Mémoire présenté le : 8 juin 2021
pour l'obtention du Diplôme Universitaire d'actuariat de l'ISFA
et l'admission à l'Institut des Actuaires

Par : OUATTARA Zana Seydou
Titre : Etude de la liquidité obligataire et du comportement des investisseurs des fonds d'investissements.

Confidentialité : ☐ NON ☒ OUI (Durée : ☐ 1 an ☒ 2 ans)
Les signataires s'engagent à respecter la confidentialité indiquée ci-dessus

Membres présents du jury de l'Institut des Actuaires Signatures

M. E. RALAIMIADANA

Membres présents du jury de l'ISFA

M. S. LOISEL

Entreprise : BEEAM
Signature :
Directeur de mémoire en entreprise :
Nom : André MAYENS
Signature :
Invité :
Nom :
Signature :

Autorisation de publication et de mise en ligne sur un site de diffusion de documents actuariels *(après expiration de l'éventuel délai de confidentialité)*

Signature du responsable entreprise

Signature du candidat

Résumé

L'objectif de ce mémoire est d'accompagner les sociétés de gestion de portefeuille dans le suivi du risque de liquidité associé aux obligations d'entreprises en proposant des modèles pertinents pour mesurer non seulement la liquidité des ces titres financiers mais aussi pour étudier le comportement des investissements. En effet, dans le domaine de la gestion d'actifs, particulièrement dans le contexte des fonds ouverts, assurer la liquidité annoncée à l'investisseur peut s'avérer très souvent problématique dans le sens où la liquidité relative des actifs peut évoluer dans le temps impactant ainsi le coût ou le temps de liquidation de la position détenue en portefeuille. De plus, mesurer finement le risque de liquidité relatif aux obligations d'entreprises est très souvent un exercice périlleux, car la plupart des mesures de liquidité existantes proviennent des marchés d'actions en raison de la présence plus importante de données sur ces marchés organisés. Ces mesures ne sont donc pas nécessairement adaptées aux marchés obligataires, qui restent des marchés de gré à gré. Dans ce document, nous nous intéresserons donc aux modèles de mesure de la liquidité des actifs financiers plus précisément des obligations d'entreprises en portant un regard particulier sur l'environnement règlementaire autour du risque de liquidité. Puis, nous présenterons, pour un nombre significatif de fonds, les résultats de notre l'étude statistique portant sur le comportement des investisseurs et de son impact sur l'exposition d'un fonds au risque de liquidé.

Mots clés : Liquidité, Risque de liquidité, Obligations d'entreprises, Bâle III,

Comportements des investisseurs, Séries temporelles, modèles autorégressifs.

Abstract

The aim of this brief, is to support portfolio management companies in monitoring the liquidity risk associated with corporate bonds by proposing relevant models to measure not only the liquidity of these financial assets but also to study the behaviour of investments. Indeed, in the field of asset management, particularly in the context of open funds, ensuring the liquidity announced to the investor can regularly be problematic in the sense that the relative liquidity of the assets can vary over time thus affecting the cost or time of liquidation of the position held in the portfolio. In addition, a fine measure of corporate bond liquidity risk is very often a perilous exercise, as most existing liquidity measures come from equity markets due to the greater presence of data in these organized markets. These measures are therefore not necessarily adapted to the bond markets, which remain over-the-counter markets. In this paper, we will therefore look at models for measuring the liquidity of financial assets more specifically corporate bonds with a particular focus on the regulatory environment around liquidity risk. Then, for a significant number of funds, we will present the results of our statistical study of investor behaviour and its impact on a fund's exposure to liquidated risk.

Keywords : Liquidity, Liquidity Risk, Corporate Bonds, Bale III, Investor Behavior, Time Series, Auto Regressive models.

Remerciements

Je tiens à témoigner ma reconnaissance à toutes les personnes qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire.

Je tiens, tout d'abord, à remercier M. André MAYENS pour m'avoir permis d'effectuer ce stage alterné au sein de son équipe dans d'excellentes conditions ainsi que pour son soutien et son suivi.
J'adresse ma profonde reconnaissance à Mme Diana DOROBANTU pour m'avoir recommandé pour ce stage alterné.

Je suis particulièrement reconnaissant envers tous les collaborateurs de BEEAM, notamment M. Alain MALOCHET, pour leurs disponibilités et leurs conseils avisés.

Mes remerciements vont également à M. Abderrahim OULIDI et à M. Frédéric PLANCHET ainsi qu'à mes professeurs de l'ISFA, pour leurs précieux conseils.

Je n'oublie pas bien sûr toutes les personnes qui ont accepté de relire ce mémoire.

A ma famille et mes amis pour leur présence et leur soutien, merci.

Sommaire

Résumé ... 1
Abstract ... 2
Remerciements ... 3
Sommaire ... 4
Introduction ... 7
PARTIE 1 – LE CADRE DE L'ETUDE ... 8
Chapitre 1 Le groupe BeeAM et la gestion d'actifs ... 9
I. Le groupe BeeAM ... 9
1. La Société BeeAM ... 9
2. Les filiales de BeeAM : La société Rsquare et la Manco.Paris ... 9
II. Généralités sur l'activité de gestion d'actifs ... 10
1. Définition de la gestion d'actifs ... 10
2. Les principes clés de la gestion d'actifs ... 10
3. Les types et stratégies de gestion dans l'asset management ... 11
4. Le Marché de la gestion d'actifs en France ... 14
Conclusion ... 15
PARTIE 2 – ETUDE DE LA LIQUIDITE ... 16
Chapitre 1 La notion de liquidité ... 17
I. La liquidité, une notion polymorphe ... 17
1. La liquidité banque centrale et le risque de liquidité banque centrale ... 17
2. Liquidité de marché / Liquidité de bilan et Risque de liquidité ... 17
3. Zoom sur la liquidité de marché ... 18
II. Interactions entre les différents types de liquidités ... 20
1. L'approche Nikolaou en situation normale ... 20
2. L'approche Nikolaou en période de crise ... 20
Conclusion ... 21
Chapitre 2 Le cadre réglementaire de la gestion du risque de liquidité ... 22
I. L'évolution de la réglementation du risque de liquidité depuis la crise de 2008 ... 22
1. Le dispositif réglementaire international relatif au risque de liquidité : Bâle III ... 22
2. Les principaux ratios de liquidité ... 23

II. Les exigences spécifiques à la gestion d'actifs en Europe 23
1. La directive MIF 2 et le règlement MIFIR 23
2. La directive MIF 24
3. Les orientations de l'ESMA et de l'AMF concernant la liquidité 24
Conclusion 25
Chapitre 3 Etude des mesures de liquidité 26
I. Les raisons de mesurer la liquidité obligataire 26
1. Les raisons liées aux difficultés des transactions 26
2. Les raisons liées à l'adéquation des mesures de liquidité au marché obligataire 28
II. Panorama des modèles existants pour mesurer la liquidité 28
1. Les modèles liés à la magnitude des spreads à partir des prix 29
2. Indicateurs cherchant à mesurer la notion d'impact-prix 35
3. Les mesures basées sur des proxy 37
Synthèse des mesures étudiées 42
PARTIE 3 - ETUDE DU COMPORTEMENT DES INVESTISSEURS 46
Chapitre 1 Etude de la structure du passif des SGP et présentation des données. 47
I. Les enjeux d'une maitrise fine du passif des sociétés de gestion 47
1. Les enjeux liés aux systèmes d'informations 47
2. Les enjeux liés à la compréhension du comportement des clients 47
3. Connaissance du comportement des clients et gestion du risque de liquidité 48
4. Les politiques de sorties : cas des fonds ouverts 49
II. Présentation des données 50
1. Construction de la base de données 50
2. Statistiques descriptives de la base de données 51
3. L'intérêt d'une approche désagrégée ou agrégée pour l'analyse des données 52
Conclusion 53
Chapitre 2 Généralités sur les séries temporelles 53
I. Définitions 54
1. Les modèles simples 54
2. Les modèles ARMA et ARIMA 55
3. Les modèles ARCH et GARCH 56
II. Méthodes d'estimation des séries temporelles 56
1. Quelques rappels utiles 56
2. Méthodes d'estimation des paramètres 58

3. Critères de sélection AIC et BIC pour les processus autorégressifs 61
Conclusion 61
Chapitre 3 Modélisation du comportement de investisseurs. 63
I. Mise en place d'un modèle d'étude du comportement des investisseurs 63
1. Approche statique 63
2. Approche dynamique 67
II. Modélisation des effets croisés 73
1. Le modèle autorégressif avec effets croisés 73
2. Interprétation financière du modèle à effets croisés 74
3. Analyse et critique des résultats 74
Conclusion 75
Conclusion générale 77
Bibliographie 79
Abréviations 81
Annexes 82

Introduction

Mon stage de fin d'étude (Master 2 actuariat) a débuté le 06 janvier 2020 au sein de l'équipe Risque & Compliance de BeeAM. Il s'est déroulé sous forme de stage alterné de janvier à fin mai 2020 puis à plein temps depuis début juin 2020 et a pris fin le 25 septembre 2020.

La première mission de ce stage au sein de l'équipe Risque & Compliance consistait à fournir une valorisation des dettes de rentes viagères pour une société cliente spécialisée dans la gestion d'actifs immobiliers. La seconde mission était interne et portait sur l'étude du risque de liquidité ainsi que des stress tests de liquidité pour les obligations d'entreprises. Elle se place au cœur des préoccupations de l'entreprise et aussi de l'ensemble des acteurs de la gestion d'actifs compte tenu des nouvelles exigences règlementaires de l'ESMA[1] relatives aux orientations[2] sur les simulations de crise de liquidité dans les OPCVM et les FIA, entrées en vigueur en septembre 2020.

Cette dernière mission de mon stage de fin d'étude, constituera l'ossature de mon mémoire d'actuaire. La première partie de ce document sera alors consacrée à la présentation du cadre de l'étude. Nous commencerons par présenter BeeAM et ses filiales ainsi que l'environnement général de la gestion d'actifs. Puis nous aborderons dans la seconde partie de ce document la notion de liquidité avant de présenter le cadre règlementaire lié à la gestion de la liquidité. Il y sera question également de l'étude des mesures de liquidité. Nous étudierons les modèles de mesure du risque de liquidité des actifs en présentant les principaux modèles existants tout en analysant qualitativement la pertinence de certains des modèles. La dernière partie de ce mémoire, portera sur l'étude du comportement des investisseurs pour un nombre significatif de fonds.

[1] En anglais : European Securities and Markets Authority

[2] https://www.esma.europa.eu/sites/default/files/library/esma34-39-897_guidelines_on_liquidity_stress_testing_in_ucits_and_aifs_fr.pdf

PARTIE 1 – LE CADRE DE L'ETUDE

Chapitre 1 Le groupe BeeAM et la gestion d'actifs

Ce mémoire a été rédigé au sein du Service Risque & Compliance de BeeAM (Société de conseil basée à Paris et spécialisée dans l'accompagnement des acteurs du milieu de la gestion d'actifs. Nous allons donc présenter d'abord le cadre dans lequel cette étude a été effectuée.

I. Le groupe BeeAM

1. La Société BeeAM

La société BeeAM, créee il y a 5 ans a pour vocation principale d'accompagner les acteurs de la gestion d'actifs. Il s'agit d'une entreprise à taille humaine constituée d'une dizaine de collaborateurs. Son président fondateur M. Jérôme Coirier intervient avec M. Alain Mallochet sur des problématiques de pilotage et de stratégie ainsi que l'accompagnement des fonds d'incubation d'audit stratégique. Son Directeur général adjoint M. André MAYENS et M. Zana OUATTARA (Stagiaire analyste financier) constitue l'équipe risque & compliance. Le développement commercial est assuré par M. Philippe ANDRIEU et M. Anthony MONTARIOL est chargé de la communication marketing. Il s'agit d'un organigramme fonctionnel plutôt que hiérarchique avec une véritable interaction entre les équipes. Située historiquement à Paris dans le 8e, BeeAM dispose également de locaux à Saint-Ouen répondant ainsi à ses ambitions de développement. La vision se traduit en l'occurrence par la diversité de l'offre que propose l'entreprise. Les produits vont de la stratégie marketing, la gestion des risques et la création de supports commerciaux dans le domaine de l'asset management à l'allocation de portefeuille (choix de gérant, fonds d'incubation) pour les investisseurs institutionnels. Riche d'une équipe hautement qualifiée l'entreprise s'est vu décernée en 2018 la label Finance Innovation.

2. Les filiales de BeeAM : La société Rsquare et la Manco.Paris

BeeAM s'est par ailleurs dotée d'une filiale, Rsquare, une société française alliant le savoir-faire de BeeAM & Arkus pour accompagner au quotidien et répondre aux exigences réglementaires liés à la gestion des risques dans le domaine de l'asset management. Rsquare est une solution digitale entièrement sécurisée permettant une couverture totale des classes d'actifs et de nombreux indicateurs pour une analyse optimale des risques (essentiellement des risques marchés, de liquidité, de contrepartie et de crédit). Il s'agit de 300 portefeuilles et soit près de 50 milliards EUR d'actifs sous surveillance.

Par ailleurs, toujours dans l'objectif d'accompagner au quotidien et de répondre aux exigences réglementaires liées à la gestion des risques dans le domaine de l'asset management et d'être un acteur incontournable de la gestion d'actif en France, BeeAM s'est lancée dans la création de Manco.Paris. La Management compagnie de Paris (Manco.Paris) se place comme un hébergeur pour les nouvelles sociétés de gestion de même que les sociétés existantes et les gérants anglosaxons. Manco.Paris, en s'inspirant du modèle Luxembourgeois, a la particularité d'être une société de gestion qui ne fait pas de la gestion financière. Un premier agréement non définitif de l'AMF a été obtenu en octobre 2020. Et l'agréement définitif fut obtenu en janvier 2021.

II. Généralités sur l'activité de gestion d'actifs

1. Définition de la gestion d'actifs

La gestion d'actifs financiers (parfois désignée par *gestion de portefeuille* ou par l'anglicisme « *asset management* ») est une activité consistant à gérer les capitaux (détenus en propre ou confiés par un investisseur) dans **le respect des contraintes réglementaires et contractuelles,** tout en appliquant les consignes et/ou les politiques d'investissements définies par le détenteur des actifs gérés, pour en tirer **le meilleur rendement possible** selon **un niveau de risque choisi.**

2. Les principes clés de la gestion d'actifs

La gestion d'actifs est régie par certains principes indispensables à son fonctionnement :

a. Le principe de valeur

La gestion d'actifs ne se focalise pas sur l'actif en lui-même, mais sur la valeur que celui-ci peut fournir à l'organisme et à ses parties prenantes. La valeur (pouvant être matérielle ou immatérielle, financière ou non financière) sera déterminée selon des objectifs de l'organisation. En général, cela se fait via un énoncé clair de la manière dont les objectifs de la gestion d'actifs s'alignent sur ceux de l'organisation.

b. L'alignement

Le principe d'alignement dans le milieu de la gestion d'actifs consiste à traduire les objectifs d'une organisation en décisions techniques et financières. Cela passe par la mise en

œuvre d'une planification basée sur les risques et sur les informations, ainsi que de processus décisionnels.

3. Les types et stratégies de gestion dans l'asset management

a. Les types de gestion

Il y a deux grandes familles de gestion dans le domaine de l'asset management. La gestion sous mandat et la gestion collective.

La gestion sous mandat consiste à gérer des portefeuilles individuels d'instruments financiers pour le compte de clients, qu'il s'agisse par exemple de clients particuliers ou d'investisseurs institutionnels. Un mandat de gestion est conclu entre la société de gestion et l'investisseur. Comme son nom l'indique, le client délègue totalement la gestion de son portefeuille au gérant. Cependant, dans la gestion sous mandat, il peut y avoir certaines ramifications. Sur le plan juridique, on peut distinguer :

(i) La « gestion conseillée » : dans ce type de gestion, le gérant est force de proposition, mais ne peut intervenir directement sur le portefeuille ; l'investisseur garde le pouvoir de décision finale.

(ii) La « gestion pilotée » : Ici, l'investisseur confie ses fonds au gérant pour qu'ils soient gérés selon l'orientation qu'il a préalablement choisie.

La gestion collective ou gestion de placements collectifs consiste schématiquement à gérer des portefeuilles collectifs. Et un placement collectif se constitue par des sommes mises en commun par des investisseurs et gérées pour leur compte par un gestionnaire de portefeuille d'actifs. Ce dernier utilise ces sommes pour acquérir des actifs financiers, par exemple des actions ou des obligations selon ses objectifs. Des parts ou des actions représentant un pourcentage de l'avoir du placement collectif, sont émises, en contrepartie des sommes versées dans le placement collectif.

b. Les stratégies de gestion

La stratégie de gestion est le mode de fonctionnement choisi par le gérant au niveau le plus haut. On peut en citer trois grandes :

(i) La gestion active

Elle consiste pour le gérant à choisir de façon discrétionnaire dans un large éventail de valeurs correspondant au profil de l'OPCVM. Il est également possible pour le gérant de

choisir des produits dérivés pour couvrir le risque de son portefeuille. Cette stratégie de gestion part du postulat qu'il est possible de battre le marché.

(ii) La gestion passive ou indicielle

Lorsque le gérant opte pour cette stratégie, l'enjeu consiste alors à répliquer exactement la composition d'un indice de référence. Cette stratégie de gestion suppose que les marchés sont efficients[3].

(iii) La gestion alternative ou hedge

Ici, le gérant applique une stratégie très ciblée avec un objectif de performance absolue (Absolute Return). Autrement dit, il s'agit d'un mode de gestion de portefeuille appliqué par certains fonds d'investissement dits « fonds spéculatifs », « fonds alternatifs », ou hedge funds. Juridiquement, la gestion alternative vise toute gestion qui n'est pas dédiée à l'investissement en actions ou obligations, cotées. En effet, depuis la directive AIFM[4], la gestion alternative comprend les hedge funds, mais aussi les fonds immobiliers, de dette ou de private equity.

REMARQUES SUR LES HEGDES FUNDS

N'étant pas aussi bien réglementés que les fonds de placement classiques, les hedges funds sont, généralement, réservés à la catégorie des investisseurs institutionnels ou aux grandes fortunes. La définition d'un hedge fund reste confuse puisque chaque source possède ses propres critères. Cependant, les hedge funds sont caractérisés par des statuts peu contraignants et un recours quasi systématique à l'effet de levier, deux points qui les différencient des « mutuals funds » ou des « pension funds ». Pour autant, dans leur grande majorité, les « hedge funds » sont des investisseurs « long only » c'est-à-dire n'ayant pas recours à la vente à découvert et dont l'horizon d'investissement se situe entre deux et cinq ans. Il n'en reste pas moins que certains « hedge funds » s'autorisent la vente à découvert et vivent d'opérations d'arbitrage à court terme et parfois utilisent des produits dérivés. Ils contribuent par ce moyen à la liquidité des marchés même s'ils ont tendance à augmenter la volatilité des cours.

Par ailleurs, il est important de noter qu'il peut effectivement exister plusieurs styles de gestion, liés à la stratégie de gestion et à la classe d'actifs du fonds. On peut citer les styles de gestion suivants :

[3] Un marché est dit efficient ou encore parfait, lorsque les fluctuations des cours qui s'y produisent sont le fait d'informations nouvelles, jusqu'alors inconnues de tous les investisseurs, et qui viennent donc influencer, au même moment. Evidemment c'est une conceptualisation, personne ne connait toutes les informations en circulation en temps réel.

[4] Directive 2011/61/UE sur les gestionnaires de fonds d'investissement alternatifs.

- Growth : il s'agit d'un style de gestion où on investit dans des titres présentant un fort potentiel de croissance
- Value : avec ce style, on investit dans des titres dont la valeur est sous-évaluée, mais devrait être prochainement revalorisée.
- GARP (Growth at reasonable price) : c'est un style de gestion qui vise l'équilibre entre Value et Growth.
- Indiciel ou benchmarké : ici, le gérant cherche à reproduire la composition d'un indice de référence, et par conséquent, sa performance et son niveau de risque (volatilité).
- Blend : c'est une gestion indicielle avec une partie de risques décorrélée de l'indice de référence
- HTM (Hold to maturity) : en optant pour ce style, les investissements en titres de créances seront conservés en portefeuille jusqu'à maturité.

On peut également citer, la gestion de produits de taux : le gérant investit principalement en produits obligataires et monétaires. Il est ainsi amené à apprécier la maturité de ses placements (duration), l'évolution des taux d'intérêt (écart de la courbe des taux par rapport à la normale) ainsi que la notation des obligations de son portefeuille.

Il y a aussi la gestion diversifiée : le gérant recherche une optimisation de la diversification du portefeuille en allouant ses fonds sur différentes catégories d'actifs, sur différents secteurs d'activités et diverses zones géographiques. Au-delà des actifs purement financiers, le gérant peut investir sur les devises, les matières premières, l'immobilier, etc. selon bien entendu la réglementation.

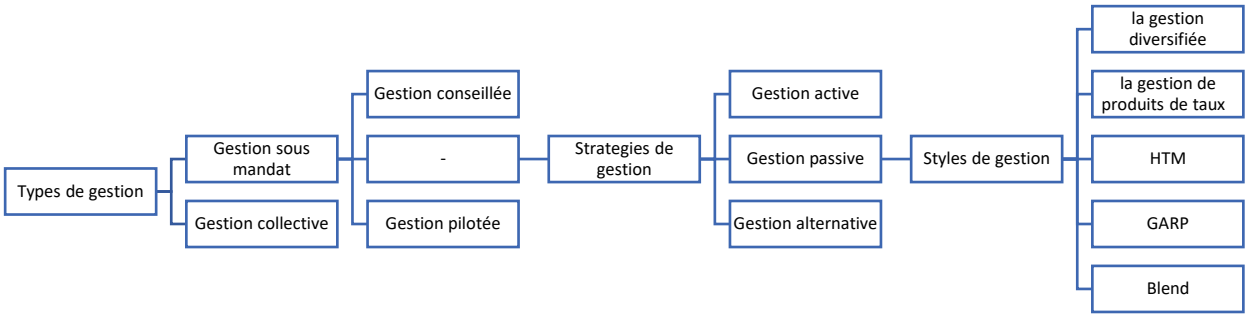


Figure 1 : Les aspects de la gestion d'actifs

La figure ci-dessus recapitule les aspects de la gestion d'actifs que nous avons abordés (des types de gestion aux styles de gestion en passant par les stratégies de gestion) plus haut. La liste est non exhaustive. Ce qu'il faut retenir, c'est qu'il arrive qu'on retrouve plusieurs styles de gestion dans la gestion d'un fonds selon bien évidement les classes d'actifs qui composent le fonds.

4. Le Marché de la gestion d'actifs en France

Les actifs gérés pour compte de tiers, ou l'Asset Management, représentent plus de 50 000 milliards de dollars et la moitié est gérée aux Etats-Unis. Les géants du secteur de la gestion d'actifs sont : BlackRock, Amundi, Vanguard Asset Management… L'Europe gère 30 à 35% des encours (pour plus de détails voir en annexe n°1), dont une partie significative au Royaume Unis.

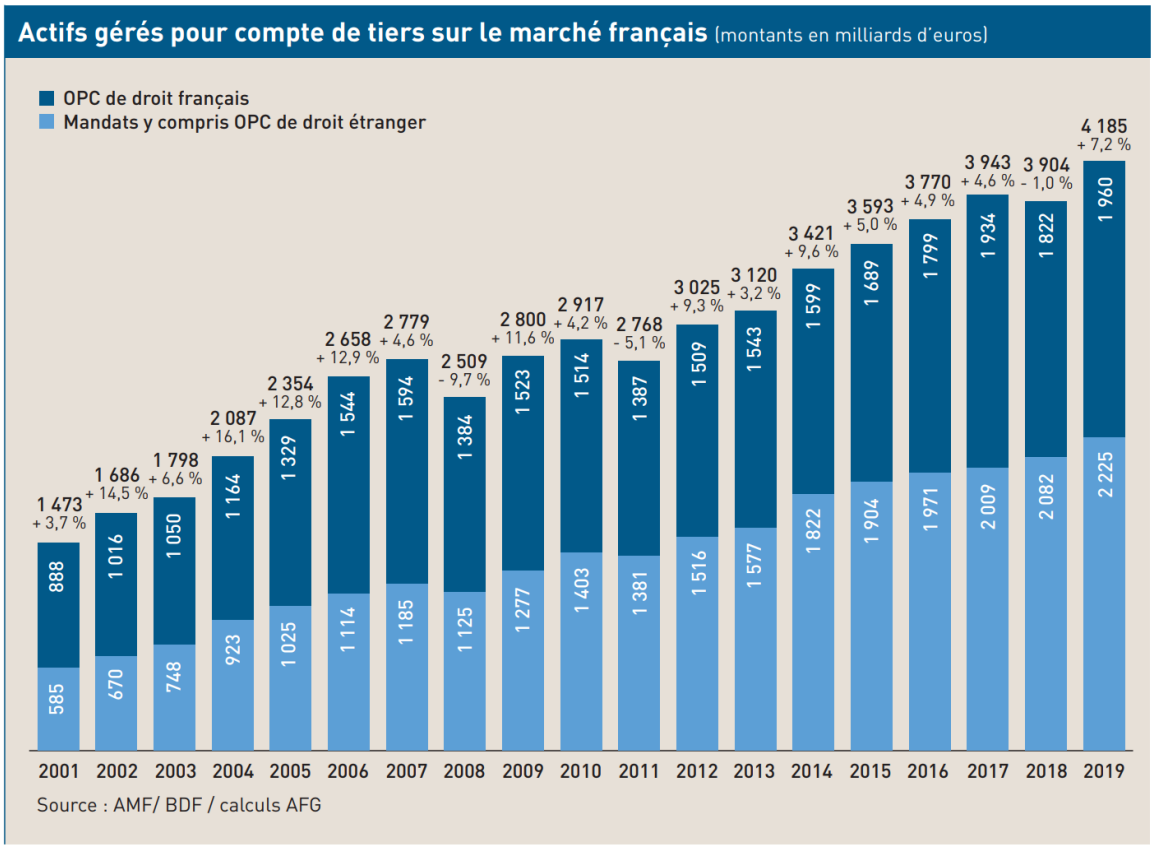


Figure 2 : Evolution de l'encours de la gestion d'actifs selon l'AFG

Selon le dernier rapport d'activité de l'Association française de la Gestion Financière (AFG) (Rapport d'activité 2019), les actifs sous gestion en France sont passés de moins de 1473 milliards d'euros en 2001 à plus de 4180 milliards en 2019 ; durant cette même année,

toujours selon AFG, le nombre de sociétés de gestion de portefeuilles (SGP) a bondit à 657 SGP, du fait d'un nombre important de créations de SGP (45 SGP contre 24 SGP en 2018). Cette évolution est liée à l'établissement en France d'un nombre significatif de SGP en anticipation du Brexit.

Conclusion

Comme nous pouvons le constater, la gestion d'actifs est un secteur en pleine croissance. Face à cette dynamique, la gestion du risque de liquidité devient une préoccupation majeure pour les acteurs du secteur. En effet, assurer la liquidité annoncée à l'investisseur peut être dans bien des cas problématiques dans le sens où la liquidité relative des actifs peut varier dans le temps. La liquidité est une notion dynamique et relative. Sa gestion suppose donc une connaissance précise du degré de liquidité du portefeuille sous gestion en tenant compte de son passif. Dans la section suivante de notre étude, nous présenterons la liquidité comme une notion avec plusieurs morphologies.

PARTIE 2 – ETUDE DE LA LIQUIDITE

Chapitre 1 La notion de liquidité

I. La liquidité, une notion polymorphe

En finance, le mot « liquidité » est un terme passe-partout dans le sens où celui-ci peut désigner à la fois la liquidité d'un titre, la liquidité d'un marché, la liquidité d'un fonds ou d'un portefeuille, voire dans certains cas, la liquidité fournie par une banque centrale. C'est pourquoi il est important d'être précis lorsqu'on parle de liquidité.

