitié de l'intervalle d'étude, l'offre de titres est supérieure à la demande. À partir de la deuxième moitié, l'excès de la demande sur l'offre de titres s'envole, car les banques survivantes accumulent plus de liquidités d'une période à l'autre, notamment en raison du fait qu'elles peuvent accorder davantage de crédits.

FIG. 4.7 – Excès de la demande de titres sur l'offre de titres selon le type de variation



(a) Mécanisme d'ajustement partiel



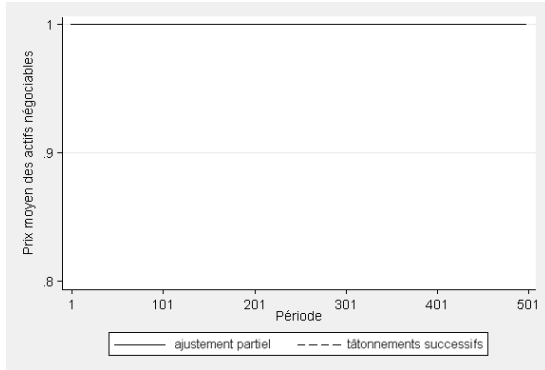
(b) Mécanisme de tâtonnements successifs

(b) Les prix des titres varient très peu lorsque la volatilité est faible, car il n'y a des transactions sur le marché que sporadiquement (figures 4.8). La rareté des transactions et, par voie de conséquence des fluctuations du prix, s'explique donc par le fait que la demande de titres est la plupart du temps nulle, tandis que l'offre de titres est positive. En revanche, les variations du prix sont plus significatives quand la volatilité est forte. Du fait qu'il y a des banques capables de collecter davantage de dépôts ou d'octroyer plus de crédits, il y a une multiplication des situations dans lesquelles les banques vendent/achètent des titres sur le marché. Effectivement, dans ce cas de figure, étant donné que la demande et l'offre de titres sont positives, les prix suivent les mécanismes de formation décrits dans le cadre méthodologique. Pendant la première moitié de l'intervalle d'étude, l'offre de titres est supérieure à la demande (voir les valeurs négatives de l'excès de la demande sur l'offre de titres sur la figure 4.8), ce qui fait baisser significativement le prix, pour les deux mécanismes de formation de prix. À partir de la deuxième moitié, le système bancaire atteint l'équilibre et les banques actives dégagent des surplus de liquidités, qui ne peuvent pas être utilisés pour acheter des titres. La montée de la demande de titres sur la figure 4.7 correspond à la stabilisation du prix sur la figure 4.8.

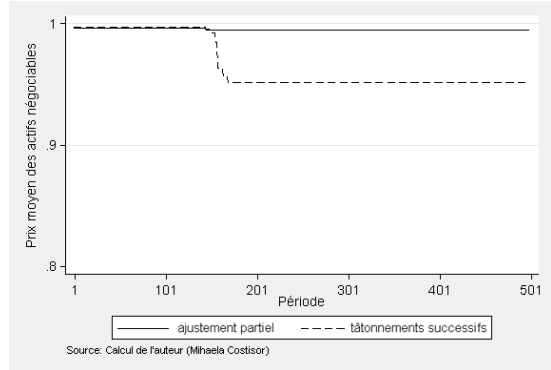
Finalement, pour valider nos affirmations relatives à l'existence de la contagion au travers des prix des actifs négociables, nous allons comparer le nombre médian de banques survivantes pour les deux types de prix par rapport à la situation où il n'y a pas de variation du prix (il reste constant, égal à 1 unité pendant toute la période d'étude) (figure 4.9). Notre apport consiste donc à mettre en évidence de manière explicite le fait que le retournement des prix mène à la diminution du nombre de banques actives, et que c'est dans cette situation qu'on peut parler de contagion par les prix.

Quand la volatilité est faible, pour tous les scénarios envisagés, il n'y a pas ou peu de variation des prix et, par conséquent, la contagion au travers des variations des prix est de très faible ampleur et les effets pervers sur le bilan des banques sont négligeables. Les défaillances sont principalement le résultat d'un stock insuffisant de titres qui ne permet pas aux banques de se procurer autant de liquidité qu'elles le souhaitent. Les interactions directes au niveau du bilan sont, en revanche, plus

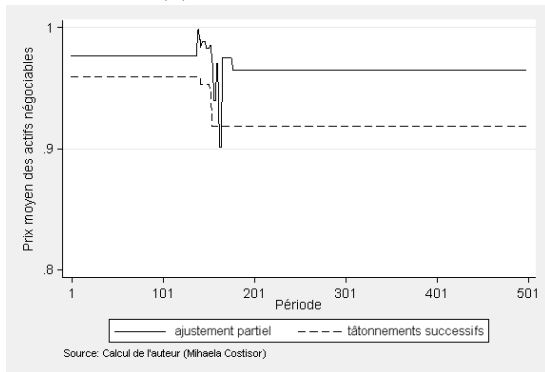
FIG. 4.8 – Evolution du prix selon le type de variation



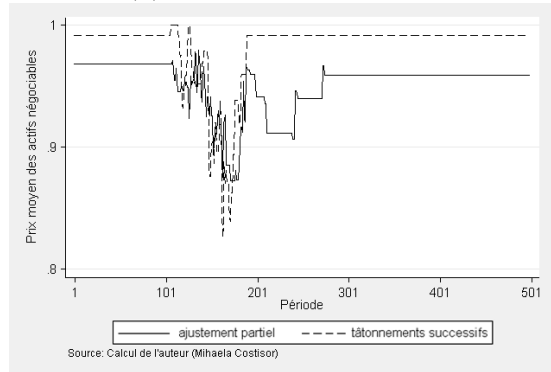
(a) Pas de variations



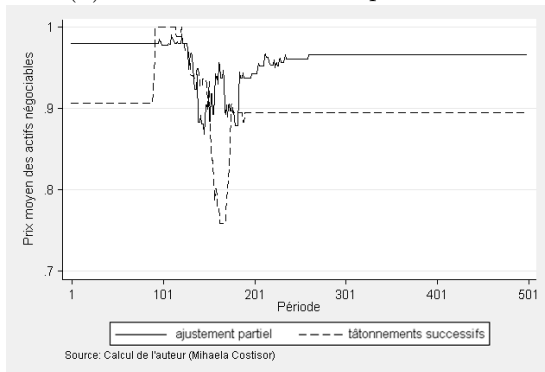
(b) Volatilité crédits : 0.10



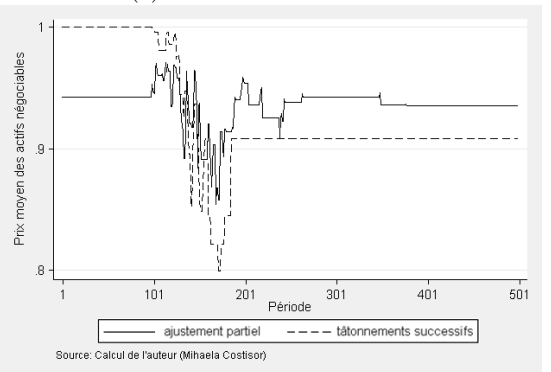
(c) Volatilité crédits et dépôts : 0.10



(d) Volatilité crédits : 0.90

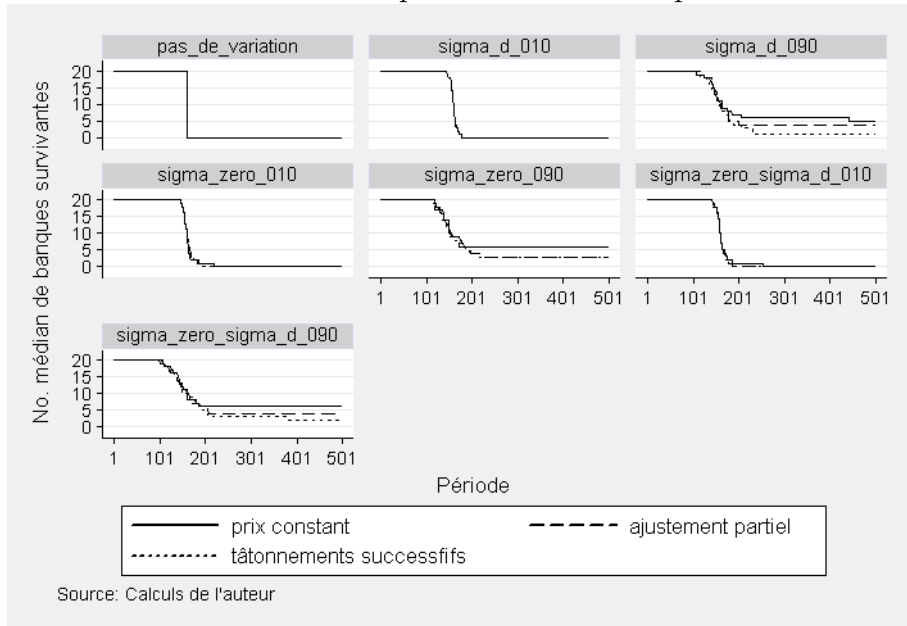


(e) Volatilité dépôts : 0.90



(f) Volatilité crédits et dépôts : 0.90

FIG. 4.9 – Nombre médian de banques actives selon le prix des actifs financiers



évidentes pour une volatilité forte, auquel cas les prix varient significativement dans certains états de la nature. Ainsi, d'après la figure 4.9, nos résultats montrent que le nombre médian de banques actives à la fin de la période d'étude est plus élevé quand le prix reste inchangé par rapport aux mécanisme d'ajustement partiel et des tâtonnements successifs des prix.

Comme nous l'avons déjà mentionné, la contagion intervient en raison du fait que les banques, suite à la réévaluation de leur portefeuille au nouveau prix sur le marché, doivent affecter les différences, principalement négatives, aux fonds propres (plus précisément, sur le compte de résultat). Ainsi, une banque en surplus à la période courante, peut devenir illiquide à la période suivante et, en raison de la dégradation de son portefeuille de titres qu'elle ne peut pas contrôler, elle doit mettre une quantité supérieure de titres sur le marché (notamment lorsque le prix suit un processus de tâtonnement). Bien que ces effets pervers ne soient pas spectaculaires dans notre simulation, ceux-ci existent toutefois, et peut-être est-il possible de les amplifier davantage en modifiant d'autres paramètres.

4.4 Remarques conclusives

Pour conclure, ces simulations ont eu pour objectif de mieux comprendre le mécanisme du risque de liquidité et les forces d'interaction directes au niveau des bilans qui peuvent mener à la transformation du risque de liquidité en risque systémique, suite à la réévaluation des actifs négociables au prix de marché.

Nos résultats montrent que le phénomène de contagion au travers des variations des prix peut effectivement se produire même s'il n'y a pas de marché interbancaire. La valorisation des actifs financiers à un prix inférieur au coût historique peut être néfaste, notamment quand les banques sont illiquides. La baisse du prix, induite par une situation de pénurie globale de liquidité, est ressentie directement par les autres banques. Leur liquidité diminue, mettant en question la capacité à satisfaire les retraits au niveau contractuel. La spirale baissière se poursuit, car les banques doivent vendre plus de titres afin de combler leur déficit de liquidité. Ainsi, une crise de liquidité qui frappe une banque isolée, pour certaines valeurs des paramètres, peut se transformer en crise systémique. La simple comparaison du nombre médian de banques survivantes pour les deux types de prix ne nous permet pas de dire quel type de prix entraîne les effets les plus marqués. Cependant, le nombre de banques qui restent actives jusqu'à la fin de la période d'étude est légèrement inférieur dans le cas du mécanisme de tâtonnements à la Walras par rapport au mécanisme d'ajustement partiel.

Pour aller plus loin, la mise en place de la comptabilité aux prix de marché pourrait entraîner des effets pervers, notamment en périodes de crise. Car, l'interaction entre les banques et les marchés peut mener à des situations où les prix des titres reflètent plutôt la liquidité disponible à un moment donné (à court terme) sur le marché, que la qualité du portefeuille bancaire. D'ailleurs, cet aspect a déjà été exposé lors de la présentation du cadre théorique relatif à la contagion au travers des variations des prix (section 2.3 du chapitre 2)

La composition du portefeuille d'une banque est aussi très importante pour qu'elle puisse faire face aux chocs et aux effets pervers dus à la contagion. Les banques ayant une proportion élevée d'actifs liquides sont en général plus résis-

tantes aux chocs et moins susceptibles d'être victimes de la contagion. Elles sont aussi moins exposées aux baisses des prix sur le marché. Une solution possible pour réduire le risque systémique est, selon Cifuentes *et al.* (2005), de détenir plus d'actifs liquides. Ceux-ci permettent aux banques d'ajuster leur bilan sans subir les effets pervers des prix sur le marché.

