



المندوبية السامية للتخطيط
HAUT-COMMISSARIAT AU PLAN

ROYAUME DU MAROC
..*.*
HAUT COMMISSARIAT AU PLAN
..*.*.*
INSTITUT NATIONAL
DE STATISTIQUE ET D'ECONOMIE APPLIQUEE



INSEA

Projet de Fin d'Etudes

Modélisation ALM et mise en place de scénarios de stress

Préparé par : *Mme Ghita M' CHICH - Mme Asmae SAIF EDDINE*

Sous la direction de : *M. Fouad MARRI (INSEA)*
Mme Zineb BENSEYED (MAZARS)

Soutenu publiquement comme exigence partielle en vue de l'obtention du

Diplôme d'Ingénieur d'Etat

Filière : ACTUARIAT-FINANCE

Devant le jury composé de :

- *M. Fouad MARRI (INSEA)*
- *M. Yassine EL QALLI (INSEA)*
- *Mme Zineb BENSEYED (MAZARS)*

Juin 2017 / PFE N°17

Résumé

Les institutions financières, notamment les banques, s'exposent de plus en plus à des risques consistants dus principalement à leurs activités de transformation de ressources de court terme à des emplois de long terme. Il s'avère donc nécessaire de mettre en place une gestion stratégique des risques. En particulier, les risques financiers constituent l'une des préoccupations majeures des banques et des autorités de contrôle.

C'est dans ce contexte qu'interviennent parfaitement les recommandations du comité de Bâle pour la gestion des actifs et des passifs du bilan de la banque dont la plus récente exige une gestion selon une approche dynamique.

Pour mettre en œuvre les recommandations réglementaires, Bâloises et marocaines, la gestion actif-passif intervient pour identifier, mesurer et contrôler les risques financiers pouvant peser sur le bilan bancaire. L'attention est portée davantage sur le risque de liquidité et de taux, car ils peuvent être fatals en cas d'illiquidité extrême et peuvent provoquer la faillite de l'établissement.

Le présent rapport est l'illustration de notre projet de fin d'études, effectué au sein de MAZARS. Nos travaux ont pour objectif la modélisation de certains postes importants du bilan et du hors bilan, notamment les dépôts et les crédits non revolving, suivant des méthodes mathématiques. Cette modélisation permettra de construire les gaps de liquidité en statique et en dynamique. Une partie de notre rapport porte également sur la modélisation du taux court en utilisant le modèle de Vasicek. Cette modélisation du taux revêt une importance pour la banque dans la mesure où la connaissance de l'évolution future des taux lui permettra de se prémunir contre le risque qu'il induit.

La modélisation des dépôts et des taux courts en situation normale est importante mais non suffisante pour la gestion globale des risques de taux et de liquidité. C'est dans ce sens que nous nous intéressons dans la dernière partie à la construction de scénarios de stress de liquidité et de taux pouvant survenir en cas de situation extrême.

Mots clés

Gestion Actif-Passif, Dépôts à vue, Options implicites, Encours, Bâle, Ecoulement, Modélisation du comportement de la clientèle, Stress Testing, Liquidité, Taux d'intérêt, Vasicek.

Dédicace

À mes parents, à qui j'exprime ma profonde affection,

À mon très cher frère, Youness, sans lequel la vie n'aurait pas le même goût, merci pour tes encouragements et ton soutien permanent,

À mes proches qui ont toujours été là pour moi

À mes chers amis, pour leurs soutiens et leurs affections,

À toutes les personnes qui comptent pour moi et qui ne sont pas cités ici

À vous qui m'avez toujours soutenue, je vous dédie ce travail et vous remercie pour vos encouragements,

Merci d'exister,

Asmae

Je dédie ce mémoire :

À ma mère, qui a œuvré pour ma réussite de par son amour, son soutien, et tous les sacrifices consentis :

À mon père, qui peut être fier de trouver ici le résultat de longues années de privations pour m'aider à avancer dans la vie :

À mes proches, qui m'ont toujours soutenu et encouragé;

À mes amis, pour leurs présences dans ma vie.

Qu'ils reçoivent, à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.

Ghita

Remerciements

Avant d'entamer ce rapport, nous profitons de l'occasion pour remercier tout d'abord les membres de l'équipe Actuariat de MAZARS pour l'expérience enrichissante et pleine d'intérêt qu'ils nous ont fait vivre durant ces quatre mois de stage.

Nous tenons à remercier tout particulièrement notre encadrante Mme BENSEYED Zineb pour ses encouragements, ainsi que pour ses conseils qui nous seront certes, d'une très grande utilité dans le futur.

Nous remercions chaleureusement Mme LAHLOU Roukia de nous avoir accueillies au sein de MAZARS Actuariat.

De même, nous tenons à remercier vivement Mme BAMOUSSA Fatima Zahrae et à lui témoigner toute notre gratitude pour sa disponibilité et ses conseils.

Nous tenons à remercier également notre professeur M. MARRI, d'avoir accepté d'être notre enseignant tuteur et de nous avoir suivies et encadrés durant toute la période du stage.

Nous remercions également M. EL QALLI d'avoir accepté d'évaluer notre travail.

Enfin nous remercions tout le corps professoral et administratif de l'INSEA, qu'il trouve ici l'expression de notre profonde reconnaissance.

Table des matières

RESUME	- 3 -
MOTS CLES	- 3 -
DEDICACE	- 4 -
REMERCIEMENTS	- 5 -
TABLE DES MATIERES	- 6 -
LISTE DES ABREVIATIONS	- 8 -
LISTE DES TABLEAUX	- 9 -
LISTE DES FIGURES	- 10 -
INTRODUCTION	- 11 -
PROBLEMATIQUE ET DEMARCHE	- 12 -
PREMIERE PARTIE : INTRODUCTION ET CADRE GENERAL DE L'ETUDE.....	- 13 -
Chapitre 1 : Introduction à l'ALM et notions de base.....	- 14 -
I. Cadre général	- 14 -
II. Les risques bancaires	- 14 -
III. Les risques en jeu en ALM.....	- 15 -
Chapitre 2 : Principes généraux de la gestion ALM bancaire.....	- 19 -
I. Définition et fonctions de la gestion actif-passif bancaire	- 19 -
II. Outils de mesure en ALM bancaire	- 20 -
III. Outils de gestion en ALM bancaire	- 21 -
IV. Les principaux postes du bilan et du Hors bilan bancaire.....	- 22 -
Chapitre 3 : Cadre réglementaire	- 25 -
I. Réglementation Internationale	- 25 -
II. Réglementation Marocaine	- 26 -
Conclusion.....	- 27 -
DEUXIEME PARTIE : MODELISATION DES DEPOTS A VUE ET DU DEBLOCAGE DES CREDITS... -	28 -
Contexte et cadre général	- 29 -
Chapitre 1 : Modélisation des dépôts à vue.....	- 30 -
I. Introduction et cadre général.....	- 30 -
II. Cadre théorique.....	- 32 -
III. Modélisation des dépôts à vue	- 41 -
IV. Modélisation de la production nouvelle par la méthode de Box & Jenkins	- 57 -
Chapitre 2 : Modélisation des débloquages des crédits	- 62 -
I. Démarche proposée :	- 62 -
II. Construction des tables de survie :	- 62 -
Chapitre 3 : Construction des impasses de liquidité	- 66 -
I. Les impasses en liquidité	- 66 -
II. Construction des impasses de liquidité	- 67 -
Conclusion.....	- 68 -
TROISIEME PARTIE : MODELISATION STOCHASTIQUE DU TAUX D'INTERET	- 69 -
I. Le modèle général	- 70 -
II. Modèle de Vasicek.....	- 72 -
III. Modèle de Cox-Ingersoll et Ross.....	- 74 -
IV. Application aux données du marché	- 75 -
Conclusion.....	- 79 -
QUATRIEME PARTIE : STRESS TESTING ET IMPACT SUR LES INDICATEURS DE MESURE.....	- 80 -
Chapitre 1 : Stress testing et réglementation	- 81 -
I. Définition des stress tests :.....	- 81 -
II. Réglementation	- 81 -
III. Méthodes des stress tests :	- 84 -
Chapitre 2 : Mise en place des scénarios de stress	- 86 -

I. Stress de Liquidité	- 86 -
II. Stress de taux	- 90 -
Chapitre 3 : Impact sur les indicateurs.....	- 96 -
I. Impact sur le gap de liquidité	- 96 -
II. Impact sur la marge nette d'intérêt	- 97 -
Conclusion.....	- 101 -
CONCLUSION GENERALE	- 102 -
ANNEXES	- 103 -
Annexe I : Présentation de MAZARS.....	- 103 -
I. Le groupe Mazars International	- 103 -
II. Mazars Maroc.....	- 103 -
Annexe II : Tests d'hypothèses	- 104 -
I. Tests de normalité :	- 104 -
II. Tests d'homoscédasticité	- 104 -
III. Tests d'autocorrélation des résidus	- 105 -
IV. Tests de racine unitaire et de stationnarité.....	- 105 -
V. Test de bruit blanc.....	- 107 -
Annexe III : Règle de l'Hôpital	- 108 -
BIBLIOGRAPHIE.....	- 109 -
WEBOGRAPHIE.....	- 109 -

Liste des abréviations

ALM : Asset Liability Management (Gestion Actif-Passif)

BAM : Bank Al Maghrib

DAV : Dépôts à vue

DAT : Dépôts à terme

HB : Hors Bilan

BDT : Bon du trésor

ACF : Autocorrelation function

PACF : Partial autocorrelation function

FMI : Fonds monétaire international

FED : Réserve fédérale des États-Unis

Liste des tableaux

Tableau 1: Bilan simplifié d'une banque	- 23 -
Tableau 2 : Résultats de la modélisation pour le Compte Courant Passif.....	- 49 -
Tableau 3 : Les différents modèles à une seule variables selon les paramètres	- 70 -
Tableau 4 : Paramètres des scénarios pessimiste et sévère de la FED 2014	- 83 -
Tableau 5 : Résultats de l'analyse historique du taux pour la maturité 5 ans	- 92 -
Tableau 6 : Quantiles a retenir pour la variation en point de bases.....	- 93 -
Tableau 7 : Ecoulement du stock des crédits à taux fixe sur un horizon d'une année	- 97 -
Tableau 8 : Projection de la nouvelle production sur un horizon d'une année	- 98 -
Tableau 9 : Evolution trimestrielle des taux de marché et des taux d'intérêt appliqués par la banque ..	- 98 -
Tableau 10 : Ecoulement du stock et calcul des intérêts	- 99 -
Tableau 11 : Ecoulement de la nouvelle production NP1 et calcul des intérêts.....	- 99 -
Tableau 12 : Variation à la hausse des taux d'intérêt perçus par la banque	- 100 -
Tableau 13 : Variation à la baisse des taux d'intérêt perçus par la banque.....	- 101 -