1. La liquidité banque centrale et le risque de liquidité banque centrale

La liquidité d'une banque centrale est sa capacité à fournir la liquidité nécessaire au bon fonctionnement du système financier. Le risque de liquidité inhérent dans ce cas est presque inexistant parce que la banque centrale peut toujours fournir de la monnaie « banque centrale » dont elle a le monopole d'émission. Le risque pour les banques commerciales de ne plus avoir accès à cette liquidité est quasi nul et la banque centrale joue un rôle de prêteur en dernier ressort, c'est-à-dire qu'elle détient le réservoir ultime de liquidité. Dans le cadre de sa politique monétaire, la banque centrale a le pouvoir de prêter la quantité de liquidité qu'elle souhaite au prix qu'elle détermine tout en évitant les situations d'excès ou de déficits de liquidité dans le système financier.

Cette liquidité est importante car seule la banque centrale est en mesure d'augmenter la liquidité globale disponible pour les agents économiques contrairement à la liquidité de marché qui sera présentée ci-dessous et qui elle, correspond simplement à un transfert de liquidité via les marchés d'actifs.

2. Liquidité de marché / Liquidité de bilan et Risque de liquidité

D'une part, la liquidité de marché représente la possibilité d'échanger rapidement des actifs sans qu'il n'y ait d'incidence majeure sur leur prix. D'autre part, la liquidité de bilan correspond à la capacité de l'entreprise à faire face à ses échéances en temps voulu.

Le risque de liquidité de marché est donc le risque de ne pas être en mesure de liquider ou de couvrir immédiatement une position au prix normalement constaté sur le marché. Cette notion se distingue du risque de liquidité de bilan qui se concrétise par l'incapacité pour la société de gestion de faire face à ses engagements au moment voulu et à un coût raisonnable. Le risque de liquidité de marché, va naturellement s'associer à

l'incapacité d'effectuer immédiatement et à un prix raisonnable des transactions sur le marché. Ainsi, si le risque de liquidité de marché d'une société de gestion est faible, ses actifs sont liquides et cessibles à tout moment à un prix ferme. Cette société de gestion de portefeuille a donc moins d'inquiétude concernant la transformation de ses échéances. En d'autres termes, son risque de liquidité de bilan est faible. Le raisonnement réciproque est également valable. Nous reviendrons dans la suite, sur chacune de ces notions avec davantage de précisions sur le risque de liquidité et la liquidité de marché.

3. Zoom sur la liquidité de marché

En matière de liquidité, il est primordial de préciser de quoi l'on parle le plus précisément possible. Dans notre étude, il est question de la liquidité des obligations d'entreprises ; donc de la liquidité de titres et de la liquidité du marché obligataire qui résulte de la liquidité de ces titres. Cependant, définir la liquidité des titres n'est pas aussi simple qu'on peut l'imaginer, car il s'agit d'un concept multidimensionnel. En quelques mots, et de manière qualitative, on dira qu'un titre est liquide lorsqu'il est possible d'acheter et de vendre ce titre en grande quantité, sur une période relativement courte, sans (trop) impacter le prix de celui-ci. La notion de liquidité de marché englobe donc quatre dimensions voire 5, résumées sur la figure ci-dessous :

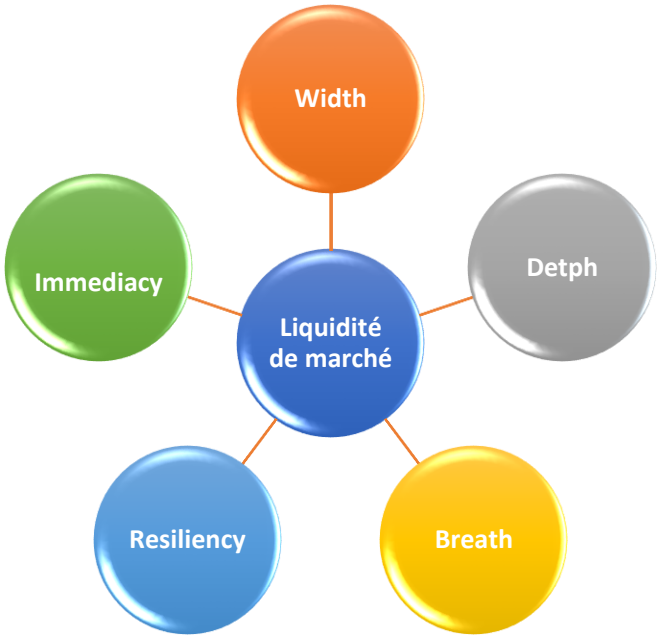


Figure 3 : Décomposition de la liquidité de marché

a. La profondeur du marché ou depth

C'est la capacité de réaliser des transactions de volume important sans impact significatif sur les prix. Lorsqu'elle est bien mesurée, elle fournit à l'investisseur un aperçu sur la facilité avec laquelle celui-ci pourra acheter ou vendre ses titres sans que cela suscite une variation importante des cours. Il s'agit ici d'une caractéristique importante de la liquidité car elle dépend de la présence de contrepartie et du volume d'un même titre sur le marché.

b. L'étroitesse du marché ou Width

Elle correspond à l'écart entre le cours acheteur et le cours vendeur : le *bid-ask spread*. On rappelle que dans un marché parfait, le *bid-ask* représente l'écart entre la meilleure offre et le meilleur prix offert pour un actif donné. Lorsque cet écart est très grand, cela montre que l'actif est très illiquide.

c. L'immédiateté et La résilience

L'immédiateté ou immediacy, c'est-à-dire la rapidité avec laquelle l'ordre est exécuté.

La résilience ou resiliency, quant à elle correspond à la rapidité avec laquelle les prix reviennent à leur valeur fondamentale après un épisode de perturbation.

d. La composante Breadth

Il est également important de noter que lorsqu'il s'agit de la liquidité d'un marché dans son ensemble, on parle aussi d'une autre composante, nommée breadth, qui va mesurer le nombre de titres liquides. Cette notion de breadth qui n'est pas actuellement prise en compte dans la plupart des mesures de la liquidité est pourtant une dimension essentielle de la liquidité d'un marché si l'on veut éviter un risque systémique.

Lorsqu'un marché financier, présente ces caractéristiques, cela garantit que n'importe quel montant d'actifs peut être vendu à n'importe quel moment sur le marché, sans une moins-value significative et avec un impact minimal sur le prix de marché. Autrement dit, ces conditions garantissent qu'un actif soit facilement transformé en monnaie (cash). De cette décomposition, on constate que la notion de liquidité est une notion qui mêle à la fois des considérations de coûts (et donc de prix), des considérations de volume, et des considérations temporelles.

II. Interactions entre les différents types de liquidités

1. L'approche Nikolaou en situation normale

Les différents concepts de liquidité ayant été définis, nous pouvons éclairer les interactions existantes entre la liquidité de financement et la liquidité de marché. Nikolaou dans (Nikolaou, 2009) met en évidence les liens qui existent entre les trois types de liquidité en se basant sur deux scénarios. Le premier correspondant aux périodes normales c'est-à-dire où le risque de liquidité est faible et où un cercle vertueux entre les trois types de liquidité est établi. Le second scenario est relatif aux périodes de turbulences caractérisées par un risque de liquidité élevé et un cercle vicieux entre les trois types de liquidité.

Dans le premier scénario, la liquidité circule assez facilement entre les trois types de liquidité établissant ainsi un cercle de liquidité vertueux qui contribue à la stabilité du système financier. La banque centrale, qui a la responsabilité de fournir la liquidité agrégée, apporte la quantité de liquidité neutre au système financier, liquidité qui à son tour sera redistribuée par des agents de marchés en excès de liquidité (dits « surliquides ») vers ceux qui ont besoin de liquidité (dits « illiquides »). Après cette redistribution, en fonction de la nouvelle demande globale de liquidité observée, la banque centrale adapte sa politique de création monétaire afin de répondre à cette nouvelle demande. De cette façon, un cercle de liquidité vertueux redémarre, et se répète ainsi de suite.

Chaque type de liquidité joue un rôle précis et complémentaire, étant donné que chaque forme de liquidité dépend ainsi du bon fonctionnement des deux autres pour que le système puisse être liquide dans son ensemble. En situation de cercle vertueux, la liquidité circule facilement dans le système et les agents peuvent avoir recours à n'importe quelle option de liquidité disponible (banque centrale, déposants, marché des actifs, marché interbancaire) en se basant seulement sur le prix de chacune d'entre elles si les marchés sont efficients. Le risque systémique est par conséquent, minimal au sein du système financier et la probabilité d'une crise (systémique) est donc faible. La stabilité du système financier est ainsi assurée.

2. L'approche Nikolaou en période de crise

Dans le second scénario, il s'agit du passage du cercle vertueux au cercle vicieux. Ce qu'il faut comprendre est que la réalisation du risque de liquidité, ou du moins la survenance d'une situation d'illiquidité, provient des défauts de coordination entre les déposants, les banques et les opérateurs de marché, qui alimentent et réciproquement, sont alimentés par les asymétries d'information et l'incomplétude des marchés financiers. Nikolaou montre que ces interactions peuvent impacter dans les deux sens (voir figure 4) le risque de liquidité.

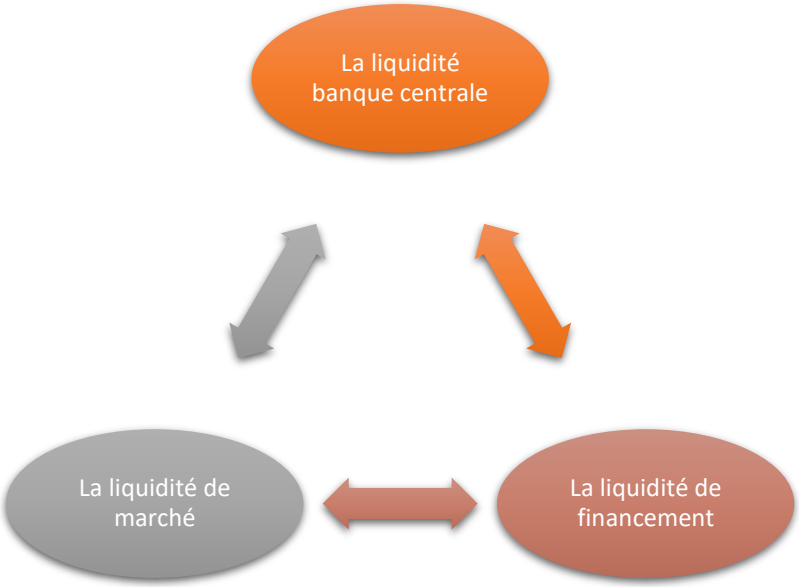


Figure 4 : Interactions entre les différents types de liquidité (SOURCE : NIKOLAOU, 2009)

En effet, les liens forts qui existent en période normale restent présents en périodes de turbulences, mais cette fois, ils servent plutôt de canaux de propagation de risque et déstabilisent le système financier.

Conclusion

La liquidité d'un marché est une variable importante sur le marché financier. Elle détermine sa capacité à absorber des transactions pour un volume donné sans effet significatif sur les cours des actifs négociés. La liquidité des marchés est fondamentalement déterminée de la présence de contreparties en nombre suffisant et de leur disposition à participer aux échanges. En, effet, il n'existe pas de marché, pas même les grandes places boursières, garantissant un niveau de liquidité suffisant constamment. Le risque de liquidité apparait donc clairement comme un facteur potentiellement important dont on doit tenir compte en vue d'éviter les crises qui perturbent les marchés financiers. La liquidité est donc une notion qui concerne l'ensemble des acteurs présents sur le marché, aussi bien les investisseurs que les émetteurs ou encore les autorités de régulation des marchés financiers.

Chapitre 2 Le cadre réglementaire de la gestion du risque de liquidité

I. L'évolution de la réglementation du risque de liquidité depuis la crise de 2008

Au regard du dernier rapport de l'AMF sur la cartographie des risques (Gallon, et al., 2020), des différentes caractéristiques de la liquidité de marché présentées ci-dessus ainsi que des différentes interactions entre les types de liquidité, le risque de liquidité apparaît comme un risque inhérent au risque systémique. C'est l'une des raisons de sa forte représentation dans les textes réglementaires depuis la crise de 2008. La crise bancaire qui a débuté à l'été 2007, l'a rappelé et a remis en cause la gestion des risques financiers en général et le risque de liquidité en particulier, jusqu'ici négligé au profit d'autres risques comme le risque de crédit. L'objectif de cette section n'est pas de mettre en évidence l'ensemble des textes réglementaires relatifs à la gestion du risque de liquidité, mais plutôt d'appréhender les textes qui ont largement impactés la façon dont les agents économiques (banques, société de gestion) mesurent la liquidité, de comprendre les raisons de la mise en place de ces règlementations et d'ainsi présenter les organismes et autorités veillant au respect de celles-ci.

1. Le dispositif réglementaire international relatif au risque de liquidité : Bâle III

a. Les objectifs et le champ d'application

Il est marquant d'observer que l'harmonisation internationale de la réglementation bancaire, au travers des accords de Bâle I (1988) ou de Bâle II (2004), a exclu de son champ d'application un risque de liquidité tel que celui de 2007 -2008. Les accords de Bâle III constituent la réponse internationale à la crise financière de 2007. Il s'agit de propositions de réglementation bancaire publiées en décembre 2010. Ces propositions portent principalement sur le calcul de deux ratios : un ratio de court terme (le LCR) et un ratio de long terme (le NSFR).

L'objectif de « Bâle III : Dispositif international de mesure, normalisation et surveillance du risque de liquidité » est de renforcer la réglementation mondiale des fonds propres et de la liquidité. Ce renforcement devrait ainsi permettre aux banques de mieux absorber les chocs générés par des tensions financières et économiques et donc de réduire le risque de répercussions sur l'économie réelle.

2. Les principaux ratios de liquidité

a. Le ratio de liquidité à court terme LCR : Liquidity Coverage Ratio

Le LCR (Liquidity Coverage Ratio) est un ratio à un mois qui devrait permettre aux banques de résister à des crises aiguës. En effet, l'encours d'actifs liquides[5] de haute qualité devrait au moins permettre à la banque de survivre jusqu'au 30ème jour du scénario de tensions. Ces trente jours correspondent au délai dont disposent les responsables pour décider des actions correctives appropriées. Ce ratio est défini comme le rapport entre les encours d'actifs liquides de haute qualité et le total des sorties nettes de trésorerie sur les 30 jours calendaires suivants. Il doit en permanence être au moins égal à 100 %. Il est calculé et communiqué au moins une fois par mois (voir annexe n°3).

b. Le ratio structurel de liquidité à long terme NSFR : Net Stable Funding Ratio

Le NSFR (Net Stable Funding Ratio) est un ratio à un an dont le but est de permettre aux banques de résister à une situation de crise spécifique pendant une année. Il exige un montant minimum acceptable de financement stable en rapport avec le profil de liquidité de leurs actifs et de leurs activités sur une période d'un an. L'objectif est que les banques visent un financement plus stable et à plus long terme des actifs et des activités. Le NSFR est défini comme le rapport entre le montant de financement stable disponible et le montant de financement stable exigé. Ce ratio doit en permanence être strictement supérieur à 100 %. Il est calculé et communiqué au moins une fois par trimestre (Voir annexe n°4).

II. Les exigences spécifiques à la gestion d'actifs en Europe

1. La directive MIF 2 et le règlement MIFIR

La directive « MIF 2 [6]» et le règlement « MIFIR[7] » ont pour objet de réviser la directive « MIF 1 [8]». La directive MIF 2 et le règlement MIFIR (Markets in Financial Instruments Regulation) présentent des évolutions importantes dans le domaine de la protection des

[5] Le Comité de Bâle rappelle la définition des actifs liquides de haute qualité. Il s'agit « des actifs qui restent liquides sur les marchés en période de crise et remplissent, dans l'idéal, les critères d'acceptation par la banque centrale ». Ils doivent donc pouvoir être facilement et immédiatement transformés en liquidité sans perte de valeur ou presque. Pour en savoir plus les caractéristiques des actifs liquides, voir (LEIGNEL, 2012) et annexe n°3

[6] Directive 2014/65/UE du Parlement européen et du Conseil du 15 mai 2014 concernant les marchés d'instruments financiers, modifiée par la directive (UE) 2016/1034 du 23 juin 2016

[7] Règlement (UE) n° 600/2014 du Parlement européen et du Conseil du 15 mai 2014 concernant les marchés d'instruments financiers, modifié par le règlement (UE) 2016/1033 du Parlement européen et du Conseil du 23 juin 2016.

[8] Directive 2004/39/CE du Parlement européen et du Conseil du 15 avril 2014 concernant les marchés d'instruments financiers

investisseurs via un accès plus important aux informations, et la prévention des conflits d'intérêts. Ils représentent également une avancée significative en matière de transparence et de structure des marchés. La directive MIF 2 réglemente les entités fournissant des services d'investissement. Elle s'applique aux entreprises d'investissement, ainsi qu'aux établissements de crédit et aux sociétés de gestion de portefeuille d'OPCVM (Organismes de Placement Collectives à Valeurs Mobilières) ou de FIA (Fonds d'Investissement Alternatifs) dans le cadre de la fourniture de services d'investissement et de services connexes.

2. La directive MIF

Depuis l'entrée en vigueur en 2007 de la directive MIF (Marché des Instruments Financiers), l'AMF reçoit en effet l'ensemble des transactions réalisées en Europe pour les titres pour lesquels elle est l'autorité compétente, c'est-à-dire l'ensemble des titres émis par des émetteurs dont le siège social est basé en France. Ce reporting est reçu quotidiennement et contient pour chaque transaction une date et une heure, une taille, un prix, l'identité de la contrepartie de la transaction, ainsi que le lieu d'exécution (lorsque cela a un sens). Cette réglementation tente d'apporter une plus grande transparence post-trade avec un accès élargi et simplifié aux données MiFID (Markets in Financial Instruments Directive) (même si l'accès au public n'est pas totalement mis en place) à l'instar des données TRACE (Trade Reporting and Compliance Engine) sur le marché américain. L'objectif étant d'accroître la transparence sur liquidité des obligations d'entreprise en Europe et permettre ainsi aux acteurs d'avoir des prix de référence plus fiables et d'ainsi mieux mesurer le risque de liquidité auquel ils sont exposés.

3. Les orientations de l'ESMA et de l'AMF concernant la liquidité

L'Organisation Internationale des Commissions de Valeurs (OICV) a publié, le 1er février 2018, ses travaux proposant certaines recommandations et des bonnes pratiques sur la gestion du risque de liquidité des fonds ouverts. Et, l'AMF qui agrée les SGP françaises en reprenant et en modernisant ces travaux de l'OICV afin de les adapter au dispositif français, propose d'introduire, dans les documents réglementaires, la possibilité de recourir au plafonnement des rachats (gates) pour gérer les crises de liquidité dans l'intérêt des porteurs ou actionnaires.

Par ailleurs, l'ESMA a publié en juillet 2020, ses orientations sur les scénarios de simulations de crise de liquidité dans les OPCVM et les FIA. Ces orientations visent à renforcer la qualité, la cohérence et, dans certains cas, la fréquence, des simulations de crise de liquidité actuellement mises en œuvre pour les OPCVM et les FIA, ainsi qu'à promouvoir

une surveillance convergente des simulations de crise de liquidité par les autorités compétentes. Elles sont entrées en application le 30 septembre 2020. L'AMF a notifié à l'ESMA le 16 septembre 2020 qu'elle se conformait à ces orientations[9].

Conclusion

Depuis la crise de 2007-2008, nous avons assisté à plusieurs phénomènes conjoints sur le marché des obligations d'entreprises. Tout d'abord, la politique monétaire des banques centrales, en imposant un environnement de taux courts bas et en intervenant directement sur les marchés via des politiques massives de rachat de titres, a engendré un grand nombre d'émissions obligataires, permettant ainsi aux entreprises de se financer à bas coûts. Ces différents effets ont eu certes pour conséquence une augmentation sans précédent de la taille du marché des obligations d'entreprises. Cependant nous avons également assisté à la mise en place de nombreuses réformes menées de part et d'autre de l'Atlantique à la suite de la crise : Bâle III, MIF 2, MiFiD, etc. Ces différentes règlementations ont eu pour conséquences une réduction des capacités d'intermédiation de nombreux acteurs. L'impact des différentes régulations post-crise sur la baisse des inventaires des acteurs de la gestion d'actifs et sur la liquidité du marché a été l'objet de nombreuses études (voir (Azzouzi, et al., 2012), (Guéant, et al., 2019)). Et la plupart de ces études semble aboutir à un résultat qui relativise les craintes, allant ainsi contre le sentiment général des praticiens. Pour expliquer cela, on se doit évidemment de mener une lecture critique des mesures de liquidité utilisées dans la sphère académique et par les régulateurs.

[9] Vous pouvez consulter ces orientations via le lien suivant : https://www.amf-france.org/fr/reglementation/doctrine/DOC-2020-08

Chapitre 3 Etude des mesures de liquidité

Avant d'aborder la modélisation concrète du risque de liquidité, nous allons commencer par donner un aperçu sur les raisons qui ont motivé la mesure de la liquidité dans le monde financier ; puis nous allons apporter une analyse critique des modèles de mesure de liquidité existants.

I. Les raisons de mesurer la liquidité obligataire

1. Les raisons liées aux difficultés des transactions

La situation du marché des obligations d'entreprises est très ambivalente avec d'un côté des gérants d'actifs qui témoignent de la difficulté à traiter, et même en cas de transaction, des difficultés (parfois) à être livrés (problématiques des règlements/ livraisons), et de l'autre côté, des études menées par la sphère académique, l'AMF, des organisations internationales, qui se veulent presque toutes rassurantes sur l'état de la liquidité du marché. Cette incohérence surprenante rend nécessaire une lecture critique des mesures de liquidité utilisées dans la littérature académique et les nombreuses études dont certaines sont citées dans la bibliographie. En effet, ces mesures sont le plus souvent héritées des marchés organisés et plus spécifiquement du marché des actions. Cela s'explique par la disponibilité des données sur ce type marché. Ces mesures ne sont donc pas nécessairement adaptées au marché des obligations d'entreprises en raison de la nature même des titres et de la structure très spécifique de ce marché.

Dans le cas des obligations et notamment dans le cas des obligations d'entreprises, la mesure de la liquidité des titres a longtemps été essentielle pour mesurer des primes de liquidité qui sont en fait des primes d'illiquidité. Ainsi, une littérature pléthorique tente de décomposer les *yield spreads* des obligations risquées en fonction des divers risques portés par les détenteurs de celles-ci. Parmi ces risques, le plus évident est le risque de crédit / de défaut, mais il y a aussi par exemple le risque de rachat dans le cas des obligations dites « callable[10] » et le risque de liquidité (voir par exemple (Asset pricing with liquidity risk, 2005) pour les aspects théoriques de la prise en compte de la liquidité dans les rendements espérés). Il est en effet intéressant, par exemple pour un investisseur de long terme ou dans le cadre d'une gestion actif-passif maîtrisée, de porter une obligation caractérisée par un *yield spread* plus important du fait d'une prime de liquidité plus élevée (à risque de crédit équivalent) lorsque le titre est supposé être détenu jusqu'à la date prévue de remboursement du principal.

[10] Les obligations callable sont des obligations dont le contrat permet à l'émetteur de les rembourser avant l'échéance. A l'inverse, on dira qu'une obligation est non callable lorsque celle-ci peut être remboursée à l'initiative de l'émetteur avant l'échéance sans l'accord des prêteurs.

ILLUSTRATION DE LA DIFFICULTÉ À MENER DES TRANSACTIONS

Nous avons voulu mettre en évidence à travers des données réelles et récentes les difficultés des gérants à mener des transactions sur les titres obligataires. Cependant malgré nos différentes tentatives nous n'avons pas pu avoir accès aux données de reporting de l'AMF. Nous avons fait le choix de vous présenter dans ce mini "encadré", les résultats de l'étude du professeur Olivier GUEANT dans (Guéant, et al., 2019) afin de fournir au lecteur une approche pratique pour illustrer cette difficulté dans la mesure où celui-ci dispose des données.

Sur la base des données de reporting de l'AMF fournissant l'ensemble des transactions sur le marché obligataire européen, tout d'abord, les auteurs du (Guéant, et al., 2019) ont dénombré, pour chaque jour (hors samedi et dimanche) entre 2012 et 2016, le nombre de titres différents (c'est-à-dire le nombre d'ISIN différents) sur lesquels une transaction a eu lieu au cours de la journée. Puis ils ont remarqué, qu'il y avait un nombre non négligeable de journées avec très peu de titres traités. Afin de faciliter l'analyse, ils ont donc supprimé de la série temporelle les jours où le nombre de titres différents ayant donné lieu à une transaction est inférieur à 400 (les tests menés montrent que les conclusions tirées sont insensibles à un changement raisonnable de seuil). Ensuite, afin de mieux rendre plus visible les effets de type saisonnalité c'est-à-dire observer plus précisément les tendances de la série temporelle obtenue ils ont calculé une médiane mobile 50 jours et réalisé un lissage exponentiel classique avec $\lambda = 97\%$.

Les résultats obtenus indiquent bien, que le nombre d'obligations différentes traitées au cours d'une journée a eu tendance à diminuer depuis début 2015, ce qui illustre bien la difficulté accrue, dont témoignent les gérants, à mener des transactions sur un univers large d'obligations d'entreprises. Nous tenons toutefois à rappeler que ce résultant ne reflète pas forcement la situation actuelle du marché obligataire européen.

2. Les raisons liées à l'adéquation des mesures de liquidité au marché obligataire

La littérature académique sur les primes de liquidité porte essentiellement sur le marché américain. Dans (The illiquidity of corporate bonds, 2011), les auteurs montrent sur la période 2003 – 2009, en utilisant la mesure de Roll (voir (A simple implicit measure of the effective bid-ask spread in an e-client market, 1984)), que la liquidité des titres joue un rôle important dans la détermination des prix des obligations (et donc des *yield spreads*[11]). Ils montrent en particulier que la liquidité des obligations a une composante systématique, c'est-à-dire que la liquidité de nombreuses obligations évolue, en partie, conjointement.

Cependant, il faut garder à l'esprit que si les mesures de liquidité expliquent une partie de la composante des *spreads* obligataires non expliquée par des facteurs liés au risque de crédit, elles n'expliquent pas tout ce qui ne devrait être dans bien des cas que de la prime de liquidité (voir (Liquidity effects in corporate bond spreads, 2014)). Ainsi, une conclusion possible est que les mesures de liquidité communément utilisées ne sont pas suffisantes pour expliquer toute la prime de liquidité (notamment dans sa dimension idiosyncratique[12]) ou qu'elles sont très bruitées. Face à cette situation une analyse critique des mesures de liquidités existantes est nécessaire.

II. Panorama des modèles existants pour mesurer la liquidité

On peut distinguer les modèles de mesures de liquidité selon qu'ils appréhendent la notion de liquidité à partir des *spreads* autrement dit des écarts déduits des prix négociés ou bien à partir de prix contribués fournis par le diffuseur d'informations comme Bloomberg ou d'un indicateur d'impact-prix basé sur les transactions.

L'utilisation de données de transactions présente un avantage crucial. En effet, elles capturent l'idée que, plus un instrument financier est négocié, moins l'impact sur son prix d'une nouvelle transaction sera fort, donnant ainsi un aperçu de la profondeur de marché. Il convient de préciser, par ailleurs, que sur les marchés obligataires, il est possible de considérer deux niveaux de prix dans l'appréhension des *spreads* : les prix contribués, diffusés par les fournisseurs de données comme Bloomberg qui sont essentiellement

[11] « yield spreads » ou en français écart de rendement souvent appelé écart de crédit, est la différence entre les taux de rendement cotés sur deux placements différents, généralement de qualités de crédit différentes mais d'échéances similaires.

[12] Sur la décomposition de la liquidité (des titres) en une composante idiosyncratique et une composante systématique dans le cas des obligations d'entreprises, une référence importante est (Heck, et al., 2016).

indicatifs, et les prix exécutables que l'on peut trouver sur certaines plateformes d'exécution et donc de meilleure qualité.