Nous terminons en présentant un axe possible de développement de notre analyse. Cela consiste à introduire le marché interbancaire à côté du marché des actifs financiers, afin de pouvoir étudier la force d'interaction entre la contagion via les liens interbancaires et celle par les prix.

Annexe du chapitre 4

TAB. A.4.1 – Liste des variables

Variable	Type	Explication
t	exogène	indice de la période
i, j, k	exogène	indice de la banque
M_t^k	endogène	solde de trésorerie au début de la période t
L_t^k	endogène	solde crédits accordés au secteur non-financier au début de la période t
A_t^k	endogène	stock d'actifs négociables au début de la période t
D_t^k	endogène	dépôts constitués à la période t
\hat{M}_t^k	endogène	solde intermédiaire de la liquidité en t
ρ_l	exogène	taux d'intérêt sur les crédits
ρ_d	exogène	taux d'intérêt sur les dépôts
ρ_a	exogène	rendement des actifs négociables
p_t	endogène	prix des actifs négociables à la période t
β	exogène	taux de réserves obligatoires
σ_d	exogène	volatilité des dépôts
ε_t^k	endogène	coefficient aléatoire $\sim N(0, 1)$ (concerne les dépôts)
o_t^k	endogène	demande de crédits s'adressant à la banque k
σ_o	exogène	volatilité des crédits
v_t^k	endogène	coefficient aléatoire $\sim N(0, 1)$ (concerne les crédits)
ω_t^k	endogène	crédits effectivement accordés au secteur non-financier
s_t^k	exogène	offre de titres
d_t^k	endogène	demande de titres
x_{kj}	endogène	transaction entre la banque k (vendeur) et la banque j (acheteur)
λ	exogène	coefficient de l'élasticité
γ	exogène	taux de recouvrement
V_t^k	endogène	compte de résultat
ν	exogène	force de rappel pour le processus O-U dans la modélisation des dépôts
ν_o	exogène	force de rappel pour le processus O-U dans la modélisation des crédits
T	exogène	nombre total de périodes
dT	exogène	le pas intertemporel dans le processus O-U

FIG. A.4.1 – Gestion de la liquidité. Le mécanisme d’ajustement partiel

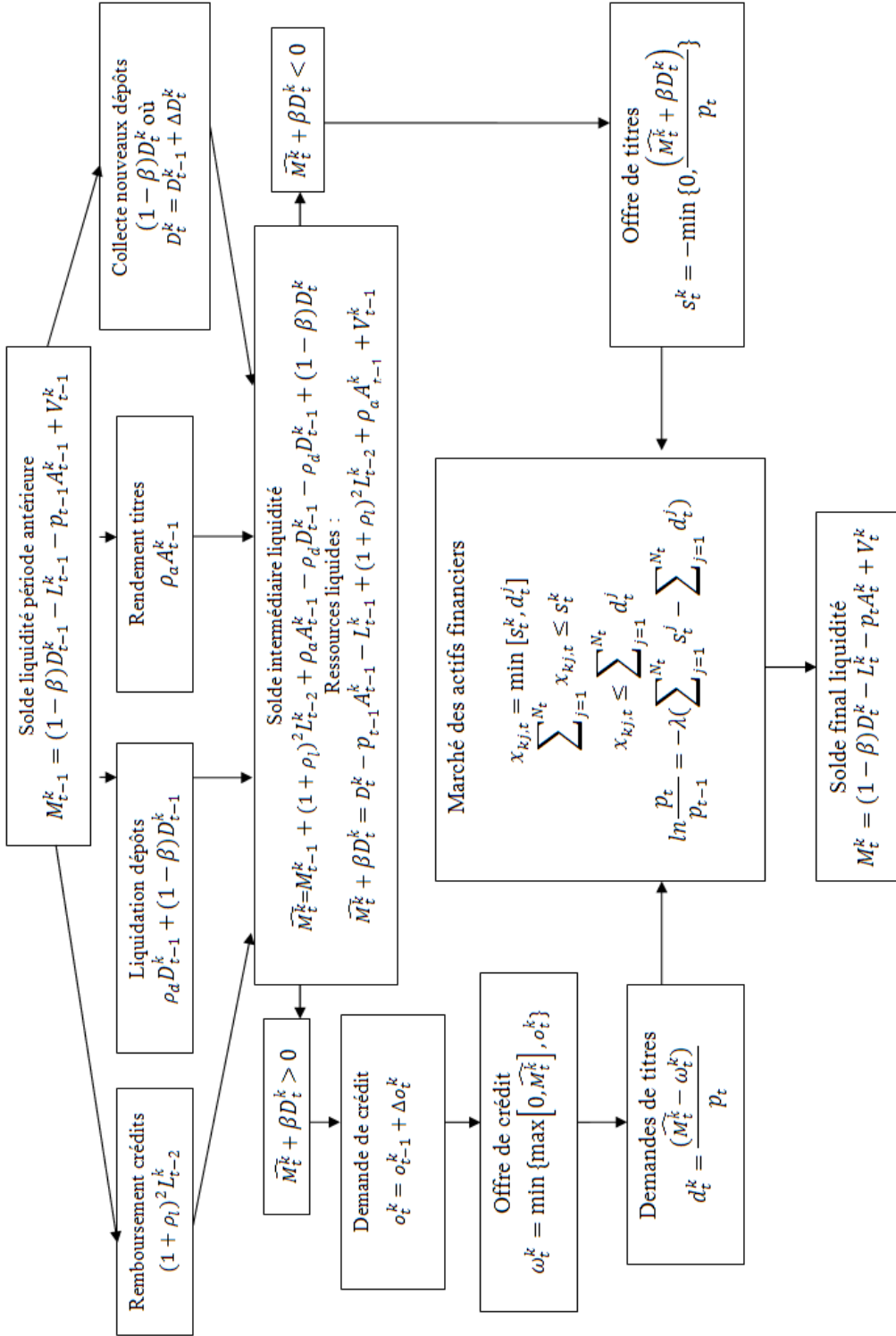
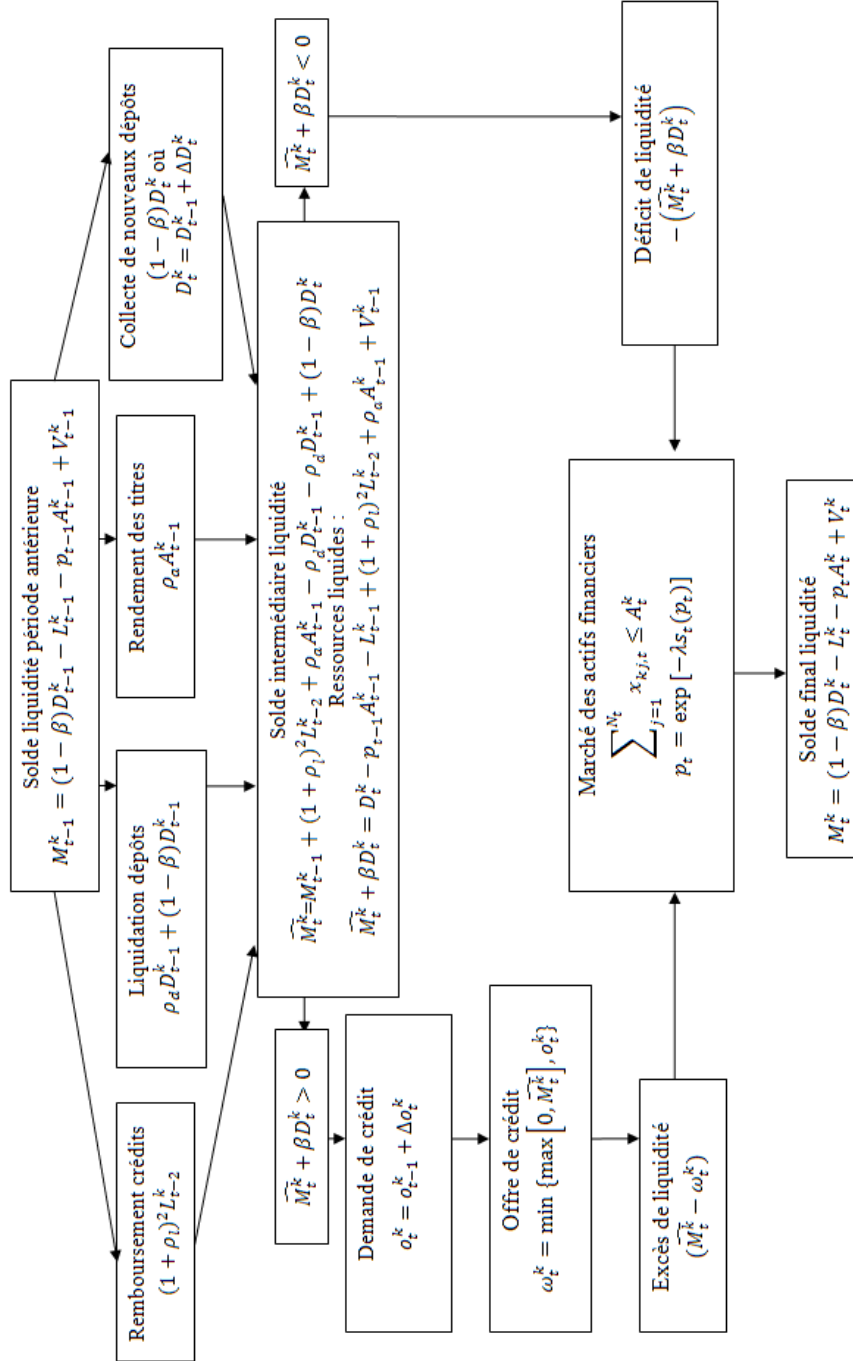


FIG. A.4.2 – Gestion de la liquidité. Le mécanisme de tâtonnements successifs



Source : L'auteur à partir des formules du modèle

Le code source du programme

```
#include <iostream>
#include <fstream>
#include <sstream>
#include <vector>
#include <map>
#include <numeric>
#include <algorithm>
#include <cmath>

using namespace std ;
//T - le nombre de périodes
const size_t T = 500;
// M - le nombre d'itérations
const size_t M = 500;
// SizeMarket - le nombre de banques
const size_t SizeMarket = 20;
const double delta_double_error = 0.001;
const string csv_sep = ",";
// fichiers de configuration
const string in_file_banking_system = "banques_init.txt";
const string in_file_conf_params = "params.txt";
// fichiers de résultats
const string out_file_actives_banks = "out\\actives_banks.csv";
const string out_file_t_actives_banks = "out\\t_actives_banks.csv";
const string out_file_distribution_actives_banks = "out\\↵
distribution_actives_banks.csv";
const string out_file_details = "out\\details.csv";

// vecteur contenant le nombre de banques actives dans chaque période pour ↵
chaque itération
vector< vector<size_t> > output;

enum { ACTIVE, LIQUIDATED } ;

// structure d'une banque et une méthode pour afficher sa structure
struct Banque {

    Banque() : name(), cash(), reserves(), titles(), loans(), deposits(), ↵
titles_offer(), titles_demand(), old_titles(), old_deposits(), sold_titles↵
(), purchased_titles(), payment_loans(), diff_reeval_titles(), cpp(), rank↵
(), status(ACTIVE) {}

    string name ;
    double cash ;
    double reserves ;
```

```

double titles ;
double loans[2] ;
double deposits ;
double titles_offer ;
double titles_demand ;
double old_titles;
double old_deposits;
double sold_titles;
double purchased_titles;
double payment_loans;
double diff_reeval_titles;
double cpp ;
int rank;
int status ;
double initial_deposits ;
double initial_credits;
void imprimer() {
    cout << " Name : " << name << " Cash : " << cash << " Titles : " << titles << "\n" << " Titles Offer : " << titles_offer << " Titles demand : " << titles_demand << " Loans[0] : " << loans[0] << " Loans[1] " << loans[1] << "\n" << " Deposits : " << deposits << " Reserves : " << reserves << " Old Deposits : " << old_deposits << " CPP : " << cpp << " Rank : " << rank << "\n" << " Status : " << status << endl ;
}
};

void fatal(const string & message) {
    cerr << "Erreur fatale ; message : " << message << endl ;
    exit(1) ;
}

void debug (const string &label, const double &message) {
    cout << "Debug - " << label << " : " << message << endl;
}

struct isActive {
    size_t operator() (const size_t arg1, const Banque & arg2) {
        return arg1 + (arg2.status == ACTIVE) ;
    }
};

// récupérer le nombre de banques actives
size_t getNoActiveBanks(const vector<Banque> & banques) {
    return accumulate(banques.begin(), banques.end(), 0, isActive()) ;
}

// comparateur de crédits de deux banques
bool cmpLoans(const Banque &a, const Banque &b) {
    double loans_a = a.loans[0] + a.loans[1];