Liste des figures

Figure 1 : Evolution du taux de marche des bons de trésor à 52 semaines	42 -
Figure 2 : Evolution des taux de rémunération des comptes sur carnet	42 -
Figure 3 : Evolution des encours pour le ce	43 -
Figure 4 : Comparaison des encours fournis et des encours dessaisonnalisés	44 -
Figure 5 : Backtest du modele de selvaggio pour le compte epargne	45 -
Figure 6 : P-P plot & Q-Q plot des résidus pour le compte epargne	46 -
Figure 7 : Histogramme des résidus	47 -
Figure 8 : Dispersion des résidus	47 -
Figure 9 : Acf et Pacf des résidus de la regression	48 -
Figure 10 : Ecoulement du stock de la banque pour les comptes epargne	49 -
Figure 11 : Ecoulement du stock de la banque pour les comptes courants Passif	50 -
Figure 12 : Graphique de l'évolution des encours fin de mois pour les comptes courants passif	51 -
Figure 13 : Evolution des encours des comptes courants passif avant et après dessaisonalisation	52 -
Figure 14 : ACF et PACF de la série des encours des comptes courants passif	52 -
Figure 15 : Evolution de la serie des encours stationnarise en différence première	53 -
Figure 16 : ACF et PCF de la serie des encours en difference première	54 -
Figure 17 : ACF et PACF des résidus du modèle AR(1)	55 -
Figure 18 : ACF et PACF des résidus du modèle AR(2)	56 -
Figure 19 : Evolution des encours modélises et prédits par le modèle AR(2)	56 -
Figure 20 : Evolution des encours observés et modélisés par SELVAGGIO et par AR(2)	57 -
Figure 21 : Evolution des encours observes et prédits sur l'horizon de la prévision	57 -
Figure 22 Evolution global de la nouvelle production du CE entre Juillet 2008 et Mai 2014	58 -
Figure 23 : Acf et Pacf de la production nouvelle du CE	59 -
Figure 24 : Série de la production nouvelle et courbe de validation du modèle	60 -
Figure 25 : Acf et Pacf des résidus de la modélisation de la production nouvelle	60 -
Figure 26 : Prédiction de la production nouvelle	61 -
Figure 27 : Survie des crédits a la consommation et des crédits a l'habitat	64 -
Figure 28 : Matrice de positionnement des crédits	64 -
Figure 29 : Projection du gap statique et du gap dynamique	67 -
Figure 30 : Représentation de la série des données de taux des bdt à 1 An	75 -
Figure 31 : PACF du taux court	76 -
Figure 32 : Simulations du taux court avec le modele de Vasicek	78 -
Figure 33 : Exemple de Simulations de la courbe de taux	79 -
Figure 34 : Simulation de 5000 trajectoires prévisionnelles de l'évolution des encours des comptes courants passif	88 -
Figure 35 : Ecoulement central et choqué du stock de la banque pour les comptes courants passif	89 -
Figure 36 : Courbes de taux après 1 An (Approche Historique)	93 -
Figure 37 : Evolution de la courbe de taux	94 -
Figure 38 : Courbes de taux Apres 1 An (Approche Stochastique)	95 -
Figure 39 : Les Gaps de liquidité après le choc de la partie volatile	96 -

Introduction

La gestion actif-passif ou Asset Liability Management (ALM) connaît un remarquable essor depuis quelques années. Elle s'impose désormais comme un cadre conceptuel de la gestion financière, compte tenu de l'environnement conjoncturel et concurrentiel mouvementé. La problématique de gestion des risques ALM, revêt ainsi une importance capitale pour les banques et les assurances, surtout depuis la crise financière de 2008.

Les banques jouent un rôle d'intermédiation financière en empruntant à court terme aux personnes ayant un excès de financement, par le biais de leurs dépôts, et en prêtant à moyen et long termes aux personnes ayant un besoin de financement. Cette transformation comporte néanmoins des risques substantiels pour les établissements bancaires dont le risque de liquidité et le risque de taux.

Le risque de liquidité traduit l'incapacité de l'établissement de faire face à ses engagements et donc son incapacité à rééquilibrer son bilan. L'origine de ce risque vient du fait que les dépôts à vue, qui sont la principale ressource des banques, sont sans maturités contractuellement définies. Donc un retrait soudain et massif des dépôts à vue peut créer une insuffisance de trésorerie et oblige la banque à réemprunter sur le marché. Pour faire face à ce risque, la banque propose en interne des lois d'écoulement sur les dépôts à maturité incertaine pour pouvoir ajuster au mieux son bilan en cas de déséquilibre.

Le risque de taux d'un établissement financier est celui de voir sa rentabilité ou la valeur de ses fonds propres affectées par l'évolution des taux d'intérêts. Plus précisément, la gestion ALM traite des problèmes liés au décalage de prix et de maturité des actifs et des passifs, exposant la banque au risque de translation et de déformation de la courbe des taux. Elle traite également le risque de base survenant lorsque les taux des actifs et des passifs – même adossés en volume et en échéance - sont arrimés à des index de référence différents et subissent alors des impacts d'amplitudes différentes. Au-delà de ces risques, l'existence d'options - plus ou moins visibles - comme celles dont disposent les clients de pouvoir rembourser par anticipation leur prêt ou de retirer tout ou partie de leur dépôt à vue - peut également avoir des conséquences importantes sur les marges d'intérêt.

Les équipes ALM ont donc pour mission de gérer les risques afférant au bilan en se basant sur des modèles pour simuler l'évolution des facteurs de risques afin de piloter l'équilibre des ressources et des emplois en fonction d'un niveau de risque sous la contrainte d'un niveau de rentabilité et d'une réglementation. Elles ont donc pour mission de réconcilier court terme et long terme en présentant les grands équilibres bilanciaux. Historiquement, elles se sont focalisées sur le risque de taux, mais les crises de 2007 et de 2011 ont déplacé les projecteurs sur la liquidité.

Problématique et démarche

Ce rapport présente les travaux effectués dans le cadre de notre projet de fin d'études à MAZARS Actuariat. La thématique de notre projet s'articule autour de la modélisation ALM et la mise en place de scénarios de stress.

L'objectif de notre étude est d'explorer plus en détails les différents aspects des problèmes posés.

Ainsi, le présent rapport se déclinera en quatre grandes parties. Après une introduction sur la gestion actif-passif et le positionnement du cadre de l'étude, nous entamerons la modélisation des dépôts à vue et des déblocages des crédits et cela après avoir passé en revue les modèles de la littérature. L'objectif est de modéliser les dépôts à vue suivant des méthodes mathématiques, ainsi que l'estimation de leurs valeurs futures. Nous procéderons ensuite à des Backtesting pour nous assurer de la robustesse des modèles choisis. Nous présenterons également la méthodologie adoptée pour la prévision de la production nouvelle des dépôts à vue et qui sera la base pour l'élaboration de la simulation de l'évolution des impasses dynamiques. En troisième partie, on procédera à la modélisation du taux d'intérêt en présentant les modèles les plus étudiés et en mettant en application l'un de ces modèles. Et puis finalement nous nous intéresserons dans la quatrième et dernière partie à la construction de scénarios de stress pour simuler l'évolution du bilan en cas de crises ou en cas de situations de pressions probables que la banque peut vivre, en étudiant notamment l'exposition de la banque aux risques de taux et de liquidité.

Première Partie : Introduction et cadre général de l'étude

Cette première partie nous permettra de décrire le rôle de l'ALM d'une banque. On présentera dans un premier temps la gestion Actif-Passif avant de procéder à un rappel des différents risques auxquels une banque doit faire face et identifier les deux risques majeurs inhérents à l'équilibre bilanciel (Risque de taux et Risque de liquidité) et ensuite présenter le cadre réglementaire. Puis, nous nous attacherons à décrire les problématiques qui sous-tendent le pilotage ALM bancaire avant d'introduire plus en détail les sujets que nous développerons dans ce rapport.

Chapitre 1 : Introduction à l'ALM et notions de base

I. Cadre général

La gestion actif-passif est apparue aux Etats-Unis dans les années 1980 et s'est développée très rapidement depuis. C'est une technique de gestion financière qui s'est développée en parallèle avec les techniques de gestion des risques et du pilotage stratégique. Elle a pour objectif de maîtriser les conséquences négatives potentielles des risques financiers qui font l'objet d'une attention grandissante. Il ne s'agit donc pas seulement de mesurer les risques à travers des méthodes quantitatives, mais également de les suivre et de les contrôler ce qui permettra d'assurer une visibilité suffisante sur les résultats futurs et les aléas qui les affectent, procurant ainsi un outil de pilotage.

L'ALM consiste à analyser la situation du bilan et son évolution probable sur un horizon de planification, cherchant à garantir l'équilibre entre les deux volets du bilan (les actifs et les passifs) en s'assurant que la banque dispose toujours de ressources financières qui lui permettent d'assumer ses charges. Elle fournit des indicateurs en termes de risque et de rentabilité attendus sur les différents produits du bilan.

L'ALM a pour objectif de :

- Maintenir un niveau de risque acceptable et la fixation des limites ;
- Piloter la Marge Nette d'Intérêt à court terme et sa préservation à long terme ;
- Identifier les activités stratégiques à développer et définir une stratégie d'allocations des Fonds Propres.

Selon Bitner, les objectifs de la gestion ALM sont les suivants :

- Gérer le risque de taux pesant sur le bilan de la banque ;
- Gérer les besoins de liquidité relatifs à l'activité bancaire ;
- Préserver le capital d'une banque ;
- Augmenter le résultat d'une banque.

Le dernier objectif selon Bitner ne l'est pas selon d'autres tels que Bessin ou Dubernet, qui considèrent, quant à eux, que la fonction ALM a pour objectif la pérennité de l'établissement et non la maximisation de sa rentabilité.

II. Les risques bancaires

Avant de nous intéresser aux risques inhérents à la gestion bilancielle d'une banque, nous définissons ici, de manière brève, l'ensemble des risques touchant le secteur bancaire.

Les risques bancaires sont divers et multiples. Ils peuvent être de deux sortes :

→ Les risques financiers qui comprennent six types de risques : contrepartie, liquidité, taux d'intérêt, marché, change.

- Le risque de contrepartie est le risque de défaut d'un emprunteur face à ses obligations, il englobe le risque de livraison et le risque de crédit.
- Le risque de taux est le risque de voir les résultats ou la rentabilité de l'établissement se dégrader par un mouvement défavorable des taux d'intérêts.
- Le risque de marché est le risque de variation défavorable des positions en cours.
- Le risque de change est le risque de voir les résultats se dégrader par une évolution défavorable des taux de change (une baisse des cours de change peut entraîner une perte de valeur d'avoirs libellés en devises étrangères, de même une hausse des taux

de change peut entraîner une hausse de valeur en monnaie domestique d'engagement libellés en devises étrangères).

- Le risque de liquidité est le risque de ne pas pouvoir faire face à ses engagements ou à ses échéances même par mobilisation des actifs.

→ Les risques opérationnels qui correspondent au risque d'un mauvais fonctionnement de l'organisation de la banque au niveau interne. On peut voir un risque de fraude interne, de mauvaise manipulation ou des systèmes IT défaillants.

Il existe trois types de risques opérationnels :

- Risques administratifs : Procédure de traitement et de contrôle, contrôles informatiques ;
- Risques de non disponibilité de l'outil de gestion ;
- Risques d'erreur ou de malveillance humaine.

III. Les risques en jeu en ALM

L'ALM fournit des indicateurs en termes de risque et de rentabilité attendus sur les différents produits du bilan. Cette gestion doit permettre de disposer de règles à même de limiter l'exposition du bilan de la banque aux différents risques et de gérer de façon optimale ses positions pour, finalement, mettre en place les couvertures adaptées grâce à des produits dérivés.

L'ALM se concentre sur la gestion de trois risques majeurs qui pèsent sur le bilan bancaire :

- Le risque de taux d'intérêt : Les mouvements des taux d'intérêt peuvent affecter défavorablement les résultats de la banque. Ce risque est l'un des plus importants à gérer puisque la quasi-totalité des encours du bilan génèrent des revenus et des charges qui sont indexés sur le taux de marché.
- Le risque de liquidité : Impossibilité de satisfaire ses engagements à la date même de leur exigibilité. Il apparaît lorsque des besoins inattendus sont subis par la banque et qu'elle ne peut y faire face à partir de ses actifs liquides.
- Le risque de change : Le risque d'observer des pertes à cause des évolutions des taux de change.

Dans notre étude nous nous intéressons aux deux premiers risques, à savoir le risque de taux et le risque de liquidité.