1. Les modèles liés à la magnitude des spreads à partir des prix

a. Les mesures de types bid-ask spread

Dans la plupart des articles comparant les différentes mesures de liquidité, que ce soit sur les marchés actions ou sur d'autres marchés l'une des premières manières de mesurer la liquidité est de mesurer un *bid-ask spread*.

Dans le cas des marchés organisés autour de carnets d'ordres pour mesurer le *bid-ask spread* il suffit de considérer la différence entre le « best ask » et le « best bid ». Les auteurs du (Guéant, et al., 2019) estiment que, ce type de *bid-ask spread* que l'on nomme communément, en anglais, « quoted spread », une mesure typique de la composante width de la liquidité, n'est pas adapté aux cas du marché des obligations d'entreprises. En effet, ils argumentent leur propos par l'organisation et le rôle important que jouent les plateformes multi-dealer-to-client (MD2C) comme celles de Bloomberg et Tradeweb dans les transactions liées aux obligations. Sur ces plateformes, la plupart des « quotes » au bid et à l'ask dont tiennent compte les gérants d'actifs sont des « quotes » contribuées (« streamed quoted ») qui ne sont qu'indicatrices du prix qui serait proposé par chacun des dealers. De plus, ces cotations ne sont disponibles à tous que sous une forme agrégée via le CBBT (Composite Bloomberg Bond Trader), calculés par Bloomberg. Ces prix ne sont qu'indicatifs, ils ne sont donc pas nécessairement mis à jour. Pour toutes ces raisons évoquées par les auteurs du (Guéant, et al., 2019), les « quoted spreads » ne sont pas des mesures de liquidité très adaptées au marché des obligations d'entreprises et le seront probablement de moins en moins.

Au-delà des « quoted spreads », des mesures du *bid-ask spread* plus pertinentes sont souvent proposées. Ainsi, (Market liquidity: theory, evidence, and policy., 2013) définit l'effective *spread* comme l'écart signé entre le prix d'une transaction et le mid-price, le signe dépendant du sens de la transaction. Une variante est le « realized spread » qui tient en plus compte de l'impact de la transaction sur le mid-price. Ces mesures d'après (Guéant, et al., 2019) sont intéressantes sur le plan théorique mais elles sont inutilisables dans le cas du marché des obligations d'entreprises pour au moins deux raisons. Tout d'abord, il n'est pas aisé de savoir ce que doit être le « mid-price ». Sur ce sujet, il est intéressant de noter que les praticiens considèrent que le CBBT (mid) constitue un *mid-price* par défaut mais étrangement bon nombre d'entre eux essaie de construire un *mid-price* « plus pertinent » en utilisant les données publiques ou des données liées à leurs transactions. Ensuite, contrairement aux données présentes dans la plupart des banques, les données de l'AMF dans le cadre du règlement MiFID 2 n'indiquent pas le sens de la transaction. Du fait des

nombreuses discriminations en prix sur le marché obligataire, de la présence de transactions entre dealers (D2D) et des problèmes d'horodatage. Cela rend difficile l'utilisation des mesures faisant intervenir le sens de la transaction.

b. La mesure de Roll

En dépit de ces limitations intrinsèques aux mesures types *bid-ask spread* vu dans la section précédente, puisqu'il ne mesure que la composante width de la liquidité, le *bid-ask spread* a donné lieu à une littérature importante, notamment quant à son estimation à partir de différents types de données. L'un des estimateurs le plus connu du *bid-ask spread* est l'estimateur de Roll (A simple implicit measure of the effective bid-ask spread in an e-client market, 1984). Cet estimateur utilise l'autocorrélation des variations des prix de transaction afin d'en déduire la valeur du *bid-ask spread* (qui est, sous des hypothèses fortes, un multiple de la racine carrée de l'opposé de l'autocorrélation des variations des prix). Si cette mesure est très contestable en tant qu'estimateur du *bid-ask spread* en raison de certaines hypothèses sous-jacentes comme :

- Pas d'autocorrélation des ordres de transactions, une hypothèse trop forte
- Pas d'impact des transactions sur le mid-price, une hypothèse trop éloignée de la pratique (voir l'excellent ouvrage (Market liquidity: theory, evidence, and policy., 2013) co-écrit par Thierry Foucault pour une analyse complète).

Dans tous les cas, pour les obligations d'entreprises, la plupart des titres ont une fréquence de transaction très faible et il est donc difficilement envisageable de calculer une autocorrélation des prix de transaction.

c. La mesure de Corwin et Schultz

Hormis, la mesure de Roll, d'autres mesures ont été proposées. Ainsi, la mesure de Corwin et Schultz (A simple way to estimate bid-ask spreads from daily high and low prices, 2012) est souvent citée dans les références. Celle-ci utilise les prix maximum et minimum au cours d'une période (par exemple les prix high et low sur une journée) afin d'estimer le *bid-ask spread* en éliminant la composante liée à la volatilité des prix. Théoriquement la mesure de Corwin et Schultz part d'un constat simple. En effet, les auteurs du (A simple way to estimate bid-ask spreads from daily high and low prices, 2012) observent que le ratio de prix high-low reflète à la fois la vraie variance du cours du titre (en général des actions) et l'écart ask-bid avec une composante variance qui croît proportionnellement avec le temps ce qui n'est pas le cas de la composante *spread*. Afin d'estimer à la fois l'écart et la variance, ceux-ci dérivent deux équations. La première dépend des ratios high-low sur deux jours

consécutifs et la seconde s'écrit en fonction du rapport des prix high-low d'une seule période de deux jours. Ils supposent que la valeur réelle du cours du titre suit un processus de diffusion. Ils supposent également qu'il existe un écart S, entre les prix observés et les prix réels des titres, constant sur la période d'estimation de deux jours. En raison de cet écart, les prix observés pour les achats (ask) sont supérieurs aux valeurs réelles de $\frac{S}{2}$, alors que les prix observés pour les ventes sont inférieurs à la valeur réelle de $\frac{S}{2}$. Ceux-ci supposent en outre que le prix élevé journalier (le prix high) est une transaction initiée par l'acheteur et est donc majoré de la moitié de l'écart, tandis que le prix minimum (le prix low) quotidien est une transaction initiée par le vendeur et est minoré de la moitié de l'écart. Par conséquent, la fourchette de prix *high-low* observée contient à la fois fourchette des prix haut-bas réels et l'écart *bid-ask*. En désignant par H_t^R *et* L_t^R le cours réel du titre le plus élevé (High) respectivement le plus bas (low) sur la période t puis par H_t^O *et* L_t^O le cours observé du titre le plus élevé (High) respectivement le plus bas (low) sur la période t. La première équation s'écrit :

$$\left[\log\left(\frac{H_t^O}{L_t^O}\right)\right]^2 = \left[log\left(\frac{H_t^R(1+{}^S/_2)}{L_t^R(1-{}^S/_2)}\right)\right]^2$$

En développant cette équation on a,

$$\left[\log\left(\frac{H_t^O}{L_t^O}\right)\right]^2 = \left[log\left(H_t^R(1+{}^S/_2)\right) - log\left(L_t^R(1-{}^S/_2)\right)\right]^2$$

$$\left[\log\left(\frac{H_t^O}{L_t^O}\right)\right]^2 = \left[log(H_t^R) + log(1+{}^S/_2) - log(L_t^R) - log(1-{}^S/_2)\right]^2$$

Puis en réorganisant, on obtient

$$\left[\log\left(\frac{H_t^O}{L_t^O}\right)\right]^2 = \left[log\left(\frac{H_t^R}{L_t^R}\right) + log\left(\frac{2+S}{2-S}\right)\right]^2$$

$$\left[\log\left(\frac{H_t^O}{L_t^O}\right)\right]^2 = \left[log\left(\frac{H_t^R}{L_t^R}\right)\right]^2 + 2\times log\left(\frac{H_t^R}{L_t^R}\right)\times log\left(\frac{2+S}{2-S}\right) + \left[log\left(\frac{2+S}{2-S}\right)\right]^2$$

Ensuite, ils estiment que le premier terme de cette dernière équation peut être simplifié car celui-ci est proportionnel à la variance du titre. Plus précisément, sous l'hypothèse que les cours suivent le mouvement brownien géométrique habituel et que le prix est observé en continu, Parkinson (1980) dans (The Extreme Value Method for Estimating the Variance of the Rate of Return, 1980) montre que l'espérance mathématique du logarithme naturel du rapport des prix réels élevés aux prix réels bas est :

$$\mathbb{E}\left\{\frac{1}{T}\sum_{t=1}^{T}\left[\left[log\left(\frac{H_t^R}{L_t^R}\right)\right]^2\right]\right\} = k_1{\sigma_{HL}}^2$$

Et

$$\mathbb{E}\left\{\frac{1}{T}\sum_{t=1}^{T}\left[log\left(\frac{H_t^R}{L_t^R}\right)\right]\right\} = k_2\sigma_{HL}$$

Où $\begin{cases} k_1 = 4\ln(2) \\ k_2 = \sqrt{\frac{8}{\pi}} \end{cases}$ et σ_{HL} *une estimation de la variance du prix high − low*

Etant donné que la période d'observation ici est d'une journée, par passage à l'espérance dans l'équation précédente et en y remplaçant ces deux résultats ci-dessus, on arrive à l'expression ci-dessous :

$$\mathbb{E}\left\{\left[\log\left(\frac{H_t^O}{L_t^O}\right)\right]^2\right\} = k_1{\sigma_{HL}}^2 + 2 \times k_2\sigma_{HL}\, log\left(\frac{2+S}{2-S}\right) + \left[log\left(\frac{2+S}{2-S}\right)\right]^2$$

Puis sur une période d'observation de deux jours on a alors :

$$\mathbb{E}\left\{\sum_{j=0}^{1}\left[log\left(\frac{H_{t+j}^O}{L_{t+j}^O}\right)\right]^2\right\} = 2 \times k_1{\sigma_{HL}}^2 + 4 \times k_2\sigma_{HL}\, log\left(\frac{2+S}{2-S}\right) + 2 \times \left[log\left(\frac{2+S}{2-S}\right)\right]^2$$

Pour simplifier notons :

$$b = \mathbb{E}\left\{\sum_{j=0}^{1}\left[log\left(\frac{H_{t+j}^O}{L_{t+j}^O}\right)\right]^2\right\} \; et \;\; a = log\left(\frac{2+S}{2-S}\right)$$

On remarque que :

$$\mathbb{E}\left\{\sum_{j=0}^{1}\left[log\left(\frac{H_{t+j}^O}{L_{t+j}^O}\right)\right]^2\right\} = 2 \times \mathbb{E}\left\{\left[\log\left(\frac{H_t^O}{L_t^O}\right)\right]^2\right\}$$

Finalement,

$$2 \times k_1{\sigma_{HL}}^2 + 4 \times k_2\sigma_{HL}\, a + 2a^2 - b = 0 \qquad (*)$$

L'équation ci-dessus relie les ratios de prix haut-bas sur deux jours consécutifs à deux inconnues que sont $a \; et \; \sigma$. Pour résoudre ces inconnues, ils définissent une deuxième

équation qui relie le rapport des prix haut-bas de la période de deux jours consécutifs $t\ et\ t+1$ et les deux mêmes inconnues.

Le carré de logarithme de la fourchette de prix du journal sur une période de deux jours s'écrit alors :

$$\left[\log\left(\frac{H^O_{t,t+1}}{L^O_{t,t+1}}\right)\right]^2 = \left[log\left(\frac{H^R_{t,t+1}(1+{}^{S}/_{2})}{L^R_{t,t+1}(1-{}^{S}/_{2})}\right)\right]^2$$

Où $H^O_{t,t+1}\ et\ L^O_{t,t+1}$ représente les cours observés du titre le plus élevé (High) respectivement le plus bas (low) sur deux jours. Puis par $H^R_{t,t+1}\ et\ L^R_{t,t+1}$ les cours réels du titre le plus élevé (High) respectivement le plus bas (low) sur deux jours consécutifs

Par similarité on obtient :

$$\left[\log\left(\frac{H^O_{t,t+1}}{L^O_{t,t+1}}\right)\right]^2 = \left[log\left(\frac{H^R_{t,t+1}}{L^R_{t,t+1}}\right)\right]^2 + 2\times log\left(\frac{H^R_{t,t+1}}{L^R_{t,t+1}}\right)\times log\left(\frac{2+S}{2-S}\right) + \left[log\left(\frac{2+S}{2-S}\right)\right]^2$$

En posant $\gamma = \left[\log\left(\frac{H^O_{t,t+1}}{L^O_{t,t+1}}\right)\right]^2$, avec le même raisonnement on a :

$$2\times k_1{\sigma_{HL}}^2 + 2\sqrt{2}\times k_2\sigma_{HL}\ a + 2a^2 - \gamma = 0 \qquad (**)$$

Puisque le spread high-low est positif, a doit être également positif. Par conséquent, à partir de $(*)$ qui est une équation linéaire de type $Ax^2 + Bx + C = 0$ avec pour inconnue a, on choisit la racine positive de a qui s'écrit :

$$a = -k_2\sigma_{HL} + \sqrt{{\sigma_{HL}}^2({k_2}^2 - k_1) + \frac{b}{2}}$$

En remplaçant a dans $(**)$ on obtient :

$${\sigma_{HL}}^2({k_2}^2(2-2\sqrt{2}) + k_1) + k_2\sigma_{HL}\,(2-2\sqrt{2})\sqrt{\left[{\sigma_{HL}}^2({k_2}^2 - k_1) + \frac{b}{2}\right]} + \frac{b}{2} - \gamma = 0 \quad (***)$$

L'équation $(***)$ peut être facilement résolue numériquement afin de déterminer la valeur de σ , puis insérer le résultat dans l'expression de a pour obtenir sa valeur. De plus en se rappelant que :

$$a = log\left(\frac{2+S}{2-S}\right)$$

On a alors l'estimation du spread haut-bas :

$$S = \frac{2(e^a - 1)}{1 + e^a}$$

L'inspection de ce résultat révèle que pour les petits écarts, a et l'écart sont presque égaux. Cela peut simplifier l'estimation dans la pratique. Une autre hypothèse simplificatrice permet d'obtenir des solutions de forme fermée pour a *et* σ (voir annexe n°5).

Comme nous avons pu le constater, il existe un certain nombre d'hypothèses implicites qui sous-tendent l'estimateur des *spreads high-low* de Corwin et Schultz. La première est que les titres se négocient en permanence pendant que le marché est ouvert. Une autre est que la valeur des titres ne change pas lorsque le marché est fermé. Ces hypothèses ne sont pas forcément vraies même sur le marché des actions, bien sûr, cela soulève un certain nombre de difficultés pour l'estimation des *spreads high-low* dans la pratique.

Cette mesure est donc intéressante sur le plan théorique mais très sensible aux erreurs de prix (dirty price vs clean price) que l'on peut rencontrer dans les données obligataires. Cela peut rendre dans bien de cas sa mise en pratique fastidieuse en termes de prétraitements des données lorsque cela est bien entendu possible.

Par ailleurs, il convient aussi de noter que la mesure de Corwin et Schultz (A simple way to estimate bid-ask spreads from daily high and low prices, 2012) estime certes le bid-ask spread à partir du plus petit et du plus grand prix dans une journée (ou plus généralement au cours d'une période donnée). Cependant, elle peut être également considérée comme une mesure de dispersion vu qu'elle utilise la dispersion des prix.

d. L'écart inter-quartile

D'autres mesures de la liquidité utilisent la dispersion des prix. Dans (Guéant, et al., 2019) , une mesure de dispersion intéressante est l'écart inter-quartile des prix (en pourcentage du prix), par exemple sur une journée ou sur une période plus longue. L'écart inter-quartile utilise la différence entre le 25ème et le 75ème percentile de la distribution des prix (rapporté au niveau de prix moyen) sur l'ensemble de la journée. Sur les titres relativement liquides, ou alors si l'on considère une période suffisamment longue, cela peut être une mesure intéressante puisque les effets des erreurs de type « Dirty price » vs. « Clean price » peuvent être limités du fait de la prise en compte de quartiles (derrière lesquels les données erronées seront). D'autres mesures de dispersion ont été proposées mais elles nécessitent le plus souvent un mid-price (pas forcément très fiable) et sont sensibles aux erreurs de prix. Cette mesure est selon nous une mesure intéressante et applicable au marché obligataire étant donné qu'elle limite la plupart des erreurs que nous avons évoqué avec les mesures précédentes.

Pour résumer, les mesures étudiées dans cette section présentent un dénominateur commun. Elles servent à calculer la magnitude des *spreads* à partir des prix, certaines directement à partir du *bid-ask spread* et d'autres sont des estimateurs du *bid-ask spread*. Les mesures étudiées sont synthétisées dans l'organigramme ci-dessous

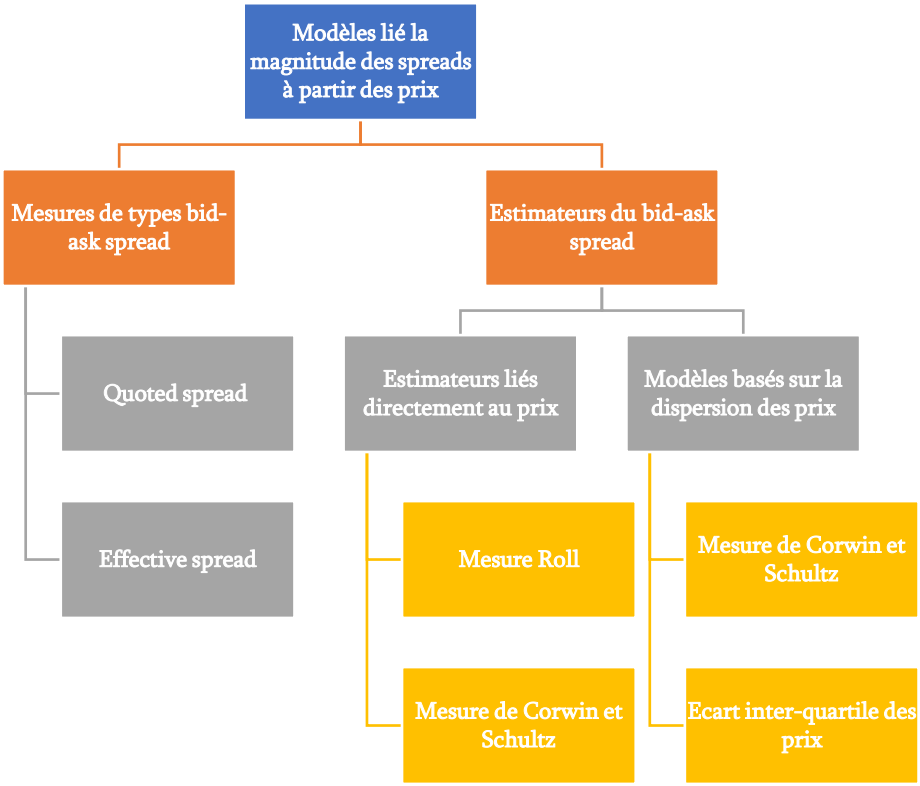


Figure 5 : Panorama des modèles liés à la magnitude des spreads à partir des prix

Toutefois, il est important de noter qu'il existe d'autres moyens de mesurer la liquidité en se détachant des mesures liées au *bid-ask spread*.

2. Indicateurs cherchant à mesurer la notion d'impact-prix

Nous considérons que la notion d'impact-prix peut être définie comme la relation pouvant exister entre la taille d'un ordre et le décalage de prix engendré par cet ordre. L'une des mesures la plus connue est la mesure Amihud.

a. Les modèles Amihud

Le *bid-ask spread* est une notion statique qui ne mesure que la composante « width » de la liquidité. Mais comme nous l'avons souligné dans la première partie du chapitre, la liquidité est une notion polymorphe. Afin donc de mesurer les autres composantes de la liquidité, il est naturel de s'interroger sur les mesures possibles de l'impact de marché. En effet, l'impact de marché peut mesurer en plus de la composante « width », la composante « depth » liée aux volumes disponibles, voire, via les méthodes les plus avancées, les composantes temporelles de la liquidité comme la « resiliency ».

La plus connue des mesures d'impact de marché, est la mesure d'Amihud. La mesure d'impact-prix de Amihud consiste à calculer la moyenne des valeurs absolues des décalages de prix entre transactions consécutives rapportées aux volumes concernés. Sa formulation est la suivante :

$$AM_t = \sum_{s=t-T+1}^{t} w_s \frac{r_s}{PV_s}$$

$$PV_s = \sum_{j=1}^{5} P_{j,s} \times V_{j,s}$$

Avec

- $P_{j,s}$ le prix dû à la journée j de la semaine s du titre.
- $V_{j,s}$ le volume dû à la journée j de la semaine s du titre.
- r_s est le rendement de la semaine s du titre.

L'idée de la mesure d'Amihud est de mesurer la sensibilité des prix par rapport aux volumes échangés. Ainsi, pour un titre donné et une période donnée, la mesure d'illiquidité d'Amihud consiste à rapporter le rendement (en valeur absolue) du titre sur la période considérée aux volumes des transactions sur ce titre au cours de cette période.

b. L'interprétation du ratio d'Amihud

L'interprétation classique du lien entre le ratio d'Amihud et la liquidité donnée dans (Guéant, et al., 2019) est la suivante : plus un titre est liquide, plus il faudra de volume pour faire bouger le prix du titre et donc plus le ratio d'Amihud sera petit. Une autre interprétation, non pas dans le sens d'une causalité qui irait des volumes vers les rendements mais plutôt des rendements théoriques (liés à la valeur fondamentale[13]) vers les volumes, est aussi possible : plus un titre est liquide, moins il faut de changement dans sa valeur fondamentale pour engendrer des changements de décision d'investissement et donc des transactions, et donc plus le ratio d'Amihud est faible. Ces interprétations sont évidemment

[13] Chaque titre a à tout moment une « vraie » valeur, ou « valeur fondamentale », qui correspond à l'anticipation des revenus que rapportera l'actif.

critiquables, et ce pour toutes les classes d'actifs, puisque ce sont les déséquilibres offre-demande et non les volumes en eux-mêmes qui génèrent des variations de prix. Néanmoins, dans (Guéant, et al., 2019) les auteurs estiment que le cas des obligations d'entreprises pose un problème particulier car il peut exister (contrairement au cas des actions où la mesure d'Amihud est fréquemment utilisée) des dizaines, voire des centaines, d'obligations différentes pour un même émetteur. Dans ce contexte, s'il y a un changement dans la valeur fondamentale d'un émetteur, les rendements des différentes obligations vont être très corrélés (et ce d'autant plus que les caractéristiques des titres maturité, séniorité, sont proches les unes des autres) mais ces rendements n'ont aucune raison d'avoir un lien, titre à titre, avec les volumes des transactions. Les investisseurs peuvent en effet souvent ajuster leur exposition au risque associé à un émetteur en traitant l'une des différentes obligations, au choix, en fonction de leur portefeuille. D'ailleurs, il est à noter que moyenner des ratios Amihud pour contourner le problème de la multiplicité des titres n'est pas recommandé. En effet, si l'on considère le cas de deux titres quasi identiques ayant un rendement de 1% sur une période donnée et pour lesquels un volume total V a été échangé, la répartition du volume entre les deux titres va avoir une influence énorme sur le calcul. Dans le cas d'une équi-repartition du volume, la moyenne est :

$$\frac{1}{2} \times \frac{1\%}{\frac{V}{2}} + \frac{1}{2} \times \frac{1\%}{\frac{V}{2}} = \frac{2\%}{V}.$$

Alors que dans le cas d'un volume reparti à 95% sur le premier titre et à 5% sur le second, la moyenne sera de :

$$\frac{1}{2} \times \frac{1\%}{0.95\% \times V} + \frac{1}{2} \times \frac{1\%}{5\% \times V} \cong \frac{10.5\%}{V}$$

Soit un rapport de plus de 1 à 5 entre les deux cas alors même que le choix de l'un ou de l'autre des actifs peut être arbitraire.

Fort de ces remarques, nous arrivons à la conclusion que le ratio d'Amihud ne peut avoir de sens qu'à l'échelle de chaque émetteur, mais alors il devient difficile de relier ce ratio à la liquidité des titres et donc de capter la composante « depth » de la liquidité. L'usage du ratio d'Amihud pour mesurer la liquidité globale du marché des obligations d'entreprises est donc peu recommandable.

3. Les mesures basées sur des proxy

a. Les modèles LOT (No-trade / zero-return)

Dans les deux dernières sections, nous avons vu que les mesures liées au *bid-ask spread* permettent théoriquement de mesurer la composante « width » de la liquidité et que les mesures d'impact de marché quant à eux, permettent, en plus, de mesurer la composante « depth », voire la composante « resiliency » dans le cas de modèles avancés. Le point commun de toutes ces mesures (à part les *quoted spreads*) est qu'elles exploitent des données

liées aux transactions (des prix de transactions, des volumes de transactions etc.). Ainsi, la question qu'on se pose naturellement c'est qu'en est-il des transactions qui n'ont pas lieu du fait de l'illiquidité du marché ? N'est-ce pas là finalement l'inquiétude principale des gérants d'actifs lorsqu'ils affirment que les dealers se concentrent sur les segments de marché les plus liquides ? Pour vraiment appréhender la liquidité dans toutes ses dimensions, il convient aussi de mesurer la difficulté, voire l'impossibilité, de trouver une contrepartie. Cela peut être vu comme le négatif, au sens photographique, de l'immediacy, et l'on ne saurait évidemment lire cette difficulté dans des mesures calculées à partir de prix de transactions.

L'une des mesures proposées dans la littérature et qui permet de mesurer la difficulté de mener à bien des transactions est la mesure LOT (acronyme des auteurs de (A new estimate of transaction costs., 1999)). Cette mesure et celles qui en dérivent estiment les coûts de transactions et/ou le *bid-ask spread*, pour chaque titre, à partir du nombre de jours sans modification du prix ; on parle aussi des mesures zéro-return. Par exemple, la proportion de jours sans échange pour une obligation donnée dans un mois (zéro-return), permet de rendre compte de l'intuition selon laquelle des jours sans aucun échange sont plus fréquents pour des obligations illiquides. Il s'agit d'un modèle de rendement des titres en présence de coûts de transaction. Dans ce modèle, nous supposons que le « modèle de marché » commun est le bon modèle de rendement des titres, mais est limité par les effets des coûts de transaction sur les rendements des titres. En présence de frais de transaction, l'investisseur averti ne négociera que si la valeur de l'information dépasse les coûts de transaction. L'hypothèse de base du modèle LOT est que, en moyenne, un rendement zéro est observé si le seuil de coût de transaction n'est pas dépassé. Cela implique qu'aucun rendement ne résulte des effets des coûts de transaction sur les investisseurs, qui peuvent être informés ou non. En effet pour les traders informés par exemple, si la valeur des informations publiques et privées est insuffisante pour dépasser les coûts de trading, alors ces investisseurs réduiront ou ne négocieront pas et il n'y aura pas de mouvement de prix de la veille. Mathématiquement, le modèle LOT part de la relation entre les rendements mesurés R_{jt}, et les rendements réels R_{jt}^* qui se traduit par :

$$R_{jt}^* = \beta_j R_{mt} + \varepsilon_{jt} \qquad (1)$$

Où

$$\begin{cases} R_{jt} = R_{jt}^* - \alpha_{1j} \quad si \;\; R_{jt}^* < \alpha_{1j} \\ R_{jt} = 0 \quad si \; \alpha_{1j} < \; R_{jt}^* < \alpha_{2j} \\ R_{jt} = R_{jt}^* - \alpha_{2j} \quad si \; R_{jt}^* > \alpha_{2j} \end{cases}$$

Pour une entreprise j, le seuil pour les transactions basées sur des informations négatives est α_{1j} et pour les opérations basées des informations positives est α_{2j}, le rendement mesuré sur le titre sera de zéro si $\alpha_{1j} < \beta_j R_{mt} + \varepsilon_{jt} < \alpha_{2j}$ avec R_{mt} le rendement du marché à l'instant t.