```

```

double loans_b = b.loans[0] + b.loans[1];

return (loans_a>loans_b);
}

// classer les banques par ordre décroissant de leur portefeuille de crédit
void initBanksOrder (vector<Banque> & banques) {
    sort(banques.begin(), banques.end(), cmpLoans);

    int bSize = banques.size();
    for (int i=0; i<bSize; i++) {
        banques[i].rank = (bSize-i);
    }
}

bool cmpRankIndicator(const Banque &a, const Banque &b) {
    return (a.rank>b.rank);
}

void orderBanks (vector<Banque> & banques) {
    sort(banques.begin(), banques.end(), cmpRankIndicator);
}

// calculer la demande totale de titres
double getTotalTitlesDemand (const vector<Banque> & banques) {
    double s=0;
    for (int i=0; i<banques.size(); i++) {
        if (banques[i].status == ACTIVE) {
            s+=banques[i].titles_demand;
        }
    }
    return s;
}

// calculer la demande de liquidité au niveau du système bancaire
double getTotalDeposits (const vector<Banque> & banques) {
    double s=0;
    for (int i=0; i<banques.size(); i++) {
        if (banques[i].status == ACTIVE) {
            s+=banques[i].deposits;
        }
    }
    return s;
}

// méthode de debug
void print_banks( vector<Banque> & banques) {
    for (int i=0; i<banques.size(); i++) {
        //if (banques[i].status == ACTIVE) {
            banques[i].imprimer();
        }
    }
}

```

```

    //}
  }
}

// générer des coefficients aléatoires pour les dépôts renouvelés et les ↔
opportunités de crédit
vector<double> getRandomCoefficients(size_t N) {
  vector<double> array(N) ;
  if (N==0) {
    return array;
  }
  double sum = 0 ;
  int interval = (int) 2*coef_ecart*1000;

  for ( size_t i = 0 ; i < array.size() ; ++ i ) {
    sum += array[i] = (1000 + (rand() % interval) );
  }
  for ( size_t i = 0 ; i < array.size() ; ++ i )
    array[i] /= sum ;

  sum = 0;
  for ( size_t i = 0 ; i < array.size() ; ++ i )
    sum += array[i];
  double average = sum / N;
  sum = 0;
  for ( size_t i = 0 ; i < array.size() ; ++ i ) {
    sum += pow(array[i] - average, 2);
  }
  if (N==1) {
    array[0] = 1;
  } else {
    double std_deviation = pow(sum/(N-1), 0.5);
    for ( size_t i = 0 ; i < array.size() ; ++ i )
      array[i] = (array[i]-average)/(std_deviation+0.000001) ;
  }

  return array ;
}

// méthode de debug
void print_coef (const vector<double> & arr_coef) {
  cout << "Random coef : " << endl;
  for (int i=0; i<arr_coef.size(); i++) {
    cout << arr_coef[i] << "\t" ;
  }
  cout << endl;
}
}

```

```

bool canSellTotalTitles (int i, vector<Banque> banques) {
    int sm = 0;
    for (int j=0; j<banques.size() && sm<SizeMarket; sm=++j) {
        if (i != j) {
            if ( (banques[j].status == ACTIVE) && (banques[j].titles_demand > 0) ) {
                double vmin = min (banques[j].titles_demand, banques[i].titles_offer);
                banques[i].titles_offer -= vmin;

                banques[j].titles_demand -= vmin;
            }
        }
        if (banques[i].titles_offer == 0) {
            break;
        }
    }
    return (banques[i].titles_offer==0);
}

// calculer le prix dex titres selon le mécanisme d'ajustement partiel
double getPrice(const vector<Banque> & banques, const double p) {
    double to = 0;
    double td = 0;

    for(int i=0; i<banques.size(); i++) {
        if (banques[i].status == ACTIVE && (i<SizeMarket) ) {
            to += banques[i].titles_offer;
            td += banques[i].titles_demand;
            cout << "TDi : " << banques[i].titles_offer << " TDi : " <<banques[i].titles_demand << endl;
        }
    }

    double price = 0;
    if (td >= to) {
        price = p;
        if (td>to) {
            price = p * exp(-lambda*(to-td));
            if (price>1)
                price = 1;
            if (price<p)
                price = p;
        }
    } else {
        price = p * exp(-lambda*(to-td));
    }
    return price;
}

*****
// calculer le prix d'équilibre selon le mécanisme de tâtonnements successifs

```

```

double Pd(const double &q) {
    return exp(-lambda*q);
}

double Qo(const double &deficit, const double &price) {
    return deficit/price;
}

double getEQPrice(const double &deficit) {
    double price = 0.5;

    bool bRepeat = true;
    int i = 0;
    while (bRepeat && (i<300)) {
        double vQo = Qo(deficit, price);
        double vPd = Pd(vQo);

        double diff = abs(vPd-price);

        price = vPd;
        if (diff<delta_error) {
            bRepeat = false;
        }
        i++;
    }
    if (price < p_threshold) {
        price = p_threshold;
    }
    return price;
}

double getPrice_EQ(const vector<Banque> &banques, const double p) {
    double liquid_resources = 0;
    double deficit = 0;

    for(int i=0; i<banques.size(); i++) {
        if (banques[i].status == ACTIVE) {
            double lr = banques[i].cash + banques[i].reserves;
            if (lr > 0) {
                liquid_resources += lr;
            } else {
                deficit += abs(lr);
            }
        }
    }

    if (deficit==0) {
        return p;
    }
    return getEQPrice(deficit);
}

```

```

}
*****

// calculer l'offre totale de titres
double getTO(const vector<Banque> & banques) {
    double to = 0;
    double td = 0;

    for(int i=0; i<banques.size(); i++) {
        if (banques[i].status == ACTIVE && (i<SizeMarket) ) {
            to += banques[i].titles_offer;
            td += banques[i].titles_demand;
        }
    }
    return to;
}

// calculer la demande totale de titres
double getTD(const vector<Banque> & banques) {
    double to = 0;
    double td = 0;

    for(int i=0; i<banques.size(); i++) {
        if (banques[i].status == ACTIVE && (i<SizeMarket) ) {
            to += banques[i].titles_offer;
            td += banques[i].titles_demand;
        }
    }
    return td;
}

/*
Effectuer l'ensemble des flux monétaires pour toutes les banques actives du ←
système à un moment donné
- remboursement des crédits arrivés à l'échéance
- encaissement des revenus des titres d'État
- liquidation des dépôts constitués dans la période précédente
- renouvellement des dépôts
*/
void realizeBanksEvents(int period, double &AggregateDeposits, const size_t &←
    nActiveBanks, vector<Banque> & banques) {
    int t = period%2;
    vector<double> arr_coefficients = getRandomCoefficients(nActiveBanks);
    print_coef(arr_coefficients);

    int k=0;
    for(int i=0; i<banques.size(); i++) {
        if (banques[i].status == ACTIVE) {
            banques[i].old_titles = banques[i].titles;
            banques[i].old_deposits = banques[i].deposits;

```



```

// remboursement des crédits arrivés à l'échéance
banques[i].payment_loans = banques[i].loans[t];
double payment_from_loans = banques[i].payment_loans * pow(1+ro_l, 2);
banques[i].cash += payment_from_loans;
banques[i].loans[t] = 0;
banques[i].cpp+=payment_from_loans - banques[i].payment_loans;

if (period==0) {
    double cash = (1-beta)*banques[i].deposits;
    double reserves = beta * banques[i].deposits;
    banques[i].cash += cash;
    banques[i].reserves = reserves;
    banques[i].cash -= banques[i].titles;
    banques[i].cash += banques[i].cpp-payment_from_loans+banques[i].←
        payment_loans;
} else {
    // encaissement des revenus des titres d'État
    double titles_proceeds = ro_a*banques[i].titles;
    banques[i].cash += titles_proceeds;
    banques[i].cpp += titles_proceeds;
    // liquidation des dépôts constitués dans la période précédente
    double InterestRateDeposit = ro_d;
    double DepositInterest = InterestRateDeposit * banques[i].deposits;
    banques[i].cash -= DepositInterest;
    banques[i].cpp -= DepositInterest;
    banques[i].cash -= (1-beta)*banques[i].deposits;
    banques[i].reserves -= beta*banques[i].deposits;
    banques[i].deposits = 0;
    banques[i].reserves=0;
    // renouvellement des dépôts
    double coef = arr_coefficients[k++];
    double NewDeposits = banques[i].old_deposits + kappa*(banques[i].←
        initial_deposits - banques[i].old_deposits)*dt + sigma_d*pow(dt, ←
        0.5)*coef;
    banques[i].deposits = NewDeposits;
    double cash = (1-beta)*banques[i].deposits;
    double reserves = beta * banques[i].deposits;
    banques[i].cash += cash;
    banques[i].reserves += reserves;
}
}
}

// accorder des crédits au grand public
void extendLoans(int period, const size_t &nActiveBanks, vector<Banque> & ←
    banques) {
    int t = period%2;
    vector<double> arr_niu_loans = getRandomCoefficients(nActiveBanks);
    print_coef(arr_niu_loans);
}

```

```

int k=0;
for(int i=0; i<banques.size(); i++) {
    if (banques[i].status == ACTIVE) {
        double liquid_resources = banques[i].cash + banques[i].reserves;
        if (liquid_resources <= 0) {
            if (period >= 0) {
                double titles_offer = abs(min(0., liquid_resources / p));
                banques[i].titles_offer = titles_offer;
                banques[i].titles_demand = 0;
            }
        } else {
            double credit_demand = banques[i].payment_loans + kappa_c*(banques[i].←
                initial_credits - banques[i].payment_loans)*dt + sigma_zero*pow(dt, ←
                0.5)*arr_niu_loans[k];
            double loans_extended = min(max(0., banques[i].cash), credit_demand);
            double titles_demand = (banques[i].cash - loans_extended) / p;
            titles_demand = max(titles_demand, 0.);

            if (period >=0 ) {
                banques[i].titles_demand = titles_demand;
                banques[i].titles_offer = 0;
            }
            banques[i].cash -= loans_extended;
            banques[i].loans[t] += loans_extended;
        }
    }
    k++;
}
}

void noOpenMarket(int t, double &AggregateDeposits, vector<Banque> & banques) {
    cout << "No open mkt" << endl;
    double NewPrice = p;
    for(int i=0; i<banques.size(); i++) {
        if (banques[i].status == ACTIVE) {
            double liquid_resources = banques[i].cash + banques[i].reserves;
            if (banques[i].titles_offer > 0. || (liquid_resources<0. && abs(←
                liquid_resources)>delta_double_error) ) {
                banques[i].status = LIQUIDATED;
                banques[i].titles_offer = 0;
                // calculer la valeur de liquidation
                double LiquidationValue = gamma*(banques[i].loans[0] + banques[i].loans←
                    [1] + p*banques[i].titles);
                AggregateDeposits += LiquidationValue - (1 - beta)*banques[i].deposits +←
                    banques[i].cash;
                banques[i].cash += LiquidationValue;
            }
        }
    }
}

```

```

// calculer le coût de liquidation
double liquidation_cost = (1-gamma) * (banques[i].loans[0] + banques[i].loans[1] + p*banques[i].titles);
cout << "liquidation_cost : " << liquidation_cost<< endl;

banques[i].cpp -= liquidation_cost;
banques[i].loans[0] -= (gamma*banques[i].loans[0] + (1-gamma)*banques[i].loans[0]);
banques[i].loans[1] -= (gamma*banques[i].loans[1] + (1-gamma)*banques[i].loans[1]);

banques[i].titles -= banques[i].titles;
// distribuer la liquidité résultante du processus de liquidation aux déposants
if (banques[i].cash >= (1-beta)*banques[i].deposits) {
    banques[i].cash -= (1-beta)* banques[i].deposits;
    banques[i].deposits -= (1-beta)* banques[i].deposits;

    banques[i].deposits -= banques[i].reserves;
    banques[i].reserves = 0;
} else {
    double vmin = min(banques[i].reserves, banques[i].deposits);
    banques[i].reserves -= vmin;
    banques[i].deposits -= vmin;

    if (banques[i].deposits > 0) {
        if (banques[i].cash>0) {
            vmin = min(banques[i].cash, banques[i].deposits);
            banques[i].deposits -= vmin;
            banques[i].cash -= vmin;
        }
    }
}

}

}

// opérations sur le marché
void OpenMarket(int t, double &p, vector<Banque> & banques) {
    cout << "Open mkt" << endl;
    bool mustEvaluateTitles = false;
    double NewPrice = getPrice(banques, p);
    for(int i=0; i<banques.size(); i++) {
        if (banques[i].status == ACTIVE) {
            banques[i].old_titles = banques[i].titles;
            banques[i].sold_titles = 0;
            banques[i].purchased_titles = 0;
        }
    }
}