III.1. Le risque de taux d'intérêt

III.1.1. Définition du risque de taux

Le risque de taux d'intérêt fait partie des risques majeurs inhérents à l'activité bancaire. Une prise excessive, mal contrôlée de ce risque ou encore une mauvaise anticipation des changements de l'environnement peut constituer une menace non seulement pour l'équilibre financier des banques, mais aussi pour la stabilité financière dans son ensemble.

Le risque de taux d'intérêt est le risque que l'évolution future des taux d'intérêts vienne réduire les marges prévisionnelles de la banque. Il est fonction des effets que peuvent avoir les variations des taux du marché sur sa situation financière. La variation des taux d'intérêt impacte également la valeur actualisée des flux futurs attendus. Le degré d'impact sur la valeur économique des actifs et des passifs dépend de la sensibilité des différentes composantes du bilan à une variation des taux.

III.1.2. Les sources du risque de taux d'intérêt

Le rôle d'intermédiation financière des établissements bancaires les expose structurellement au risque de transformation ou de taux, en finançant des actifs à long terme avec des dépôts et d'autres formes de financement souvent libellés à court terme. Le risque de taux d'intérêt réside principalement dans la vulnérabilité de la situation financière d'une banque à une évolution défavorable des taux d'intérêt du marché. Les banques sont toujours susceptibles d'être affectées par les risques de taux lorsque les revenus et les valeurs économiques de leurs actifs, passifs et positions hors bilan présentent des sensibilités divergentes face aux taux d'intérêt.

Le risque de taux peut avoir diverses origines. Il peut provenir de :

- Révision de taux :

Il résulte des différences dans l'échéance (pour les taux fixes) et le renouvellement des conditions (pour les taux variables) des positions de l'actif, du passif et du hors-bilan d'une banque. Ce risque se concrétise par le fait que des variations de taux d'intérêt modifient les revenus futurs et les valeurs économiques de la banque.

- Déformation de la courbe de taux :

Les décalages dans les révisions de taux peuvent également exposer une banque à des modifications de la pente et de la configuration de la courbe des taux. Ce risque survient lorsque des variations non anticipées de la courbe ont des effets défavorables sur le revenu ou la valeur économique de l'établissement.

- Risque de base :

Il résulte d'une corrélation imparfaite dans l'ajustement des taux reçus et versés sur des produits différents, dotés par ailleurs de caractéristiques de révisions de taux analogues. Lorsque les taux changent, ces différences peuvent entraîner des variations imprévues de l'écart des flux de trésorerie et bénéfiques entre créances, dettes et instruments du hors-bilan ayant des échéances ou des fréquences de révisions de taux identiques. Une forme particulière de ce risque apparaît dans des produits tels que les hypothèques à taux variables ou les fonds remis à titre d'épargne ou de placement, vu que leurs taux s'alignent en principe sur l'évolution d'un taux d'intérêt ou d'une combinaison de taux d'intérêt de référence, sans toutefois qu'il y ait dans le temps une synchronisation totale des modifications de taux.

- Risque de clauses optionnelles ou risque lié aux options cachées :

Les risques de taux d'intérêt apparaissent également aux travers d'instruments comportant des clauses optionnelles (implicites). Cette catégorie englobe entre autres les différents types d'obligations et de "notes" comportant des clauses de dénonciation en faveur du débiteur ou du créancier, des crédits incluant un droit de remboursement anticipé en faveur du débiteur ainsi que différents instruments de placement sans échéance définie où le déposant peut opérer des retraits en tout temps, souvent sans être tenu d'acquitter des pénalités. Par nature une option donne à son détenteur le droit, et non l'obligation, d'acheter, de vendre ou, d'une manière ou d'une autre, de modifier le flux de trésorerie d'un produit ou d'un contrat financier. Lorsque de tels instruments comportant des options implicites sont traités de manière inappropriée, leurs caractéristiques de paiement asymétriques peuvent représenter un risque substantiel pour leurs vendeurs, étant donné qu'en général, ils sont exercés au profit de l'acheteur et, partant, au détriment du vendeur.

Une trop grande exposition aux mouvements des taux d'intérêt peut générer d'importantes pertes. Ces mouvements ont une influence sur les rémunérations et les coûts

générés par les produits et instruments financiers dont dispose la banque. Par conséquent, leurs mouvements ont un impact direct sur le résultat généré mais aussi la valeur actuelle des différents revenus futurs. Il est donc nécessaire d'appréhender correctement de quelle façon les mouvements de la courbe de taux peuvent impacter les marges de la banque.

L'appréciation du risque de taux peut s'effectuer au travers d'un ensemble de simulations de stress testing, dans le cadre d'un scénario de variation des taux de 200 pbs tel que préconisé par le Comité de Bâle.

La stratégie de la banque en matière de gestion du risque de taux d'intérêt, veille à assurer la stabilité des résultats contre les variations des taux d'intérêts, en préservant la marge d'intérêt et en optimisant la valeur économique des Fonds propres.

III.2. Le risque de liquidité

III.2.1. Définition de la liquidité

La liquidité est un stock défini par un montant de cash et équivalents disponibles à un instant donné. C'est une notion dynamique composée de plusieurs éléments :

- La liquidité de financement : la dette à court et long terme qui finance l'activité
- La liquidité des actifs : les actifs disponibles peuvent être cédés ou mis en garantie pour obtenir du cash
- Les événements futurs de nature à impacter les liquidités

III.2.2. Définition du risque de liquidité bancaire

La définition du risque de liquidité est moins intuitive que celle du risque de taux. On peut, conformément au document du Comité de Bâle, définir la liquidité d'une banque comme la capacité de financer ses actifs et de rembourser les engagements pris au moment où ces financements ou remboursements apparaissent : ***'Liquidity [is] the ability to fund increases in assets and meet obligations as they come due'***.

Le risque de liquidité se traduit donc à travers l'impossibilité de satisfaire ses engagements. Il apparaît lorsque des besoins inattendus sont subis par la banque et qu'elle ne peut y faire face à partir de ses actifs liquides. Un autre aspect du risque de liquidité peut aussi être vu à travers l'incapacité temporaire de la banque à lever des capitaux à un coût raisonnable.

La liquidité joue un rôle majeur dans la gestion d'un établissement de crédit. En premier lieu, la réglementation bancaire impose aux établissements de crédit la détention d'un minimum d'actifs liquides. Mais outre les obligations réglementaires, les banques doivent également détenir des liquidités suffisantes pour faire face aux demandes de retrait de la part des déposants qui peuvent intervenir à tout moment dans le cas des dépôts à vue.

Une liquidité qui est mal maîtrisée peut engendrer :

- Une perte d'opportunité par incapacité de financement du développement de l'activité (problème de liquidité à l'actif) ;
- soit une crise de liquidité par incapacité à honorer les engagements contractés (problème de liquidité au passif).

Par conséquent, une gestion de liquidité est primordiale et elle consiste en général à trouver un équilibre entre le respect des engagements réglementaires vis-à-vis de la clientèle et l'objectif de maximisation de la marge d'intérêts.

III.2.3. Les sources du risque de liquidité et ses conséquences

Deux sources majeures peuvent générer un risque de liquidité :

- L'incapacité de l'établissement de lever les fonds nécessaires pour faire face à des situations inattendues à court terme, notamment un retrait massif des dépôts ou un tirage maximal des engagements en hors bilan ;
- Le non adossement des actifs et passifs ou le financement des actifs moyens et longs termes par des passifs à court terme.

La matérialisation du risque de liquidité peut survenir à l'occasion:

- D'un retrait massif des dépôts ou de l'épargne de la clientèle :

Les dépôts à vue sont la principale ressource des banques. Si la majorité des clients réclament leurs dépôts, il s'en suivra une crise de liquidité qui pourrait mener à la dégradation du résultat ou même à la faillite de l'établissement.

- D'une crise de confiance du marché à l'égard de l'établissement concerné :

L'un des aspects les plus importants en matière de gestion du risque de liquidité se trouve dans la capacité de la banque à se refinancer sur le marché

- D'une crise de liquidité générale du marché :

Si une banque maîtrise mal sa liquidité, cela peut mener à une crise de liquidité si elle se retrouve dans l'incapacité d'honorer ses engagements ou à une perte d'opportunité de développement d'activité.

L'insuffisance en liquidité engendre des problèmes de solvabilité qui menacent la stabilité financière. Ainsi, une liquidité qui est mal maîtrisée peut causer une perte d'opportunité par incapacité de financement du développement de l'activité, comme elle peut être responsable d'une crise de liquidité quand la banque se voit incapable d'honorer les engagements contractés. Quand le risque de liquidité touche une banque individuelle, il peut se transformer en crise systémique, dans la mesure où il favorise la propagation de la faillite d'une banque à l'ensemble du système bancaire.

Chapitre 2 : Principes généraux de la gestion ALM bancaire

Pour faire face à la montée puissante des différents risques financiers précités, les banques doivent à la fois maîtriser leurs risques, gérer l'équilibre et la composition de l'ensemble des actifs et passifs, tout en optimisant la rentabilité des fonds propres, d'où la nécessité de mettre en œuvre une gestion actif-passif.

I. Définition et fonctions de la gestion actif-passif bancaire

I.1. Définition de la gestion actif-passif bancaire

L'ALM bancaire désigne l'ensemble des techniques qui permettent à une banque d'assurer un équilibre entre ses différentes ressources financières sur le périmètre des activités commerciales, en maîtrisant principalement les risques de liquidité et de taux. En effet, une banque a pour rôle majeur de collecter l'épargne des clients épargnants et de transformer ces ressources en crédits permettant aux investisseurs de financer leurs projets. L'ALM possède donc, au sein d'une banque, le rôle de mesurer et d'analyser les différents risques financiers afin d'assurer à la banque une meilleure rentabilité au court du temps.

Comme cité dans le chapitre précédant, les risques de taux et de liquidité occupent une place centrale parmi les nombreux risques auxquels une banque doit faire face. Schématiquement, une fois que les dépôts et les prêts accordés à la clientèle sont enregistrés, la banque est soit en excédant de liquidité, soit en besoin de liquidité. Elle se tourne alors vers les marchés financiers afin de placer ses excédents ou emprunter selon ses besoins. Ainsi, les résultats de la banque sont sensibles aux mouvements des taux d'intérêts et des coûts de financement.

La gestion du bilan doit ainsi limiter l'exposition de la banque aux risques de taux et de liquidité.

I.2. Fonctions de la gestion actif-passif bancaire

La gestion actif-passif, comme il mentionné auparavant, possède plusieurs objectifs dont les principaux sont :

- La protection des marges face aux variations des conditions du marché ;
- L'optimisation des emplois, des ressources afin d'optimiser le résultat ;
- Le pilotage de l'activité bancaire et l'optimisation de l'allocation des Fonds Propres.

Afin d'atteindre ces objectifs, la direction en charge de la gestion actif-passif au sein d'une banque doit réaliser un certain nombre de fonctions dont :

- La mesure et le suivi des risques financiers en identifiant les risques encourus dans le bilan de la banque et en mettant en œuvre les différents outils de mesure des risques ;
- La gestion prévisionnelle qui consiste à anticiper la structure du bilan de la banque ainsi que les conditions du marché, et les ratios de solvabilité, de liquidité, etc. ;
- L'allocation des Fonds Propres qui consiste à apprécier les différents centres de profits de la banque en fonction des Fonds Propres qu'elles consomment. Cette fonction représente une décision stratégique par laquelle la direction générale va marquer ses préférences pour une ou plusieurs activités ou métiers et d'avoir une vision prospective compte tenu des résultats escomptés et des risques encourus.
- La mise en place d'un système de tarification. Cette tarification concerne particulièrement la nouvelle production. Elle consiste à coordonner les différentes fonctions de la banque telle que la collecte des dépôts et la distribution des crédits par un bon système de cession interne de capitaux et de taux qui leur sera appliqué.