Ainsi, l'investisseur prendra des décisions commerciales sur la base de l'information actuelle observable sur le marché et de toutes les « autres » informations. Les « autres » informations peuvent contenir des informations accumulées sur l'ensemble du marché et des informations propres à l'entreprise qui n'ont pas encore été incorporées dans le prix. On suppose que toutes les informations non contenues dans le rendement du marché actuel sont saisies par le terme résiduel ε_{jt}. Les paramètres $\beta_j, \alpha_{1j}\ et\ \alpha_{2j}$ sont estimés par maximum de vraisemblance (voir en annexe n°6).

Figure 6 : Structure économétrique du modèle LOT

La structure économétrique de l'équation (1) comporte trois composantes pour le rendement mesuré que nous pouvons visualiser sur la figure ci-dessus : une pour les diminutions, une pour les augmentations et une pour les zéros.

Ensuite les auteurs du modèle LOT testent la relation entre la fréquence relative des rendements nuls et les coûts de transaction en utilisant la taille comme approximation inverse des coûts de transaction. Cela est fondé sur des éléments de preuve selon lesquels les coûts de transaction sont inversement liés à la taille de l'entreprise (voir (A simple implicit measure of the effective bid-ask spread in an e-client market, 1984)). En séparant

les entreprises en déciles de taille et ils calculent la proportion des retours quotidiens égaux à zéro de chaque entreprise pour l'année suivante. Puis ils calculent la proportion globale de rendements nuls pour toutes les entreprises dans chaque décile.

Dans le cas des obligations d'entreprises, sous réserve de disposer de données de transactions sur un univers large d'obligations d'entreprises à l'instar des reporting que reçoit l'AMF, il est donc possible de considérer directement une mesure de type no-trade plutôt que zero-return. En fait, dans (Guéant, et al., 2019), les auteurs estiment qu'il est probablement plus judicieux de renverser la logique et de compter le nombre de titres ayant donné lieu à des transactions sur une période donnée (et pourquoi pas de le rapporter au nombre de titres totaux dans l'univers considéré afin de tenir compte de la taille croissante du marché obligataire). Cette mesure permet directement de voir comment évolue la liquidité au sein de l'univers obligataire considéré, c'est-à-dire à l'échelle du marché. Elle nous semble très applicable au marché obligataire.

b. Les indicateurs composites

Malgré les limites relatives aux données disponibles, et compte tenu des enseignements académiques abordés plus haut, l'évolution de la liquidité obligataire peut être également appréhendée via la construction d'un indicateur composite simple, constitué à partir d'indicateurs de *spreads* et d'un indicateur d'impact-prix.

(i) Indicateur de spreads bid-ask

L'indicateur proposé se base sur les *spreads* contribués de Bloomberg. Toutefois, afin de mettre sur une base comparable des instruments dont les maturités peuvent être différentes, les *spreads bid-ask*, exprimés originellement en prix, sont rapportés à la durée de vie résiduelle estimée des obligations.

(ii) Indicateur de zéro-return

Cet indicateur mesure la proportion des obligations pour lesquelles les meilleurs prix à l'achat et à la vente sont restés inchangés. Un jour sans variation de prix reflète en effet une séance où les contributions aux prix sont faibles conduisant à l'absence ou à la raréfaction des transactions. La prise en compte de l'indicateur de *zero-return* dans la construction de l'indicateur composite permet donc de corriger le biais émanant des *spreads* se basant sur des prix contribués.

(iii) Indicateur d'impact-prix

Les indicateurs d'impact-prix cherchent à mesurer le coût d'exécution induit par une transaction. La formule d'Amihud que nous avons abordé plus haut consistant à rapporter la valeur absolue de la variation de prix entre deux transactions au volume associé, est la

plus connue. Elle présente, par ailleurs, l'avantage de capter l'effet lié aux volumes de transactions. Cependant, l'utilisation de cet indicateur suppose comme nous l'avons vu, de disposer d'un horodatage fiable des transactions (de façon à pouvoir les ordonner) et d'affecter convenablement les variations de prix observées consécutives à chaque transaction.

Dans la mesure où il n'y a pas de raison de considérer que l'une des mesures considérées ici ait un impact plus important sur le niveau de liquidité des marchés, le poids qui leur sera alloué dans l'indicateur composite sera le même.

Finalement, l'indicateur composite (IC) est donc une moyenne équipondérée de ces trois indicateurs dont les valeurs ont, au préalable, été centrées et réduites :

$$IC = \frac{Z(spread) + Z(zero\ return) + Z(impact\ prix)}{3}$$

Avec $Z(x)$ Variable centrée réduite de x.

Les variables ayant été centrées et réduites alors, plus la valeur de l'indicateur augmente, moins le marché est liquide.

c. Focus sur le modèle de Risk Radar utilisé par Rsquare

Ils existent d'autres mesures de la liquidité également répandues chez les acteurs de la gestion d'actifs qui utilisent les caractéristiques des titres notamment la maturité, la note de crédit, la taille de l'émission détenue, la classification des marchés, la devise. En effet, la plupart des titres à revenu fixe (fixed income) étant négocié de gré à gré (Over The Counter : OTC), l'accès aux données transactionnelles telles que les volumes, devient problématique et coûteux pour les petits et moyens acteurs. Dans ce contexte, pour apprécier la liquidité obligataire, Risk Radar pour mesurer la liquidité à l'actif, adopte une approche qualitative visant à saisir diverses caractéristiques des obligations qui sont communément acceptées comme ayant un impact sur la liquidité. Dans les lignes qui suivront nous mettrons en évidence les liens entre ces caractéristiques et la liquidité obligataire afin de mieux comprendre le choix de Rsquare pour cette approche.

La Maturité est une caractéristique importante dans la mise en place des modèles quoique « qualitatifs » pour mesurer la liquidité des titres obligataires. En effet, selon la théorie de la préférence de liquidité[14], les investisseurs préfèrent garder leur argent liquide et ils demandent un intérêt qu'on appelle communément « prime de liquidité » en échange

[14] La « préférence pour la liquidité » est un concept keynésien, selon lequel les acteurs économiques préfèrent la liquidité aux autres formes de richesse. Les individus auront donc tendance à conserver leurs épargnes préalables sous une forme plus immédiate ou liquide. Si le sujet vous intéresse, l'ouvrage de référence est celui de John Maynard Keynes, « la Théorie générale de l'emploi, de l'intérêt et de la monnaie (The General Theory of Employment, Interest and Money) » parue en 1936.

de leur liquidité. En particulier, sur les marchés stressés, les investisseurs ont besoin d'une prime pour investir dans des titres à longue échéance et les obligations présentant un degré élevé de sensibilité aux taux d'intérêts sont les plus touchés.

La note de crédit ou scoring qui mesure la qualité du crédit (au sens du risque de défaut) peut affecter la liquidité. Un titre qui est bien noté par les agences de notations (comme Standard and Poor's, Moody's et Fitch Ratings les trois agences de notations leaders sur le plan mondial) est relativement plus attrayant et a tendance à avoir des volumes de négociation plus constants, surtout en période de tension sur le marché.

Par ailleurs, la taille de l'émission est aussi un facteur important dans le sens où, détenir un pourcentage élevé d'une émission obligataire totale peut réduire votre capacité à vendre vos titres à un prix équitable et en temps opportun.

Enfin la classification des marchés et des devises est prise en compte. En règle générale, les titres émis sur les marchés développés, transparents, dotés d'efficaces institutions et où les capitaux peuvent circuler librement, ont tendance à avoir des niveaux de liquidité plus élevés. Ainsi, les obligations émises dans les devises des marchés développés ont plus de liquidité que les obligations émises dans des devises de marchés non développés. Ce dernier paramètre est uniquement utilisé pour les obligations émises sur des marché non développées.

Chacune des caractéristiques décrites précédemment présente un score d'illiquidité prédéfini sur les marchés normaux et stressés. Ces scores d'illiquidité sont ensuite additionnés pour obtenir un score d'illiquidité total qui se traduit par une estimation du temps total de liquidation. Cette approche par les caractéristiques des titres, présente certes l'avantage d'être peu couteuse et facile à mettre en place, cependant elle reste une approche qualitative et donc peu recommandable pour mesurer rigoureusement la liquidité.

Quelques approches mesurent aussi la liquidité par l'écart entre le prix théorique issu d'un modèle et le prix de transaction. Ce sont des approches forcément contestables car qui dit modèle de prix dit hypothèses, approximations. Enfin, les mesures simples sont parfois utilisées. Par exemple le volume ou le turnover, et qui sont, le plus souvent, de simple proxies de la liquidité. Pour donner une idée de la contestabilité de ces mesures prenons par exemple, une transaction pour 20 millions d'euros ; cette transaction n'a rien à voir en termes de liquidité avec 20 transactions pour 1 million d'euros faisant chacune intervenir des contreparties distinctes.

Synthèse des mesures étudiées

L'analyse des différentes mesures de liquidité compte tenu des caractéristiques des obligations d'entreprises et des données disponibles nous pousse à être extrêmement

vigilants sur les mesures de liquidité et leurs usages. Néanmoins, nous pouvons dégager quelques leçons et mettre en avant quelques mesures. Tout d'abord, pour mesurer la composante width, nous avons vu qu'il n'était pas souhaitable de recourir à un calcul de *spread*. Nous pensons néanmoins que des mesures de *bid-ask spreads* en provenance des grandes plateformes MD2C, calculées à partir des données contenant bien plus d'informations que les transactions, auraient du sens. Pour toutes les raisons évoquées plus haut, nous proposons d'opter pour une mesure de dispersion de type inter-quartile. Cette mesure nous semble en fait être prometteuse pour mesurer la composante width, même si elle contient aussi en son sein une composante liée à la volatilité. Le tableau ci-dessous nous présente un résumé des points forts des mesures étudiées mais aussi quelques-unes de leurs faiblesses vis-à-vis du marché obligataire.

	Avantages	Inconvénients
Quoted spread	✓ Une mesure typique de la composante width de la liquidité sur des marchés organisés comme le marché des actions.	○ Les cotations sont de simples indicatrices du prix qui serait proposé par chacun des dealers. ○ Cotations disponibles uniquement sous une forme agrégée
Effective spread	✓ Intéressantes sur le plan théorique. ✓ Prise en compte de l'impact de la transaction sur le mid-price.	○ Difficultés à définir concrètement la notion de mid-price. ○ Les données disponibles n'indiquent pas le sens de la transaction (du fait des problèmes d'horodatage, de la présence de prix discriminant sur le marché obligataire et de transaction D2D)
La mesure de Roll	✓ Un estimateur intéressant de la composante width de la liquidité sur des marchés organisés comme le marché des actions	○ Faible fréquence de transaction des titres obligataires et donc difficulté à calculer l'autocorrélation des prix de transaction ○ Hypothèses sous-jacentes trop fortes. ○ Ne prend pas en compte l'impact de la transaction sur le mid-price
La mesure de Corwin et Schultz	✓ Intéressante sur le plan théorique ✓ Élimine la composante liée à la volatilité des prix	○ Sensible aux erreurs de prix (dirty price ou clean price) ○ Mise en pratique fastidieuse en termes de prétraitements des données
L'écart inter-quartile	✓ Les effets des erreurs de type « Dirty price » vs. « Clean price » sont réduits. ✓ Pas nécessairement besoin d'utiliser un mid-price	○ Contient une composante liée à la volatilité
La Mesure Amihud	✓ Utile pour mesurer la liquidité obligatoire à l'échelle de chaque émetteur dans leur individualité.	○ Les variations de prix sont générées par les déséquilibres offre-demande et non les volumes en eux-mêmes.

		○ Le problème de la multiplicité des titres sur le marché obligataire. ○ Peu efficace pour mesurer la liquidité globale du marché des obligations d'entreprises
Les mesures No-trade et Zero-return	✓ Capte mieux l'illiquidité du marché ✓ Un indicateur intéressant des composantes Immediacy et Breadth.	○ Des hypothèses sous-jacentes fortes
Les mesures liées aux caractéristiques des titres	✓ Accessible à faible coûts. ✓ Une approche adaptée aux petits et moyens acteurs de la gestion d'actifs	○ Une approche qualitative et donc peu recommandable pour mesurer rigoureusement la liquidité
Les mesures composites	✓ Réduit l'impact de l'utilisation d'une unique mesure ✓ Indicateur intéressant de l'évolution de la liquidité obligataire dans le temps. ✓ Permet de comparer l'évolution de la liquidité pour différents types d'obligations.	○ Risque d'agréger des différentes erreurs induites par les mesures composantes

Tableau 1 : Récapitulatif des inconvénients et avantages des mesures de liquidité existantes par rapport à la liquidité des produits obligataires

L'étude des mesures de liquidité, nous a permis de dégager les résultats suivants. Les mesures de *bid-ask spread* (basées sur des transactions) et les mesures de dispersion, ne pourront être considérées, par essence même, que sur les titres les plus traités. Dès lors, si le nombre de titres liquides baisse (c'est la composante breadth) alors mécaniquement, la mesure agrégée des *bid-ask spreads* portera sur un univers de titres plus restreint et donc des titres les plus liquides, ce qui aura tendance à augmenter l'impression de liquidité. Ainsi, les mesures de liquidité à base de prix de transactions peuvent être, dans certains cas, des miroirs aux alouettes.

Par ailleurs, en plus des mesures basées sur les prix de transaction, nous avons vu qu'une mesure essentielle dans un marché illiquide est le nombre de titres différents traités au cours d'une période donnée (modèle LOT). Ce type de mesure permet d'avoir l'information sur la difficulté des acteurs du marché à trouver des contreparties pour mener à bien des transactions. Ce nombre pourra être analysé de manière brute ou rapporté à la taille de l'univers obligataire couvert. Cette mesure est par nature à l'échelle du marché et est un indicateur intéressant des composante « breadth » et « immediacy » de la liquidité.

Enfin, concernant la création d'une mesure unique à partir de différentes mesures, nous pensons qu'il s'agit d'un exercice difficile lorsque les mesures ne portent pas sur les

mêmes univers et surtout lorsqu'elles ne mesurent pas les mêmes composantes de la liquidité.

Toutefois, il convient de rappeler que la maitrise du risque de liquidité à l'actif via des mesures pertinentes de la liquidité est loin d'être suffisant. Un gérant d'actif averti, se doit de se soucier du comportement de ses investisseurs au passif s'il veut mieux piloter son activité. Dans les lignes qui suivront, nous porterons un regard particulier sur le comportement des investisseurs dans le cadre des fonds d'investissements.

PARTIE 3 - ETUDE DU COMPORTEMENT DES INVESTISSEURS

Chapitre 1 Etude de la structure du passif des SGP et présentation des données.

I. Les enjeux d'une maitrise fine du passif des sociétés de gestion

1. Les enjeux liés aux systèmes d'informations

Les services risques au sein des sociétés de gestion ont différents défis à relever. Quatre enjeux principaux nous semblent importants. Le premier concerne leur système d'information. Les données historiques des instruments financiers détenus par le fonds sont stockées dans ce système. Elles permettent de calculer l'exposition du fonds aux différents types de risques via des calculs statistiques basés sur les séries historiques de prix de transaction, de fourchettes, de volumes ou de notations comme nous avons pu le voir précédemment. En revanche, les informations relatives aux clients du fonds ne sont généralement pas aussi facilement accessibles. Dans de nombreux cas, seul l'actif sous gestion global est stocké dans le système d'information. Les équipes des risques ne disposent donc pas des outils nécessaires pour suivre de manière systématique l'évolution de la structure du passif des fonds. Or cette évolution peut avoir différentes implications en termes de liquidité. Si on considère, un fonds dont la taille globale est stable entre deux dates, cela pourrait laisser croire à une stabilité de l'exposition au risque de liquidité du fonds. Cependant, cette stabilité apparente peut être la conséquence d'un rachat initié par des investissements long terme, et d'une souscription par des clients investissant sur de très courtes périodes. Dans cette perspective, la qualité du passif se dégrade et l'exposition du fonds au risque de liquidité augmente. La seule façon d'observer ces phénomènes est de suivre individuellement le comportement des investisseurs, et d'en déduire les évolutions de la structure du passif du fonds. L'enjeu pour les sociétés de gestion est donc d'alimenter leur système d'information en y intégrant le suivi de leur passif. Cela passe par une meilleure connaissance de leurs clients. Les systèmes de marquage des ordres peuvent aider à identifier le client qui a envoyé un ordre d'achat ou de vente donné, puis de stocker les historiques des souscriptions/rachats par client ou du moins par profil homogène de clients.

2. Les enjeux liés à la compréhension du comportement des clients

Le deuxième enjeu concerne la compréhension du comportement des clients. La mise en place d'une base de données des souscriptions/rachats donne une vision uniquement historique du comportement des clients. Une bonne maîtrise du risque de liquidité à une

date donnée, passe par une vision prospective afin d'anticiper les souscriptions/ rachats futurs. En effet, sans une idée très précise des scénarios de rachats probables, le gérant doit investir une partie de son fonds dans des instruments liquides immédiatement disponibles, cela pour se protéger des éventuels rachats sans avoir à vendre à perte des actifs illiquides. Avoir une bonne connaissance du comportement des clients permet donc de mieux gérer l'exposition du fonds au risque de liquidité et d'investir un pourcentage plus important du portefeuille dans des instruments financiers illiquides, tout en respectant les exigences règlementaires.

Prédire le comportement des clients passe par le développement de modèles statistiques plus ou moins sophistiqués. La première approche, basique, est de supposer un comportement stable dans le temps. Les données historiques permettent d'estimer la distribution marginale des souscriptions/rachats, puis de calculer la probabilité d'évènements de rachats ou de souscriptions futures. Il est également possible d'inclure une composante temporelle dans ces modèles simples. L'exploitation des données historiques permet alors de savoir si, par exemple, d'importantes sorties à une date sont en moyenne suivies par d'importantes sorties aux dates suivantes. Les modèles de séries temporelles sont des modèles permettant de lier statistiquement les observations faites à différentes dates et d'ainsi capter ces effets temporels. Enfin, une dernière piste consiste à identifier les facteurs économiques liés aux souscriptions/rachats, puis inclure ces facteurs explicatifs exogènes (par exemple la performance du fonds) dans le modèle de comportement. Au-delà de la mesure du risque de liquidité, le développement de ces modèles permet de mettre en cohérence le suivi du passif d'un fonds et le calcul d'indicateurs de performance commerciale. En fait, tous les clients n'ont évidemment pas la même valeur pour une société de gestion de portefeuille. Ceux qui ont tendance à rester investis longtemps sont plus intéressants que les autres. Ainsi, bien comprendre le comportement des clients offre également des outils efficaces de pilotage et de stimulation du développement commercial.

3. Connaissance du comportement des clients et gestion du risque de liquidité

Les modèles de risque de liquidité doivent tenir compte à la fois des caractéristiques du portefeuille liées au risque de liquidité de marché, et de la manière dont ce portefeuille est financé par les clients. Autrement dit, il faut tenir compte aussi des caractéristiques relatives au risque de liquidité de financement. Un fonds peut investir dans des actifs illiquides sans forcément souffrir d'une exposition trop grande à la liquidité si son financement s'appuie sur l'apport de clients de long terme. Inversement, un fonds contenant des actifs très liquides peut porter un risque de liquidité si l'objectif de placement de ses clients est court. Il est donc primordial de bien tenir compte des deux dimensions et de

trouver la manière de lier le calcul final du risque à la structure du passif du fonds. Prenons l'exemple simple du calcul de la value-at-Risk (VaR) d'un fonds. Si on prend en compte la liquidité de marché des titres détenus par le fonds et qu'on décide de pénaliser les plus illiquides à l'actif, on obtiendrait la même VaR pour deux fonds détenant des portefeuilles identiques, mais ayant des structures de clientèles très différentes. Or, les clients des fonds qui investissent à court terme, sont très sensibles à la performance du fonds, et ce fonds devrait être pénalisé, car un choc sur la valeur de marché du fonds entrainerait des sorties aux dates suivantes, et donc des ventes futures d'actifs à des prix potentiellement désavantageux. Cet exemple illustre bien la nécessité d'une approche actif/passif pour mieux appréhender le risque de liquidité d'un fonds d'investissement.

4. Les politiques de sorties : cas des fonds ouverts

Le quatrième enjeu concerne la réglementation des fonds plus spécifiquement les fonds ouverts[15]. On peut en effet, réduire l'écart de liquidité entre l'actif et le passif d'un fonds en demandant au gérant d'imposer aux clients des restrictions de sorties ou d'entrées comme le propose l'AMF, vis-à-vis de la liquidité. Il existe plusieurs mécanismes qui permettent d'allonger l'horizon moyen d'investissement d'un client. Par exemple, il possible de lui imposer une durée minimale de détention, ou interdire de racheter à une date donnée au-delà d'un certain pourcentage de sa position dans le fonds. En réduisant la liquidité offerte, on protège de cette façon, le client d'un écart trop important entre la liquidité de l'actif et du passif, et on permet au gérant de continuer à investir dans des actifs financiers de long terme. Ces restrictions ne doivent être imposées uniquement si elles sont nécessaires, i.e. si les calculs effectués sur un fonds donné montrent qu'il y a effectivement un écart important entre la liquidité à l'actif et au passif du fonds. Elles exigent donc une excellente connaissance du passif et de sa structure à un instant donné, ainsi que la dynamique du passif, notamment des effets de contagion que pourraient déclencher des sorties massives à la suite de chocs de marché.

Ainsi, l'accès à l'information sur le passif devient crucial pour les sociétés de gestion, et il est important que ces informations soient historisées afin de permettre l'estimation de modèles statistiques du comportement des clients.

[15] Un fonds ouvert est un fonds d'investissement ou de placement dont il est possible d'entrer au capital, de souscrire des parts, à tout moment de son existence.

II. Présentation des données

1. Construction de la base de données

Les sociétés de gestion collectent et stockent à ce jour peu de données relatives aux comportements de leurs clients. Même si avec la transformation digitale et l'évolution de la réglementation qui prend de l'ampleur dans le domaine de la gestion d'actifs, elles auront rapidement accès à des masses de données de plus en plus importantes sur leurs clients et la façon dont ils gèrent leurs investissements. Dans cette section, nous décrirons les différentes étapes de la constitution de la base de données ainsi que les difficultés rencontrées.

a. Les enjeux relatifs à la connaissance du passif des fonds

Pour exploiter l'information au passif des fonds, les sociétés de gestion de portefeuille doivent pourvoir identifier avec précision qui est l'investisseur final autrement dit celui qui prend la décision de souscription ou de rachat. Si les sociétés de gestion sont effectivement conscientes de l'intérêt de la connaissance du passif, il faut dire que les solutions existantes pour arriver à une bonne connaissance de celui-ci ne répondent pas toujours aux attentes. La principale difficulté concerne le modèle actuel de distribution des fonds. En effet, les nombreux intermédiaires entre les sociétés de gestion et les investisseurs finaux, font que la qualité du suivi des ordres reste très incertaine.

Cependant, force est de reconnaitre qu'on assiste aujourd'hui à un intérêt grandissant pour cette question. L'Autorité des Marchés Financiers (AMF) a rappelé en février 2017 dans (AMF, 2017) que « la connaissance et l'analyse du passif est une composante essentielle de l'identification des risques par les sociétés de gestion ». Et la future réglementation européenne (MIFID II) va également affecter le circuit de distribution et ainsi pousser à une meilleure connaissance du passif. La directive MIFID II pourrait être l'occasion de mettre en place un reporting des distributeurs vers les producteurs ventilés par critères de risque des investisseurs. Par ailleurs, l'émergence des FinTechs[16] avec leur modèle de distribution directe, pourrait bouleverser les circuits traditionnels et concurrencer fortement les acteurs en place. Le fait d'avoir un accès direct au client final permet de lui demander des informations auxquelles n'ont pas accès les sociétés de gestion traditionnelles. Ces informations peuvent alors servir à mieux cibler l'offre de placement en fonction des caractéristiques de clients. Elles permettent également, une fois agrégées, d'avoir une meilleure vision de la structure du passif d'un fonds. Au-delà de ces points évoqués, il faut

[16] La FinTech, contraction de Financial Technology (technologie financière) désigne des petites entreprises (start-up et PME) qui fournissent des services financiers grâce à des solutions innovantes. Les solutions proposées sont souvent sous la forme d'applications modifiant ainsi le rapport du grand public avec les institutions financières. (Voir https://www.economie.gouv.fr/entreprises/fintech-innovation-finance)

savoir que plusieurs pistes pour un suivi efficace du passif sont évoquées dans le guide de l'AMF paru en février 2017 (AMF, 2017).

2. Statistiques descriptives de la base de données

L'accès aux données issues des sociétés de gestion partenaires ou clientes via la plateforme digitalisée Rsik Radar de Rsquare, a permis de sélectionner au sein d'un univers très large de fonds, un ensemble de 4 fonds appartenant à différents styles de gestion.

L'objectif principal de cette sélection est de travailler sur des fonds dont l'exposition au risque de liquidité à l'actif est variable. En effet, il est généralement admis que les fonds monétaires par exemple sont investis dans des actifs liquides, et donc très peu exposés à une dégradation de la liquidité. Les fonds d'actions grandes capitalisations (large cap) sont également peu exposés au risque de liquidité de marché, et cette exposition augmente pour les fonds d'actions de petites et de moyennes capitalisations (mid-cap). A l'extrême, les fonds obligataires sont eux beaucoup plus sensibles à une dégradation de la liquidité car investis dans des actifs peu liquides. En nous basant sur ces différents éléments, nous avons opté selon la disponibilité des données pour 4 fonds de catégories d'actifs diverses. Coté passif, tous les fonds sélectionnés offrent en théorie une liquidité journalière. Le total des actifs sous gestion sur l'ensemble des fonds sélectionnés dépasse les 1 milliards d'euros.

SGP	Fonds	Catégorie	Dernière date de VL	AUM (En euros)
SGP A	Fonds 1	Actions émergentes	08/09/2020	587 281 889,55
	Fonds 2	Equity small & mid cap	22/09/2020	48 848 278,98
SGP B	Fonds 3	Euro fixed income	07/07/2017	230 927 035,36
	Fonds 4	Euro fixed income	03/08/2018	626 056 457,11

Tableau 2 : Quelques chiffres descriptifs sur les fonds sélectionnés

Le plus gros fonds de notre échantillon gère plus de 600 millions, alors que le plus petit appartient à la catégorie Equity Mid/Small Cap avec plus de 48 millions sous gestion.

Fonds	Période	Jours	Nombre total			Nombre journalier		
			Souscriptions	Rachats	Transactions	Souscriptions	Rachats	Transactions
Fonds 1	2019-2020	431	5812	5022	10 834,00	13,48	11,65	25,14
Fonds 2	2019-2020	187	355	75	430,00	1,90	0,40	2,30
Fonds 3	2001-2017	4114	1616	1848	3 464,00	0,39	0,45	0,84
Fonds 4	2008-2018	2184	968	771	1 739,00	0,44	0,35	0,80

Tableau 3 : Niveau d'activité par fonds

Ce tableau montre que le niveau d'activité sur les fonds est très hétérogène sur la période d'étude, avec un nombre de transactions par jour très important sur certains fonds et très faible sur d'autres. L'analyse de ce tableau montre également que l'activité journalière est ainsi très importante sur les fonds d'actions alors qu'elle est beaucoup plus faible sur les fonds obligataires. Nous remarquons également sur le Tableau 2 que les niveaux d'activité peuvent également varier d'une société de gestion à l'autre comme on peut le constater avec les fonds 1 et 2.

3. L'intérêt d'une approche désagrégée ou agrégée pour l'analyse des données

Pour chacun des fonds, nous avons accès à plusieurs informations : l'ensemble des mouvements d'achats ou de ventes effectués ; le nombre de parts concernées ; la valeur liquidative du fonds correspondant et la date de l'opération. Généralement, chaque société de gestion classe l'ensemble de ses clients en différents groupes. Mais, dans notre cas, les données répondent à certains niveaux de similarité étant donné qu'elles sont mutualisées sur la même plateforme Risk-Radar. En effet, la plupart des fonds sous Risk-Radar et pas qu'eux, sont classifiés par parts. Cette classification nous a amené à définir 4 types d'investisseurs, allant des institutionnels (en général il s'agit de la *Part I*) au grand publics (très souvent cela concerne la *Part R* avec R pour « Retails » : détails) en passant par les banques privées ou les conseillers en gestion de patrimoine indépendants. Nous pouvons, ainsi observer de manière agrégée le comportement d'un grand nombre d'investisseurs et donc d'en tirer des conclusions sur leur comportement moyen.