```

```

}
print_banks(banques);
for(int i=0; i<banques.size(); ++i) {
    if (banques[i].status == ACTIVE) {
        if (banques[i].titles_offer>0) {
            mustEvaluateTitles = true;
            if (banques[i].titles_offer <= banques[i].titles && (i<SizeMarket)) {
                bool bcanSellTotalTitles = canSellTotalTitles (i, banques);
                if (bcanSellTotalTitles) {
                    for(int j=0; j<banques.size(); j++) {
                        if (i != j) {
                            if (banques[j].titles_demand && banques[j].status == ACTIVE) {
                                double vmin = min (banques[j].titles_demand, banques[i].titles_offer);
                                banques[i].titles_offer -= vmin;
                                banques[i].titles -= vmin;
                                banques[i].cash += vmin*NewPrice;
                                banques[i].sold_titles += vmin;

                                banques[j].cash -= vmin*NewPrice;
                                banques[j].titles += vmin;
                                banques[j].titles_demand -= vmin;
                                banques[j].purchased_titles += vmin;

                            }
                        }
                    }
                    if (banques[i].titles_offer == 0.) {
                        break;
                    }
                }
            }
        }
    }
}
// liquidation
double liquid_resources = banques[i].cash + banques[i].reserves;

banques[i].imprimer();
if (banques[i].titles_offer > 0. || (liquid_resources<0. && abs(liquid_resources)>delta_double_error)) {
    banques[i].status = LIQUIDATED;
    banques[i].titles_offer = 0;
    double LiquidationValue = gamma*(banques[i].loans[0] + banques[i].loans[1] + p*banques[i].titles);
    AggregateDeposits += LiquidationValue - (1 - beta)*banques[i].deposits + banques[i].cash;
    banques[i].cash += LiquidationValue;

    double liquidation_cost = (1-gamma) * (banques[i].loans[0] + banques[i].loans[1] + p*banques[i].titles);
}

```



```

    } else {
        diff = - current_titles * NewPrice + old_titles*p;
    }

    if ( (banques[i].sold_titles != 0) || (banques[i].purchased_titles != 0) ) {
        diff = 0;
    }

    banques[i].diff_reeval_titles = diff_pasive + diff_active + diff;
    cout << "banques[i].diff_reeval_titles: " << banques[i].diff_reeval_titles << endl;
}
}
p = NewPrice;
}
cout << "End Open mkt" << endl;
}

void Diff2CPP(const int &period, const double &old_p, const double &p, const int &nActiveBanks, vector<Banque> &banques) {
    cout << "Old price: " << old_p << " Price: " << p << endl;
    if (period==0) {
        for(int i=0; i<banques.size(); i++) {
            if (banques[i].status == ACTIVE) {
                banques[i].cpp += banques[i].diff_reeval_titles;
                banques[i].cash +=banques[i].diff_reeval_titles;

                cout << "banques[i].cpp: " << banques[i].cpp << endl;
            }
        }
    } else {
        double InterestRateDeposit = (ro_1 - alpha/nActiveBanks);

        for(int i=0; i<banques.size(); i++) {
            if (banques[i].status == ACTIVE) {

                double price_diff = p - old_p;
                if (abs(price_diff) < 0.0001) {
                    price_diff = 0;
                }

                if (price_diff>0 ) {
                    banques[i].cpp += abs(banques[i].diff_reeval_titles);
                    banques[i].cash += abs(banques[i].diff_reeval_titles);
                } else if (price_diff<0 ) {
                    if (banques[i].status == LIQUIDATED) {

```

```

        banques[i].cpp += (pow(1+ro_l, 2)-1)* banques[i].payment_loans + ←
            ro_a*banques[i].old_titles - InterestRateDeposit*banques[i].←
            old_deposits;
        banques[i].cash += (pow(1+ro_l, 2)-1)* banques[i].payment_loans + ←
            ro_a*banques[i].old_titles - InterestRateDeposit*banques[i].←
            old_deposits;

    } else {
        banques[i].cpp -= abs(banques[i].diff_reeval_titles);
        banques[i].cash -= abs(banques[i].diff_reeval_titles);
    }
} else {
    //banques[i].cpp += (pow(1+ro_l, 2)-1)* banques[i].payment_loans + ←
        ro_a*banques[i].old_titles - InterestRateDeposit*banques[i].←
        old_deposits ;
    cout << "banques[i].cpp: " << banques[i].cpp << endl;
}
//banques[i].imprimer();

double total_verif = (1-beta)*banques[i].deposits - (banques[i].loans[0]←
    + banques[i].loans[1] ) - (banques[i].titles) + banques[i].cpp -←
    banques[i].cash;

if (banques[i].status == LIQUIDATED) {
    total_verif = banques[i].deposits - (banques[i].loans[0] + banques[i].←
        loans[1] ) - (banques[i].titles) + banques[i].cpp -banques[i].cash←
        ;
}
if (total_verif < 0.0001 && total_verif > -0.0001) {
    total_verif = 0;
}

cout << "Banque : " << banques[i].name << " TOTAL_VERIF: " << ←
    total_verif << endl;
}
}
}

cout << "Banks after Diff2CPP" << endl;
print_banks(banques);

double s_titles = 0;
double s_credits = 0;
double s_cash = 0;
double s_cpp = 0;
for(int i=0; i<banques.size(); i++) {
    if (banques[i].status == ACTIVE) {
        s_titles += banques[i].titles;
        s_credits += banques[i].loans[0] + banques[i].loans[1];
    }
}

```

```

        s_cash += banques[i].cash;
        s_cpp += banques[i].cpp;
    }
}

cout << "Period: " << period << " AggregateDeposits: " << AggregateDeposits << "\n"
    << " aggregated titles: " << s_titles << " aggregated credits: " << s_credits << "\n"
    << " aggregated cash: " << s_cash << " aggregated cpp: " << s_cpp << endl;
}

// calculer et sauvegarder les résultats dans les fichiers respectifs
void saveOutput2File(const vector< vector<size_t> > &output) {
    {
        ofstream ofile(out_file_actives_banks.c_str());
        if ( ! ofile )
            fatal("Cannot open output file " + out_file_actives_banks);

        for ( size_t iter = 0 ; iter < M ; ++ iter ) {
            ofile << iter << csv_sep;
            for ( size_t t = 0 ; t < T ; t++ ) {
                ofile << output[iter][t] << csv_sep;
            }
            ofile << endl;
        }
        ofile.close();
    }

    {
        ofstream ofile(out_file_t_actives_banks.c_str());
        if ( ! ofile )
            fatal("Cannot open output file " + out_file_t_actives_banks);

        ofile << "Q1" << csv_sep << "Médiane" << csv_sep << "Q3" << endl;
        for ( size_t t = 0 ; t < T ; t++ ) {
            vector<size_t> tmp(M);
            for ( size_t iter = 0 ; iter < M ; ++ iter ) {
                tmp[iter] = output[iter][t];
            }
            sort(tmp.begin(), tmp.end());
            ofile << tmp[M/4] << csv_sep << tmp[M/2] << csv_sep << tmp[3*M/4] << endl;
        }
        ofile.close();
    }

    {
        ofstream ofile(out_file_distribution_actives_banks.c_str());
        if ( ! ofile )
            fatal("Cannot open output file " + out_file_distribution_actives_banks);
    }
}

```



```

typedef map <int, size_t> t_distribution;
t_distribution distribution;

for ( size_t iter = 0 ; iter < M ; ++ iter ) {
    ++distribution[output[iter][T-1]];
}
ofile << "ActiveBanks" << csv_sep << "Count" << endl;

t_distribution::iterator iter = distribution.begin();
while (iter != distribution.end()) {
    ofile << iter->first << csv_sep << iter->second << endl;
    iter++;
}

ofile.close();
}
}

// lire les paramètres à partir du fichier de configuration "params.txt"
void readParams() {
    ifstream file(in_file_conf_params.c_str()) ;
    if ( ! file )
        fatal("Cannot open params file " + in_file_conf_params) ;
    map<string, double *> params ;
    params["beta"] = &beta ;
    params["alpha"] = &alpha ;
    params["sigma_d"] = &sigma_d ;
    params["sigma_zero"] = &sigma_zero ;
    params["gamma"] = &gamma ;
    params["pi"] = &pi ;
    params["ro_l"] = &ro_l ;
    params["ro_a"] = &ro_a ;
    params["omega"] = &omega ;
    params["lambda"] = &lambda ;
    string line ;
    while ( getline(file, line) ) {
        istringstream tmp(line) ;
        string name ;
        double value ;
        tmp >> name ; if ( tmp.fail() ) fatal("IO error") ;
        tmp >> value ; if ( tmp.fail() ) fatal("IO error") ;
        if ( params.find(name) != params.end() )
            *params[name] = value ;
        else
            fatal("unknown parameter "+name) ;
    }
}

// lire la structure du système bancaire à partir du fichier de configuration "↔
banques_init.txt"

```

```

void readBanks(vector<Banque> &banques) {
    ifstream file(in_file_banking_system.c_str());
    if ( ! file )
        fatal("Cannot open file " + in_file_banking_system);
    string line ;
    while ( getline(file, line) ) {
        if ( line.empty() )
            continue ;
        if ( line.substr(0,1).compare("#")==0 )
            continue;
        istringstream tmp(line) ;
        Banque banque ;
        tmp >> banque.name ; if ( tmp.fail() ) fatal("IO error bank name") ;
        tmp >> banque.cash ; if ( tmp.fail() ) fatal("IO error cash") ;
        tmp >> banque.titles ; if ( tmp.fail() ) fatal("IO error titles") ;
        tmp >> banque.loans[0] ; if ( tmp.fail() ) fatal("IO error loans 0") ;
        tmp >> banque.loans[1] ; if ( tmp.fail() ) fatal("IO error loans 1") ;
        tmp >> banque.deposits ; if ( tmp.fail() ) fatal("IO error deposits") ;
        tmp >> banque.cpp ; if ( tmp.fail() ) fatal("IO error cpp") ;
        tmp >> banque.reserves ; if ( tmp.fail() ) fatal("IO error cpp") ;

        banque.initial_deposits = banque.deposits;
        banque.initial_credits = banque.loans[0];

        banque.imprimer();
        banques.push_back(banque);
    }
    cout << endl << endl;
    initBanksOrder(banques);
    print_banks(banques);
    //exit(1);
}

int main() {
    ofstream ofile(out_file_details.c_str());
    if ( ! ofile )
        fatal("Cannot open output file " + out_file_details);

    readParams();

    for ( size_t iter = 0 ; iter < M ; ++ iter ) {
        vector<Banque> banques ;

        readBanks(banques);
        initBanksOrder(banques);
        cout << endl << endl;
        print_banks(banques);

        cout << endl << "START " << endl;
    }
}

```

```

AggregateDeposits = getTotalDeposits(banques);

vector<size_t> actives(T) ;
for ( size_t i = 0 ; i < T ; ++i ) {
    int t = i%2;
    double old_p = p;

    size_t nActiveBanks = getNoActiveBanks(banques) ;

    cout << endl << "Period : " << i << endl;

    cout << endl << "realizeBanksEvents " << endl;
    realizeBanksEvents(i, AggregateDeposits, nActiveBanks, banques);
    print_banks(banques);

    cout << endl << "extendLoans " << endl;
    extendLoans(i, nActiveBanks, banques);
    print_banks(banques);

    double TotalTitlesDemand = getTotalTitlesDemand(banques);
    double TotalDeposits = getTotalDeposits(banques);

    AggregateDeposits = TotalDeposits;
    cout << "AggregateDeposits : " << AggregateDeposits << endl;
    double to = getTO(banques);
    double td = getTD(banques);

    if (abs(TotalTitlesDemand) < delta_double_error) {
        noOpenMarket(t, AggregateDeposits, banques);
    } else {
        OpenMarket(t, p, banques);
    }

    Diff2CPP(i, old_p, p, nActiveBanks, banques);

    actives[i] = getNoActiveBanks(banques);
    ofile << iter << csv_sep << i << csv_sep << to << csv_sep << td << csv_sep <←
        << AggregateDeposits << csv_sep << p << endl;
}
output.push_back(actives) ;
}

ofile.close();
saveOutput2File(output);

return 0 ;
}

```

Conclusion générale

Cette thèse ne doit pas être considérée comme un produit fini mais plutôt comme un cheminement de recherche à partir des aspects concernant les différents contours du risque de liquidité jusqu'à l'analyse du rôle que joue la liquidité dans la stabilité financière.

L'objectif de notre thèse a donc été de fournir des réponses à la question qui nous a accompagné tout au long de cette étude, à savoir comment appréhender le risque de liquidité dans le système bancaire ? Notre travail fut réalisé en deux étapes : dans un premier temps, nous avons développé un argumentaire théorique et, dans un second temps, nous avons testé les hypothèses émises, en s'appuyant sur le cadre théorique, par le biais de simulations purement numériques.

Sur le plan théorique, nous avons préalablement traité du risque de liquidité découlant de la fonction de financement que est au cœur du fonctionnement d'une banque (chapitre 1). Cette fonction s'exprime lors de la transformation des actifs à long terme, illiquides, en passifs liquides, exigibles à tout moment.