Il ressort de ce qui précède les principales missions de l'ALM bancaire suivantes :

- La gestion dynamique de la structure et des marges dégagées par l'ensemble des actifs et passifs de la banque ;
- L'optimisation de la rentabilité des Fonds Propres ;
- La préservation d'un niveau acceptable des risques de taux et de liquidité.

II. Outils de mesure en ALM bancaire

II.1. Mesure du risque de liquidité

Il n'existe pas de modèle unique de mesure du risque de liquidité, les banques ont recours à un ensemble d'indicateurs qui contribuent au pilotage de la trésorerie et à la constitution d'un matelas de sécurité adéquat.

La mesure du risque de liquidité peut se faire par les méthodes de mesure de volume, de marge et de valeur.

- Mesure de marge : Résultat d'exploitation

La mesure de marge consiste à apprécier les effets, sur les résultats courants de la banque, de la couverture de son risque de liquidité. Des hypothèses de sensibilité peuvent être faites quant à l'évolution du coût de liquidité.

- Mesure de valeur : Valeur actuelle nette

La mesure de valeur consiste à mesurer l'effet d'une variation du coût de la liquidité sur la valeur patrimoniale de l'établissement en actualisant les effets sur la marge d'intérêt.

- Mesure de volume : Impasse

Pour évaluer la capacité de la banque à faire face à ses exigibilités, la représentation de l'amortissement des emplois et ressources est nécessaire, en fonction de leur échéancier contractuel ou probable. La confrontation des courbes d'amortissement des emplois et des ressources met en évidence la transformation en liquidité opérée par la banque ainsi que le risque encouru lorsque la durée des ressources disponibles est plus courte que celle des emplois. Le risque de liquidité naît alors du décalage entre les ressources et les emplois. D'où l'intérêt de calculer des impasses ou des gaps de liquidité. Quand le gap est positif, la banque est excédentaire en ressources, lorsqu'il négatif, la banque est déficitaire. Quand l'équilibre en liquidité est réalisé, le gap de liquidité est nul.

II.2. Mesure du risque de taux :

Les évolutions défavorables de la courbe de taux peuvent impacter négativement les revenus futurs de la banque. Il est donc nécessaire de prendre en considération la sensibilité des intérêts par rapport au risque de taux.

Il existe donc plusieurs techniques qui permettent de mesurer le risque de taux d'intérêt et qui peuvent être réparties selon deux catégories : des techniques prenant en compte des calendriers d'échéances et de révisions de taux, et des techniques utilisant des approches de simulation.

- **Calendriers d'échéances et de révisions de taux**
 - Analyse d'impasses :

C'est l'une des premières méthodes mises au point pour déterminer l'exposition au risque des taux. Elle consiste à déduire, pour chaque fourchette, les dettes sensibles aux taux aux créances correspondantes, donnant ainsi une « impasse ». Une impasse négative apparaît

dans une fourchette lorsque les dettes sont supérieures aux actifs. Dans ce cas, une augmentation des taux du marché peut entraîner une diminution du revenu d'intérêt net. Inversement, une impasse positive signifie que le revenu d'intérêt net peut baisser à la suite d'un repli des taux.

- La duration :

Le calendrier d'échéances et de révisions de taux peut également être utilisé pour évaluer les effets des modifications de taux sur la valeur économique, en appliquant des pondérations de sensibilité à chaque fourchette, fondées sur des estimations de la duration des créances et dettes correspondantes. En effet, la duration est une mesure de la variation, en pourcentage, de la valeur économique d'une position en présence d'une faible modification du niveau des taux. Elle reflète l'échelonnement et l'ampleur des flux de trésorerie attendus avant l'échéance contractuelle d'un instrument.

- **Approches de simulation**

De nombreuses banques, en particulier celles qui utilisent des instruments financiers complexes ou présentent, par ailleurs, des profils de risque complexes, ont recours à des systèmes de mesure plus sophistiqués que les simples calendriers d'échéances et de révisions de taux. Ces techniques de simulation comportent généralement des évaluations détaillées des effets potentiels des modifications des taux sur les bénéfices et la valeur économique, en simulant l'évolution future des taux et leur incidence sur les flux de trésorerie.

- Simulations statiques

Dans les simulations statiques, seuls les flux financiers résultant des positions courantes du bilan et du hors-bilan font l'objet d'évaluations. Pour estimer l'exposition des bénéfices au risque de taux, des simulations sur les flux de trésorerie et bénéfices qui en résultent sur une période donnée sont conduites sur la base d'un ou de plusieurs scénarios de taux.

- Simulations dynamiques

Dans une approche de simulation dynamique, la simulation repose sur des hypothèses plus détaillées de l'évolution future des taux et des variations attendues de l'activité de la banque sur la période considérée. Elle pourrait ainsi comporter des hypothèses sur la stratégie appliquée pour modifier les taux d'intérêt qu'elle contrôle (dépôts d'épargne, par exemple), sur le comportement de la clientèle (retraits de dépôts à vue et d'épargne, par exemple) et/ou sur le courant d'activité futur (nouveaux prêts ou autres transactions). Ces simulations utilisent de telles hypothèses pour projeter les flux financiers escomptés et estimer les résultats dynamiques des revenus et de la valeur économique.

III. Outils de gestion en ALM bancaire

L'ALM fournit des indicateurs et des outils de gestion des différents produits du bilan afin de limiter l'exposition du bilan de la banque aux différents risques et de gérer ses positions pour mettre en place les couvertures adaptées grâce à des produits de hors-bilan.

III.1. Outils de gestion du risque de liquidité

Pour gérer le risque de liquidité, il convient de distinguer entre la liquidité stockée et la liquidité empruntée. Deux solutions sont envisageables :

- Céder des actifs pour obtenir de la liquidité. Dans ce sens, le portefeuille des titres de la banque constitue la principale source de liquidité. La banque s'intéresse principalement aux titres de transactions qui peuvent être cédés rapidement.

- Emprunter soit auprès de la banque centrale en répondant aux appels d'offre de celle-ci, soit sur le marché interbancaire.

Le choix de l'une ou l'autre des solutions dépend de plusieurs facteurs. En effet, emprunter sur le marché peut s'avérer plus risqué que la cession d'actifs. De plus, les banques n'ont pas la même facilité d'accès au marché de capitaux car cela dépend de plusieurs paramètres notamment la taille de l'établissement, sa solidité financière,... Les banques doivent donc être plus attentives au risque de liquidité et doivent détenir dans leurs bilans des actifs.

III.2. Outils de gestion du risque de taux d'intérêt

La gestion du risque de taux a pour objectif d'immuniser les marges d'intérêts prévisionnelles. Pour cela, la banque doit réaliser l'égalité de la durée de ses actifs et passifs soit par la technique de l'immunisation totale, soit par la couverture des positions de taux sur le marché dérivé, notamment les accords de taux à terme (Forward Rate Agreement - FRA) et les accords d'échange de taux (swaps de taux) :

- Un FRA est un contrat dans lequel deux parties A et B se mettent en accord que si, à un instant T, le taux d'intérêt dépasse un seuil R, une partie A paiera à une partie B une certaine somme et inversement si le taux d'intérêt est inférieur au seuil R alors B fera un paiement pour A. La somme payée étant la différence des intérêts sur le montant nominal du contrat. De cette façon, B s'assure face à la variation des taux, puisqu'il reçoit un dédommagement si les taux sont plus élevés. D'autre part, il doit faire un versement si les taux sont plus bas.
- Un accord d'échange de taux est un contrat selon lequel deux parties s'entendent pour échanger des paiements d'intérêt sur un montant nominal donné, la partie acheteuse paiera périodiquement un taux fixe à la partie vendeuse et celle-ci paiera en retour un taux variable à la partie acheteuse. Ce type de contrat permet à une banque de neutraliser l'effet désappariant de prêt à long terme en échangeant à l'aide d'un swap les revenus fixes du prêt pour des revenus variables. Un swap peut être considéré comme une succession d'accord de taux à terme.

IV. Les principaux postes du bilan et du Hors bilan bancaire

Les banques se situent à l'interface entre deux mondes qui diffèrent en termes de produits, de métiers, de mode de fonctionnement, etc. Il s'agit de la sphère opérationnelle et financière dont les comptes sont tenus respectivement dans le Banking Book et le Trading Book :

- Le Banking Book comprend l'ensemble des opérations avec la clientèle particulière et les entreprises. Il concerne principalement le réseau des agences et la direction commerciale. Les produits qui y sont comptabilisés sont classiquement des dépôts, des crédits, des produits d'épargne, etc. ;
- Le Trading Book traite les relations avec les institutionnels. Les produits qui y sont traités sont les crédits, les titres de marché, les instruments dérivés, etc. Il rend compte de l'activité de marché de l'établissement financier ainsi que de son activité de détention d'un portefeuille de titres.

	Actif	Passif	
Bilan	Avances diverses Crédits aux entreprises Crédits immobiliers classiques Crédits à la consommation	Dépôts à vue Comptes à terme Comptes épargne	Sphère opérationnelle
	Titres de transactions, de placement et d'investissement Titres de participation	Titres de créances négociables Emprunts obligataires Titres subordonnés Fonds propres Résultat	
Hors Bilan	Garanties données Contrats de garantie de taux	Garanties reçues Contrats de garantie de taux	

TABLEAU 1: BILAN SIMPLIFIE D'UNE BANQUE

Le passif, qui correspond aux ressources de la banque, est essentiellement constitué de l'épargne et des dépôts de la clientèle. Ces dépôts sont dits à vue, car ils peuvent être exigés à tout instant par le client (d'où le terme de passif sans échéance), et constituent la principale «raison d'être» de la gestion ALM. À l'exception des comptes courants et comptes chèques, les dépôts sont rémunérés selon des taux qui évoluent. Tous ces dépôts sont comptabilisés en couru, c'est-à-dire en coût amorti : on effectue une analyse période après période des flux d'intérêts et des décaissements qui seront amenés à les affecter aux différentes dates futures.

À l'actif, qui correspond aux emplois, figurent, notamment, les crédits distribués par l'établissement bancaire aux particuliers et aux entreprises. La majorité de ces crédits sont contractés à taux fixe. Les excédents de trésorerie sont généralement soit prêtés à d'autres établissements (sur le marché interbancaire) soit investis en des portefeuilles de titres, d'échéances similaires à la durée de vie moyenne estimée des postes au passif.

La rubrique du Hors Bilan comprend également des postes qui génèrent des risques de liquidité et de taux et qui nécessitent une modélisation.

En fonction de l'adossement emplois-ressources, la banque de détail a un :

- Besoin de liquidités lorsqu'il y a insuffisance des dépôts pour faire face à la demande de crédits. Il lui faut alors trouver ces ressources, par exemple en émettant des titres ou en ayant recours au prêt interbancaire ;
- Excédent de liquidités lorsque toute l'épargne liquide n'a pas été transformée. La banque peut alors utiliser ces ressources pour prêter sur le marché interbancaire ou investir en titres.

Nous nous intéressons dans le cadre de cette étude à la sphère opérationnelle dans la mesure où elle s'inscrit dans un contexte plus commercial dont la culture financière se réduit à une clientèle composée de particuliers, d'entreprises et de professionnels (commerces, professions libérales, etc.). La qualité d'information disponible sur les contreparties est faible, toutefois, les produits sont plus simples. La faiblesse de la qualité de l'information dont dispose la banque sur le comportement de sa clientèle la met dans une situation critique où l'anticipation des comportements ainsi que la mesure et la gestion des différents risques auxquelles elle s'expose revêt une importance capitale. D'autant plus que la présence d'options cachées est l'une des caractéristiques importantes de la sphère commerciale et que l'exercice de ces options peut avoir des conséquences négatives sur le résultat de la banque. En effet, un simple dépôt à vue laisse en réalité au client une palette d'options très riche

puisque'on lui accorde la possibilité d'y transférer des fonds d'une manière instantanée, dans les deux sens, et à tout moment.