Toutefois, si on veut par exemple, connaitre les durées moyennes de détention, travailler sur les données désagrégées c'est-à-dire l'observation des flux d'investissement au niveau des fonds, peut s'avérer très intéressant. Cette approche désagrégée permet de pouvoir calculer séparément le montant des souscriptions et des rachats. En effet, un fonds peut voir son actif sous gestion rester stable, alors qu'une proportion significative des clients institutionnels est remplacée par des clients grand publics (retails). Cette modification de la structure du passif du fonds n'est observable qu'à partir des flux individuels et impossible à détecter en exploitant les flux agrégés.

Enfin, le traitement statistique des données désagrégées permet également de suivre l'historique d'un client donné au sein d'une même société de gestion. On est ainsi capable de suivre les éventuels arbitrages entre classes d'actifs ou types de fonds d'un client ou d'un groupe de clients donné. Par exemple, une dégradation de la liquidité de marché incite-t-elle certains investisseurs à diminuer leur exposition à ce risque et à investir dans des fonds monétaires ? Là encore, seule une exploitation des données désagrégées permet de répondre à ce type de question. L'accès aux données désagrégées permet également d'aborder les

questions concernant les phénomènes de contagion. Prenons l'exemple de 2 types de clients : les investisseurs institutionnels et les clients grand publics, investissant dans un fonds donné. On peut imaginer que les clients les mieux informés vont réagir rapidement à une dégradation de l'environnement financier et donc diminuer leur risque plus rapidement, notamment en diminuant leurs investissements dans les actifs les plus risqués. Cette réaction préfigure-t-elle des sorties futures de la part des clients grand public. Et quelle anticipation peut-on faire du montant de ces sorties futures ? Ces questions peuvent également être posées au niveau de l'univers d'investissement dans son ensemble ou uniquement pour un fonds donné.

Conclusion

Finalement, l'objectif est d'exploiter les séries temporelles d'achats ou de ventes des différents investisseurs afin d'évaluer les risques liés au caractère ouvert de certains fonds d'investissements. Cependant, la taille des échantillons à traiter peut devenir très vite énorme. Et la généralisation de l'étude à l'ensemble des fonds nous amène à traiter plusieurs milliers de transactions. L'exploitation efficace de ces données nécessite le développement de modèles simples au moins au départ pour les rendre accessibles au plus grand nombre d'acteurs. Une étude généralisée et théorique de ces modèles est présentée dans le prochain chapitre.

Chapitre 2 Généralités sur les séries temporelles

I. Définitions

1. Les modèles simples

a. Le processus autorégressif

Un processus autorégressif est donc un modèle de régression pour séries temporelles dans lequel la série est expliquée par ses valeurs passées plutôt que par d'autres variables :

$$X_t = \sum_{i=1}^{p} \varphi_i \times X_{t-i} + \varepsilon_t$$

Les φ_i sont les paramètres du modèle. De la même façon, on peut réécrire un processus $AR(p)$ avec un polynôme $\phi(z)$ qui multipliera X_t cette fois-ci : $\phi(z)X_t = \varepsilon_t$ avec

$$\phi(z) = 1 - \sum_{i=1}^{p} \varphi_i z^i$$

- Cas particulier d'un $AR(1)$

Le processus autorégressif d'ordre 1 s'écrit :

$$X_t = b + \varphi X_{t-1} + \varepsilon_t$$

Les paramètres φ, b peuvent être estimés par une régression linéaire des points $(X_t, X_{t+1}),\ t = 1, 2, \ldots, T$

Si, on note a, la moyenne des X_t , on obtient par passage à l'espérance que :

$$b = a(1 - \varphi)$$

Le paramètre φ peut être estimé par la formule ci-dessous :

$$\varphi = \frac{cov(X_t, X_{t+1})}{var(X_t)}$$

b. Les moyennes mobiles

Dans le but de prendre en compte les phénomènes de retour à la moyenne, les modèles à moyenne mobile d'ordre $q, MA(q)$ ont été introduits. Dans ce type de modèle, les fluctuations autour de la tendance sont lissées. Seule la tendance dans le long terme est mise en évidence dans cette projection. En effet, si dans le passé, on observe une certaine

tendance dans les données, alors les valeurs futures de la série seront autour de cette tendance (concept de retour à la moyenne) : c'est le principe des moyennes mobiles. Ce type de moyenne statistique est utilisé pour analyser le plus souvent des séries temporelles, en supprimant les fluctuations transitoires de façon à en souligner les tendances à plus long terme

$$X_t = \sum_{i=1}^{q} \theta_i \times \varepsilon_{t-i} + \varepsilon_t$$

Les θ_i sont ici les paramètres du modèle.

2. Les modèles ARMA et ARIMA

Ces résultats ont ensuite été synthétisé dans le modèle $ARMA\ (p, q)$ autorégressif à moyenne mobile d'ordre $p\ et\ q$ ou encore modèle de Box-Jenkins :

$$X_t = \sum_{i=1}^{p} \varphi_i \times X_{t-i} + \varepsilon_t + \sum_{i=1}^{q} \theta_i \times \varepsilon_{t-i} + \varepsilon_t$$

Le dénominateur commun de tous ces modèles est qu'ils sont généralement basés sur l'hypothèse de stationnarité des séries. Cette hypothèse est généralement très peu vérifiée avec des données réelles. Pour étudier ces séries non stationnaires, les modèles ARIMA ont été introduits. Par définition, une moyenne mobile intégrée autorégressive (ARIMA) est donc une généralisation d'une moyenne mobile autorégressif (ARMA) à travers une étape de différenciation initiale (correspondant à la partie « intégrée » du modèle) pouvant être appliquée une ou plusieurs fois pour éliminer la non-stationnarité. La partie AR d'ARIMA indique que la variable d'intérêt évolutive est régressée sur ses propres valeurs antérieures. La partie MA indique que l'erreur de régression est en fait une combinaison linéaire de termes d'erreur dont les valeurs se sont produites simultanément et à divers moments dans le passé. Le I (pour « Intégré ») indique que les valeurs des données ont été remplacées par la différence entre leurs valeurs à un instant et les valeurs précédentes (et ce processus de différenciation peut se faire plus d'une fois). Le but de chacune de ces fonctionnalités est de faire en sorte que le modèle s'adapte le mieux possible aux données. Les modèles ARIMA non saisonniers sont généralement notés $ARIMA\ (\ p\ , d\ , q\ )$ où les paramètres p , d et q sont des entiers non négatifs, p est l'ordre (nombre de décalages temporels) du modèle autorégressif, d est le degré de différenciation (le nombre de fois où les données ont été soustraites des valeurs antérieures), et q est l'ordre du modèle de moyenne mobile.

Dans chacun de ces modèles (AR, MA, ARMA, ARIMA), ε_t est un bruit blanc gaussien au sens fort c'est-à-dire indépendamment et identiquement distribué selon une gaussienne centrée de variance σ constante.

3. Les modèles ARCH et GARCH

Les limites de ces modèles ARMA et ARIMA, notamment dans la bonne estimation des risques pendant les périodes de forte volatilité, nous poussent à améliorer notre modèle. En effet, on constate que la plupart des processus étudiés, ont une variance conditionnelle non constante. Cette propriété qui porte le nom technique d'hétéroscédasticité peut être appréhendée selon la littérature avec de nouveaux modèles comme les modèles $ARCH(p)$ et plus tard $GARCH\ (p,q)$ [Generalized] Auto Regressive Conditionally Heteroscedastic, qui tiendront compte de volatilité de la variance dans les ε_t.

Un modèle $GARCH\ (p,q)$ comporte $p+q+1$ paramètres et est caractérisé par la relation suivante définissant sa variance conditionnellement à l'information passée. Il s'agit d'une variable aléatoire de variance conditionnelle ${\sigma_t}^2$:

$$ {\sigma_t}^2 = k + \sum_{i=1}^{p} \alpha_i \times (\varepsilon_{t-i})^{\ 2} + \sum_{i=1}^{q} \beta_{t-i} \times (\sigma_{t-i})^2 $$

Les $p+q+1$ paramètres du modèle sont : k, $\alpha_1, \dots, \alpha_p, \beta_1, \dots, \beta_q$. Dans la pratique, le modèle le plus populaire est le $GARCH(1,1)$, qui limite à 3 le nombre de paramètres à évaluer.

$$ {\sigma_t}^2 = k + \alpha \times (\varepsilon_{t-1})^{\ 2} + \beta \times (\sigma_{t-1})^2 $$

II. Méthodes d'estimation des séries temporelles

Les modèles AR, MA et ARMA en général peuvent être, après avoir choisi $p\ et\ q$, ajustés par régression des moindres carrés pour trouver les valeurs des paramètres qui minimisent le terme d'erreur. Il est généralement considéré comme une bonne pratique de trouver les plus petites valeurs de p et de q qui fournissent un ajustement acceptable aux données. Pour un modèle AR pur, les équations de Yule-Walker peuvent être utilisées pour fournir un ajustement pertinent.

1. Quelques rappels utiles

a. Définition d'un processus causal

Un processus est dit causal s'il existe une suite $\{a_i\}$ réelle telle que$\sum_{i=0}^{\infty} |a_i| < \infty$ et que

$$X_t = \sum_{i=0}^{\infty} a_i \varepsilon_{t-i}$$

b. *Définition d'un processus inversible*

Un processus est dit inversible s'il existe une suite $\{b_i\}$ réelle telle que$\sum_{i=0}^{\infty}|b_i| < \infty$ et que

$$\varepsilon_t = \sum_{i=0}^{\infty} b_i X_{t-i}$$

c. *Théorème*

Un processus autorégressif $AR(p)$ est causal et stationnaire si et seulement si son polynôme $\phi(z)$ est tel que $\phi(z) \neq 0$ avec $z \in \mathbb{C}$ tel que $|z| \leq 1$.

En d'autres mots, toutes les racines de $\phi(z)$ sont de norme plus grande que 1. Ce théorème se retrouve dans le livre de Brockwell et Davis. La démonstration y est aussi présente.

d. *Définition de la fonction d'autocorrélation*

La fonction d'autocorrélation d'un processus X_t se définit à l'aide de l'égalité suivante :

$$\rho^X(h) = \frac{r^X(h)}{r^X(0)}$$

Où $r^X(h)$ est la fonction d'autocovariance définie par :

$$r^X(h) = Cov(X_t, X_{t+h})$$

Cependant, on ne connait généralement pas $r^X(h)$. On devra donc l'estimer à partir de l'autocovariance empirique notée $\hat{r}^X(h)$ Si on note T, le nombre d'observations de l'échantillon et par $\bar{X}_T$, la moyenne empirique. L'autocovariance empirique est alors définie par :

$$\hat{r}^X(h) = \begin{cases} \frac{1}{T-h}\sum_{t=1}^{T-h}(X_t - \bar{X}_T)(X_{t+h} - \bar{X}_T) & , si\ 0 < h < T \\ 0 & , Sinon \end{cases}$$

Et donc l'autocorrélation empirique se définie par :

$$\hat{\rho}^X(h) = \frac{\hat{r}^X(h)}{\hat{r}^X(0)}$$

e. *Définition d'autocorrélation partielle d'un processus $AR(p)$*

L'idée est donc de définir une nouvelle fonction d'autocorrélation (appelée autocorrélation partielle (PACF)) qui calcule la corrélation entre X_t et X_{t+h} en ne tenant pas compte de l'influence linéaire des valeurs $X_{t+1}, X_{t+2}, \dots, X_{t+h-1}$. On note l'autocorrélation partielle $\alpha^X(h)$.

- Remarque

Il est possible de démontrer que :

$$\alpha^X(h) = 0$$

$$\alpha^X(1) = \rho^X(1)$$

Par exemple, $\alpha^X(-2)$ est l'autocorrélation entre X_{t+1} et X_{t-2} sans l'influence de X_{t-1}.

Avec cette nouvelle formulation, on peut caractériser un processus autorégressif : si $\{X_t\} \sim AR(p)$, alors $\alpha^X(h) = 0$ pour tout $h > p$.

2. Méthodes d'estimation des paramètres

Dans cette section, nous commenceront par introduire les équations de Yule-Walker qui permettent d'estimer les paramètres d'un modèle autorégressif. Puis, nous présenterons la méthode du maximum de vraisemblance avec des critères nous permettant de choisir l'ordre d'un modèle AR, MA ou d'un modèle ARMA.

a. *Équations de Yule-Walker liée au processus autorégressif*

Soit $X_t \sim AR(p)$, un processus autorégressif d'ordre p, stationnaire et causal, de moyenne nulle définit par :

$$X_t = \sum_{i=1}^{p} \varphi_i \times X_{t-i} + \varepsilon_t$$

L'idée de l'estimateur de Yule-Walker est de trouver des équations reliant les paramètres φ_i et l'autocovariance utilisant l'hypothèse de processus causal. En multipliant la première équation par X_{t-h} et en prenant l'espérance des 2 côtés de l'équation. On obtient

$$r^X(h) = \mathbb{E}\left(\sum_{i=1}^{p} \varphi_i \times X_{t-i} \times X_{t-h} \ + \varepsilon_t \times X_{t-h}\right)$$

$$r^X(h) = \sum_{i=1}^{p} \varphi_i \mathbb{E}(X_{t-i}X_{t-h}\ ) + \mathbb{E}(\ \varepsilon_t X_{t-h})$$

$$r^X(h) = \sum_{i=1}^{p} \varphi_i r^X(i-h) + \mathbb{E}(\ \varepsilon_t X_{t-h})$$

Le processus X_t étant causal, on a par définition,

$$X_{t-h} = \sum_{i=0}^{\infty} a_i \varepsilon_{t-i-h}$$

En multipliant par ε_t et par passage à l'espérance mathématique, on a :

$$\mathbb{E}(\ \varepsilon_t X_{t-h}) = \sum_{i=0}^{\infty} a_i \mathbb{E}(\varepsilon_t \varepsilon_{t-i-h})$$

Pour $h = 0$,

$$\mathbb{E}(\varepsilon_t \varepsilon_{t-i}) = \begin{cases} {\sigma_\varepsilon}^2 \ , si\ i = 0 \\ 0\ ,\ \ sinon \end{cases}$$

Pour $h\ >\ 0$, on aura toujours que $\mathbb{E}(\varepsilon_t \varepsilon_{t-i-h}) = 0$, car ε_t est un bruit blanc gaussien de moyenne nulle de variance ${\sigma_\varepsilon}^2$.

On obtient donc le système d'équations suivant :

$$r^X(h) = \begin{cases} \sum_{i=1}^{p} \varphi_i r^X(i-h)\ , & si\ h = 1, \dots, p \\ \sum_{i=1}^{p} \varphi_i r^X(i-h) + {\sigma_\varepsilon}^2\ , & si\ h = 0 \end{cases}$$

On a ainsi un système d'équations à résoudre avec p équations. Si l'on note par $r^X(p)$, le vecteur $\begin{pmatrix} r^X(1) \\ \vdots \\ r^X(p) \end{pmatrix}$ et par φ_p, le vecteur $\begin{pmatrix} \varphi_1 \\ \vdots \\ \varphi_p \end{pmatrix}$, en utilisant la matrice suivante :

$$R_p^X = \begin{pmatrix} r^X(0) & \cdots & r^X(p-1) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r^X(p-1) & \dots & r^X(0) \end{pmatrix}$$

Le système se réécrit alors $\begin{cases} r^X(h) = R_p^X \varphi_p \\ r^X(0) = \varphi_p{}' r^X(p) + \sigma_\varepsilon{}^2 \end{cases}$ avec $\varphi_p{}'$ la transposée du vecteur φ_p

Ces équations sont les équations de Yule-Walker. Elles créent un lien entre les paramètres φ_p du modèle et la fonction d'autocovariance. Afin d'estimer le vecteur de paramètres φ_p, nous utilisons la fonction d'autocovariance empirique $\hat{r}^X(h)$ définie plus haut comme estimateur de $r^X(h)$. On a donc un système d'équations qui permettra d'estimer le vecteur φ_p. Le système se réécrit de la façon suivante :

$$\begin{cases} \hat{r}^X(h) = \hat{R}_p^X \hat{\varphi}_p \\ \hat{r}^X(0) = \hat{\varphi}_p{}' \hat{r}^X(p) + \sigma_\varepsilon{}^2 \end{cases}$$

Remarque sur la normalité : On a que $\sqrt{T}\left(\hat{\varphi}_p - \varphi_p\right) \xrightarrow{\mathcal{L}} N\left(0, \sigma_\varepsilon{}^2 \left(R_p^X\right)^{-1}\right)$ (Normalité asymptotique)

b. Maximum de vraisemblance

En statistique, l'une des méthodes les plus utilisées pour l'estimation de paramètres est celle du maximum de vraisemblance après celle des moindres carrés.

Soit l'échantillon $\{X_1, X_2, \dots, X_T\}$, la vraisemblance quantifie la probabilité que ces observations proviennent d'une loi paramétrique, par exemple une loi normale. La vraisemblance correspond donc au produit des fonctions de densité des X_i . On peut montrer que la vraisemblance, sous l'hypothèse de normalité, est donnée par l'expression :

$$\mathcal{L}(R_T^X) \;=\; (2\pi)^{\frac{T}{2}} \; |det(R_T^X)|^{\frac{1}{2}} \; e^{\frac{1}{2} X_T' \left(R_T^X\right)^{-1} X_T}$$

Où R_T^X est la matrice de covariance dont l'élément (i, j) est donné par $r^X(|i-j|)$. On écrit la vraisemblance en fonction des paramètres φ_i du processus autorégressif, et $\sigma_\varepsilon{}^2$ et on maximise la vraisemblance par rapport à ces paramètres. Cette méthode peut être utilisée pour n'importe quel modèle (AR, MA, ARMA …) tandis que les équations de Yule-Walker sont plus reconnues pour les processus autorégressifs du fait de la linéarité des équations. Si la série est stationnaire, causale et inversible, ces estimateurs auront la

propriété d'être asymptotiquement normaux. La plupart des logiciels de statistique utilisent des algorithmes itératifs pour calculer ces estimateurs.

Nous avons vu jusqu'à maintenant que les fonctions d'autocorrélation et d'autocorrélation partielle nous permettent de déterminer l'ordre du modèle autorégressif ou d'une moyenne mobile. Maintenant, l'idée est de créer des critères statistiques qui choisiront l'ordre du modèle.

3. Critères de sélection AIC et BIC pour les processus autorégressifs

L'idée du critère AIC est de créer une fonction qui nous permettra de calculer la qualité de l'ajustement. On sait que si le nombre de paramètres augmente, la variance ${\hat{\sigma}_\varepsilon}^2$ diminue. Dans le but de ne pas se retrouver avec une sur-paramétrisation du modèle, on ajoute un facteur qui permettra de faire un compromis entre le nombre de paramètres et la variance minimale. Dans les paragraphes qui suivent, on considère un modèle $AR(p)$ et on calcule ${\hat{\sigma}_\varepsilon}^2$ à l'aide du maximum de vraisemblance pour plusieurs valeurs positives de p. On pourrait aussi utiliser cette méthode pour un modèle $MA(q)$.

Le critère AIC consiste à calculer $AIC(p) = log({\hat{\sigma}_\varepsilon}^2) + 2\frac{p}{T}$. En utilisant ce critère, on remarque que si $\hat{p}$ est le paramètre obtenu de la minimisation et que p est le paramètre du vrai modèle, on a la propriété suivante :

$$\mathbb{P}(\hat{p} \geq p) \longrightarrow 1 \; lorsque \; T \longrightarrow \infty.$$

Le critère a donc tendance à choisir un nombre de paramètres plus grand que celui du vrai modèle, ce qui nous conduit à un plus petit terme d'erreur ${\hat{\sigma}_\varepsilon}^2$.

Si l'on désire avoir un meilleur choix de l'ordre p, il existe le critère BIC qui utilise une plus forte pénalité. Le critère BIC sélectionne le paramètre p qui minimise la quantité suivante :

$$BIC(p) = log({\hat{\sigma}_\varepsilon}^2) + 2\frac{p}{T}\log(T)$$

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons mis en place les différentes notions théoriques relatives aux séries temporelles. Nous avons vu que les équations de Yule-Walker, sont une technique intéressante pour l'estimation des paramètres d'un processus autorégressif et que de façon générale la méthode d'un maximum de vraisemblance permet d'estimer les paramètres des modèles de séries temporelles. Nous avons également abordé l'importance de la mise en

place de différents critères statistiques pour étudier la qualité d'ajustement des modèles. Toutefois ces différents critères ne sont en général pas toujours suffisants pour juger la qualité d'ajustement du modèle. Il est important de procéder à une dernière étape de vérification relative au terme d'erreur. Elle consiste à vérifier si les termes d'erreur se comportent comme un bruit blanc. Il faudrait donc vérifier l'espérance et l'autocorrélation de ces erreurs. Pour ce faire, certaines procédures sont déjà fournies dans le logiciel R. Le test de Ljung-Box peut être utilisé. Si en utilisant ces procédures, on trouve que les erreurs issues de notre série possèdent bien les caractéristiques d'un bruit blanc, notre modèle peut donc être un bon choix pour faire des prédictions.

Ces notions serviront de base dans la mise en place d'un modèle pertinent pour l'étude du comportement des investisseurs.

Chapitre 3 Modélisation du comportement de investisseurs.

Notre but se limite dans ce chapitre à modéliser le nombre de souscriptions et de rachats observés de l'ensemble des clients d'un fonds donné. Il est évidemment possible d'appliquer le modèle aux données issues d'un ensemble de fonds. A titre d'illustration, nous ne discuterons que des résultats obtenus sur des fonds bien identifiés de notre échantillon, en fonction de la stratégie d'investissement suivie et du degré d'exposition au risque de liquidité de marché. Il est également possible d'appliquer cette approche à différents types d'investisseurs, et d'étudier ainsi des effets de causalité dans le comportement de ces investisseurs. Nous ne présentons ici que les résultats obtenus sur l'ensemble des investisseurs du fonds sans distinction de types.

I. Mise en place d'un modèle d'étude du comportement des investisseurs

L'objectif de cette section est de présenter les différentes étapes de la modélisation du comportement des investisseurs dans le cas spécifique des fonds d'investissements. Notre approche consiste dans un premier temps à proposer des modèles simples, puis à rajouter pas à pas des niveaux de complexité en fonction des faits observés. Le but est de développer une méthode standard, en gardant ensuite la possibilité d'utiliser des modèles internes plus sophistiqués. Une telle approche permet d'évaluer à chaque étape l'apport des nouveaux paramètres inclus dans le modèle.

1. Approche statique

a. Le modèle de poisson

Le modèle statistique de comptage le plus simple est le modèle de Poisson. La loi de Poisson, par définition, est une loi de probabilité discrète décrivant le comportement du nombre d'événements qui se produisent dans un intervalle de temps fixé, si ces événements se réalisent avec une fréquence moyenne ou espérance connue, et indépendamment du temps écoulé depuis l'événement précédent. On peut donc supposer que le nombre de souscriptions ou de rachats observés chaque jour, noté N_t , est la réalisation d'une variable aléatoire indépendante et identiquement distribuée (i.i.d) selon une loi de Poisson de paramètre λ. En observant les fonctions de répartition empirique de la loi de poisson et les

fonctions de répartition des souscriptions/rachats estimées[17] par la loi de poisson on remarque qu'il y a effectivement une adéquation des différentes courbes (voir la figure 7 pour le fonds 1). Cela nous conforte dans notre choix de la loi de poisson comme première approche.

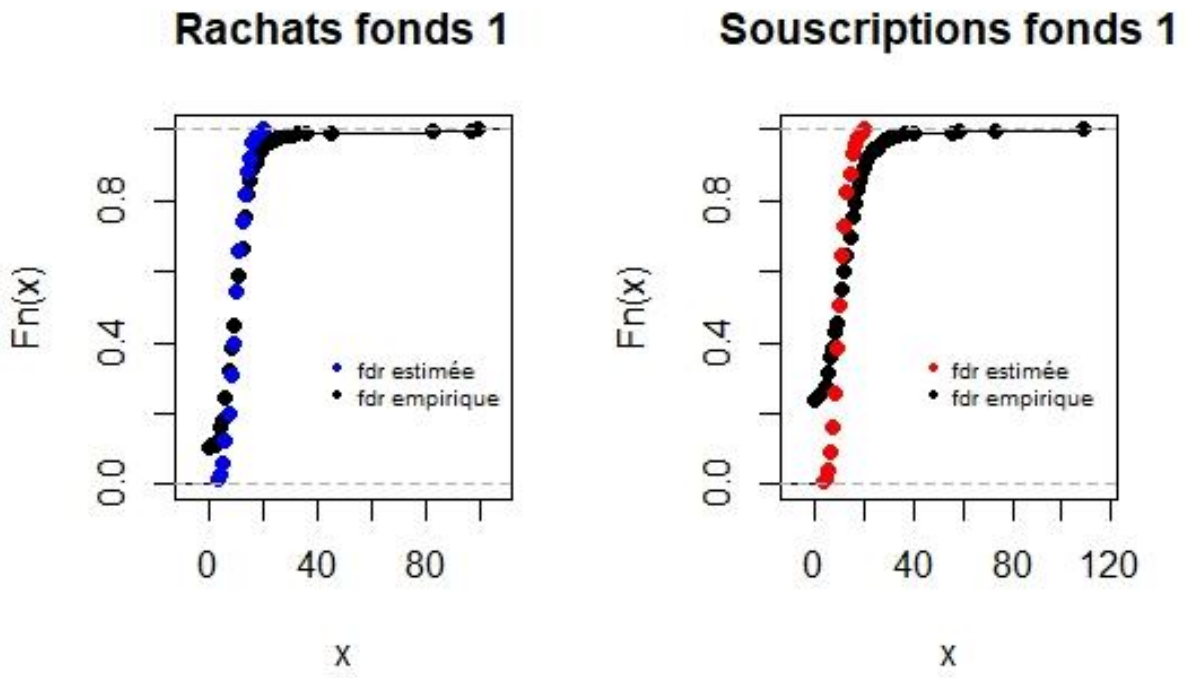


Figure 7 : Fonction de répartition empirique et estimée des séries de souscriptions et de rachats sur le fonds 1

Cependant, en observant les données de transactions de notre fonds on constate une première contradiction avec certaines propriétés théoriques de la loi de Poisson. En effet, la loi de Poisson a la particularité d'avoir une variance égale à sa moyenne. On montre cela facilement par calcul :

[17] Le paramètre de la loi poisson des différentes séries a été estimé par maximum de vraisemblance sous R

Espérance de la loi de poisson

Par définition,

$$\mathbb{E}(N_t) = \sum_{k\geq 0} k\, \mathbb{P}(N_t = k)$$

- $\mathbb{E}(\blacksquare)$ L'espérance mathématique.
- $\mathbb{P}(\blacksquare)$ La probabilité de l'évènement $\{\blacksquare\}$
- k Un entier naturel

Or, $\mathbb{P}(N_t = k) = \frac{\lambda^k}{k!}\, e^{-\lambda}$ donc :

$$\mathbb{E}(N_t) = \sum_{k\geq 0} k\, \frac{\lambda^k}{k!}\, e^{-\lambda}$$

$$\mathbb{E}(N_t) = \lambda \times e^{-\lambda} \sum_{k\geq 1} \frac{\lambda^{k-1}}{(k-1)!}$$

$$\mathbb{E}(N_t) = \lambda \times e^{-\lambda} \times \underbrace{\sum_{k\geq 0} \frac{\lambda^k}{k!}}_{DL\ de\ e^{\lambda}}$$

$$\mathbb{E}(N_t) = \lambda \times e^{-\lambda} \times e^{\lambda}$$

$$\boxed{\mathbb{E}(N_t) = \lambda}$$

Variance de la loi de poisson

On part la formule de la variance ci-dessous :

$$\mathbb{V}(N_t) = \mathbb{E}\left({N_t}^2\right) - \mathbb{E}(N_t)^2$$

- $\mathbb{V}(\blacksquare)$ La variance.