Le point de départ du cadre d'analyse a été les modèles de ruées bancaires classiques pour expliquer le risque de liquidité dans le système bancaire. La nature du contrat de dépôt combinée avec les désajustements de maturités entre les actifs et les passifs constituent une source potentielle de fragilité, car les banques s'exposent au risque de liquidité au cas où les déposants perdent la confiance en leur banque. Pour satisfaire les retraits, les banques doivent vendre leurs actifs, mais devant l'impossibilité d'obtenir le rendement promis par contrat, elles manquent de liquidité.

Progressivement, nous avons introduit le marché interbancaire qui s'avère être un mécanisme efficace d'assurance de liquidité entre les banques, car les ex-

cédents des unes ajustent à peu près les déficits des autres. Cependant, ce marché peut également jouer un rôle négatif en raison du comportement de passager clandestin qu'il peut engendrer. Plus précisément, les banques tendent à sous-investir dans des actifs liquides, sachant qu'elles peuvent emprunter sur le marché inter-bancaire lorsque le besoin se fait sentir.

Le défaut de coordination entre les banques peut aussi se manifester lorsque la confiance à l'égard du marché disparaît. Ainsi, dans un contexte d'incertitude accrue relative à la solvabilité de leurs consœurs, mais aussi à leurs propres besoins futurs de liquidité, les banques n'osent plus se prêter entre elles. Ceci a pour effet de tarir aussitôt la liquidité sur le marché.

Nous avons poursuivi notre travail en analysant le phénomène de contagion des crises de liquidité entre les banques (chapitre 2). À cet effet, nous avons traité, de manière approfondie, deux canaux puissants de propagation d'une crise de liquidité. Ces canaux sont susceptibles de se renforcer mutuellement et d'acculer les banques à la faillite.

Nous avons commencé par la contagion via les participations croisées (dépôts/prêts interbancaires). Une crise de liquidité qui frappe une banque peut se propager à d'autres banques en raison du non-recouvrement des créances détenues sur les contreparties (risque de contrepartie). La dimension de la contagion se trouve particulièrement étendue lorsque les liens interbancaires sont asymétriques du fait de la transmission amplifiée des effets pervers de l'accumulation des créances irrécupérables d'une banque à l'autre.

La littérature qui existe sur la contagion de type dominos présente toutefois un inconvénient qui est la non prise en compte des effets-prix qui résultent des ventes d'actifs. Dans la plupart des travaux théoriques et empiriques, les actifs sont enregistrés à leur coût historique, ce qui explique pourquoi les bilans ne subissent un choc qu'en cas de défaut de paiement. Une telle hypothèse semble obsolète, puisque en réalité, les banques doivent comptabiliser leurs actifs aux prix de marché. De ce fait, elles sont très sensibles à ce qui se passe sur le marché, car les variations des prix apparaissent rapidement dans leurs bilans. Le deuxième canal de contagion que nous avons analysé a donc été celui au travers de variations des prix des actifs financiers valorisés en valeur de marché. Ces fluctuations, très prononcées en

période de stress sur le marché, sont liées au caractère endogène et insuffisant de la liquidité sur le marché. Cela s'explique par le fait que les marchés sont incomplets à cause de l'asymétrie d'information et imparfaits en raison de l'existence des taxes, des coûts de transaction ou bien de la concurrence imparfaite. C'est pourquoi, pour combler leurs besoins de liquidité, les banques sont contraintes de vendre des actifs à des prix qui reflètent la liquidité disponible à un moment donné sur le marché. Les baisses des prix, provoquées par un excès d'offre d'actifs, se répercutent sur l'ensemble des banques détenant des actifs comparables, en entraînant un repli de leurs fonds propres.

Les études présentées dans le cadre théorique, qui nous ont permis d'appréhender le risque de liquidité dans le système bancaire, se trouvent à la base de notre volet appliqué. Nous avons ainsi développé deux applications numériques dans lesquelles nous avons essayé de modéliser les sources de risque de liquidité liées au décalage de maturité entre les actifs et les passifs, d'une part, et les fluctuations des dépôts et des crédits au cours du temps, d'autre part. Notre objectif a été de faire apparaître de situations de pénuries de liquidité afin de pouvoir mesurer l'ampleur de la contagion suite au défaut d'une banque incapable de combler son déficit de liquidité.

Dans le cadre de la première simulation, nous avons tenté d'évaluer le risque de contagion par les liens interbancaires (chapitre 3). Pour ce faire, nous avons présenté le mécanisme de gestion de la liquidité dans un contexte où les banques empruntent sur le marché interbancaire ou à la banque centrale pour combler leur déficit de liquidité.

Dans un premier temps, nous avons cherché un rapport de causalité entre la typologie des liens interbancaires et la stabilité systémique. Globalement, nos résultats montrent que lorsque les pénuries de liquidité ne sont pas de grande ampleur, la solidité d'une banque augmente avec le nombre de ses contreparties. Nous avons ainsi mis en évidence que le nombre de défaillances à la fin de la période d'étude est plus faible pour la structure complète par rapport aux structures circulaire, déconnectée et mixte. Ceci s'explique par le fait que, les pertes engendrées sont absorbées par un nombre plus élevé de banques et aucune d'entre elles ne devient un débiteur significatif. Ceci permet d'éviter une éventuelle sous-capitalisation au

regard de la diminution des actifs dans leurs bilans. En revanche, le nombre de défaillances augmente de façon significative lorsque la structure est circulaire ou lorsque deux types de structures de liens coexistent. Car, les pertes générées par le non-paiement des dettes interbancaires par la banque défaillante se répercutent entièrement sur la banque avec laquelle elle est reliée. Nous avons observé que la défaillance d'une banque peut également entraîner la défaillance de son créancier interbancaire. Cela intervient quand celui-ci ne dispose pas d'assez de garanties, lui permettant d'emprunter autant qu'il souhaite, sur le marché interbancaire ou à la banque centrale. La réaction en chaîne à travers le marché interbancaire, créée par la multiplication des situations de non-recouvrement des créances, réduit considérablement le nombre de banques à la fin de la période d'étude. Cependant, la plus instable et la plus susceptible de créer un risque systémique plus étendu est la structure mixte dans le cadre de laquelle les banques ne sont pas simultanément des créancières et des débiteurs les unes envers les autres. Ce cas de figure se traduit, dans notre analyse, par une montée brusque de défaillances du fait de l'accumulation des pénuries de liquidité d'une période à l'autre.

Dans un second temps, nous nous sommes intéressés à l'impact de certaines variables du modèle sur la dimension de la contagion. Nous avons trois types de résultats que nous voudrions souligner. Ils sont particulièrement intéressants car ils peuvent mettre en question certaines idées que l'on a sur ce sujet.

Premièrement, nous avons remarqué que, lorsque la proportion d'actifs liquides est relativement faible, le nombre de faillites est réduit. Car, dans un contexte où les ruées bancaires sont exclues, une banque qui investit davantage dans des actifs à long terme, est rarement amenée à emprunter sur le marché interbancaire ou à la banque centrale. Et, elle est donc capable d'honorer ses dettes en utilisant principalement les revenus générés par les crédits.

Deuxièmement, nous avons trouvé qu'il y a une relation négative entre la demande globale de crédit et la dimension de la contagion, car les situations de pénuries de liquidité sont plus rares/fréquentes puisqu'une intensification/contraction de l'activité de crédit se traduit par un nombre plus réduit/élevé de banques défaillantes.

Enfin, le troisième résultat concerne la relation entre la volatilité des dépôts

et la solidité du système bancaire. Nous sommes face à un constat négatif : plus la volatilité des dépôts est forte, plus le nombre de défaillances augmente, car le tarissement de la liquidité et le ralentissement de l'activité de crédit réduisent la marge d'intérêt nette. Ce scénario contraint les banques à emprunter sur le marché interbancaire ou à la banque centrale. Le recours répété à ces types de financement fragilise progressivement les banques, en diminuant leur nombre, faute de collatéral.

Lors de la deuxième application numérique, nous avons essayé de simuler des situations de contagion par les prix des actifs (chapitre 4). À cette fin, nous avons modélisé le mécanisme de gestion de la liquidité en considérant que les banques doivent vendre des titres pour satisfaire leurs besoins de liquidité.

Dans un premier temps, nous avons montré que la simple fluctuation des dépôts et des crédits d'une période à l'autre peut entraîner la défaillance d'une banque sans qu'il y ait de variations de prix. Plus la volatilité est forte, que ce soit des dépôts et/ou des crédits, plus le nombre de défaillances augmente. Nous avons constaté que les défaillances sont liées à un stock insuffisant de titres à vendre en contrepartie de liquidité pour satisfaire les retraits. Dans ce cas, nous ne pouvons donc pas parler d'effet de contagion, ni d'effets pervers sur les bilans des autres banques car les prix des actifs restent inchangés, sachant que les actifs des banques défaillantes sont achetés par la banque centrale.

Dans un seconds temps, nous avons proposé de faire apparaître des situations concrètes de contagion par les prix, en induisant un choc, à savoir l'augmentation du taux d'intérêt sur les dépôts. Nous avons ainsi montré que la réduction de la marge d'intérêt nette ne fait qu'intensifier les déficits de liquidité et contraindre les banques à vendre toujours plus de titres sur le marché, jusqu'à l'épuisement de leur stock. Cela est dû l'utilisation intensive de liquidités pour rembourser les déposants, ce qui a des conséquences en termes de contraction de l'activité de crédit.

Nous avons présenté les variations des prix selon le type de modélisation de prix. Le premier type de prix, qui est un mécanisme d'ajustement partiel, et calculé comme un taux de croissance d'une période à l'autre et il est une fonction négative de l'excès d'offre. Le second prix d'équilibre est trouvé par des tâtonnements successifs à la Walras. Nous avons constaté que les prix varient légèrement plus dans

le second cas.

Nos résultats montrent que les prix sont censés varier faiblement lorsque la volatilité des crédits et/ou des dépôts est faible. Dans ce cas, les défaillances sont le résultat d'un stock insuffisant de titres. En revanche, nous avons trouvé que les fluctuations des prix sont plus importantes lorsque la volatilité des crédits et/ou des dépôts est forte. La conséquence est l'augmentation du nombre de banques défaillantes, alors qu'elles seraient parfaitement capables de couvrir leurs engagements si elles étaient autorisées à poursuivre leur activité jusqu'à ce que les investissements arrivent à maturité. Ainsi, une banque liquide à la période courante, peut devenir illiquide à la période suivante. En raison de la dégradation de son portefeuille de titres qu'elle ne peut pas contrôler, elle doit constamment mettre une quantité supérieure de titres sur le marché (notamment dans le cas du mécanisme de tâtonnements successifs). Nous expliquons cette situation ainsi : d'une part, l'augmentation de la volatilité des crédits et/ou des dépôts contribue à l'augmentation de l'offre de titres et à la baisse des prix des actifs et, d'autre part, la baisse des prix est directement ressentie par les autres banques, car elles doivent réévaluer leur portefeuille au nouveau prix sur le marché et intégrer les différences négatives aux fonds propres.

Pour conclure, ces simulations ont eu pour objectif de mieux comprendre le mécanisme du risque de liquidité et les forces d'interaction au niveau des bilans qui peuvent mener à la transformation du risque de liquidité en risque systémique, en raison du risque de contrepartie ou suite à la réévaluation des actifs négociables aux prix de marché. Or, on sait que les crises bancaires de liquidité engendrent des effets néfastes pour l'économie réelle, comme des coûts sociaux élevés suite à l'interruption prématurée des projets d'investissement, l'amplification des déficits de liquidité, l'instabilité des prix des actifs, la destruction des relations bilatérales de long terme établies entre la banque et ses emprunteurs associée à une fuite vers la qualité ou encore l'accroissement du coût d'intermédiation (Bernanke, 1983).

Il convient à présent de dégager les perspectives de recherches qui apparaissent à l'issue de cette thèse. La liquidité est importante aux yeux de tous les intervenants sur les marchés financiers, car elle fait partie intégrante du mécanisme de transfert et de dilution des risques. Réguler le risque de liquidité nous apparaît

ainsi comme un enjeu majeur. Les directions que nous proposons de suivre s'articulent donc autour de la question : comment réguler les risques de liquidité de financement et de marché ?

Réaffirmer et compléter les objectifs de Bâle II par la prise en compte plus exhaustive des risques de liquidité et l'intégration des modalités de leur suivi nous semblent particulièrement nécessaires. Car, la réglementation prudentielle doit être un moyen efficace pour assurer la compatibilité entre les objectifs envisagés par les banques et les objectifs sociaux de la stabilité et la solidité financière. Pour cela, il faut préserver le rôle des banques en tant que fournisseurs de liquidité essentiels pour l'ensemble de l'économie. Ceci résulte de leur capacité à absorber et de gérer les risques, que ce soit de liquidité, de contrepartie ou de marché.