Dans notre étude, nous focaliserons notre attention sur la modélisation des dépôts à vue ainsi que celle des débloques des crédits non revolving afin d'affiner la compréhension et la gestion du risque porté par ceux-ci et d'élaborer les conventions d'écoulement.

Chapitre 3 : Cadre réglementaire

Comme leur impose le contexte économique et réglementaire, les banques doivent renforcer leur dispositif de gestion du risque. En effet, ces dernières années le monde financier a connu d'importantes fluctuations et a été bouleversé par plusieurs crises qui ont menacé sa stabilité.

I. Réglementation Internationale

La mise en place en 1974 du Comité de Bâle par les banques Centrales Européennes a permis aux banques et aux autorités de tutelle de mettre au premier plan l'importance d'une gestion active des risques financiers.

Le comité Bâle effectue des recommandations en termes de gestion du risque de taux et de liquidité et a instauré des mesures réglementaires rigides, imposant l'allocation suffisante des fonds propres dans l'objectif est de couvrir tous les types de risques susceptibles d'affecter négativement la solvabilité et la performance des établissements bancaire. Le premier accord de cette organisation a eu lieu en 1988. Il s'agissait d'un accord sur les règles de capital propre. Il a été adopté par plus de 100 pays dont les banques ont été soumises à la réglementation en 1993 sous la dénomination Bâle I. Mais cette réglementation s'est révélée insuffisante. C'est pourquoi le comité de Bâle a décidé de mettre en œuvre une nouvelle réglementation : Bâle II dont le règlement 97-02 rappelle l'obligation pour les institutions financières de disposer d'outils et de systèmes de mesure des risques.

Les recommandations de Bâle II mettent en évidence la nécessité de la gestion du risque de taux, mais également mettent l'accent sur la liquidité : les scénarios de crise doivent intégrer le risque de liquidité dans la projection des flux sur la base de différentes hypothèses de sévérité, ces hypothèses doivent intégrer à la fois des facteurs externes (liquidité du marché) et des facteurs internes (problèmes de refinancement).

Les Accords de Bâle III traduisent la volonté des régulateurs de renforcer la régulation du système financier mis à mal durant la crise financière de 2007. Ils enrichissent la réglementation prudentielle existante en visant l'amélioration de la qualité des fonds propres et une meilleure maîtrise des risques.

En plus de renforcer les exigences des précédents accords de Bâle concernant la gestion des risques et la solvabilité des établissements financiers, les accords de Bâle III présentent de nouvelles mesures destinées à encadrer et suivre le risque de liquidité. A cette fin, deux nouveaux ratios ont été définis : le ratio de liquidité long terme (NSFR) et le ratio de liquidité court terme (LCR).

Le LCR (« Liquidity Coverage Ratio »), destiné au pilotage court terme, a but de démontrer la stabilité d'un organisme financier face à une crise financière systémique aigue sur un mois. Pour cela, le montant des réserves de liquidité, cash et actifs hautement liquides doit être supérieur au montant des exigibilités et fuites de liquidité sur un mois dans un scénario adverse (stressé). Il contraint les banques à détenir un stock d'actifs sans risque et facilement négociables, pour être en capacité de compenser des décaissements importants, tels que les retraits importants d'encours sur des dépôts à vue suite à une crise de confiance, sur un mois.

$$LCR = \frac{\text{Encours d'actifs liquidies de haute qualité}}{\text{Sorties nettes de trésorerie sur les 30 jours suivants}} \geq 100\%$$

Le NSFR (« Net Stable Funding Ratio »), orienté long terme et qui complète le ratio de liquidité à court terme, a lui pour objectif de garantir la capacité de l'organisme financier à

résister à une crise idiosyncratique, en assurant un financement stable permettant à la banque de poursuivre sainement ses activités pendant une période d'une année dans un scénario de tension prolongé. Pour cela, le montant des ressources disponibles considérées comme stables doit être supérieur au montant des besoins en ressources stables.

$$NSFR = \frac{\text{Montant de financement stable disponible}}{\text{Montant de financement stable exigé}} \geq 100\%$$

L'objectif actuel est un déploiement progressif de l'ensemble des mesures de Bâle III pour 2019. En ce qui concerne les ratios ci-dessus, le LCR est mis en place depuis le début de l'année 2015, mais avec pour l'instant comme objectif un ratio de 60%, augmenté de 10% tous les ans jusqu'à atteindre la cible de 100% en 2019. Concernant le NSFR, son déploiement est actuellement prévu pour 2018.

Concernant les problématiques de risque de liquidité et de taux, les recommandations de Bâle II fournissent un large éventail de facteurs qui doivent être envisagés en ALM pour une gestion saine de risques. Il est donc recommandé d'évaluer les différents risques existants en se basant sur des indicateurs qui pourront être calculés en ALM et pour lesquels la banque devra se fixer des limites en accord avec ses objectifs. Parmi ces indicateurs, on trouve le ratio de liquidité :

$$R_{\text{liquidité}} = \frac{\text{Actifs liquides}}{\text{Passifs de court terme}}$$

De ce fait, l'ALM est très concerné par les évolutions réglementaires en cours dans le secteur bancaire. Les ratios de liquidité du Comité de Bâle constituent à ce titre une contrainte majeure qui va à l'encontre d'une gestion active et sur-mesure du bilan par l'ALM : que ce soit le LCR (le ratio de liquidité court terme) ou le NSFR (le ratio de liquidité long terme), les nouveaux ratios introduisent un même calcul et des hypothèses identiques pour l'ensemble des établissements, quels que soient leur modèle ou leurs conditions d'activité. En limitant la capacité des banques à financer leurs crédits à long terme par des dépôts à court terme, le NSFR va jusqu'à remettre en question le métier même de l'ALM : garantir que le processus de transformation, au cœur de la croissance économique, se fasse dans des conditions de sécurité suffisantes.

Le comité de Bâle définit donc divers objectifs à atteindre afin d'appréhender correctement le risque de taux et gérer parallèlement les besoins de liquidité. Pour cela, il recommande la mise en place de conventions d'écoulement pour chacun des produits du bilan. Cela permettra par la suite de calculer les impasses de liquidité du bilan aux différentes dates futures. Le comité de Bâle recommande d'effectuer des écoulements statiques et dynamiques.

II. Réglementation Marocaine

Les établissements financiers marocains tardent à mettre en œuvre leur gestion des risques. Le souci de Bank Al-Maghreb, dans le cadre de la nouvelle réglementation Bâle II, est venu pour préparer un projet de recommandations générales afin d'améliorer la convergence des pratiques du suivi, de surveillance et de la gestion des risques.

Le comité de coordination et de surveillance des risques systémiques qui rassemble tous les régulateurs de la place (BAM, AMMC, ACAPS, Direction du Trésor) et qui se charge de la surveillance macro-prudentielle du secteur financier, a attiré l'attention sur la question depuis juin 2016 en soulignant à l'issue de sa réunion semestrielle «l'exposition des banques au risque de taux d'intérêt dans une phase où la croissance des crédits bancaires est portée par ceux à l'habitat assortis de taux bas». Le même comité en a remis une couche en martelant l'exposition

du secteur à «un risque de taux d'intérêt, dans un contexte de forte concurrence à l'octroi de crédits, ce qui constitue une zone d'attention qui requiert un suivi rapproché».

Outres les directives imposant les règles de gestion des risques de taux, la Directive de BAM n° 31/G/07 relative au dispositif de gestion du risque global de liquidité bancaire exige une gestion saine de la liquidité impliquant la mise en place d'une stratégie qui définit la politique générale à adopter pour assurer un niveau de risque de liquidité acceptable au regard de l'activité de l'établissement et de l'environnement économique dans lequel il évolue. Cette dernière prévoit des mesures progressives, avec un premier jalon au 1er juillet 2015, date à laquelle le ratio de liquidité (LCR) à court terme des banques a dû être au minimum de 60%; et un 2ème jalon au 1er juillet 2019, date à laquelle ce ratio devra se situer à 100%, au terme d'un processus d'incrémentation annuelle de 10%.

Conclusion

La gestion actif-passif rêvait donc une importance grandissante pour tout établissement financier. De par leur activité de transformation, les banques sont soumises aux risques et aux aléas du marché financier, notamment le risque de liquidité et le risque de taux, qu'ils essaient de maîtriser à travers la mise en place et le suivi d'un certain nombre d'indicateurs et selon les recommandations des régulateurs et celles du comité de Bâle.

Dans cette optique, nous nous intéressons dans la suite à la modélisation des dépôts à vue et à leurs écoulements ainsi qu'à la modélisation des déblocages des crédits non revolving logé dans le hors bilan. Les résultats seront utilisés pour construire les impasses de liquidité qui sont un outil important de mesure du risque de liquidité encouru par banque.

Deuxième Partie : Modélisation des dépôts à vue et du déblocage des crédits

Pour une bonne gestion et un meilleur suivi des risques afférents à l'activité bancaire, une des principales étapes est la modélisation des différents postes du bilan et de l'hors-bilan et la détermination des règles d'écoulement.

Contexte et cadre général

Schématiquement, la banque emprunte sur des périodes plutôt courtes à ceux qui présentent un excès de liquidité afin de prêter sur des périodes plus longues à ceux qui demandent un financement. Bien que grossière, cette schématisation permet de mettre à jour les deux plus importants postes du bilan bancaire : les dépôts et les crédits. Pour avoir chaque année une bonne photographie du bilan, il faut que ce dernier contienne toute l'information pour chaque ligne du bilan considérée. Or, certains ne sont pas échancés. Des conventions d'écoulement des lignes de bilan sans échéances sont alors établies. Elles permettent de traduire une réalité de renouvellement automatique des encours ou leur évaporation. Elles donnent aussi la possibilité de simuler l'évolution du bilan.

Les encours à l'actif d'une banque (prêts aux particuliers,...) et à son passif (dépôts de la clientèle,...) s'écoulent de manière très variée. Certains de ces écoulements tels que les dépôts à vue nécessitent une modélisation statistique du comportement des clients pour piloter le risque de liquidité et le risque de taux de la banque.

L'élaboration des conventions d'écoulement est une étape essentielle pour résoudre la problématique des éléments non-échancés et d'autres qui contiennent les options cachées.

La gestion du risque de taux et le risque de liquidité nécessitent de s'intéresser à un certain nombre de postes du bilan pour lesquels la prévision des encours est rendue difficile. Il s'agit d'une part des postes non échancés tel que les dépôts à vue ou des crédits.

Vu l'importance des dépôts à vue et des crédits dans les ressources et emplois des banques, on a choisi de nous concentrer sur ces deux éléments pour l'élaboration d'une convention d'écoulement. La modélisation de l'écoulement de ces éléments est un point central de notre étude et nécessitent des méthodes statistiques. L'objectif de cette partie est donc double.

Pour répondre à ces objectifs, la démarche envisagée consiste à présenter la notion d'écoulement des postes du bilan, ensuite d'élaborer l'écoulement des dépôts à vue, en se basant sur une modélisation statistique de l'encours de ces éléments. Cette modélisation permettra par la suite de déterminer des conventions d'écoulements et pouvoir finalement mesurer le risque de taux et de liquidité sur l'ensemble du bilan. Nous entamerons ensuite la modélisation des options cachées. Nous passons d'abord en revue les différents modèles de la littérature avant de présenter les résultats des modélisations que nous avons retenues.