L'astuce consiste à remarquer que par linéarité de l'espérance mathématique :

$$\mathbb{E}\left({N_t}^2\right) = \mathbb{E}[N_t\,(N_t - 1)] + \mathbb{E}(N_t)$$

Par application du théorème de transfert,

$$\mathbb{E}[N_t\,(N_t - 1)] = \sum_{k\geq 0} \left(k(k-1)\frac{\lambda^k}{k!}\, e^{-\lambda} \right)$$

En procédant de la même façon que pour le calcul de l'espérance, on a :

$$\mathbb{E}[N_t\,(N_t - 1)] = \lambda^2 \times e^{-\lambda} \sum_{k\geq 2} \frac{\lambda^{k-2}}{(k-2)!}$$

$$\mathbb{E}[N_t\,(N_t - 1)] = \lambda^2$$

Finalement,

$$\mathbb{V}(N_t) = \mathbb{E}[N_t\,(N_t - 1)] + \mathbb{E}(N_t) - \mathbb{E}(N_t)^2$$

$$\mathbb{V}(N_t) = \lambda^2 + \lambda - \lambda^2$$

$$\boxed{\mathbb{V}(N_t) = \lambda}$$

En effet, on observe empiriquement que la variance du nombre de souscriptions ou de rachats est bien supérieure à sa moyenne comme on peut le constater sur certains fonds de notre échantillon.

	RACHATS		SOUSCRIPTIONS	
	Moyenne	Variance	Moyenne	Variance
FONDS 1	10,67	82,51	10,69	104,86
FONDS 2	0,74	3,67	1,00	2,58
FONDS 3	0,37	1,27	1,41	4,62

Tableau 4 : Moyenne et variance empirique du nombre journalier de souscriptions et de rachats des fonds sélectionnés

Utiliser donc une simple loi de poisson aurait l'inconvénient de mal calibrer la variabilité des séries d'intérêts, et de sous-estimer par exemple la probabilité des scénarios de stress de liquidité. Il est donc essentiel de tenir compte de cela en travaillant avec des modèles permettant de reproduire les caractéristiques empiriques des séries.

Pour contourner ce problème, nous avons opté, en référence aux remarquables travaux de Serges Darolles dans (Serge, 2017) d'utiliser un modèle de Poisson avec sur-dispersion, i.e. les observations sont supposées tirer selon une loi de Poisson dont le paramètre est égal à $\boldsymbol{\lambda F_t}$, où F_t désigne la valeur prise à la date t par un facteur inobservable tiré selon une loi binomiale négative d'espérance 1 et de paramètre γ. Le facteur latent F_t permet de créer de la sur-dispersion (un ouvrage intéressant est cité dans la bibliographie (NORMAN, et al., 1992)).

Ce modèle a l'avantage d'être très simple à estimer, mais il a aussi l'inconvénient d'être purement statique, i.e. la loi de l'observation à une date t ne dépend pas des observations aux dates précédentes. Ceci a une implication directe gênante. La meilleure prévision du nombre de souscriptions ou de rachats à la date suivante est égale à la moyenne des souscriptions ou des rachats, constante dans le temps. Or une étude des séries temporelles correspondantes montre qu'il existe des phénomènes de concentration de souscriptions ou de rachats sur des périodes données.

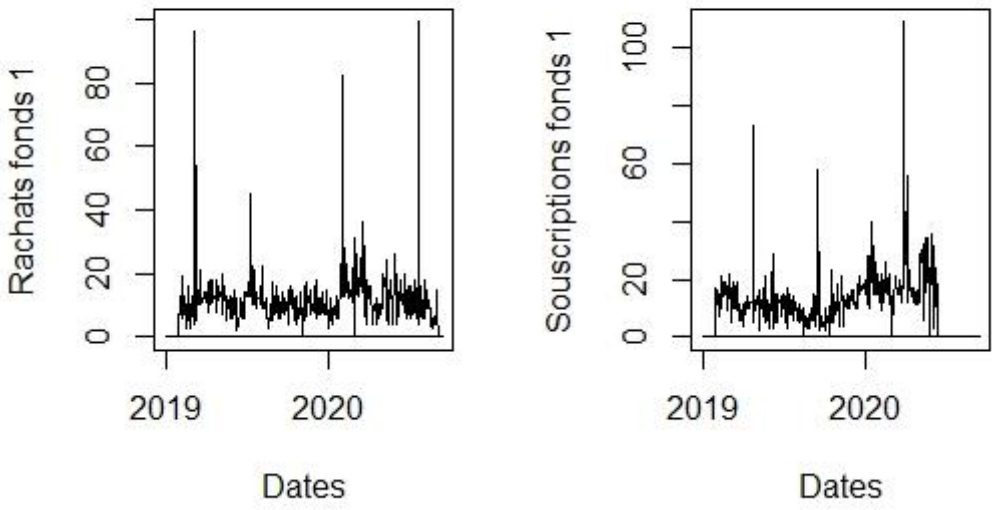


Figure 8 : Evolution du nombre journalier de souscriptions rachats sur le fonds 1

Comme c'est le cas pour la volatilité, une période de forts rachats semble augmenter la probabilité d'observer des rachats importants aux instants suivants. Il y a donc des

phénomènes de persistance dans les souscriptions et les rachats qu'il est impossible de capter à l'aide d'un modèle statique. Il faut donc inclure une composante dynamique dans le modèle.

2. Approche dynamique

a. Le modèle autorégressif généralisé

Historiquement, l'un des premiers modèles statistiques à temps discret introduit pour étudier ce type de phénomène a été le modèle autorégressif d'ordre p, $AR(p)$ dans lequel la valeur d'un processus X_t indexé par le temps t est déduite linéairement des valeurs passées du processus. Le modèle autorégressif généralisé appliqué à la série des rachats ou souscriptions s'écrit comme suit :

$$N_t = \sum_{i=1}^{p} \varphi_i \times N_{t-i} + \varepsilon_t$$

En se basant sur le critère de sélection AIC vu dans le chapitre précédent, nous parvenons à ajuster l'ordre p du processus autorégressif adapté aux series d'intérêts. En effet, en utilisant la fonction[18] $ar()$ du package $\{stats\}$ du logiciel R, on arrive à calibrer assez rapidement le nombre de paramètres de la série des rachats ou des souscriptions. Sur le fonds 1 par exemple, la sortie de fonction $ar()$ ajuste la série des rachats avec un processus autorégressif d'ordre 5 dont les paramètres ci-dessous sont estimés par la méthode Yule-Walker[19].

	$\boldsymbol{\varphi_1}$	$\boldsymbol{\varphi_2}$	$\boldsymbol{\varphi_3}$	$\boldsymbol{\varphi_4}$	$\boldsymbol{\varphi_5}$	$\boldsymbol{\sigma_\varepsilon{}^2}$
COEFFICIENTS DU MODELE GENERAL DES RACHATS FONDS 1 $\boldsymbol{AR(5)}$	0,1789	0,0808	0,0498	0,0743	0,1178	74,24

Tableau 5 : Coefficients estimés par la méthode Yule-Walker du modèle générale de la série des rachats du fonds 1

Toutefois le test de significativité de *Student* montre que ce modèle a des paramètres non significatifs si on fixe le seuil à 5%.

[18] Cf. Les sorties R sont disponibles à l'annexe n°8

[19] Cf. Le chapitre 2 de la partie 3

	φ_1	φ_2	φ_3	φ_4	φ_5	Constante
LA STATISTIQUE	3,742196	1,723580	1,114333	1,643455	2,586893	12,8591
LA P.VALUE	0,000182	0,084784	0,265136	0,100298	0,009685	0,00000

Tableau 6 : Test de significativité de student sur les paramètres du modèle autorégressif généralisé

Nous faisons alors le choix de se limiter dans cette étude à l'inclusion d'un seul retard afin de garder le modèle le plus simple et le plus parcimonieux possible.

b. Le modèle autorégressif univarié

La composante dynamique du modèle autorégressif univarié est incluse en adoptant la philosophie des modèles ARCH, où la volatilité à une date donnée dépend du carré des rendements observés aux dates précédentes. Dans notre cadre, nous proposons de remplacer le paramètre constant de la loi de Poisson λ par un paramètre λ_t qui varie dans le temps selon l'observation précédente de la série temporelle. Le modèle retenu est le suivant :

$$\lambda_t = \lambda_0 + \rho N_{t-1} + \varepsilon_t$$

- Le paramètre λ_0 est une intensité constante et le paramètre additionnel ρ capte la persistance temporelle dans des souscriptions ou des rachats.

Si $\rho > 0$, on observe bien qu'une augmentation du nombre de transactions à la date passée va avoir un impact positif sur l'intensité λ_t , et donc augmenter le nombre moyen de transactions à la date suivante. Ce canal crée de la persistance dans la série temporelle des transactions, à l'image de ce que l'on obtient pour la volatilité à l'aide des modèles ARCH. Et comme on peut le constater ci-dessous sur l'évolution de la série des rachats du fonds 1 , les séries étudies présentes des moments de forte et de faible volatilité.

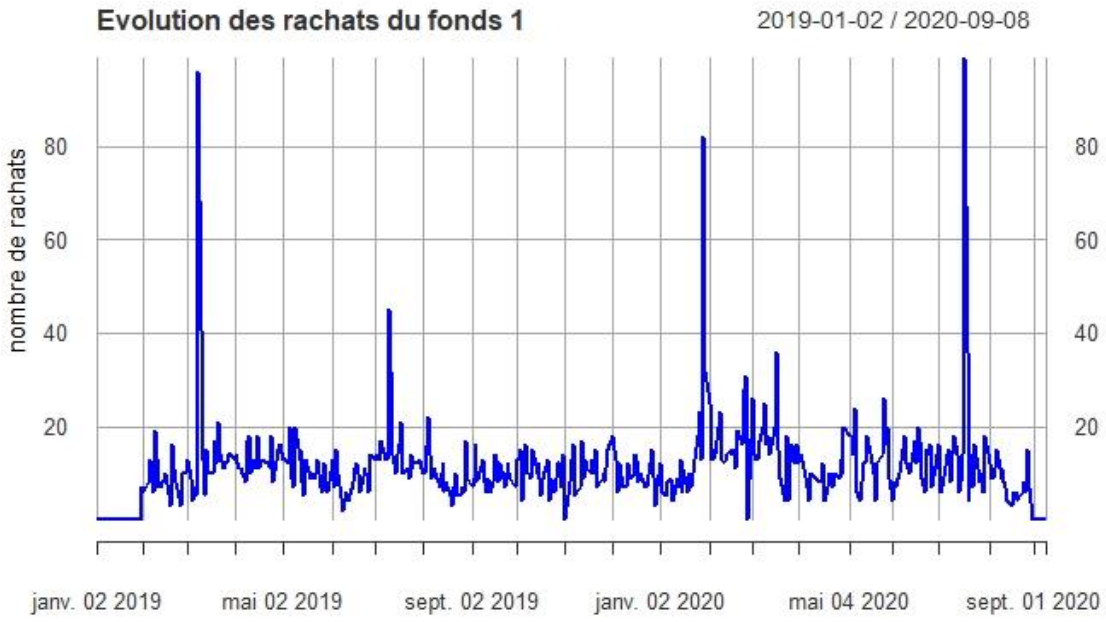


Figure 9 : Evolution de la série temporelle des rachats du fonds 1

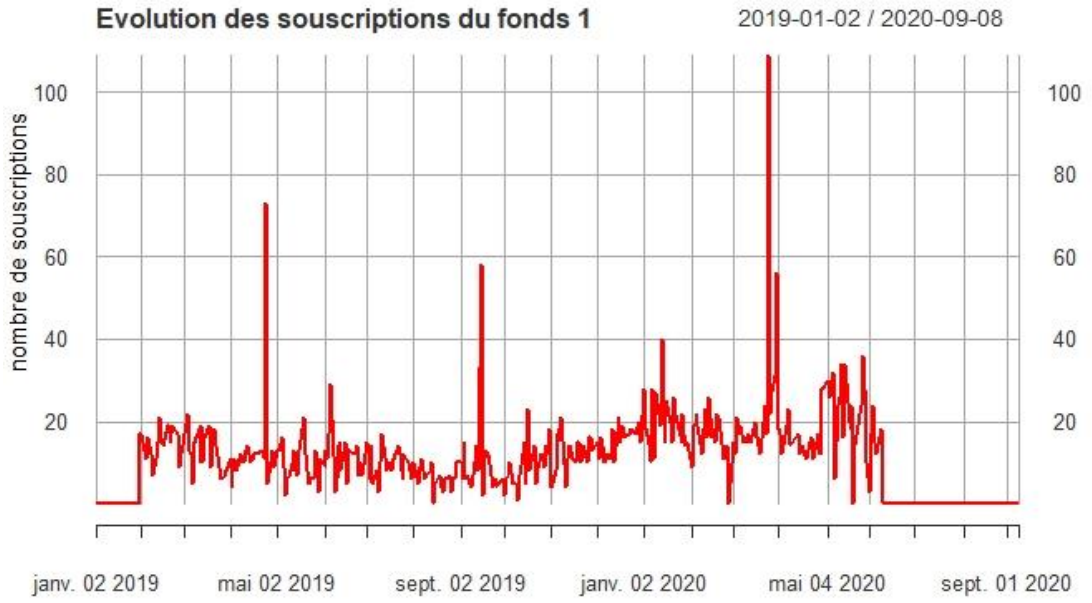


Figure 10 : Evolution de la série temporelle des souscriptions du fonds 1

Dans le cas où $\rho = 0$, on se retrouve dans le cas simple précédemment décrit : le passé n'a pas d'influence sur le nombre de transactions à la date courante. Il est donc très simple d'évaluer s'il y a ou non de la persistance dans les séries observées. Il suffit d'estimer le paramètre ρ et de tester s'il est statistiquement différent de zéro.

	RACHATS FONDS 1			SOUSCRIPTIONS FONDS 1		
	$\boldsymbol{\lambda_0}$	$\boldsymbol{\rho}$	$\boldsymbol{\sigma_\varepsilon{}^2}$	$\boldsymbol{\lambda_0}$	$\boldsymbol{\rho}$	$\boldsymbol{\sigma_\varepsilon{}^2}$
COEFFICIENTS ESTIMES	11,1048	0,2347	76,72	11,0933	0,4705	81,40
ERREURS STANDARDISEES	0,5497	0,0469	–	0,8172	0,0425	–

Tableau 7: Coefficients du modèle univarié AR (1)

	RACHATS FONDS 1		SOUSCRIPTIONS FONDS 1	
	$\boldsymbol{\lambda_0}$	$\boldsymbol{\rho}$	$\boldsymbol{\lambda_0}$	$\boldsymbol{\rho}$
LA STATISTIQUE	20,20328	5,002144	13,5753	11,06254
LA P.VALUE	0,00000	0,000001	0,00000	0,00000

Tableau 8 : Test de significativité de Student sur les paramètres du modèle autorégressif univarié

L'estimation de cette spécification sur les séries de souscriptions et de rachats de notre échantillon montre que pour la grande majorité des fonds, les paramètres de persistance ρ sont significativement différents de zéro.

Par ailleurs, dans le but de vérifier l'hypothèse de normalité des résidus du modèle, nous avons observé le diagramme Quantile-Quantile et la figure ci-dessous nous permet de valider le modèle car il y a effectivement un alignement des points. (Voir annexe n°12 pour les autres fonds.)

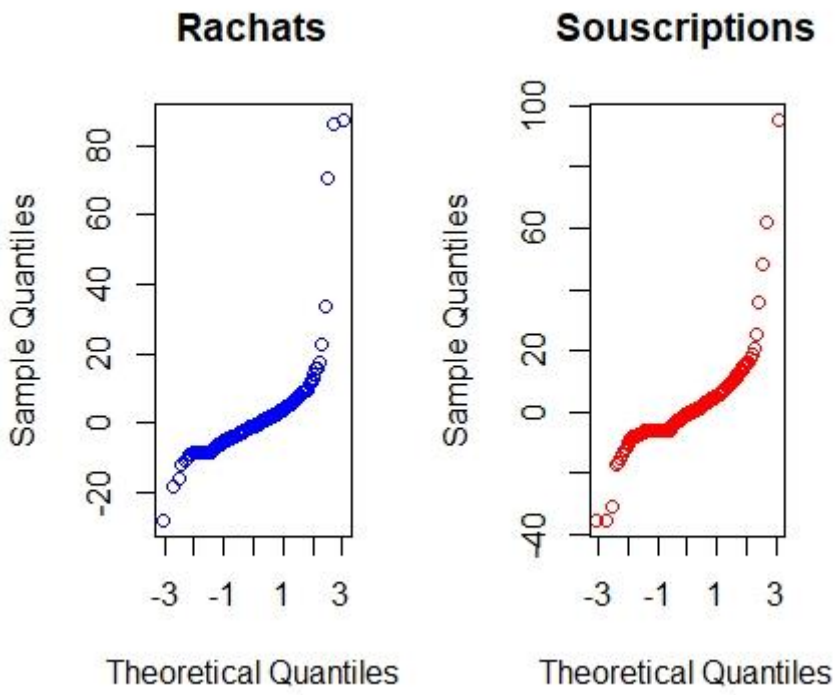


Figure 11 : Diagramme Quantile-Quantile Fonds 1

Finalement, d'un point de vue pratique, l'intérêt de mettre en place un modèle dynamique est de fournir en effet, des prévisions de souscriptions ou de rachats non constantes. Les figures ci-dessous présentent les résultats que nous avons obtenus en juxtaposant le nombre de rachats (resp. de souscriptions) observés sur le fonds 1 et le nombre de rachats (resp. de souscriptions) théorique i.e. obtenus par simulation de notre modèle sur le fonds 1.

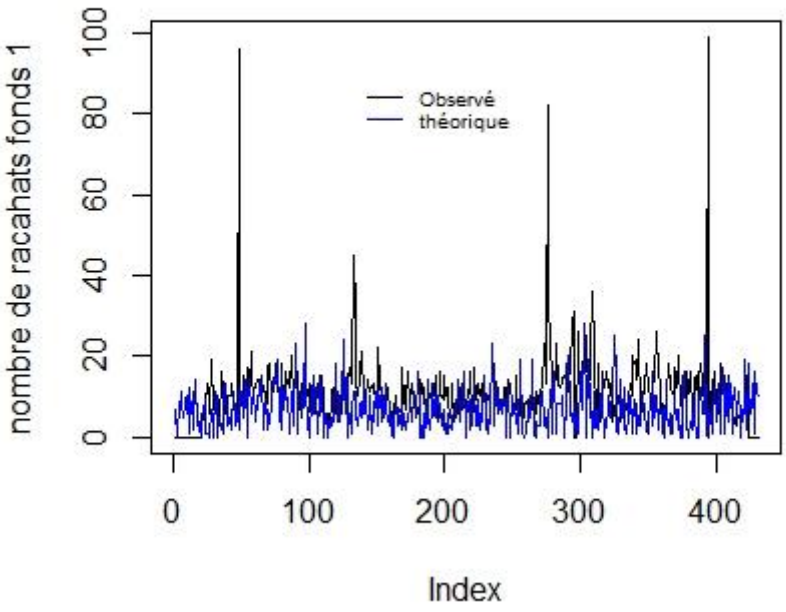


Figure 12 : Comparaison des données simulées et des données observées sur la série des rachats fonds 1

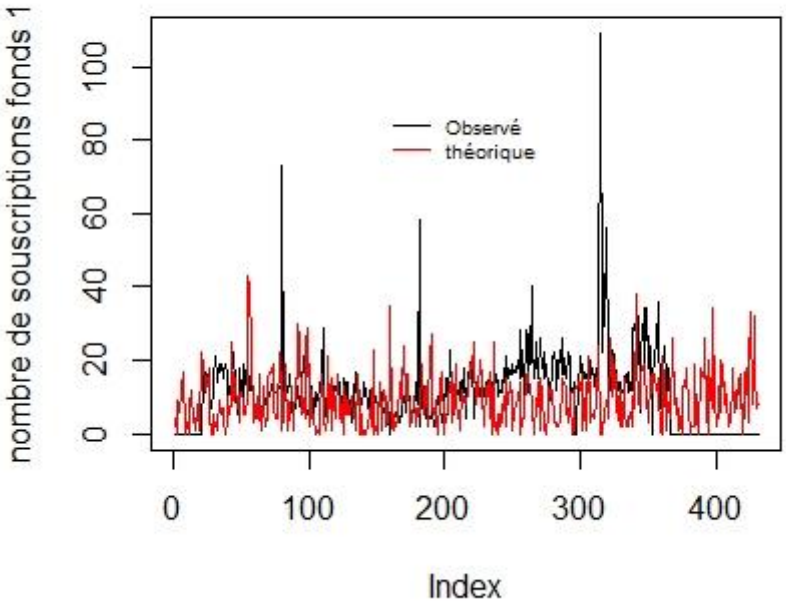


Figure 13 : Comparaison des données simulées et des données observées sur la série des souscriptions fonds 1

Deux conclusions peuvent être tirés de ces résultats. La première est que dès que le paramètre ρ est significatif, la prévision des rachats futurs dépend des rachats courants, et celle des souscriptions futures des souscriptions courantes. La seconde concerne la non-pertinence de notre modèle dans la gestion des « outliers » autrement dit c'est le comportement moyen qui est mieux capté par le modèle mis en place. Nous avons fait le choix de ne pas retirer les valeurs aberrantes pour justement mettre en évidence cette particularité. Ces valeurs aberrantes nécessitent en effet, la mise en place de modèles plus adéquat en général basés sur la théorie des valeurs extrêmes. Ensuite, il convient de souligner également que ces « outliers » peuvent être dus à des effets saisonniers ou à certaines conjectures économiques.

Cette prévision peut naturellement être utilisée par le gérant d'un fonds qui a la possibilité d'anticiper par exemple le nombre de rachat moyen sur le fonds à la date suivante. Il lui est donc possible de commencer à ajuster la taille de son portefeuille afin de pouvoir faire face sans difficulté aux ordres de remboursements de ses clients.

II. Modélisation des effets croisés

1. Le modèle autorégressif avec effets croisés

Dans les approches précédentes, les séries des souscriptions et de rachats sont modélisées séparément grâce à un modèle autorégressif univarié. Le point commun de tous nos précédents modèles est qu'ils ne prenaient en compte uniquement les valeurs passées de la série d'intérêt. Toutefois, nous pouvons complexifier ces modèles en vue de mettre en évidence des effets croisés entre les entrées et les sorties dans un fonds. Dans cette section l'objectif est de s'intéresser à l'existence d'effets croisés entre ces deux séries. Pour cela, nous pouvons étendre l'approche proposée plus haut en incluant de nouveaux paramètres. Nous notons par la suite N_t^{in} le nombre de souscriptions dans un fonds à la date t, et N_t^{out} le nombre de rachats pour le même fonds toujours à la date t. Nous supposons alors que l'intensité des lois de Poisson décrivant les souscriptions à la date t, λ_t^{in} et celle décrivant les rachats λ_t^{out} satisfont les deux équations suivantes :

$$\lambda_t^{in} = \lambda_0^{in} + \rho^{in-in} N_{t-1}^{in} + \rho^{in-out} N_{t-1}^{out} + \varepsilon_t$$

$$\lambda_t^{out} = \lambda_0^{out} + \rho^{out-out} N_{t-1}^{out} + \rho^{out-in} N_{t-1}^{in} + \varepsilon_t$$

Où les deux paramètres ρ^{in-out} et ρ^{out-in} permettent de capturer les dépendances entre les souscriptions (resp. les rachats) à la date t et les rachats (resp. les souscriptions) à la date précédente. Tous les autres paramètres du modèle gardent leurs interprétations précédentes.

2. Interprétation financière du modèle à effets croisés

Il est maintenant possible de discuter de l'interprétation financière des quatre paramètres $\rho^{\cdots-\cdots}$ inclus dans la version la plus générale du modèle. Le premier paramètre ρ^{in-in} peut facilement s'interpréter en termes de réputation. Autrement dit, les souscriptions passées augmentent en moyenne le nombre de souscriptions courantes. Le paramètre $\rho^{out-out}$ capture lui les effets de panique. Les investisseurs, voyant un nombre de sorties importantes se réaliser interprètent cela comme un signal négatif et ont tendance à également sortir du fonds.

Les effets croisés peuvent également être interprétés. Le paramètre ρ^{in-out} mesure la capacité du gérant à stabiliser la taille de son fonds, par exemple en déclenchant des actions commerciales pour compenser par un nombre plus important de souscriptions les sorties passées. Enfin, le dernier paramètre ρ^{out-in} capture lui le comportement des investisseurs qui sortent du fonds à la suite de l'entrée massive d'autres investisseurs. On peut voir cela comme un comportement « contrariant » de certains investisseurs qui quittent le fonds quand de trop bonnes performances attirent un nombre trop important de nouveaux investisseurs. Ils anticipent des problèmes de capacité et une détérioration de la performance du fait de l'accroissement de la taille du fonds.

En termes de gestion du risque de liquidité, la présence d'effets croisés positifs est plutôt bénéfique puisqu'elle a tendance à stabiliser l'actif sous gestion du fonds. Intuitivement, le cas le plus critique correspond à une valeur $\rho^{in-out} \leq 0$, qui signifie moins de souscriptions en moyenne quand les rachats augmentent. Grâce à cette modélisation, on peut séparer en deux, les effets négatifs des sorties passées. Elles peuvent en effet, augmenter les sorties futures ou diminuer les entrées futures. L'analyse empirique permettra de dire lequel des deux effets est le plus important.

3. Analyse et critique des résultats

Nous observerons le tableau des estimations des paramètres de ce dernier modèle pour 2 fonds appartenant à des catégories différentes, et donc avec une exposition variée au risque de liquidité de marché. L'objectif de l'exercice est de comparer les différences dans le comportement de la clientèle de ces fonds en fonction de leur liquidité, alors qu'ils offrent tous une liquidité journalière. Les paramètres statistiquement significatifs à 10% (resp. 5%, 1%) sont indiqués dans le tableau par $*$ (resp. $**$; $***$).

	λ_0^{in}	λ_0^{out}	ρ^{in-in}	ρ^{in-out}	ρ^{out-in}	$\rho^{out-out}$
FONDS 1 / ACTIONS	10,3507***	9,9924***	0,4628***	0,0672	0,1001**	0,2171***
FONDS 3 / OBLIGATIONS	0,9978***	0,7393***	0,2930***	0,0076	0,0028	0,0577

Tableau 9 : Estimations des paramètres du modèles à effets croisées pour les fonds 1 et 3

On constate que plus on augmente l'exposition au risque de liquidité du fonds, plus la valeur des paramètres diminue. On observe donc en moyenne beaucoup moins de mouvements sur les fonds dont l'actif est illiquide par exemple les fonds obligataires. Si l'on se concentre maintenant sur le risque lié aux effets de panique, il faut faire un focus sur la colonne $out - out$ reprenant les estimateurs des $\rho^{out-out}$ pour les deux fonds. On observe que ce paramètre est significatif pour le premier fonds, moins exposé au risque de liquidité de marché, alors qu'il devient non significatif pour le dernier. Il semble donc que les clients prennent en compte dans leur comportement d'investisseur la difficulté que peut rencontrer le gérant dans la gestion de la liquidité offerte. Un client d'un fonds obligataire va moins réagir aux sorties des autres investisseurs que le client d'un fonds liquide. La première conclusion de cette étude est donc que les clients des fonds intègrent bien la dimension liée à la liquidité des titres dans leur politique d'investissement.

Si l'on s'intéresse maintenant aux effets croisés entre les souscriptions et les rachats, on observe que ces effets sont significativement différents de zéro et positifs pour le fonds le plus liquides. Ils jouent donc un rôle stabilisateur et en particulier compensent les sorties passées par un nombre plus important de nouvelles entrées. Ce mécanisme stabilisateur n'existe en revanche pas pour le fonds le plus exposé au risque de liquidité.