Le principal outil qui permet de mesurer et d'anticiper le risque de liquidité est l'impasse de liquidité. Il s'appuie sur le calcul des écarts (*gaps*) à un horizon donné entre les entrées et les sorties de trésorerie. Les déficits de liquidité pourront être comblés par la vente d'actifs liquides ou en empruntant sur le marché interbancaire ou auprès de la banque centrale. Néanmoins, la capacité de se refinancer sur le marché interbancaire peut être remise en question en périodes de turbulences sur le marché, nécessitant l'intervention de la banque centrale. Mais, son intervention fait débat, car, selon certains, elle doit injecter de la liquidité seulement dans les banques illiquides, mais solvables. Selon d'autres, la distinction nette entre illiquidité et insolvabilité est un mythe, tout au moins *ex-ante*.

En pratique, les régulateurs cherchent à encadrer le risque de liquidité en demandant aux établissements bancaires de respecter un ratio de liquidité à moins d'un mois qui montre que les banques sont capables de faire face à toutes les échéances à venir dans le mois. Il est donné par le rapport entre les éléments d'actifs liquides et les éléments de passifs exigibles. Ces composantes sont pondérées en fonction des probabilités de flux les concernant (renouvellement ou disponibilité en cas de crise de liquidité). Ce ratio doit à tout moment être au moins égal à 100%. Le deuxième est le ratio de ressources permanentes qui est le rapport entre les ressources à plus de 5 ans et les emplois à plus de 5 ans. Ce ratio ne doit pas être inférieur à 60%.

Mise à part cette réglementation, il y a des propositions faites par le Comité

de Bâle concernant l'introduction d'une norme minimale internationale relative à la liquidité de financement comprenant une exigence en matière de ratio de liquidité à court terme en période de difficultés, qui s'ajouterait à un ratio de liquidité structurelle à long terme. Cet ensemble de ratios est complété par des recommandations relatives à la réalisation des scénarios (*stress tests*) visant à estimer les risques d'assèchement soudain de la liquidité.

Si les banques centrales peuvent surmonter les problèmes de coordination posés par la liquidité au sein des systèmes des dettes interbancaires, il n'en est pas de même sur les marchés, lorsque les actifs sont valorisés en valeur de marché. Dans un contexte où les marchés sont des fournisseurs très importants de liquidité, la liquidité de marché pose un problème de coordination intimement lié à l'anticipation des prix futurs. À cet égard, nous nous référons aux propositions faites par Allen et Carletti (2008) qui estiment que, dans des situations de crise financière caractérisées par une rareté de la liquidité et la faiblesse des prix qui s'ensuit, il convient de compléter la valorisation aux prix de marché à la fois par des valorisations à partir d'un modèle et par des valorisations fondées sur les coûts historiques, dès qu'il y a un écart, par exemple de plus de 5%. Le reste du temps, et en particulier lorsque les prix d'actifs sont faibles parce que les anticipations de flux de revenus futurs ont diminué, il convient en revanche de valoriser les actifs à leur valeur de marché.

Bibliographie

- [Adrian et Shin, 2008] ADRIAN, T. et SHIN, H. S. (2008). Liquidité et contagion financière. *Banque de France, Revue de la stabilité financière, Numéro spécial liquidité*, 04(11).
- [Aglietta, 2002] AGLIETTA, M. (2002). Actualité et prévention du risque systémique. *GDR CNRS Economie Monétaire et Financière*.
- [Aglietta, 2003] AGLIETTA, M. (2003). Le risque systémique dans la finance libéralisée. *Revue d'économie financière*, (70):33–503.
- [Aglietta et Rigot, 2009] AGLIETTA, M. et RIGOT, S. (2009). Crise et rénovation de la finance. *Éditeur : Odile Jacob, Collection Economie*.
- [Akerlof, 1970] AKERLOF, G. A. (1970). The market for « Lemons » : Quality Uncertainty and the Market Mechanism. *The Quarterly Journal of Economics*, 84(3):488–500.
- [Allen et Carletti, 2006] ALLEN, F. et CARLETTI, E. (2006). Mark-to-Market Accounting and Liquidity Pricing. *Center for Financial Studies, Working Paper Series*, (2006/17).
- [Allen et Carletti, 2008] ALLEN, F. et CARLETTI, E. (2008). La valorisation aux prix de marché convient-elle aux institutions financières ? *Revue de la stabilité financière, Valorisation et stabilité financière*.
- [Allen et Gale, 1994] ALLEN, F. et GALE, D. (1994). Limited Market Participation and Volatility of Asset Prices. *American Economic Review*, 84(4):933–955.
- [Allen et Gale, 1998] ALLEN, F. et GALE, D. (1998). Optimal Financial Crises. *Journal of Finance, Papers and Proceedings Issue*, 53(4):1245–1284.
- [Allen et Gale, 2000] ALLEN, F. et GALE, D. (2000). Financial Contagion. *Journal of Political Economy, Working Paper*, 108(1):1–33.

- [Allen et Gale, 2002] ALLEN, F. et GALE, D. (2002). Liquidity, asset prices and systemic risk. *Proceedings of the 3rd Central Bank Conference on Risk Measurement and Systemic Risk, Bank for International Settlements, Basel, Switzerland*, pages 27–37.
- [Allen et Gale, 2004a] ALLEN, F. et GALE, D. (2004a). Comparative financial systems : A discussion. In *S. Bhattacharya, A. Boot and A. V. Thakor, eds., Credit Intermediation and the Macroeconomy : Models and Perspectives, Oxford University Press, Oxford, New York*, 3:699–770.
- [Allen et Gale, 2004b] ALLEN, F. et GALE, D. (2004b). Financial Intermediaries and Markets. *Econometrica*, 72(4):1023–1061.
- [Allen et Gale, 2004c] ALLEN, F. et GALE, D. (2004c). From Cash-in-the-Market Pricing to Financial Fragility. *Journal of the European Economic Association*, 3(2-3):535–546.
- [Allen et Gale, 2007] ALLEN, F. et GALE, D. (2007). Understanding Financial Crises. *Oxford University Press*.
- [Anderlini, 1986] ANDERLINI, L. (1986). Correctly Anticipated Bank Runs. *University of Cambridge, IWH Discussion Papers*, (95).
- [Andersen et Tarp, 2003] ANDERSEN, T.-B. et TARP, F. (2003). Financial Liberalization, Financial Development and Economic growth in LDCs. *Journal of International Development*, 15(2):189–209.
- [Bagehot, 1873] BAGEHOT, W. (1873). Lombard Street : A Description of the Money Market. *Éditeur London : Henry S. King and Co.*
- [(BCE), 2006] (BCE), B. C. E. (2006). La mise en oeuvre de la politique monétaire dans la zone euro. *BCE, Documentation générale sur les instruments et procédures de politique monétaire de l'Eurosystème*, Septembre.

- [Berentsen et Monnet, 2007] BERENTSEN, A. et MONNET, C. (2007). Monetary Policy in a Channel System. *CESifo Working Paper Series*.
- [Bernanke, 1983] BERNANKE, B. (1983). Non-Monetary Effects of the Financial Crises in the Propagation of the Great Depression. *American Economic Review*, 73:257–76.
- [Bhattacharya et Fulghieri, 1994] BHATTACHARYA, S. et FULGHIERI, P. (1994). Uncertain liquidity and interbank contracting. *Economics Letters*, 44(3):287–294.
- [Bhattacharya et Gale, 1987] BHATTACHARYA, S. et GALE, D. (1987). Preference Shocks, Liquidity, and Central Bank Policy. *In New Approaches to Monetary Economics, ed. by W.A. Barnett and K.J. Singleton, Cambridge : Cambridge University Press*, 69-88.
- [Bhattacharya et Thakor, 1993] BHATTACHARYA, S. et THAKOR, A. V. (1993). Contemporary Banking Theory. *Journal of Financial Intermediation*, 3(1):2–50.
- [Bindseil, 2004] BINDSEIL, U. (2004). The operational target of monetary policy and the rise and fall of reserve position doctrine. *European Central Bank, Working Paper Series*, (372).
- [Bindseil et Seitz, 2001] BINDSEIL, U. et SEITZ, F. (2001). The supply and demand for Eurosystem deposits - the first 18 months. *European Central Bank, Working Paper Series*, (44).
- [Blanchard, 2009] BLANCHARD, O. (2009). The Perfect Storm. *Finance & Development*, pages 37–39.
- [Blaschke et al., 2001] BLASCHKE, W., JONES, M. T., MAJNONI, G. et MARTINEZ, M. S. P. (2001). Stress Testing of Financial Systems : An Overview of Issues, Methodologies, and FSAP Experiences. *IMF Working Paper*, 01/88.

- [Bordo, 2007] BORDO, M. D. (2007). The Crisis of 2007 : The Same Old Story, Only the Players Have Changed. *Remarks prepared for the Federal Reserve Bank of Chicago and International Monetary Fund conference ; Globalization and Systemic Risk. Chicago, Illinois*, (28).
- [Bordo et al., 2001] BORDO, M. D., EICHENGREEN, B., KLINGEBIEL, D. et MARTINEZ-PERIA, S. (2001). Is the Crises Problem Growing More Severe? *Economic Policy*, April:53–82.
- [Brunnermeier, 2009] BRUNNERMEIER, M. K. (2009). Deciphering the Liquidity and Credit Crunch 2007-2008. *Journal of Economic Perspectives*, 23.
- [Bryant, 1980] BRYANT, J. (1980). A model of reserves, bank runs, and deposit insurance. *Journal of Banking & Finance*, 4(4):335–344.
- [Calomiris et Kahn, 1991] CALOMIRIS, C. W. et KAHN, C. M. (1991). The Role of Demandable Debt in Structuring Optimal Banking Arrangements. *American Economic Review*, 81(3):497–513.
- [Caprio et Klingebiel, 2003] CAPRIO, G. et KLINGEBIEL, D. (2003). Episodes of systematic and borderline financial crises. *World Bank Policy Research Working Paper Update of WBPR*, (1620).
- [Chang et Velasco, 1998] CHANG, R. et VELASCO, A. (1998). The Asian Liquidity Crises. *Federal Reserve Bank of Atlanta, Working Paper*, 11.
- [Chang et Velasco, 1999] CHANG, R. et VELASCO, A. (1999). Liquidity Crises in Emerging Markets : Theory and Policy. *National Bureau of Economic Research, NBER Working Papers*, (W7272).
- [Chaplin et al., 2000] CHAPLIN, G., EMBLOW, A. et MICHAEL, I. (2000). Banking System Liquidity : Developments and Issues. *Bank of England, Financial Stability Review*, (December):93–112.
- [Chari et Jagannathan, 1988] CHARI, V. V. et JAGANNATHAN, R. (1988). Ban-

- king Panics, Information, and Rational Expectations Equilibrium. *Journal of Finance*, 43(3):749–760.
- [Chen, 1999] CHEN, Y. (1999). Banking Panics : The Role of the First-Come, First-Served Rule and Information Externalities. *Journal of Political Economy*, 107(5):946–968.
- [Cifuentes *et al.*, 2005] CIFUENTES, R., FERRUCCI, G. et SHIN, H. S. (2005). Liquidity Risk and Contagion. *Journal of the European Economic Association*, vol. 3(23):556–566.
- [Cihak, 2005] CIHAK, M. (2005). Stress Testing : A Review of Key Concepts. *Czech Journal of Economics and Finance*, 53(9-10):417–440.
- [Courbis et Pommier, 1979] COURBIS, R. et POMMIER, C. (1979). Construction d’un tableau d’échanges inter-industriels et interrégionaux de l’économie française. *Éditeur : Paris, Economica, Coll. Modèles et macroéconomie appliquée*, pages 32–35.
- [Crockett, 2008] CROCKETT, A. (2008). Liquidité de marché et stabilité financière. *Revue de la stabilité financière, Banque de France, Numéro spécial liquidité*, (11):13–18.
- [Davis, 2003] DAVIS, E. P. (2003). Liquidity Management in Banking Crises. *Brunel University, West London, <http://www.zen13767.zen.co.uk/imf%202003-4.pdf>*.
- [Davis, 2008] DAVIS, E. P. (2008). Liquidity, Financial Crises and the Lender of Last Resort - How Much of a Departure is the Sub-prime Crisis? *Lessons from the Financial Turmoil of 2007 and 2008, Reserve Bank of Australia Annual Conference*, October.
- [De Bandt et Hartmann, 2002] DE BANDT, O. et HARTMANN, P. (2002). Systemic Risk in Banking : A Survey. *In Financial Crises, Contagion, and the*

Lender of Last Resort : A Reader, C. Goodhart and G. Illing, eds. Oxford : Oxford University Press, Working Paper Series, pages 249–298.