Chapitre 1 : Modélisation des dépôts à vue

I. Introduction et cadre général

Dans le cadre de l'ALM, la modélisation du comportement des clients est une étape fondamentale pour la valorisation de leurs dépôts. Cette modélisation a pour objectif :

- D'établir les lois d'écoulement des dépôts
- D'estimer le niveau futur des dépôts
- D'estimer les gains et les pertes relatifs aux dépôts de la banque

Les dépôts étant le cœur de la liquidité, nous nous baserons sur une approche statistique pour évaluer le comportement de ces dépôts au fil du temps, via celui de leurs encours, et donc à fortiori, celui de la liquidité bancaire. La modélisation statistique des principales catégories des dépôts a pour but de déterminer les modèles qui représentent au mieux les séries d'encours traités.

Un des points importants de la modélisation est de distinguer les produits non échéancés des produits échéancés. Les produits non échéancés sont des produits qui n'ont pas de maturité contractuelle et donc les encours de ces produits peuvent aussi bien restés indéfiniment dans le bilan que disparaître immédiatement. Contrairement aux produits échéancés qui comprennent, quant à eux, une date de maturité fixée suivant les termes du contrat. Les dépôts à vue sont des produits non échéancés.

La modélisation des encours des dépôts que nous allons effectuer portera sur les dépôts non échéancés qui représentent la plus grande du passif. Avant de procéder à l'analyse statistique et à la modélisation, nous commencerons tout d'abord par la définition de chacune de ces catégories.

I.1. Les principaux types de dépôts bancaires

Nous allons regrouper les dépôts au sein de trois catégories majeures :

- Les dépôts à vue : ce sont des dépôts dont les fonds peuvent être retirés à tout moment. Les comptes courants ou les comptes chèques fournissent un exemple de tels dépôts.
- Les comptes d'épargne : ils sont par nature moins liquides que les comptes courant et les comptes chèques dans la mesure où le retrait par moyens de paiement n'est pas possible. Les fonds sont toutes fois disponibles « à vue ». Ils sont rémunérés et fiscalisés.
- Les dépôts à terme : ils ont une durée fixée et rapportent un intérêt au détenteur si celui-ci ne retire pas son dépôt avant l'écoulement de l'échéance.

La gestion des dépôts à terme n'est pas difficile car ces produits ont une maturité contractuelle et il est possible de déterminer un horizon de placement optimal sans difficulté. En revanche, les dépôts à vue comprennent des produits n'ayant pas une maturité contractuelle. Cette différence induit une plus grande volatilité et donc une interrogation quant à la stratégie optimale de placement qui peut s'appliquer à eux. Pour cela, nous concentrons notre étude sur la modélisation des dépôts dits à vue tels que les comptes chèques, épargnes et courants.

I.2. Définition et typologie des dépôts à vue

I.2.1. Définition des dépôts à vue :

Un dépôt à vue est un dépôt, rémunéré ou non, dont les fonds peuvent être retirés partiellement ou totalement à tout instant. Ce sont des dépôts qui peuvent être retirés sans préavis et sans pénalités. L'exemple le plus courant en est le compte chèque.

I.2.2. Les différents types des dépôts à vue :

Il existe trois types de comptes liés aux dépôts à vue :

- Les comptes courants : c'est une convention utilisée entre des personnes dans les relations commerciales et financières. Ce sont des dépôts à vue destinés à des personnes morales.
- Les comptes chèques : ce sont des comptes courants mais destinés à des personnes physiques.
- Les comptes d'épargne : appelés aussi comptes sur livret ou comptes sur carnet, c'est un dépôt d'argent à vue dans une banque qui est rémunéré.

Notre étude concerne donc deux catégories de dépôts à vue :

- Les dépôts à vue rémunérés
- Les dépôts à vue non rémunérés

Les dépôts à vue constituent une part importante des ressources pour une banque commerciale. La modélisation de l'encours des dépôts représente donc un enjeu de taille.

Demey, Frachot et Riboulet mettent en exergue ce problème en évoquant les dépôts à vue. Selon eux, deux conceptions s'opposent :

- La première se veut prudente. Comme nous l'avons mentionné, l'absence de maturité contractuelle de ces dépôts les rend volatiles. Ils peuvent donc disparaître rapidement. Dès lors, il serait imprudent de les considérer comme des ressources longues.
- La seconde approche, plus pratique, repose sur une observation simple : l'encours des dépôts à vue se révèle très stable dans le temps. Ceci implique des ressources longues.

La méthode envisagée a pour objectif de séparer statistiquement la partie stable et la partie volatile du montant des DAV. Ces éléments peuvent être estimés en élaborant tout d'abord une modélisation de l'encours des DAV, ensuite un écoulement des dépôts sur plusieurs tranches d'échéances.

Ainsi, il faut effectuer une distinction entre les montants présents dans le bilan à une date t (le stock ou l'encours) et la façon dont ils s'écoulent, et les montants entrant dans le bilan aux différentes dates futures (la nouvelle production). Au final, à chaque date, l'encours présent au bilan est égal à l'amortissement du stock de la date précédente auquel est ajoutée la production nouvelle de la date courante.

II. Cadre théorique

II.1. Méthodes de modélisation des dépôts à vue

II.1.1. Méthodes de modélisation des dépôts à vue rémunérés

Dans cette partie nous allons présenter les différents modèles de dépôts à vue qui s'inscrivent dans l'optique d'une meilleure modélisation des DAV rémunérés. Il s'agit des modèles de Jarrow & Van Deventer, O'Brien et du modèle OTS (Office of Thrift Supervision).

- **Le modèle de Jarrow & Van Deventer :**

La modélisation, qui a été développée par Jarrow & Van Deventer en 1998, s'est basée essentiellement sur une hypothèse de segmentation du marché dans lequel il n'existe que deux types d'intervenants : les institutions financières et les épargnants.

Nous avons émis l'hypothèse que les déposants jugent très suffisante l'information apportée par le niveau des taux de marché pour qu'ils soient capables de faire l'arbitrage placement-épargne. Cette hypothèse est judicieusement acceptée puisque le taux de rémunération n'est qu'une fonction croissante des taux de marché avec un décalage mensuel prêt.

Dans ce cadre nous aurons à estimer le modèle suivant :

$$\log D_k - \log D_{k-1} = \alpha_1 + \alpha_2 t_k + \alpha_3 R_k + \alpha_4 (R_k - R_{k-1})$$

Où :

- D_k : l'encours des dépôts à vue à l'instant k
- R_k : Le taux de marché
- t_k : tendance linéaire du temps représentant les variables macroéconomiques

L'apport de ce modèle est de mettre en valeur la liaison entre la variation logarithmique des encours des dépôts D_k à une tendance linéaire du temps t_k , à l'évolution des taux R_k mais également à la variation de ces taux. Ce modèle peut également être utilisé pour la modélisation des dépôts à vue non rémunérés.

- **Le modèle de O'Brien :**

La modélisation de O'Brien met l'accent sur la distinction entre le taux de rémunération et le taux de marché, ce modèle à l'avantage de prendre en compte l'ajustement non symétrique des taux de rémunération des dépôts par rapport aux taux de marché. Cette asymétrie se manifeste essentiellement par le fait que lorsque les taux de marché baissent les taux de rémunération des dépôts ont tendance à baisser relativement vite, alors que lorsque les taux de marché augmentent les taux de rémunérations ont tendance à augmenter plus lentement.

Le modèle à estimer est :

$$\log D_k = \alpha_1 + \alpha_2 (R_k - i_k) + \alpha_3 t_k + \alpha_4 \log D_{k-1}$$

Où :

- D_k : l'encours des dépôts à vue à l'instant k
- R_k : Le taux de marché
- i_k : Le taux de rémunération des dépôts

- t_k : tendance linéaire du temps représentant les variables macroéconomiques

- **Le modèle de l'OTS :**

Le modèle de l'OTS repose principalement en la création d'un modèle discret d'évolution des encours des dépôts à vue où il évoque la conception de la non-linéarité, alors que les modèles cités précédemment sont clairement non linéaire mais ils émettent l'hypothèse que l'ajustement se fait suivant un schéma presque linéaire à une transformation connue.

Le modèle s'écrit :

$$D_k = D_{k-1} \left(a + b * \arctan \left(d + c \left(\frac{i_k}{R_k} \right) \right) + e * i_k \right)^{1/12}$$

Où :

- D_k : l'encours des dépôts à vue à l'instant k
- R_k : Le taux de marché
- i_k : Le taux de rémunération des dépôts
- a, b, c, d, e : sont des coefficients

Ce modèle est similaire au modèle d'O'Brien dans la mesure où il prend en considération la non symétrie des taux de rémunération des dépôts par rapport aux taux de marché.

II.1.2. Méthodes de modélisation des dépôts à vue non rémunérés :

La modélisation des dépôts à vue non rémunérés consiste essentiellement en l'identification du modèle le plus adéquat pour effectuer cette tâche, la littérature propose les modèles suivants : Selvaggio, Dupré et OTS.

- **Le modèle de Selvaggio :**

Selvaggio a proposé en 1996 l'un des premiers modèles de l'évolution des encours des dépôts à vue. L'idée de base vient de la détermination de l'encours cible D_k^* des dépôts qui a une dynamique en fonction des variables macroéconomiques Y_k et du taux d'intérêt R_k .

Le modèle est le suivant :

$$\log D_k^* = \alpha_1 + \alpha_2 \log R_k + \alpha_3 \log Y_k$$

Où :

- Y_k : représente les variables macroéconomiques autres que les taux d'intérêts. C'est un indicateur qui peut être représentés par les salaires, le taux de chômage...
- $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$: sont des coefficients

Il suppose par la suite que les encours ont une tendance à s'ajuster autour de l'encours cible à une vitesse λ selon l'équation suivante :

$$\text{Log} D_k = \text{Log} D_{k-1} + \lambda (\log D_k^* - \text{Log} D_{k-1})$$

Pour obtenir finalement le modèle suivant :

$$\text{Log} D_k = (1 - \lambda) \text{Log} D_{k-1} + \lambda (\alpha_1 + \alpha_2 \log R_k + \alpha_3 \log Y_k)$$

Le modèle de Selvaggio s'est basé sur des données mensuelles, donc il a fallu ajouter une variable qui prend en considération la saisonnalité des dépôts à vue, ainsi, si nous

supposons une tendance exponentielle du temps des variables macroéconomiques, le modèle aura la forme suivante :

$$\text{Log}D_k = \alpha_0 + \alpha_1 \text{Log}D_{k-1} + \alpha_2 \log R_k + \alpha_3 t + \sum_{i=4}^{15} \alpha_i \text{month}_{i-3}$$

Avec month_{i-3} qui représente des variables tests mensuelles.

Ce modèle repose essentiellement sur les hypothèses suivantes :

- L'existence d'une valeur cible des DAV
- La vitesse d'ajustement autour de la valeur cible est supposée constante
- La valeur cible n'est pas stable
- On modélise le logarithme des encours et non les encours
- $\log(Y_k)$ a une tendance linéaire du temps

Suite à la non-saisonnalité des données mensuelles, on écarte les variables tests mensuelles de la formule, on retrouve une nouvelle forme qui s'écrit de la sorte :

$$\text{Log}D_k = \alpha_0 + \alpha_1 \text{Log}D_{k-1} + \alpha_2 \log R_k + \alpha_3 t$$

• **Le modèle de Dupré :**

En 1996, Dupré a mis en place un modèle d'évaluation des encours des dépôts à vue en temps continu qui se présente comme suit :

$$\frac{dD_t}{D_t} = (\alpha - \beta r_t) dt$$

Où :

- D_t est l'encours des dépôts à vue à l'instant t
- r_t est le taux court instantané
- α représente une tendance moyenne du comportement non financier des personnes qui déposent l'argent
- β correspond au taux de collecte supplémentaire pour un point de diminution des taux

Le modèle a les avantages suivants :

- Il valorise explicitement les dépôts
- Il comprend un coefficient interprétable financièrement (β)

Une augmentation de β représente une évolution rationnelle des déposants qui, voyant le taux court augmenter, vont retirer leur placement sur des produits non rémunérés qui ne leur rapportent rien pour les investir dans des produits financiers dont la rémunération va de pair avec l'évolution du taux court.