Conclusion

L'étude du comportement des investisseurs présente deux intérêts majeurs. Elle permet au gérant d'actif d'avoir une vision globale du dynamisme futur de son passif. Et sa simplicité d'implémentation permet d'étendre le modèle à des données désagrégés si la structure des données le permet. Nous tenons cependant à le rappeler, une simple estimation du nombre de sorties ou d'entrées futures pour un fonds donné reste très insuffisant pour un pilotage

optimal de l'activité de gestion du fonds. En effet, il faut aussi tenir compte de la pondération du passif du fonds. D'où l'importance de travailler sur des données désagrégées et segmentées par types d'investisseurs à condition de disposer bien évidemment de données suffisamment ventilées. Par exemple, on peut traiter la série des rachats / souscriptions de la part I liés aux investisseurs institutionnels séparément de la série des rachats / souscriptions de la part R. On peut même aller plus loin, en étudiant par exemple la série des rachats / souscriptions des 5 plus gros (au sens du capital investit) investisseurs du fonds. En effet, à titre purement illustratif, 100 ordres de rachats initiés par des investisseurs institutionnels n'ont rien à voir en termes de liquidité avec 100 ordres de rachats initiés par des particuliers. Ces derniers sont plus susceptibles de réagir à la mauvaise performance et aux effets de contagions contrairement aux investisseurs institutionnels qui eux sont plus investis sur long terme et donc techniquement moins sensibles à ces effets. Enfin, la connaissance du nombre de rachats ou de souscriptions futures aussi précis soit-elle vis-à-vis du type d'investisseurs et de la classe d'actifs, ne suffit pas pour piloter convenablement le fonds relativement au risque de liquidité. Il faut tenir compte aussi de l'estimation du montant de ces rachats ou souscriptions futures qui nécessite la mise place de modèles plus avancés comme les modèles composés à l'instar de ce qui est fait en assurance.

Conclusion générale

Mesurer finement la liquidité obligataire apparait au terme de notre mémoire comme une nécessité pour les agents économiques. Les spécificités du marché obligataire rendent inefficace comme nous avons vu, l'utilisation de mesures calquées sur le marché des actions. L'un des principaux objectifs de ce mémoire est de justement proposer à l'ensemble des acteurs du milieu de la gestion d'actifs des mesures de liquidité obligataire intéressantes du point de vue pratique, afin d'accroitre la maitrise du risque de liquidité obligataire. Notre analyse des mesures de liquidités existantes nous a permis d'aboutir aux résultats suivants. Les mesures de *spreads* sont particulièrement robustes pour capter la composante width, notamment les *spreads* basés sur des prix exécutables, jugés de meilleure qualité que celles construites à partir de prix indicatifs. En particulier, la mesure inter quartile semble se distinguer de la plupart des mesures de ce type. Et nous pensons qu'elle peut être une mesure robuste pour mesurer l'étroitesse de la liquidité des obligations d'entreprises du fait des nombreux avantages qu'elle présente. Par ailleurs, l'étude des mesures zéro-return, mesurant la proportion de jours sans échanges pour une obligation donnée, donne également de bons résultats quant à l'appréhension du coût des transactions, en particulier pour les obligations les moins liquides. Enfin, les mesures d'impact-prix apparaissent particulièrement adaptées à l'analyse de l'évolution de la liquidité dans le temps. Toutefois, comme nous avons pu le remarquer, la plupart des mesures de liquidité s'intéressent à une composante spécifique de la liquidité. La mise en place d'une mesure unique intégrant tous les aspects de la liquidité, est une approche difficile et périlleuse.

Par ailleurs, toujours dans notre objectif d'accompagner au mieux le gérant d'actif dans la maitrise du risque liquidité à l'actif comme au passif, nous avons porté un regard particulier sur le comportement des clients des fonds d'investissements aussi finement que les données le permettaient. Cela nous a permis de dégager un certain nombre de résultats nouveaux. Dans un premier temps, nous avons pu mesurer quelle était la difficulté de constituer une base de données unique à partir de l'information obtenue auprès de différentes sociétés de gestion sur Risk Radar. Les particularités des systèmes de distribution font qu'il est très difficile de caractériser le client final, et donc de constituer des groupes homogènes de clients (via par exemple des modèles de classification ACP, CART etc.) afin d'en étudier le comportement. Nous avons ensuite développé des modèles relativement simples et facilement estimables pour étudier le comportement des investisseurs. Ces modèles exploitent clairement qu'une infime partie de l'information contenue dans les données. Cependant, ils permettent de tirer un certain nombre de conclusions sur le comportement des investisseurs en fonction de la liquidité du fonds dans lequel ils placent leurs argents. Ils permettent également d'évaluer le décalage entre le niveau de liquidité du portefeuille et la liquidité effectivement demandée par les clients du fonds. Nous ne sommes

évidemment qu'au début des analyses statistiques du comportement des investisseurs. On pourrait sûrement améliorer les capacités de prédiction des modèles en regardant par exemple les corrélations entre les comportements de différents types d'investisseurs (institutionnels et grand public). Le fait de travailler sur des échantillons de données beaucoup plus larges permettrait également d'améliorer la qualité des résultats, et d'utiliser des modèles beaucoup plus complexes. Nous pensons, cependant qu'avant d'aller plus loin dans la modélisation, il est important de participer à l'éducation des acteurs du monde de la gestion d'actifs via des ateliers et de commencer à bien expliquer ce qu'apporte une meilleure connaissance statistique du comportement des clients d'un fonds. Nous pensons également qu'avec l'émergence des fintechs, il peut être très intéressant de mettre en place un outil de gestion de risque basé sur une plateforme de big data, pour apporter aux gérants, aux commerciaux et aux équipes des risques, une connaissance en temps réel des probabilités de rachats au passif, leur permettant ainsi de simuler différents scénarios de stress de liquidité tout en intégrant des chocs sur la structure du passif.

Bibliographie

Articles

[1] AFG, « Rapport d'activité 2019 ».

[5] O. Guéant, B. Jean-Michel, B. Stéphane et P. Jiang, « MESURER LA LIQUIDITÉ SUR LE MARCHÉ DES OBLIGATIONS D'ENTREPRISES, » 2019.

[14] AMF, « UTILISATION DES STRESS-TESTS DANS LE CADRE DE LA GESTION DES RISQUES : Guide pédagogique pour les sociétés de gestion de portefeuille, » 2017.

[15] D. Serge, « RISQUE DE LIQUIDITÉ ET COMPORTEMENTS DES INVESTISSEURS : ENJEUX, DONNEES ET MODELISATION, » Revue du Conseil scientifique AMF, Paris, 2017.

[17] Association Française de la Gestion financière (AFG), « Les outils de gestion du risque de liquidité dans les fonds ouverts, » 2020.

[19] J.P.Morgan & Reuters, « RiskMetrics—Technical Document, » 1996.

Publications et recherches

[2] K. Nikolaou, « Liquidity (Risk) Concepts—Definitions and Interactions, » 2009.

[3] S. Gallon, K. Benhami, A. Demartini, L. Grillet-Aubert, N. Mosson, C. Séverine et V. Muriel, « CARTOGRAPHIE 2020 DES MARCHÉS ET DES RISQUES » 2020.

[4] I. Azzouzi et P. Madiès, « Les risques de liquidité bancaire : définitions, interactions et réglementation, » 2012.

[6] A. Viral et P. Lasse Heje, « Asset pricing with liquidity risk, » Journal of Financial Economics, pp. 375-410, 2005.

[7] B. Jack, P. Jun et W. Jiang, « The illiquidity of corporate bonds, » The Journal of Finance, pp. 911-946, 2011.

[8] R. Richard, « A simple implicit measure of the effective bid-ask spread in an e-client market, » The Journal of Finance, pp. 1127-1139, 1984.

[9] H. Jean, J.-Z. Huang et W. Yuan, « Liquidity effects in corporate bond spreads, » J ournal of Banking & Finance, vol. 45, pp. 105-116, 2014.

[10] F. Thierry, P. Marco et R. Ailsa, « Market liquidity : theory, evidence, and policy, » Oxford University Press, 2013.

[11] C. Shane et S. Paul, « A simple way to estimate bid-ask spreads from daily high and low prices, » The Journal of Finance, pp. 719-760, 2012.

[12] M. Parkinson, « The Extreme Value Method for Estimating the Variance of the Rate of Return, » Journal of Business, 1980.

[13] D. Lesmond, J. Ogden et C. Trzcinka, « A new estimate of transaction costs, » The Review of Financial Studies, pp. 1113-1141, 1999.

[16] J. L. NORMAN, S. KOTZ et A. W. KEMP, « Univariate Discrete Distribution, » Second Edition, New York, 1992.

[18] A. SIDIBE et Broma, « La liquidité des obligations d'entreprises : Effet du score ESG, » 2019.

[21] A. Yakov, « Illiquidity and stock returns : cross-section and time-series effects, » Journal of Financial markets, pp. 31 - 56, 2002.

[22] S. Heck, D. Margaritis et A. Muller, « Liquidity patterns in the US corporate bond market, » 2016.

Thèses et mémoires

[20] A. LEIGNEL, « L'évolution de la gestion du risque de liquidité sur les marchés depuis 2008, » 2012.

Supports de cours

[23] S. Fortier, « Les modèles MA, AR et ARMA multidimensionnels : estimation et causalité ».

Abréviations

ACP	Analyse en Composantes Principales
AFG	Association Française de Gestion
AIC	Critère d'Information d'Akaike
AMF	Autorité des Marchés Financiers
AR	Auto Regressive
ARCH	Auto Regressive Conditionally Heteroscedastic
AUM	Assets Under Management
BIC	Critère d'Information Bayésien
CART	Classification And Regression Trees
CBBT	Composite Bloomberg Bond Trader
D2D	Dealers to Dealers
ESMA	European Securities and Markets Authority
FIA	Fonds d'Investissements Alternatifs
GARCH	Generalized Auto Regressive Conditionally Heteroscedastic
GARP	Growth at reasonable price
HTM	Hold To Maturity
LCR	Liquidity Coverage Ratio
MA	Mobile Average ou Moyenne Mobile
MD2C	Multi-Dealer-to-Client
MIF	Marché des Instruments Financiers
MiFID	Markets in Financial Instruments Directive
MIFIR	Markets in Financial Instruments Regulation
NFCR	Net Stable Funding Ratio
OICV	Organisation Internationale des Commissions de Valeurs
OPCVM	Organismes de Placement Collectives à Valeurs Mobilières
OTC	Over The Counter
PME	Petites et Moyennes Entreprises
SGP	Société de Gestion de Portefeuille
TRACE	Trade Reporting and Compliance Engine
VaR	Value at Risk
VL	Valeur Liquidative

Annexes

Annexe n° 1 – Quelques chiffres sur les encours des OPC européennes 82

Annexe n° 2 – Quelques chiffres sur les encours du marché obligataire français 83

Annexe n° 3 - Composition du LCR 85

Annexe n° 4 - Composition du NSFR 90

Annexe n° 5 – Estimation des paramètres dans la mesure de CORWIN et SCHULT avec une formule fermée 93

Annexe n° 6 - Estimation par maximum de vraisemblance des paramètres dans le modèle LOT 95

Annexe n° 7 – Evolution du nombre de souscriptions et de rachats des fonds 2 et 3 97

Annexe n° 8 – Sorties du logiciels R pour le modèle général de la série des rachats du fonds 1 98

Annexe n° 9 – Sorties du logiciels R pour le modèle autorégressif univarié du fonds 1 99

Annexe n° 10 – Sorties du logiciels R pour le modèle à effets croisés du fonds 1 100

Annexe n° 11 – Adéquation de la fonction répartition d'une loi Poisson avec celle des fonds 2 et 3 101

Annexe n° 12 – Diagramme Quantile-Quantile des différents fonds 102

Annexe n° 1 – Quelques chiffres sur les encours des OPC européennes

Situation quotidienne des OPC au '30/09/2019'

Situation des OPC

Famille	Typologie de véhicule	Gamme	Ensemble des OPC		Dont non offerts au public (dédiés)		Dont nourriciers	
			Encours (M€)	Nb Prod	Encours (M€)	Nb Prod	Encours (M€)	Nb Prod
OPCVM	OPCVM	OPCVM	806 583,28	2 980	214,53	6	28 439,49	272
FIA	Fonds ouverts à des investisseurs non professionnels	Fonds d'investissement à vocation générale	333 685,03	2 363	204 290,91	1 278	10 384,28	113
		FCPR	859,47	56	0,97	1		
		FCPI	10 104,09	278				
		FIP	2 954,48	373				
		OPCI	20 165,31	36	2 420,69	10		
		SCPI	38 544,30	114				
		Fonds de fonds alternatifs	814,97	13	480,27	2		
	Fonds ouverts à des investisseurs professionnels	Fonds professionnel à vocation générale	5 835,75	42	3 038,79	22		
		OPCI professionnel	50 813,48	377	36 919,36	255		
		Fonds professionnel spécialisé	115 373,71	782	29 903,82	173	5 536,05	24
		Fonds professionnel de capital investissement	59 478,99	974	647,71	7	1 878,07	31
	Fonds d'épargne salariale	Fonds d'épargne salariale	137 582,75	1 713			27 027,29	340
Attente Affectation	-	-	311,73	19			108,56	1
Total			1 583 107,33	10 120	277 917,04	1 754	73 373,74	781

Figure 14 Source AMF base de données GECO

Annexe n° 2 – Quelques chiffres sur les encours du marché obligataire français

BANK FOR INTERNATIONAL SETTLEMENTS

Table C3

France

Debt securities issues and amounts outstanding, in billions of US dollars [1]

France	Amount outstanding	Net flows	Amount outstanding	Gross issuance	Net flows	Amount outstanding	
						Total	Of which: Up to and including one year
	Q1 20	Q2 20	Q2 20	Q3 20	Q3 20	Q3 20	Q3 20
Resident issuers							
Total debt securities	4,655.2	321.9	5,076.7				
Financial corporations	1,645.0	56.7	1,734.0				
Non-financial corporations	701.1	62.6	777.5				
General government	2,309.1	202.7	2,565.2				
Domestic debt securities							
Financial corporations							
Short-term							
Long-term							
Non-financial corporations							
Short-term							
Long-term							
General government							
Short-term							
Long-term							
International debt securities	1,364.4	41.9	1,428.1	95.1	-15.8	1,459.5	263.0
Banks	616.7	3.5	629.4	32.1	-23.2	625.1	106.0
By currency							
Local currency	344.9	1.3	353.8	12.3	-11.2	358.7	64.1
US dollar	177.5	1.2	178.7	10.6	-5.6	173.0	23.6
Euro	...	...	...	...	...	...	...
Other foreign currencies	94.3	1.0	96.9	9.2	-6.4	93.4	18.2
By original maturity							
Short-term	36.8	4.9	41.9	14.2	-14.1	29.2	29.2
Long-term	579.9	-1.4	587.5	18.0	-9.2	595.9	76.8
By interest rate type							
Fixed	536.1	11.0	555.2	31.0	-16.1	555.9	91.0
Other	80.6	-7.5	74.3	1.1	-7.1	69.2	14.9
Other financial corporations	357.6	32.9	396.6	42.5	2.7	412.5	95.9
By currency							
Local currency	248.4	9.0	263.1	10.1	4.9	280.0	31.6
US dollar	83.3	19.2	102.4	23.9	-2.5	99.9	50.3
Euro							
Other foreign currencies	25.9	4.8	31.1	8.5	0.3	32.6	14.0
By original maturity							
Short-term	31.2	25.5	57.1	37.4	8.3	66.1	66.1
Long-term	326.3	7.4	339.5	5.1	-5.5	346.4	29.8
By interest rate type							
Fixed	251.7	33.5	289.0	42.3	5.2	302.8	92.6
Other	105.9	-0.6	107.6	0.2	-2.5	109.7	3.3
Non-financial corporations	382.8	2.5	391.5	20.1	4.6	410.6	60.9
By currency							
Local currency	280.1	0.5	286.8	14.1	4.6	304.5	38.4
US dollar	67.5	1.3	68.8	2.4	0.8	69.5	14.5
Euro							
Other foreign currencies	35.2	0.8	35.9	3.6	-0.8	36.6	8.0
By original maturity							
Short-term	10.8	1.7	12.6	11.9	1.3	14.4	14.4
Long-term	372.0	0.8	378.9	8.2	3.2	396.2	46.5
By interest rate type							
Fixed	345.3	3.7	354.5	19.7	4.4	372.0	53.5
Other	37.5	-1.2	37.0	0.4	0.1	38.6	7.4
General government	7.3	3.0	10.6	0.4	0.2	11.3	0.3
By currency							
Local currency	7.2	2.8	10.2	0.4	0.4	11.0	0.0

Source: BIS Statistics Explorer (http://stats.bis.org/statx/)

Printed on: 15/03/2021 00:01

France	Amount outstanding	Net flows	Amount outstanding	Gross issuance	Net flows	Amount outstanding	
						Total	Of which: Up to and including one year
	Q1 20	Q2 20	Q2 20	Q3 20	Q3 20	Q3 20	Q3 20
US dollar	0.2	0.2	0.4	...	-0.1	0.2	0.2
Euro							
Other foreign currencies	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.0	0.0	0.0
By original maturity							
Short-term	0.2	0.2	0.4	0.0	-0.1	0.3	0.3
Long-term	7.2	2.8	10.2	0.3	0.3	11.0	0.0
By interest rate type							
Fixed	6.6	3.0	9.8	0.4	0.2	10.4	0.3
Other	0.8	0.0	0.8	0.0	0.0	0.8	0.0
National issuers							
International debt securities	1,601.3	44.0	1,670.5	110.4	-23.5	1,700.9	300.1
Banks	773.8	0.7	786.4	37.2	-33.8	776.7	113.6
By currency							
US dollar	218.4	-2.9	215.5	13.1	-15.5	200.1	33.2
Euro	451.3	-0.6	460.7	14.7	-11.2	470.4	60.0
Other currencies	104.0	4.2	110.2	9.4	-7.1	106.3	20.5
By original maturity							
Short-term	63.3	2.3	65.8	13.9	-26.9	40.5	40.4
Long-term	710.5	-1.6	720.6	23.2	-6.9	736.2	73.2
By interest rate type							
Fixed	608.7	5.5	623.5	32.8	-29.2	612.9	93.6
Other	165.1	4.9	163.0	4.4	4.6	163.9	20.0
Other financial corporations	299.4	26.3	330.3	52.4	8.1	348.0	113.1
By currency							
US dollar	98.4	17.3	115.7	26.9	0.4	116.1	54.1
Euro	180.2	3.8	187.9	16.3	7.1	203.6	45.0
Other currencies	20.9	5.3	26.6	9.2	0.6	28.3	14.0
By original maturity							
Short-term	45.0	26.0	71.5	45.3	8.8	81.6	81.6
Long-term	254.4	0.3	258.8	7.2	-0.7	266.5	31.5
By interest rate type							
Fixed	213.7	26.3	243.0	52.4	9.5	259.0	106.6
Other	85.7	0.1	87.2	0.1	-1.3	89.0	6.4
Non-financial corporations	520.8	14.0	543.1	20.5	1.9	564.9	73.2
By currency							
US dollar	98.1	3.6	101.7	3.1	0.6	102.3	17.4
Euro	369.7	10.7	388.8	13.8	2.4	408.9	46.0
Other currencies	53.0	-0.3	52.7	3.6	-1.1	53.7	9.8
By original maturity							
Short-term	13.5	-0.4	13.2	12.7	1.7	15.3	15.3
Long-term	507.3	14.4	530.0	7.7	0.3	549.6	57.9
By interest rate type							
Fixed	446.7	15.4	469.2	19.6	2.5	488.5	65.5
Other	74.0	-1.4	74.0	0.8	-0.6	76.4	7.8

[1]Total debt securities (TDS) and domestic debt securities (DDS) are reported by national authorities, while international debt securities (IDS) are defined and compiled by the BIS from commercial data sources. Due to differences in definitions and valuation, the amounts for TDS may differ from the sum of DDS and IDS.

Annexe n° 3 - Composition du LCR

1. *Les actifs liquides de haute qualité*

Il existe deux catégories d'actifs pouvant faire partie de l'encours d'actifs liquides de haute qualité :

- Les actifs de niveau 1 dont la quantité n'est pas limitée
- Les actifs de niveau 2 qui ne doivent pas représenter plus de 40 % de l'encours d'actifs liquides de haute qualité.

Eléments composant les actifs de niveau 1 pris en compte dans le calcul des actifs liquides de haute qualité	Pondérations à appliquer
L'encaisse	100 %
Les réserves de la Banque Centrale dans la mesure où des retraits peuvent être effectués sur ces réserves en période de tension	100 %
Les titres négociables représentatifs de créances sur (ou garantis par) des émetteurs souverains, des banques centrales, des organismes publics hors administration centrale, la Banque des Règlements Internationaux, le Fonds monétaire international, la Commission européenne ou les banques multilatérales de développement ayant une pondération de 0 % au terme de l'approche standard de Bâle II	100 %
Pour les entités souveraines ayant une pondération autre que 0 % aux termes de l'approche standard de Bâle II, les titres de dette émis en monnaie locale par l'entité souveraine ou la banque centrale dans le pays où est pris le risque de liquidité ou dans le pays d'origine de la banque	100 %
Pour les entités souveraines ayant une pondération autre que 0 % aux termes de l'approche standard de Bâle II, les titres de dette locaux d'émetteur souverain ou de banque centrale émis en devises, dans la mesure où la détention de ces titres de dette en devise correspond aux besoins des opérations de la banque dans la juridiction concernée	100 %

Une décote minimale de 15 % s'applique à la valeur de marché courante de chaque actif de niveau 2 de l'encours d'actifs liquides de haute qualité.

Eléments composant les actifs de niveau 2 pris en compte dans le calcul des actifs liquides de haute qualité	Pondérations à appliquer
Les titres négociables représentatifs de créances sur (ou garantis par) des émetteurs souverains, des banques centrales, des organismes publics hors administration centrale ou des banques multilatérales de développement ayant une pondération de 20 % dans L'approche standard de Bâle II pour le risque de crédit	≤ 85 %
Des obligations d'entreprise et des obligations sécurisées affichant une note de crédit d'au moins AA-	≤ 85 %

Un traitement spécifique sera appliqué aux entités pour lesquelles l'offre d'actifs de niveau 1 libellés dans la monnaie locale est insuffisante pour répondre à la demande des banques ayant des expositions significatives dans cette monnaie. La marche à suivre pour ces entités devrait être finalisées au cours de la période d'observation.

2. *Les sorties de trésorerie nettes*

Le total des sorties de trésorerie nettes dans les 30 jours calendaires est défini de la façon suivante :

$$\textit{Total des sorties de trésorerie nettes} = \textit{sorties de trésorie} - \min\left(\textit{entrées de trésorie}; 75\% \textit{ des sorties de trésorerie}\right.$$

Eléments composant les sorties de trésorerie	Pondérations à appliquer
Les retraits sur dépôts de détail stables, c'est-à-dire entièrement couverts par un système d'assurance efficace ou par une garantie publique équivalente	5 %
Les retraits sur dépôts de détail moins stables	10 %
Les financements de gros stables non garantis fournis par de petites entreprises	5 %
Les financements de gros moins stables non garantis fournis par de petites entreprises	10 %

Les financements de gros non garantis si le client entretient une relation opérationnelle bien établie avec la banque à l'égard de laquelle il apparaît en situation de dépendance substantielle	25 %
Les dépôts dans les réseaux institutionnels de banques coopératives	25 %
Les financements de gros non garantis provenant d'entreprises non financières et d'entités souveraines, de banques centrales, d'organismes publics et de banques multilatérales de développement	75 %
Les financements de gros non garantis provenant d'autres clients personnes morales	100 %
Les financements garantis arrivant à échéance lorsque les opérations sont adossées à des actifs de niveau 1	0 %
Les financements garantis arrivant à échéance lorsque les opérations sont adossées à des actifs de niveau 2	15 %
Les financements garantis arrivant à échéance provenant de l'entité souveraine, de la banque centrale ou d'organismes publics relavant de la même juridiction que la banque ou d'une banque multilatérale de développement, et dont la pondération de risque est de 20 % au maximum, lorsque les dits financements sont adossés à des actifs autres que ceux de niveau 1 ou de niveau 2	25 %
Les autres financements garantis arrivant à échéance	100 %
Les montants à payer sur dérivés	100 %
Le montant de la sûreté qui serait constituée ou des sorties contractuelles de trésorerie engendrées par toute dégradation de notation jusqu'à un déclassement de trois crans	100 %
La valeur des sûretés n'étant pas constituées d'actifs de niveau 1	20 %
Les financements arrivant à échéance dans la période de 30 jours lorsque les instruments sont émis par la banque elle-même	100 %
Le montant de la dette venant à échéance durant la période de calcul	100 %
Le montant des actifs qui pourraient être restitués ou de la liquidité exigible pour les options incorporées dans les accords de financement prévoyant la restitution des actifs ou un accord potentiel de liquidité	100 %
Les autres obligations contractuelles de prêt à des établissements financiers dans les 30 jours	100 %

Les autres sorties contractuelles de trésorerie	100 %

Eléments composant les entrées de trésorerie	Pondérations à appliquer
Les prises en pension et emprunts de titres arrivant à échéance et adossés à des actifs de niveau 1 si la sûreté n'est pas utilisée pour couvrir des positions courtes	0 %
Les prises en pension et emprunts de titres arrivant à échéance et adossés à des actifs de niveau 2 si la sûreté n'est pas utilisée pour couvrir des positions courtes	15 %
Les prises en pension et emprunts de titres arrivant à échéance et adossés à des actifs autres que ceux de niveau 1 ou de niveau 2 si la sûreté n'est pas utilisée pour couvrir des positions courtes	100 %
Les prises en pension et emprunts de titres arrivant à échéance et adossés à des actifs de niveau 1 si la sûreté est utilisée pour couvrir des positions courtes	0 %
Les prises en pension et emprunts de titres arrivant à échéance et adossés à des actifs de niveau 2 si la sûreté est utilisée pour couvrir des positions courtes	0 %
Les prises en pension et emprunts de titres arrivant à échéance et adossés à des actifs autres que ceux de niveau 1 ou de niveau 2 si la sûreté est utilisée pour couvrir des positions courtes	0 %
Les lignes de crédit, facilités de liquidité ou autres facilités de financement conditionnelles accordées à la banque par d'autres établissements	0 %
Les autres entrées provenant de la clientèle de particuliers et de petites entreprises	50 %
Les autres entrées provenant des établissements financiers	100 %

Les autres entrées provenant du reste de la clientèle de gros	50 %
Les dépôts opérationnels	0 %
Les paiements à recevoir sur dérivés	100 %

Le coefficient de liquidité est alors calculé en appliquant la formule suivante :

$$LCR = \frac{Encours\ d'actifs\ liquides\ de\ haute\ qualité\ pondérés}{Total\ des\ sorties\ nettes\ de\ trésorie\ sur\ les\ 30\ jours\ calendaires\ suivants}$$

Annexe n° 4 - Composition du NSFR

1. Le montant de financement stable disponible

Eléments composant le financement stable disponible	Pondérations à appliquer
Le montant total des fonds propres de base (T1) et complémentaire (T2) tels qu'ils sont définis dans les normes internationales de fonds propres formulées par le Comité de Bâle	100 %
Le montant total de toutes les actions de préférence ne faisant pas partie des fonds propres complémentaires (T2), qui ont une échéance résiduelle effective égale ou supérieure à un an, compte tenu de toute option explicite ou implicite pouvant réduire à moins d'un an l'échéance prévue	100 %
Le montant total des emprunts et instruments de dette, garantis ou non garantis, qui ont une échéance résiduelle effective égale ou supérieure à un an, exception faite de tout instrument assorti d'options explicites ou implicites pouvant réduire à moins d'un an l'échéance prévue. Ces options incluent celles que les investisseurs peuvent exercer à leur discrétion sur la période d'un an	100 %
Les dépôts stables[20] à vue et/ou à terme assortis d'une échéance résiduelle inférieure à un an, placés par la clientèle de particuliers et de petites entreprises	90 %
Les dépôts moins stables à vue et/ou à terme assortis d'une échéance résiduelle inférieure à un an, placés par la clientèle de particuliers et de petites entreprises	80 %
Les financements de gros non garantis, dépôts sans échéance et/ou dépôts à terme, assortis d'une échéance résiduelle inférieure à un an, placés par des entreprises non financières, des entités souveraines, des banques centrales, des banques multilatérales de développement ou des organismes publics	50 %
Tous les autres éléments de fonds propres et autres passifs qui n'entrent pas dans les catégories ci-dessus	0 %