[Debreu, 1959] DEBREU, G. (1959). Theory of Value : An Axiomatic Analysis of Economic Equilibrium. *New Haven, Yale University Press. Version française publiée en 1984 sous le titre Théorie de la valeur : une analyse axiomatique de l'équilibre économique, Éditeur : Dunod, Paris.*

[Degryse et Nguyen, 2004] DEGRYSE, H. A. et NGUYEN, G. (2004). Interbank Exposure : An Empirical Examination of Systemic Risk in the Belgian Banking System. *CentER Discussion Paper*, 04.

[Diamond et Rajan, 2000] DIAMOND, D. et RAJAN, R. (2000). A Theory of Bank Capital. *Journal of Finance*, 55(6):2431–2465.

[Diamond et Dybvig, 1983] DIAMOND, D. W. et DYBVIG, P. H. (1983). Bank runs, deposit insurance, and liquidity. *Journal of Political Economy, University of Chicago Press*, 91(3):401–419.

[Diamond et Rajan, 2001] DIAMOND, D. W. et RAJAN, R. G. (2001). Liquidity Risk, Liquidity Creation and Financial Fragility : A theory of Banking. *Journal of Political Economy*, 109:2431–2465.

[Diatkine, 2002] DIATKINE, S. (2002). Les fondements de la théorie bancaire - des textes classiques aux débats contemporains. Éditeur : Dunod, Paris, collection *Théories Économiques*.

[Dornbusch *et al.*, 2001] DORNBUSCH, R., PARK, Y. C. et CLAESSENSE, S. (2001). Contagion, Why Crises Spread and How This Can Be Stopped. *In International Financial Contagion, Washington, Springer*, pages 19–42.

[Dowd, 2000] DOWD, K. (2000). Bank capital adequacy versus deposit insurance. *Journal of Financial Services Research*, 17(1):7–15.

- [Dziobek *et al.*, 2000] DZIOBEK, C. H., MARSTON, D. et HOBBS, J. K. (2000). Toward a Framework for Systemic Liquidity Policy. *IMF Working Papers*, (00/34).
- [Eisenberg et Noe, 2001] EISENBERG, L. et NOE, T. (2001). Systemic Risk in Financial Systems. *Management Science*, 47:236–249.
- [Ennis et Keister, 2007] ENNIS, H. M. et KEISTER, T. (2007). Bank runs and institutions : the perils of intervention. *Federal Reserve Bank of Richmond*, (07-02).
- [Estrada et Osorio, 2006] ESTRADA, D. et OSORIO, D. R. (2006). A Market Risk Approach to Liquidity Risk and Financial Contagion. *Banco de la Republica de Colombia, Borradores de Economia 002453*, 20.
- [Flannery, 1996] FLANNERY, M. J. (1996). Financial crises, payment system problems, and discount window lending. *Proceedings*, pages 804–831.
- [(FMI), 2009] (FMI), F. M. I. (2009). Rapport sur la stabilité financière dans le monde.
- [Freixas, 1999] FREIXAS, X. (1999). The Lender of Last Resort in Today’s Financial Environment. *CREI, Universitat Pompeu Fabra, Barcelona, Issue 4*, pages 1–24.
- [Freixas et Jorge, 2007] FREIXAS, X. et JORGE, J. (2007). The Role of Interbank Markets in Monetary Policy : A Model with Rationing. *Department of Economics and Business, Universitat Pompeu Fabra, Economics Working Papers*, (1027).
- [Freixas et Parigi, 1998] FREIXAS, X. et PARIGI, B. (1998). Contagion and Efficiency in Gross and Net Interbank Payment Systems. *Journal of Financial Intermediation*, 7(1):3–31.
- [Freixas *et al.*, 2000] FREIXAS, X., PARIGI, B. M. et ROCHET, J.-C. (2000). Systemic Risk, Interbank Relations, and Liquidity Provision by the Central Bank.

- Journal of Money, Credit and Banking*, 32(3):611–638.
- [Freixas et Rochet, 1997] FREIXAS, X. et ROCHET, J.-C. (1997). Microeconomics of Banking. *The MIT Pres, Cambridge, Massachussets, London, England*.
- [Froment, 1972] FROMENT, R. (1972). Optimisation d’un tableau rectangulaire dont les marges sont connues. *Annales de l’INSEE*.
- [(FSA), 2002a] (FSA), F. S. A. (2002a). FSA introduces new element to life insurers resilience tests. <http://www.fsa.gov.uk/Pages/Library/Communication/PR/2002/071.shtml>, (FSA/PN/071/2002).
- [(FSA), 2002b] (FSA), F. S. A. (2002b). Guidance Note No. 4, Resilience test for insurers. *FSA*, <http://www.fsa.gov.uk/Pages/Library/Policy/Guidance/2002/gn4.shtml>.
- [(FSA), 2007] (FSA), F. S. A. (2007). Review of the liquidity requirements for banks and building societies. *Discussion papers*, (07/7).
- [Furfine, 1999] FURFINE, C. (1999). Interbank exposures : quantifying the risk of contagion. *Bank for International Settlements Working Paper*, (70).
- [Furfine, 2003] FURFINE, C. (2003). Interbank Market During A Crisis. *Journal of Money, Credit and Banking*, 35:111–128.
- [Gaspar et al., 2004] GASPAR, V., QUIROS, G. P. et MENDIZABAL, H. R. (2004). Interest Rate Determination in the Interbank Market. *Unitat de Fonaments de l’Anàlisi Econòmica (UAB) and Institut d’Anàlisi Econòmica (CSIC), UFAE and IAE Working Papers*, (603.04).
- [Gentier, 2003] GENTIER, A. (2003). Economie bancaire. *Editeur Publibook*.
- [Group of Ten, 2001] GROUP OF TEN (2001). Consolidation in the financial sector. <http://www.bis.org/publ/gten05.htm>, January.

- [Goodhart, 2008a] GOODHART, C. (2008a). The background to the 2007 financial crises. *International Economics and Economic Policy*, 4(4):331–346.
- [Goodhart, 2008b] GOODHART, C. (2008b). La gestion du risque de liquidité. *Revue de la stabilité financière, Banque de France, Numéro spécial liquidité*, (11): 41–46.
- [Goodhart, 2007] GOODHART, C. A. (2007). Liquidity Risk Management. *Financial Markets Group Research Centre Special Paper*, (175).
- [Gorton, 1985] GORTON, G. (1985). Bank suspension of convertibility. *Journal of Monetary Economics*, 15(2):177–193.
- [Gorton, 1988] GORTON, G. (1988). Banking Panics and Business Cycle. *Oxford Economic Papers*, 40.
- [Holmstrom et Tirole, 1996] HOLMSTROM, B. et TIROLE, J. (1996). Private and Public Supply of Liquidity. *Massachusetts Institute of Technology (MIT), Department of Economics, Working Papers*, (96-21).
- [Iori et al., 2006] IORI, G., JAFAREY, S. et PADILLA, F. G. (2006). Systemic risk on the interbank market. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 61(4): 525–542.
- [Jacklin et Bhattacharya, 1988] JACKLIN, C. J. et BHATTACHARYA, S. (1988). Distinguishing Panics and Information-Based Bank Runs : Welfare and Policy Implications. *Journal of Political Economy*, 96(3):568–592.
- [Kaufman, 1988] KAUFMAN, G. G. (1988). The truth about bank runs. In C. England and T. Huertas (eds), *The Financial Services Revolution : Policy Directions for the Future*. Boston : Kluwer Academic Publishers.
- [Kindleberger, 1978] KINDLEBERGER, C. (1978). Manias, Panics, and Crashes : A History of Financial Crises. *New York : Basic Books*.

- [Kyle, 1985] KYLE, A. S. (1985). Continuous Auctions and Insider Trading. *Econometrica*, 53(6):1315–1335.
- [Lacoue-Labarthe, 2005] LACOUÉ-LABARTHE, D. (2005). Les paniques bancaires inefficaces et la politique d'indulgence de l'état - une analyse exploratoire de la crise française des années trente. *XXIIèmes Journées Internationales d'Économie monétaire et bancaire organisées par le GDR CNRS 0098 - Strasbourg, 16 et 17 juin*.
- [Lindgren *et al.*, 1996] LINDGREN, C.-J., GARCIA, G. et SAAL, M. I. (1996). Bank Soundness and Macroeconomic Policy. *International Monetary Fund, Washington*.
- [Marini, 1992] MARINI, F. (1992). Les fondements micro-économiques du concept de panique bancaire : une introduction. *Revue économique*, 43:301–326.
- [Marini, 2003] MARINI, F. (2003). Prêteur en dernier ressort et solidarité de place. *Cahiers d'économie politique*, 45:123–137.
- [Marini, 2005] MARINI, F. (2005). Les développements récents de l'histoire des crises bancaires aux états-Unis. *Revue française d'économie*, 19(19-4):111–145.
- [McAndrews et Roberds, 1995] MCANDREWS, J. J. et ROBERDS, W. (1995). Banks, Payments, and Coordination. *Journal of Financial Intermediation*, 4(4):305–327.
- [Mishkin *et al.*, 2004] MISHKIN, F., BORDES, C., HAUTCOEUR, P.-C. et LACOUÉ-LABARTHE, D. (2004). *Monnaie, banque et marchés financiers*, volume 7e édition.
- [Mitlid et Vesterlung, 2001] MITLID, K. et VESTERLUNG, M. (2001). Steering interest rates in monetary policy - how does it work? *Economic Review*, (1).
- [Müller, 2006] MÜLLER, J. (2006). Interbank Credit Lines as a Channel of Contagion. *Journal of Financial Services Research*, 29(1):37–60.

- [Neyer et Wiemers, 2004] NEYER, U. et WIEMERS, J. (2004). The Influence of a Heterogeneous Banking Sector on the Interbank Market Rate in the Euro Area. *Swiss Journal of Economics and Statistics (SJES)*, 127(III):395–428.
- [Plantin *et al.*, 2005] PLANTIN, G., SAPRA, H. et SHIN, H.-S. (2005). Marking to Market, Liquidity, and Financial Stability. *Monetary and Economic Studies*, 23(S1):133–155.
- [Pollin, 2008] POLLIN, J.-P. (2008). Réguler la liquidité bancaire. *Les Cahiers « Le Cercle des économistes », Les marchés financiers dans la tourmente : le défi du long terme.*
- [Radelet et Sachs, 1998a] RADELET, S. et SACHS, J. (1998a). The Onset of the East Asian Financial Crisis. Rapport technique W6680.
- [Radelet et Sachs, 1998b] RADELET, S. et SACHS, J. D. (1998b). The East Asian Financial Crisis : Diagnosis, Remedies, Prospects. *Brookings Papers on Economic Activity*.
- [Rochet, 2004] ROCHET, J. (2004). Macroeconomics shocks and banking supervision. *Journal of Financial Stability*, 1(1):93–110.
- [Rochet, 2008] ROCHET, J.-C. (2008). La réglementation de la liquidité et le prêteur en dernier ressort. *Revue de la stabilité financière, Banque de France, Numéro spécial liquidité*, (11):47–55.
- [Rochet et Tirole, 1996] ROCHET, J.-C. et TIROLE, J. (1996). Interbank Lending and Systemic Risk. *Journal of Money, Credit and Banking*, 28(4):733–762.
- [Rochet et Vives, 2004] ROCHET, J.-C. et VIVES, X. (2004). Coordination Failures and the Lender of Last Resort : Was Bagehot Right After All? *Journal of the European Economic Association*, 2(6):1116–1147.
- [Rolland, 1999] ROLLAND, C. (1999). LaTeX par la pratique. *Éditeur : O'Reilly France.*

- [Salop, 1979] SALOP, S. C. (1979). Monopolistic Competition with Outside Goods. *Bell Journal of Economics*, 10(1):141–156.
- [Sbracia et Zaghini, 2001] SBRACIA, M. et ZAGHINI, A. (2001). Crises and contagion : the role of the banking system. *Marrying the Macro and Micro Prudential Dimensions of Stability, BIS Papers*, 1:241–260.
- [Schnabel et Shin, 2004] SCHNABEL, I. et SHIN, H. S. (2004). Liquidity and Contagion : The Crisis of 1763. *Journal of the European Economic Association*, 2(6):929–968.
- [Sheldon et Maurer, 1998] SHELDON, G. et MAURER, M. (1998). Interbank Lending and Systemic Risk : An Empirical Analysis for Switzerland. *Swiss Journal of Economics and Statistics*, 134(4.2):685 – 704.
- [Stata, 2003] STATA (2003). User’s Guide, Release 8. *Texas : Stata Press College Station*.
- [Stroustrup, 2000] STROUSTRUP, B. (2000). The C++ Programming Language. *Éditeur : Addison-Wesley*.
- [Summer *et al.*, 2002] SUMMER, M., ELSINGER, H. et LEHAR, A. (2002). Risk Assessment for Banking Systems. *Oesterreichische Nationalbank (Austrian Central Bank), Working Papers*, (79).
- [Temzelides, 1997] TEMZELIDES, T. (1997). Evolution, Coordination, and Banking Panics. *Journal of Monetary Economics, Elsevier*, 40(1):163–183.
- [Thornton, 1802] THORNTON, H. (1802). An enquiry into the nature and effects of the paper credit of Great Britain. *Hatchard, 1ère édition ; réédité par F.H. Hayek, Allen and Unwin, 1939 ; réédité par Mac Kelley, 1991, traduction française, de l’Imprimerie de la Bibliothèque Britannique, Magimel Libraires, Genève, 1803*.