Pour estimer les paramètres de ce modèle, il est nécessaire d'opter en premier lieu pour une discrétisation. Sous l'hypothèse que α et β sont constants par rapport au temps, on intègre l'équation du modèle sur un pas de temps δ :

$$\log D_k - \log D_{k-1} = \int_{t_k}^{t_{k+\delta}} (\alpha - \beta r_t) dt = \alpha \delta - \beta \int_{t_k}^{t_{k+\delta}} r_t dt$$

On peut utiliser une formulation discrète pour le taux court sur un pas de temps, on le notera R_k :

$$R_k = \frac{1}{\delta} \int_{t_k}^{t_{k+\delta}} r_s ds$$

Le modèle devient :

$$\log D_k - \log D_{k-1} = \alpha\delta - \beta\delta R_k$$

Le modèle devient simple, en considérant les nouveaux paramètres apparus après l'intégration, soit :

$$\log D_k - \log D_{k-1} = \alpha_1 - \alpha_2 R_k$$

- **Le modèle OTS :**

Dans l'absence d'une rémunération, le problème d'estimation se résume à la détermination de α que nous estimons par la moyenne du rapport $\frac{D_k}{D_{k-1}}$.

$$D_k = \alpha D_{k-1}$$

Ce modèle pourrait paraître simple, mais il est utilisé par de nombreuses institutions financières aux Etats-Unis.

II.2. Fonctions d'écoulement

Après avoir donné un aperçu global sur les modèles prédéfinis de la modélisation des dépôts à vue rémunérés et non rémunérés, on désigne le modèle le plus approprié et le plus significatif et ceci à l'aide d'outils statistiques, en l'occurrence le coefficient d'ajustement R^2 . Nous pouvons donc envisager maintenant l'estimation de la fonction d'écoulement.

Il existe plusieurs types d'écoulement que la banque peut choisir d'adopter pour ses DAV. Ceux-ci dépendent du degré de prudence pour appréhender le risque de liquidité. Mais avant, la banque doit déterminer la part de ces dépôts qu'elle considère stable dans son stock et la part volatile afin de mieux gérer sa liquidité.

II.2.1. Détermination de la part stable et de la part volatile des DAV

Afin de pouvoir séparer les parts stable et volatile du stock bancaire des DAV, on calcule le coefficient de variation de la série des encours sur la durée étudiée comme suit :

$$CV = \frac{\sigma_D}{\bar{D}}$$

Avec :

- σ_D étant l'écart type des encours
- \bar{D} étant la moyenne des encours

On définit ainsi la partie stable (PS) et la partie volatile (PV) par les relations suivantes :

- $PS = (1 - CV) * D$
- $PV = CV * D$

- **Présentation des conventions d'écoulement :**

Le déséquilibre entre actifs et passifs bancaires engendre un besoin de refinancement ou de placements à des dates futures relatives à des données inconnues. Ce qui peut provoquer une mauvaise appréhension de la liquidité de la banque.

Ainsi, il devient primordial pour la banque d'évaluer la façon avec laquelle chacun de ses actifs et passifs va évoluer au cours du temps. Pour ce faire, on a besoin de l'élaboration des conventions d'écoulement qui permet l'analyse et le suivi de l'écoulement des actifs et passifs du système bancaire.

Les conventions d'écoulement des lignes non échancées du bilan sont un élément clé en matière de mesure du risque de taux et de liquidité, leur définition permet d'évaluer l'écoulement des actifs et des passifs au cours du temps. Les principaux modèles développés dans la littérature traitent la problématique de l'écoulement des DAV en se basant sur des hypothèses sur le comportement rationnel des clients face à l'évolution des paramètres du marché.

On s'intéresse en premier lieu à l'écoulement des encours existants dans le bilan.

- **Présentation des fonctions d'écoulement du stock:**

Notre travail s'intéresse principalement dans cette partie à l'écoulement des encours existants dans le bilan intitulé « l'écoulement du stock » ;

L'écoulement s'effectue sous l'hypothèse d'absence d'éventuelles productions nouvelles futures.

La fonction d'écoulement de la production est égale à :

$$S(t, T) = \exp\left(-\int_t^T \lambda(u) du\right)$$

Où λ , ne dépendant pas de la date de génération, est la seule qui conduise à l'égalité entre fonction d'écoulement du stock et fonction d'écoulement de la production.

D'où :

$$S_{Stock}(t, T) = S(t, T) \Rightarrow \lambda(t, T) = \frac{\partial \ln(S(t, T))}{\partial T} = \lambda(T)$$

L'encours des DAV s'écrit donc sous la forme suivante :

$$D_t = \int_{-\infty}^T PN(s) \exp\left(-\int_s^t \lambda(u) du\right) ds$$

Soit une dynamique :

$$dD_t = (PN(t) - \lambda D_t) dt$$

Qui s'interprète de la façon suivante : les variations d'encours sont égales aux flux créditeurs moins les flux débiteurs, exprimés comme un pourcentage de l'encours disponible.

Pour simplifier, on considère que la vitesse d'ajustement λ et les flux créditeurs PN sont constants. Des lors, on obtient la dynamique d'écoulement suivante :

$$D_t = D^* + (D_0 - D^*) * e^{-\lambda.t}$$

- **Présentation des fonctions d'écoulement de la production nouvelle:**

La fonction d'écoulement donne la probabilité qu'un dirham de production nouvelle entrant dans le bilan à une date t soit encore présent à une date t ultérieure. On note PN(t) la production nouvelle apparue à la date t. PN(t,T) est le montant de cette production encore présent à la date T.

On définit alors la fonction d'écoulement de la production nouvelle par la relation suivante :

$$PN(t, T) = PN(t) \cdot S(t, T)$$

Cette fonction d'écoulement définit la convention en liquidité du produit et a les propriétés suivantes :

- $S(t, T) = 1$, un dirham entrant dans le bilan à la date t se trouve toujours dans le bilan à la date t .
- $S(t, +\infty) = 0$, la production disparaît tôt ou tard du bilan.

II.3. Rappel sur les séries chronologiques

II.3.1. Définition d'une série chronologique

Une série chronologique ou temporelle est une suite finie d'observations numériques ordonnées chronologiquement effectuées à intervalles réguliers au cours de plusieurs années et qui représentent l'évolution d'une quantité spécifique au cours du temps. Il est aussi d'usage, d'aborder cette définition en évoquant la notion de processus stochastique (ou aléatoire). Une série temporelle est alors considérée comme étant une réalisation particulière d'un processus aléatoire.

De telles suites de valeurs peuvent être exprimées mathématiquement afin d'en analyser le comportement, et généralement pour comprendre son évolution passée et pour en prévoir le comportement futur.

Parmi les objectifs principaux d'analyse des séries temporelles :

→ Explication

Les variations d'une série peuvent être expliquées par une autre série

Les analyses permettent de réaliser des scénarios pour la période contemporaine : en agissant sur une variable explicative, il est possible d'observer le comportement de la variable expliquée.

→ La modélisation

Connaitre la structure de la série chronologique

Développer des modèles permettant de décrire le comportement d'une ou plusieurs séries chronologiques

Mettre au point une méthodologie pour spécifier, estimer et valider un modèle approprié pour des données particulières.

→ La prévision

Etant donné des observations X_1, \dots, X_T , la prévision consiste à évaluer une valeur non observée X_{T+h} . La prévision peut être ponctuelle, ou prendre la forme d'un intervalle de prévision.

Processus stationnaire au sens large (SSL)

Un processus X_t est dit stationnaire au sens large (SSL) ssi :

1. $E(X_t)$ est constante
2. $E(X_t^2) < \infty$
3. La fonction d'auto-covariance $\gamma(k) = Cov(X_t, X_{t+k}) = E\{(X_t - E(X_t))(X_{t+k} - E(X_{t+k}))\}$ est indépendante de t , $\forall k \in \mathbb{Z}$

La fonction d'autocorrélation ρ d'un processus X_t SSL est :

$$\rho(k) = \text{corr}(X_t, X_{t+k}) = \frac{\text{cov}(X_t, X_{t+k})}{\sqrt{\text{var}(X_t) \cdot \text{var}(X_{t+k})}} = \frac{\gamma(k)}{\gamma(0)}$$

Bruit Blanc

On dit que X_t est un bruit blanc et on note $X_t \sim BB(0, \sigma^2)$ si :

1. X_t est centré : $E(X_t) = 0$
2. $\text{Var}(X_t) = \sigma^2$
3. $\gamma(k) = \text{Cov}(X_t, X_{t+k}) = 0$ pour $k \neq 0$

Un BB est un SSL.

II.3.2. Les modèles AR, MA, ARMA

1) Processus autorégressif

Processus autorégressif d'ordre 1 : AR(1)

On appelle processus autorégressif d'ordre 1, un processus X_t défini par $X_t = \mu + \phi X_{t-1} + a_t$ où $a_t \sim BB(0, \sigma^2)$ et $\mu, \phi \in \mathbb{R}^2$ représentent les paramètres inconnus du modèle que l'on cherche à estimer ($\phi \neq 0$)

Si $\phi = 1$, alors le processus $X_t = \mu + \phi X_{t-1} + a_t$ n'est pas SSL

Soit X_t un processus autorégressif d'ordre 1, AR(1), avec a_t un BB $(0, \sigma^2)$, alors: X_t est SSL et admet la décomposition : $X_t = \frac{\mu}{1-\phi} + \sum_{j \geq 0} \phi^j a_{t-j}$ ssi $|\phi| < 1$.

Processus autorégressif d'ordre 2 : AR(2)

On appelle processus autorégressif d'ordre 2, un processus X_t défini par $X_t = \mu + a_t + \phi_1 X_{t-1} + \phi_2 X_{t-2}$ où $a_t \sim BB(0, \sigma^2)$ et $\mu, \phi_1, \phi_2 \in \mathbb{R}^3$ représentent les paramètres inconnus du modèle que l'on cherche à estimer ($\phi_2 \neq 0$)

Si X_t est un AR(2), alors il est SSL et causal ssi les racines du polynôme $A(z) = 1 - \phi_1 z - \phi_2 z^2$ sont de module strictement supérieur à 1 et alors les fonctions d'autocorrélation du processus X_t sont données par :

$$\gamma(0) = \frac{\sigma^2}{1 - \phi_1 \rho(1) - \phi_2 \rho(2)}$$

$$\rho(k) = \phi_1 \rho(k-1) + \phi_2 \rho(k-2), k \geq 1$$

$$\rho(1) = \frac{\phi_1}{1 - \phi_2}$$

$$\rho(2) = \phi_1 \rho(1) + \phi_2$$

Cette suite d'équations définit les équations de Yule Walker AR(2). Les équations de Yule Walker permettent de déterminer les valeurs des paramètres du modèle à partir des estimations de la fonction d'autocorrélation.