[20] Cf Annexe n° 3

2. *Le montant de financement stable exigé*

Eléments composant le financement stable exigé pour les actifs et les expositions de hors-bilan	Pondérations à appliquer
L'encaisse immédiatement disponible pour remplir des engagements, non grevée et non détenue à une fin donnée (sûreté conditionnelle, paiement de salaire ou toute autre raison)	0 %
Les instruments et opérations à court terme non garantis, non grevés, ayant une durée résiduelle inférieure à un an	0 %
Les titres non grevés ayant une durée résiduelle inférieure à un an, sans options incorporées qui allongeraient à plus d'un an la durée attendue	0 %
Les titres non grevés détenus par l'établissement, si celui-ci a contracté une prise en pension équivalente sur le même titre	0 %
Les prêts non grevés ayant une durée résiduelle inférieure à un an, non renouvelables, accordés à des entités financières par l'établissement, si celui-ci a le droit irrévocable d'en demander le remboursement	0 %
Eléments composant le financement stable exigé pour les actifs et les expositions de hors-bilan	**Pondérations à appliquer**
Les titres négociables non grevés ayant une durée résiduelle minimale d'un an, émis ou garantis par des entités souveraines, des banques centrales, la BRI, le FMI, l'UE, des organismes publics hors administration centrale ou des banques multilatérales de développement, affectés d'une pondération des risques de 0 % en application de l'approche standard de Bâle II pour le risque de crédit, à condition qu'il existe des marchés actifs de pensions et de vente ferme pour ces titres	5 %
Les obligations d'entreprise non grevées ou obligations sécurisées non grevées ayant une note égale ou supérieure à AA-, ayant une durée résiduelle minimale d'un an et satisfaisant à toutes les conditions d'éligibilité des actifs de niveau 2	20 %
Les titres négociables non grevés, ayant une durée résiduelle minimale d'un an, émis ou garantis par des entités souveraines, des banques centrales, des organismes publics (hors administration centrale) ou des banques multilatérales de développement, et affectés d'une pondération	20 %

des risques de 20 % en application de l'approche standard de Bâle II pour le risque de crédit et satisfaisant à toutes les conditions d'éligibilité des actifs de niveau 2	
L'or non grevé	50 %
Les actions non grevées, non émises par des établissements financiers ou leurs affiliés, cotées sur une bourse reconnue et incluses dans un indice de marché de sociétés à grande capitalisation	50 %
Les obligations d'État et obligations sécurisées non grevées acceptées par la banque centrale en garantie de l'octroi de liquidité intra-journalière et de ligne de crédit au jour le jour dans les juridictions concernées	50 %
Les prêts non grevés accordés à des entreprises non financières, des entités souveraines, des banques centrales, des organismes publics ou des banques multilatérales de développement, ayant une durée résiduelle inférieure à un an	50 %
Les prêts au logement non grevés, garantis par une hypothèque de premier rang, quelle qu'en soit la durée, éligibles à une pondération maximale des risques de 35 % en application de l'approche standard de Bâle II pour le risque de crédit	65 %
Les autres prêts non grevés, hormis les prêts accordés aux établissements financiers, ayant une durée résiduelle minimale d'un an, éligibles à une pondération maximale des risques de 35 % en application de l'approche standard de Bâle II pour le risque de crédit.	65 %
Les prêts non grevés accordés à la clientèle de particuliers et de petites entreprises ayant une durée résiduelle inférieure à un an (autres que les prêts éligibles au coefficient RSF de 65 % ci-dessus)	85 %
Tous les autres actifs non inclus dans les catégories ci-dessus	100 %

Le coefficient de liquidité est alors calculé en appliquant la formule suivante :

$$NSFR = \frac{Montants\ de\ financement\ stable\ disponible}{Montant\ de\ financement\ stable\ exigé}$$

Annexe n° 5 – Estimation des paramètres dans la mesure de CORWIN et SCHULT avec une formule fermée

1. *Rappel des principaux résultats de vu dans la mesure de Corwin*

- Expression du paramètre a

$$a = -k_2\sigma_{HL} + \sqrt{\sigma_{HL}{}^2\left(k_2{}^2 - k_1\right) + \frac{b}{2}}$$

- Equation pour la résolution numérique de σ

$$\sigma_{HL}{}^2\left(k_2{}^2\left(2 - 2\sqrt{2}\right) + k_1\right) + k_2\sigma_{HL}\left(2 - 2\sqrt{2}\right)\sqrt{\left[\sigma_{HL}{}^2\left(k_2{}^2 - k_1\right) + \frac{b}{2}\right]} + \frac{b}{2} - \gamma = 0$$

- Formule d'approximation du spread

$$S = \frac{2(e^a - 1)}{1 + e^a}$$

- Les résultats de parkinson dans (The Extreme Value Method for Estimating the Variance of the Rate of Return, 1980)

$$\mathbb{E}\left\{\frac{1}{T}\sum_{t=1}^{T}\left[\left[log\left(\frac{H_t^R}{L_t^R}\right)\right]^2\right]\right\} = k_1\sigma_{HL}{}^2$$

$$\mathbb{E}\left\{\frac{1}{T}\sum_{t=1}^{T}\left[log\left(\frac{H_t^R}{L_t^R}\right)\right]\right\} = k_2\sigma_{HL}$$

2. *Estimation des paramètres par des formules fermées*

En ignorant l'inégalité de Jensen dans le résultat Parkinson (The Extreme Value Method for Estimating the Variance of the Rate of Return, 1980) et en supposant que

$$\mathbb{E}\left\{\frac{1}{T}\sum_{t=1}^{T}\left[log\left(\frac{H_t^R}{L_t^R}\right)\right]\right\} = \sqrt{\mathbb{E}\left\{\frac{1}{T}\sum_{t=1}^{T}\left[\left[log\left(\frac{H_t^R}{L_t^R}\right)\right]^2\right]\right\}} = \sqrt{k_1\sigma_{HL}{}^2} = \sigma_{HL}\sqrt{k_1}$$

Les auteurs en déduisent que ${k_2}^2 = k_1$ et donc l'expression du paramètre a devient :

$$a = -k_2\sigma_{HL} + \sqrt{\frac{b}{2}}$$

Par conséquent celui de σ s'écrit :

$${\sigma_{HL}}^2\left(k_1\left(3-2\sqrt{2}\right)\right) + k_2\sigma_{HL}\left(2-2\sqrt{2}\right)\sqrt{\frac{b}{2}} + \frac{b}{2} - \gamma = 0$$

D'où,

$${\sigma_{HL}}^2 + \sigma_{HL}\frac{\left(2\sqrt{b}-\sqrt{2b}\right)}{k_2\left(3-2\sqrt{2}\right)} + \frac{\frac{b}{2}-\gamma}{{k_2}^2\left(3-2\sqrt{2}\right)} = 0$$

En résolvant cette équation linéaire du second degré via son discriminant, on retient la racine positive de σ par positivité des spreads.

$$\sigma_{HL} = \frac{\sqrt{\frac{b}{2}}-\sqrt{b}}{k_2\left(3-2\sqrt{2}\right)} + \sqrt{\frac{\gamma}{{k_2}^2\left(3-2\sqrt{2}\right)}}$$

Et finalement,

$$a = \frac{\sqrt{2b}-\sqrt{b}}{\left(3-2\sqrt{2}\right)} + \frac{\gamma}{\left(3-2\sqrt{2}\right)}$$

Rappel :

$$b = \mathbb{E}\left\{\sum_{j=0}^{1}\left[log\left(\frac{H_{t+j}^{O}}{L_{t+j}^{O}}\right)\right]^2\right\} \text{ et } \gamma = \left[\log\left(\frac{H_{t,t+1}^{O}}{L_{t,t+1}^{O}}\right)\right]^2$$

Cette solution de forme fermée décrite ci-dessus donne une estimation du spread high-low et une estimation de l'écart-type quotidien en utilisant uniquement les prix hauts et bas de deux jours consécutifs.

Pour obtenir des spreads sur des périodes plus longues, comme un mois, il est recommandé de faire la moyenne des estimations de spread de toutes les périodes de deux jours qui se chevauchent au cours du mois. Une mise en garde s'impose ici. Pour estimer les écarts et les variances, on utilise le rapport des prix high observés aux prix low observés. Étant donné que la variance et l'écart sont des fonctions non linéaires du rapport de prix élevé / bas, une moyenne d'estimations des spreads n'est pas une estimation non biaisée de du spread. Cependant dans la pratique cela peut être négligé comme suggèrent les auteurs du (A simple way to estimate bid-ask spreads from daily high and low prices, 2012).

Annexe n° 6 - Estimation par maximum de vraisemblance des paramètres dans le modèle LOT

Dans le modèle zéro return on rappelle que,

$$R_{jt}^{*} = \beta_j R_{mt} + \varepsilon_{jt}$$

Où

$$\begin{cases} R_{jt} = R_{jt}^{*} - \alpha_{1j} \quad si \;\; R_{jt}^{*} < \alpha_{1j} \\ R_{jt} = 0 \quad si \; \alpha_{1j} < \; R_{jt}^{*} < \alpha_{2j} \\ R_{jt} = R_{jt}^{*} - \alpha_{2j} \quad si \; R_{jt}^{*} > \alpha_{2j} \end{cases}$$

La fonction de vraisemblance associée à l'équation structurante de modèle peut s'écrire :

$$L(\beta_j, \alpha_{1j}, \alpha_{2j})_{|\, R_{mt}, R_{jt}} = \prod_{t \in R_1} \frac{1}{\sigma_j} \phi_1(\xi_t) \prod_{t \in R_2} \frac{1}{\sigma_j} \phi_2(\xi_t) \prod_{t \in R_2} \mathbb{P}(no\ change)_t$$

Où R_1 et R_2 indiquent les régions où le rendement mesuré, R_{jt} , est non nul dans les régions à rendement négatif et positif, respectivement. R_0 désigne les rendements nuls. Les termes ϕ_1 et ϕ_2 se désignent les fonctions de densité normales standard pour les diminutions et les augmentations du rendement mesuré, respectivement. Les résidus normalisés sont évalués par $\xi = \frac{\varepsilon}{\sigma}$, σ^2 où est l'estimation de la variance utilisant uniquement les rendements mesurés non nuls. $\mathbb{P}(no\ change)_t$ est la probabilité d'un rendement nul . En remplaçant ces termes on obtient :

$$L(\beta_j, \alpha_{1j}, \alpha_{2j})_{|\, R_{mt}, R_{jt}} = \prod_{t \in R_1} \left[\frac{1}{\sigma_j} \phi_1 \left(\frac{R_{jt} + \alpha_{1j} - \beta_j R_{mt}}{\sigma_j} \right) \right] \times$$
$$\prod_{t \in R_0} \left[\Phi_2 \left(\frac{\alpha_{2j} - \beta_j R_{mt}}{\sigma_j} \right) - \Phi_1 \left(\frac{\alpha_{1j} - \beta_j R_{mt}}{\sigma_j} \right) \right] \times$$
$$\prod_{t \in R_2} \left[\frac{1}{\sigma_j} \phi_2 \left(\frac{R_{jt} + \alpha_{2j} - \beta_j R_{mt}}{\sigma_j} \right) \right]$$

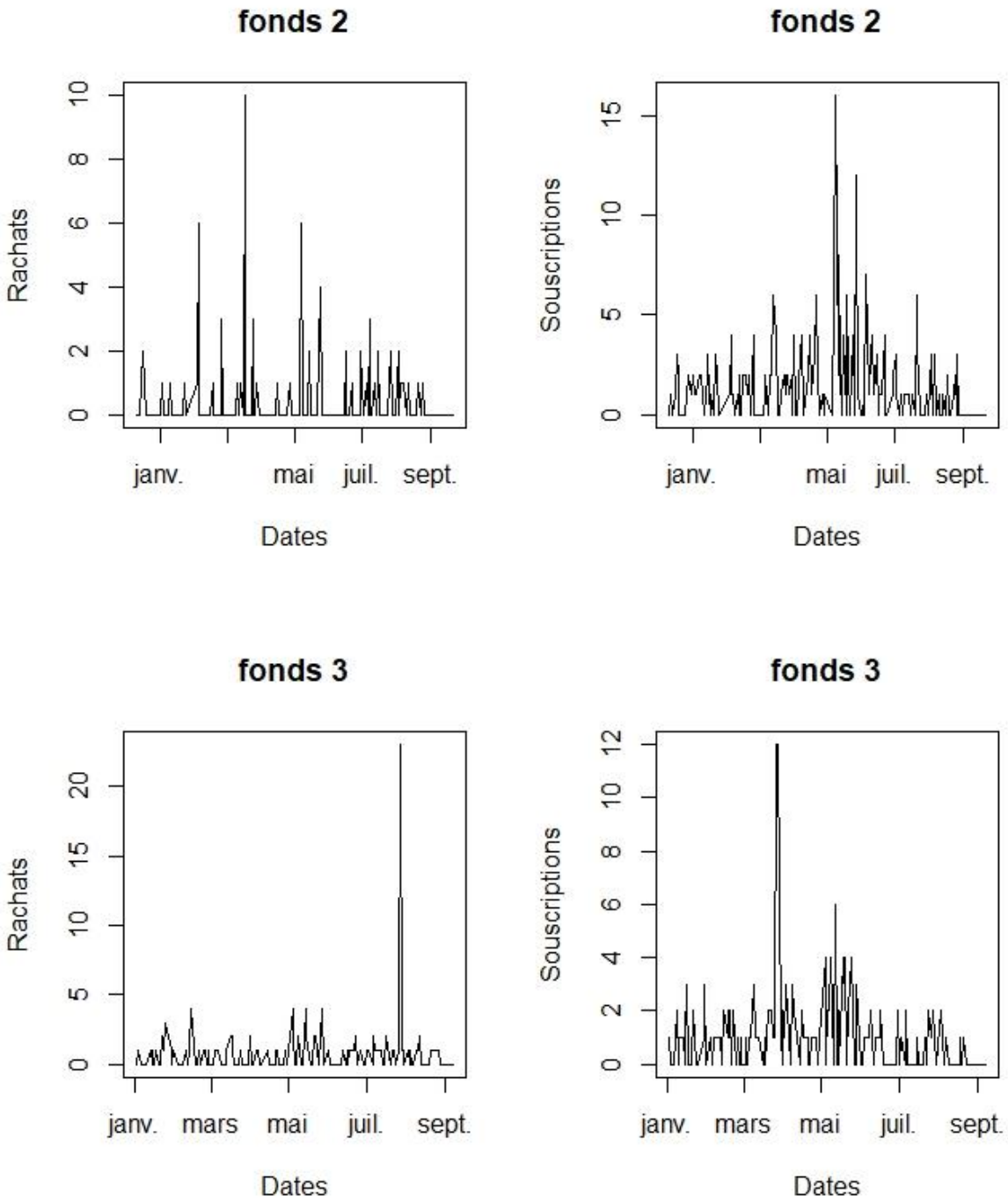
Où $\Phi(\blacksquare)$ est la fonction de densité de la distribution normale standard centrée réduite. Le premier et le dernier terme correspondent à des rendements mesurés non nuls dans les régions à rendement négatif et positif du marché, respectivement. Le deuxième

terme représente la région des rendements nuls. On rappelle que l'expression de la densité d'une normale centrée réduite s'écrit $f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-x^2}$. Le logarithme de la fonction de vraisemblance devient alors :

$$\ln(\mathrm{L}) = \sum_{1} ln\left(\frac{1}{\sqrt{2\pi{\sigma_j}^2}}\right) - \sum_{1} \frac{1}{2{\sigma_j}^2}\left(R_{jt} + \alpha_{1j} - \beta_j R_{mt}\right)^2 + \sum_{2} ln\left(\frac{1}{\sqrt{2\pi{\sigma_j}^2}}\right) - \sum_{2} \frac{1}{2{\sigma_j}^2}\left(R_{jt} + \alpha_{2j} - \beta_j R_{mt}\right)^2 + \sum_{0} \ln\left(\Phi_{2j} - \Phi_{1j}\right)$$

Les paramètres $\beta_j, \alpha_{1j}, \alpha_{2j}$ et σ_j sont résolus en maximisant la fonction de vraisemblance exprimée dans cette dernière l'équation.

Annexe n° 7 – Evolution du nombre de souscriptions et de rachats des fonds 2 et 3



Annexe n° 8 – Sorties du logiciels R pour le modèle général de la série des rachats du fonds 1

Estimation des paramètres Rachats

```
Call:
ar(x = rachats.fonds1, aic = TRUE, order.max = NULL, method = c("yule-walker"))

Coefficients:
     1       2       3       4       5
0.1789  0.0808  0.0498  0.0743  0.1178

Order selected 5  sigma^2 estimated as  74.24
```

Tests de significativité des paramètres Rachats

```
             ar1      ar2      ar3      ar4      ar5 intercept
t.stat 3.742196 1.723580 1.114333 1.643455 2.586893  12.85914
p.val  0.000182 0.084784 0.265136 0.100289 0.009685   0.00000
```

Estimation des paramètres Souscriptions

```
Call:
ar(x = souscriptions.xts, aic = TRUE, order.max = NULL, method = c("yule-walker"))

Coefficients:
     1       2       3       4
0.2084  0.2194  0.1244  0.2247

Order selected 4  sigma^2 estimated as  66.76
```

Tests de significativité des paramètres Souscriptions

```
             ar1      ar2      ar3      ar4      ar5 intercept
t.stat 4.031283 4.500067 2.469344 4.648682 0.977855  5.671129
p.val  0.000055 0.000007 0.013536 0.000003 0.328146  0.000000
```

Annexe n° 9 – Sorties du logiciels R pour le modèle autorégressif univarié du fonds 1

Estimation des paramètres Rachats

```
Series: rachat.xts
ARIMA(1,0,0) with non-zero mean

Coefficients:
         ar1     mean
      0.2347  11.1048
s.e.  0.0469   0.5497

sigma^2 estimated as 76.72:  log likelihood=-1545.9
AIC=3097.8   AICc=3097.86   BIC=3110
```

Tests de significativité des paramètres Rachats

```
                ar1 intercept
t.stat 5.002144  20.20328
p.val  0.000001   0.00000
```

Estimation des paramètres Souscriptions

```
Series: souscriptions.xts
ARIMA(1,0,0) with non-zero mean

Coefficients:
         ar1     mean
      0.4705  11.0933
s.e.  0.0425   0.8172

sigma^2 estimated as 81.4:  log likelihood=-1558.75
AIC=3123.49   AICc=3123.55   BIC=3135.69
```

Tests de significativité des paramètres Souscriptions

```
                ar1 intercept
t.stat 11.06254   13.5753
p.val   0.00000    0.0000
```

Annexe n° 10 – Sorties du logiciels R pour le modèle à effets croisés du fonds 1

Estimation des paramètres Rachats

```
Series: rachat.xts
Regression with ARIMA(1,0,0) errors

Coefficients:
         ar1  intercept    xreg
      0.2171     9.9924  0.1001
s.e.  0.0475     0.7328  0.0451

sigma^2 estimated as 76.04:  log likelihood=-1543.48
AIC=3094.95   AICc=3095.05   BIC=3111.22
```

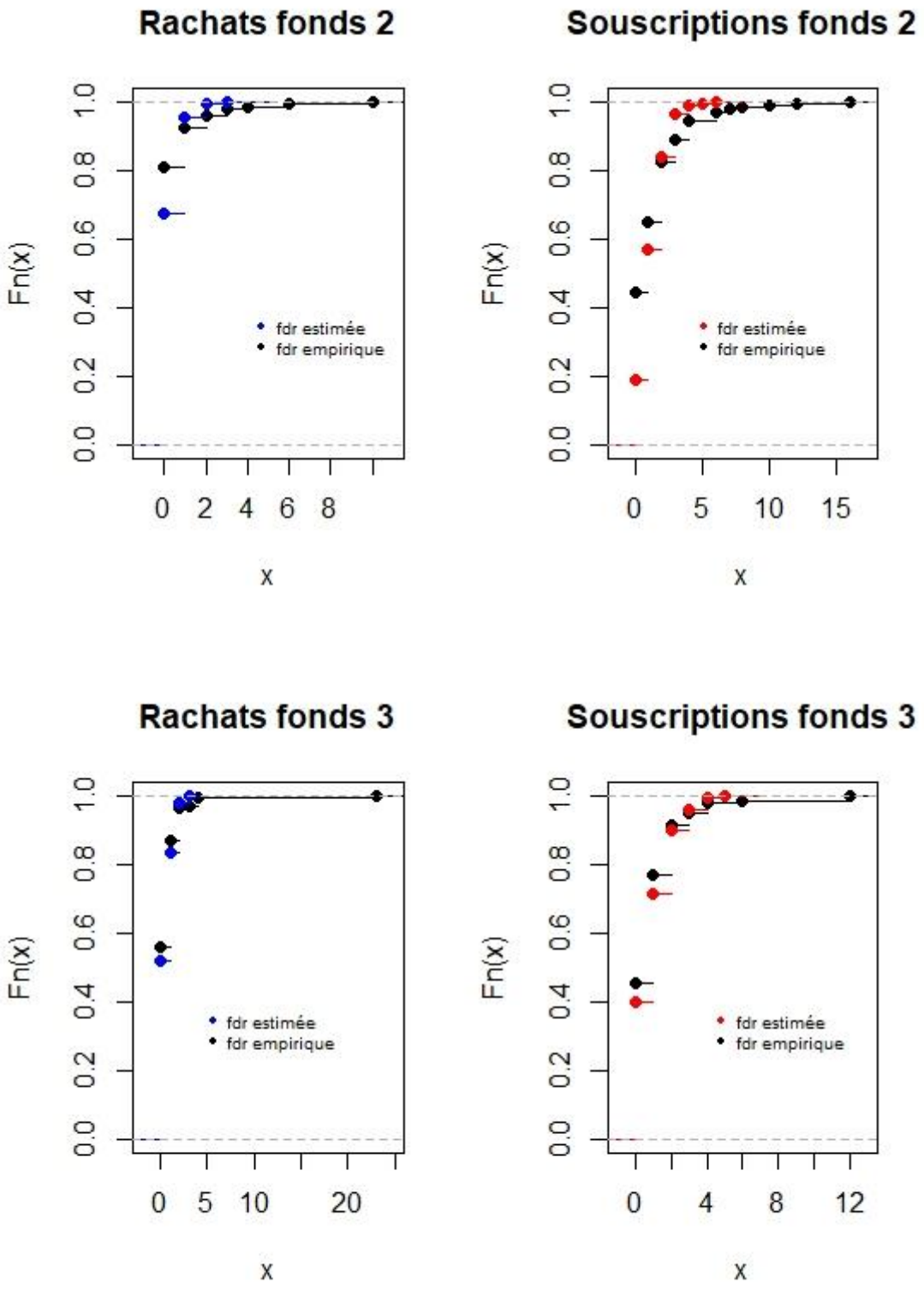
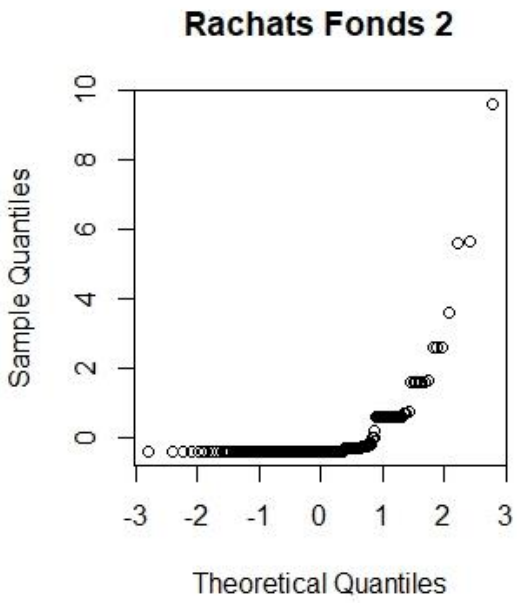
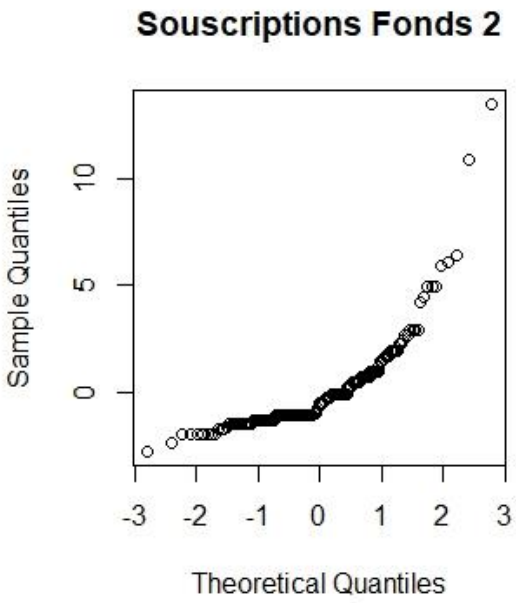
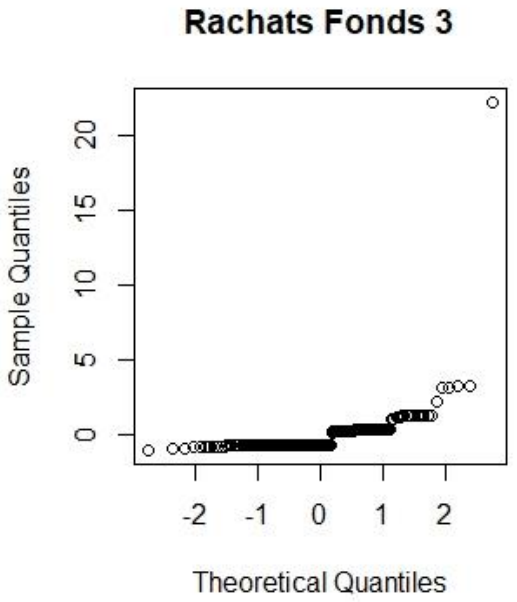
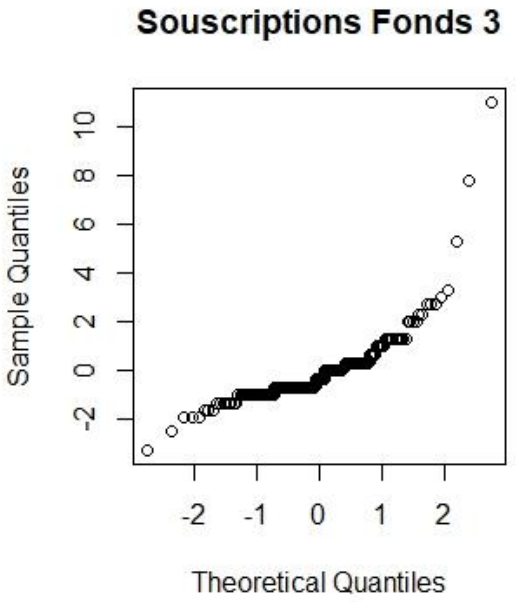
Estimation des paramètres Souscriptions

```
Series: souscriptions.xts
Regression with ARIMA(1,0,0) errors

Coefficients:
         ar1  intercept    xreg
      0.4628    10.3507  0.0672
s.e.  0.0432     0.9675  0.0487

sigma^2 estimated as 81.23:  log likelihood=-1557.79
AIC=3123.59   AICc=3123.68   BIC=3139.85
```

Annexe n° 11 – Adéquation de la fonction répartition d'une loi Poisson avec celle des fonds 2 et 3



Annexe n° 12 – Diagramme Quantile-Quantile des différents fonds