- [Tirole, 2005] TIROLE, J. (2005). The Theory of Corporate Finance. *Publisher : Princeton University Press.*
- [Upper et Worms, 2002] UPPER, C. et WORMS, A. (2002). Estimating Bilateral Exposures in the German Interbank Market : Is there a Danger of Contagion? *Deutsche Bundesbank, Research Centre, Discussion Paper Series 1 : Economic Studies*, (09).
- [Valla *et al.*, 2006] VALLA, N., SAES-ESCORBIAC, B. et TIESSET, M. (2006). Liquidité bancaire et stabilité financière. *Banque de France, Revue de la stabilité financière*, 9.
- [van Lelyveld et Liedorp, 2004] van LELYVELD, I. et LIEDORP, F. (2004). Interbank Contagion in the Dutch Banking Sector. *Netherlands Central Bank, Research Department, Working Papers*, (005).
- [Vasiceck, 1977] VASICECK, O. (1977). An Equilibrium Characterization of the Term Structure. *Journal of Financial Economics*, 5.
- [Wells, 2004] WELLS, S. (2004). Financial Interlinkages in the United Kingdom's Interbank Market and the Risk of Contagion. *Bank of England Working Paper*, 230.
- [Wiemers et Neyer, 2003] WIEMERS, J. et NEYER, U. (2003). Why do we have an interbank money market? *Halle Institute for Economic Research, IWH Discussion Papers*, (182).
- [Woodford, 2000] WOODFORD, M. (2000). Monetary Policy in a World Without Money. *National Bureau of Economic Research, Inc, NBER Working Papers*, (7853).

Liste des tableaux

1.1	Le bilan d'une banque mutuelle	16
1.2	La distribution des revenus avec des contrats de dépôt	18
1.3	Le bilan d'une banque dont les actifs sont risqués	27
1.4	Répartition des déposants en fonction du choc de liquidité	35
2.1	La répartition des chocs de liquidité pour chaque région selon l'état de la nature (en $T = 0$)	59
2.2	La structure du bilan dans le cas de la structure complète	62
2.3	Le marché interbancaire en $T = 1$ (structure complète)	62
2.4	Le marché interbancaire en $T = 2$ (structure complète)	63
2.5	La structure du bilan dans le cas de la structure incomplète-circulaire	64
2.6	Le marché interbancaire en $T = 1$ (structure incomplète-circulaire) .	65
2.7	Le marché interbancaire en $T = 2$ (structure incomplète-circulaire) .	65
2.8	La répartition des chocs de liquidité pour chaque région dans l'état de la nature \bar{S} , en $T = 1$	68
3.1	Structure initiale du bilan (système homogène)	126
3.2	Statistiques descriptives relatives au nombre de banques actives se- lon le type de structure	129
A.3.1	Liste des variables intervenant dans le modèle	141
4.1	Description de la structure bilancielle du système bancaire	181
A.4.1	Liste des variables	198

Table des figures

1.1	L'équilibre d'une banque liquide	19
1.2	L'équilibre d'une banque illiquide	20
2.1	Mécanismes de contagion par les liaisons interbancaires	53
2.2	Structure complète	56
2.3	Structure incomplète	56
2.4	Structure déconnectée	56
2.5	« Money center structure »	56
2.6	La courbe de l'offre d'actifs	82
2.7	Dynamique du prix des actifs illiquides	85
3.1	La formation du taux interbancaire	119
3.2	Le transfert des dettes de i envers la banque centrale	122
3.3	Le transfert des dettes de i envers ses contreparties débitrices	123
3.4	La distribution du nombre médian de banques selon la structure des liens interbancaires (Actifs liquides : 50%, actifs illiquides : 50%)	128
3.5	Le nombre médian de banques selon le type de structure de marché (Actifs liquides : 50%, actifs illiquides : 50%)	131
3.6	Comparaison de la demande totale de liquidité : structure circulaire <i>vs.</i> mixte (Actifs liquides : 50%, actifs illiquides : 50%)	133
3.7	Nombre médian de banques survivantes selon la proportion d'actifs liquides	134
3.8	Analyse comparative de la médiane selon la proportion d'actifs liquides (structure complète)	135
3.9	Banques survivantes en fonction de la demande agrégée de crédit (structure complète, actifs liquides : 50%, actifs illiquides : 50%)	136

3.10	Banques survivantes en fonction de la volatilité des dépôts (structure complète, actifs liquides : 50%, actifs illiquides : 50%)	137
4.1	Comparaison du nombre médian de banques actives selon le type de variation	184
4.2	Offre de titres selon le type de variation	185
4.3	Excès de la demande de titres sur l'offre de titres globale selon le type de variation	186
4.4	Dépôts agrégés selon le type de variation	187
4.5	Evolution du prix selon le type de variation	188
4.6	Comparaison du nombre médian de banques actives selon le type de variation	190
4.7	Excès de la demande de titres sur l'offre de titres selon le type de variation	192
4.8	Evolution du prix selon le type de variation	194
4.9	Nombre médian de banques actives selon le prix des actifs financiers	195
A.4.1	Gestion de la liquidité. Le mécanisme d'ajustement partiel	199
A.4.2	Gestion de la liquidité. Le mécanisme de tâtonnements successifs	200

Table des matières

INTRODUCTION GENERALE	i
PREMIERE PARTIE : Analyse théorique du risque de liquidité	1
Chapitre 1 Approche du risque de liquidité par les modèles de défaut de coordination	4
1.1 Introduction	4
1.2 Approche des concepts de ruée et de panique bancaire	5
1.3 Défaut de coordination entre les déposants	10
1.3.1 Ruées liées au comportement stratégique des déposants	10
1.3.1.1 L'allocation de consommation en autarcie <i>vs.</i> le marché financier	13
1.3.1.2 <i>Liquidity pooling</i> et le partage optimal du risque de liquidité par la banque	15
1.3.1.3 La fragilité du contrat de dépôt : l'équilibre de panique	21
1.3.2 Ruées liées aux informations reçues par les déposants sur les actifs bancaires	26
1.3.2.1 Ruées informationnelles. Formation des anticipations et sélection de l'équilibre	26
1.3.2.2 Mimétisme dans les ruées des déposants	29
1.4 Défaut de coordination entre les banques	33
1.5 Remarques conclusives	41

Chapitre 2 Analyse du phénomène de contagion dans les crises de liquidité 45

2.1	Introduction	45
2.2	Mécanismes classiques de contagion	47
2.2.1	Contagion par les ruées des déposants	49
2.2.2	Contagion par les liens interbancaires	51
2.2.2.1	Les éléments déterminants de la contagion	55
2.2.2.2	Le rôle des dépôts interbancaires dans la gestion de liquidité et dans la contagion	57
2.2.2.2.1	Le partage optimal du risque de liquidité par le biais des dépôts interbancaires	60
2.2.2.2.2	Dans quelles situations la contagion intervient-elle ? Quel est l'impact de la typologie des liens interbancaires sur la dimension de la contagion ?	66
2.3	Contagion au travers des variations des prix des actifs bancaires	73
2.4	Remarques conclusives	90

DEUXIEME PARTIE : Applications numériques 93

Chapitre 3 Application numérique de la contagion par les liens interbancaires 96

3.1	Introduction	96
3.2	Le cadre d'analyse	98
3.2.1	Les axes directeurs du cadre d'analyse	99
3.2.2	Présentation des flux des opérations de gestion de la liquidité	106
3.2.2.1	Solde initial, flux monétaires, position de liquidité intra-période	108
3.2.2.2	Encaissement des créances interbancaires, règlement des dettes interbancaires	112
3.2.2.3	Octroi des crédits au secteur non financier	116
3.2.2.4	Comblent le déficit de liquidité en empruntant sur le marché interbancaire et/ou à la banque centrale	117

3.2.2.5	Les cas de liquidation des banques et la fin de période	121
3.3	Simulation et interprétation des résultats	124
3.4	Remarques conclusives	138
	Annexe du chapitre 3	141
Chapitre 4 Application numérique de la contagion au travers des variations des prix des actifs		165
4.1	Introduction	165
4.2	Cadre d'analyse	166
4.2.1	Le mécanisme de gestion de la liquidité au niveau d'une banque	168
4.2.2	Le rôle du marché des actifs financiers dans la gestion de la liquidité	175
4.2.2.1	La modélisation des prix par le biais d'un mécanisme d'ajustement partiel	176
4.2.2.2	La modélisation des prix par le biais d'un mécanisme de tâtonnement à la Walras	178
4.3	Simulation et interprétation des résultats	180
4.3.1	Comment la variation des dépôts et des crédits d'une période à l'autre est-elle à l'origine des besoins de liquidités des banques?	183
4.3.2	Comment la valorisation en valeur de marché mène-t-elle à la diminution du nombre de banques actives?	189
4.4	Remarques conclusives	196
	Annexe du chapitre 4	198
CONCLUSION GÉNÉRALE		219
Bibliographie		227
Liste des tableaux		240
Table des figures		241
Table des matières		243

LE RISQUE DE LIQUIDITÉ DANS LE SYSTÈME BANCAIRE

Résumé

Cette thèse étudie les différentes facettes du risque de liquidité et analyse le rôle essentiel qu'elles jouent dans la stabilité systémique. Dans la partie théorique de la thèse, nous traitons du risque de liquidité au travers des ruées bancaires. Progressivement, nous introduisons le marché interbancaire en tant que mécanisme d'assurance de liquidité entre les banques. Cependant, lorsqu'il y a une pénurie globale de liquidité, ce marché a tendance à favoriser la propagation d'une crise de liquidité de banque à banque, ce qui peut aboutir au risque systémique. Nous étudions de manière approfondie la littérature sur la contagion par les liens interbancaires et au travers des prix des actifs. La partie appliquée de la thèse a pour objectif de tester la validité des hypothèses et des intuitions exposées dans le cadre théorique. Le but est de mieux comprendre le mécanisme du risque de liquidité et les forces d'interaction au niveau des bilans qui peuvent mener à la transformation du risque de liquidité en risque systémique, en raison du risque de contrepartie ou suite à la réévaluation des actifs négociables aux prix de marché. Dans la première application numérique, nous proposons d'évaluer le risque de contagion par les liens interbancaires, dans un contexte où les banques empruntent sur le marché interbancaire et/ou à la banque centrale lorsque le besoin s'exprime. La deuxième simulation est consacrée à la contagion par les prix des actifs, en considérant que les banques doivent vendre des actifs sur le marché afin de combler leur déficit de liquidité. Comme les actifs sont quotidiennement valorisés aux prix de marché, les effets de la baisse de leurs prix y apparaissent immédiatement et provoquent une réaction spontanée des intervenants.

Discipline : Sciences économiques

Mots-clés : risque de liquidité, ruée bancaire, contagion par les liens interbancaires, dépôt/prêt interbancaire, exposition interbancaire, contagion par les prix des actifs, stabilité financière, risque systémique.

LIQUIDITY RISK IN THE BANKING SYSTEM

Abstract

This thesis examines the various facets of liquidity risk and aims to analyze their essential role in the stability of the financial system. In the theoretical part of the thesis, we treat liquidity risk through bank runs. Gradually, we introduce the interbank market as a liquidity insurance mechanism between banks. However, when there is an overall shortage of liquidity, this market tends to encourage the spread of liquidity crises from bank to bank which can lead to a systemic financial crisis. We study the literature on risk contagion by interbank links and through asset price effects. The applied part of the thesis aims to test the validity of hypotheses and insights presented in the theoretical framework. The goal is to better understand the mechanism of liquidity risk and the forces of interaction between balance sheet effects that can lead to the transformation of liquidity risk into systemic risk caused by counterparty risk or the revaluation of tradable assets at market prices. In the first numerical application, we propose to evaluate the risk of contagion by interbank linkages in a context where banks borrow on the interbank market and/or at the central bank if necessary. The second simulation is dedicated to contagion through asset price effects, considering that the banks must sell assets on the market to meet their liquidity shortfall. If mark-to-market accounting is applied, the effects of the downturn in prices appear immediately and cause a spontaneous reaction from stakeholders.

Discipline : Economics

Keywords : liquidity risk, bank runs, contagion by interbank links, interbank liability/interbank claims, interbank exposure, contagion by price effects from assets sales, financial stability, systemic risk

UNIVERSITÉ PARIS-EST
Faculté de Sciences Économiques et de Gestion
Laboratoire : ERUDITE
61 Avenue du Général de Gaulle
94010 Créteil Cédex