Processus autorégressif d'ordre p : AR(p)

On dit que le processus aléatoire temporel X_t est un processus autorégressif d'ordre p, AR(p), si l'observation présente X_t est générée par une moyenne pondérée des observations passées jusqu'à la p-ième période sous la forme suivante : $X_t = \mu + a_t + \phi_1 X_{t-1} + \dots + \phi_p X_{t-p}$ où $a_t \sim BB(0, \sigma^2)$ et $\mu \in \mathbb{R}$ et $\phi_j \in \mathbb{R} j=1, \dots, p$ et $p \in \mathbb{N}$

Les processus autorégressifs supposent donc que chaque point peut être prédit par la somme pondérée d'un ensemble de points précédents, plus un terme aléatoire d'erreur.

2) Processus Moyenne Mobile

Processus moyenne mobile d'ordre 1 : MA(1)

On appelle processus moyenne mobile d'ordre 1, un processus X_t défini par : $X_t = \mu + a_t + \theta a_{t-1}$ où $a_t \sim BB(0, \sigma^2)$ et $\theta \in \mathbb{R}$

$$E(X_t) = \mu$$

$$Var(X_t) = (1 + \theta^2)\sigma^2$$

$$\gamma(k) = Cov(X_t, X_{t+k}) = \begin{cases} (1 + \theta^2)\sigma^2 & \text{si } k = 0 \\ \theta\sigma^2 & \text{si } k = 1 \\ 0 & \text{si } k \geq 2 \end{cases}$$

Tous processus MA(1) est un processus SSL

$$\text{Fonction d'autocorrélation : } \rho(k) = Corr(X_t, X_{t+k}) = \begin{cases} 1 & \text{si } k = 0 \\ \frac{\theta}{1+\theta^2} & \text{si } k = 1 \\ 0 & \text{si } k \geq 2 \end{cases}$$

Processus moyenne mobile d'ordre 2 : MA(2)

On appelle processus moyenne mobile d'ordre 2, un processus X_t défini par : $X_t = \mu + a_t + \theta_1 a_{t-1} + \theta_2 a_{t-2}$ où $a_t \sim BB(0, \sigma^2)$ et θ_1 et θ_2 sont deux réels.

$$E(X_t) = \mu$$

$$Var(X_t) = (1 + \sum_{j=1}^2 \theta_j^2)\sigma^2$$

$$\gamma(k) = \begin{cases} \sigma^2(\theta_k + \sum_{j=1}^{2-k} \theta_j \theta_{k+j}) & \text{si } 1 \leq k \leq 2 \\ 0 & \text{si } k \geq 2 \end{cases}$$

Tout processus MA(2) est un processus SSL

Processus moyenne mobile d'ordre q : MA(q)

Un processus (X_t) est dit un processus à moyenne mobile d'ordre q, MA(q), si l'observation présente X_t est générée par une moyenne pondérée d'aléas jusqu'à la q-ième période sous la forme suivante :

$$X_t = \mu + a_t + \theta_1 a_{t-1} + \dots + \theta_q a_{t-q} = \mu + a_t + \sum_{j=1}^q \theta_j a_{t-j}$$

où $a_t \sim BB(0, \sigma^2)$ et les θ_j sont deux réels.

$$E(X_t) = \mu$$

$$Var(X_t) = (1 + \sum_{j=1}^q \theta_j^2)\sigma^2$$

$$\gamma(k) = \begin{cases} \sigma^2(\theta_k + \sum_{j=1}^{q-k} \theta_j \theta_{k+j}) & \text{si } 1 \leq k \leq q \\ 0 & \text{si } k \geq q \end{cases}$$

Les moyennes mobiles suggèrent que la série présente des fluctuations autour d'une valeur moyenne. On considère que la meilleure estimation est représentée par la moyenne pondérée d'un certain nombre de valeurs antérieures. Ceci revient à considérer que l'estimation est égale à la moyenne vraie, à laquelle on ajoute une somme pondérée des erreurs ayant entachées les valeurs précédentes.

Tout processus MA(q) est un processus SSL

3) Processus ARMA

Les modèles ARMA sont représentatifs de processus générés par une combinaison des valeurs passées et des erreurs passées : $X_t - \sum_{i=1}^p \varphi_i X_{t-i} = \varepsilon_t + \sum_{i=1}^q \theta_i \varepsilon_{t-i} \quad \forall t \in \mathbb{Z}$

On peut écrire le modèle ARMA (p,q) sous la forme :

$$\alpha(L)X_t = \theta(L)\varepsilon_t$$

Où L est l'opérateur de retard et ε_t un bruit blanc de variance σ^2

Dans le cas où la série contient une composante non stationnaire, on se ramène à un processus appelé ARIMA(p,d,q) s'il s'agit seulement d'une tendance, ou bien à un processus appelé SARIMA(p,d,q)(P,D,Q). Les modèles SARIMA peuvent vus comme une généralisation des modèles ARIMA, contenant une partie saisonnière.

II.3.3. La méthode de Box & Jenkins

La méthode de Box & Jenkins repose sur une analyse des fonctions d'autocorrélations et d'autocorrélations partielles. En effet, le test d'autocorrélations des observations constitue le principal outil de détection d'une tendance mais également d'une saisonnalité. A ce titre, les fonctions d'autocorrélations constituent des instruments essentiels dans la modélisation des séries temporelles par la méthode de Box & Jenkins.

L'autocorrélation rend compte de la corrélation entre deux variables stochastiques d'une même chronique. Le coefficient d'autocorrélation r_k constitue une mesure de corrélation entre la série initiale et cette même série décalée d'un rang k.

L'approche Box & Jenkins est une méthode en quatre étapes qui permet d'effectuer des prévisions d'une série chronologique au sens large.

Il s'agit dans cette partie de présenter la méthode d'analyse et de prévision des séries temporelles de Box & Jenkins.

Etape 1 : Identification du modèle

La phase d'identification est la plus importante et la plus difficile : elle consiste à déterminer le modèle adéquat dans la famille des modèles ARIMA. Elle est fondée sur l'étude des corrélogrammes simple et partiel.

Lors de cette étape, on procède comme suit :

- Dessaisonnalisation de la série dans le cas où elle est affectée d'un mouvement saisonnier, et cela avant tout traitement statistique.
- Recherche de la stationnarité en termes de tendance.

- Identification des valeurs des paramètres p et q du modèle ARMA à travers la lecture des corrélogrammes simple et partiel.

Etape 2 : Estimation des paramètres

L'estimation des paramètres d'un modèle peut être vue comme étant un raffinement de l'analyse faite lors de l'étape d'identification. En effet, une fois les autocorrélations et autocorrélations partielles calculées et qu'un modèle de base (AR, MA ou ARMA) a été choisi, l'estimation consiste à calculer les paramètres requis par le modèle en question et de discuter de leur qualité et de leur aptitude à modéliser la série donnée.

Etape 3 : Validation du modèle

Les paramètres du modèle étant estimés, nous examinons les résultats d'estimation.

Pour valider un modèle, celui-ci doit respecter deux conditions :

- Les coefficients du modèle doivent être significativement différents de 0. Le test du t de Student s'applique de manière classique. Si un coefficient n'est pas significativement différent de 0, il convient d'envisager une nouvelle spécification éliminant l'ordre du modèle AR ou MA non validé.
- Le résidu doit être un bruit blanc. Le test de Box-Pierce permet de tester cette hypothèse. Si le résidu n'est pas un bruit blanc, cela signifie que la spécification du modèle est incomplète et qu'il manque au moins un ordre à un processus.

La phase de validation du modèle est très importante et nécessite le plus souvent un retour à la phase identification.

Etape 4 : Prévision

Cette ultime étape de la méthode de Box-Jenkins est la finalité de tout modèle d'analyse prévisionnelle. La prévision se fait par l'utilisation de l'équation développée et vérifiée lors des précédentes étapes et peut être calculée à un horizon de quelques périodes limitées car la variance de l'erreur de prévision croît très vite avec l'horizon.

III. Modélisation des dépôts à vue

Une meilleure modélisation des encours permet une meilleure allocation des ressources de la banque. Nous allons étudier un certain nombre de modèles dans le but de trouver celui qui ajuste le mieux les séries des encours des dépôts à vue. Le modèle retenu va nous permettre d'élaborer ensuite des conventions d'écoulement pour ce poste du bilan.

III.1. Modélisation des dépôts à vue par une approche économétrique

III.1.1. Présentation des données

Pour les besoins de la modélisation, nous avons eu besoin, en plus de la série des encours fin de mois des différents comptes sujets à modélisation, d'une série de taux d'intérêt et d'une série de taux de rémunération.

Nous utilisons, comme variable taux d'intérêt, la série des taux du marché des Bons de Trésor émis par adjudication à 52 semaines extraite du site de BAM. La série prise en compte est une série de taux mensuelle qui s'étale du mois de Juin 2008 au mois d'avril 2017. Selon les besoins de chaque modélisation, nous extrayons une partie de cette série. Son évolution dans le temps est représentée par le graphique ci-dessous.

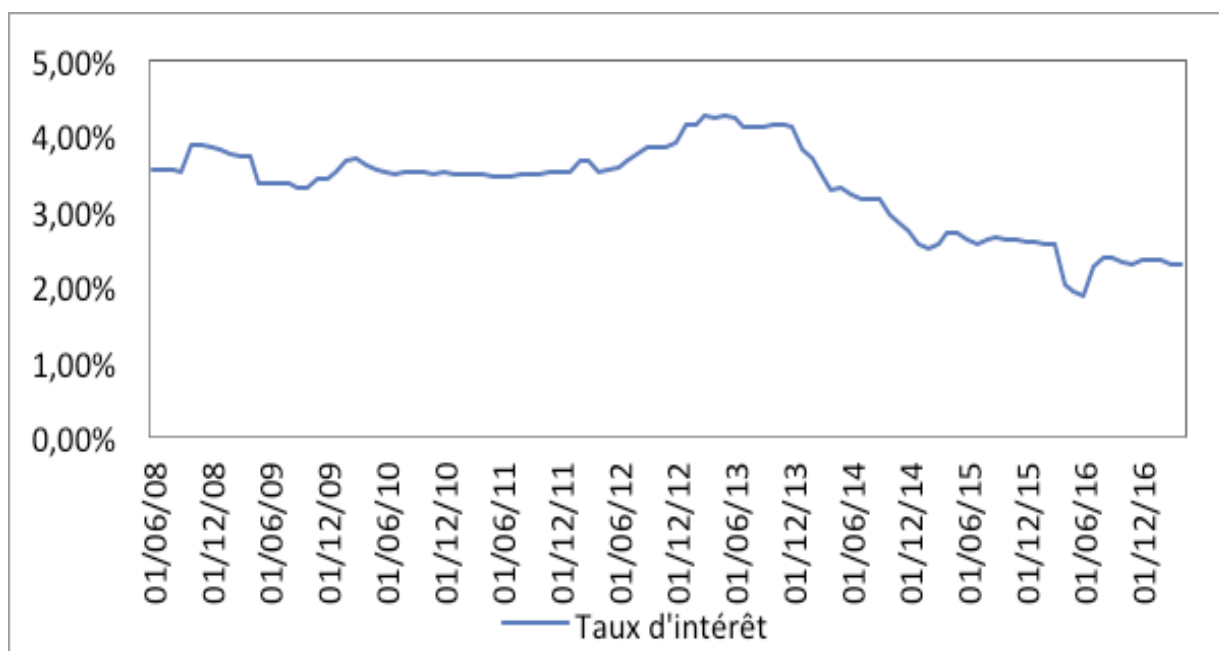


FIGURE 1 : EVOLUTION DU TAUX DE MARCHÉ DES BONS DE TRESOR A 52 SEMAINES

La série de taux de rémunération, quant à elle, est représentée par la série des taux semestriels des comptes sur carnet. L'horizon pris en compte est le même que celui du taux d'intérêt. Son évolution dans le temps est donnée par le graphique ci-dessous :

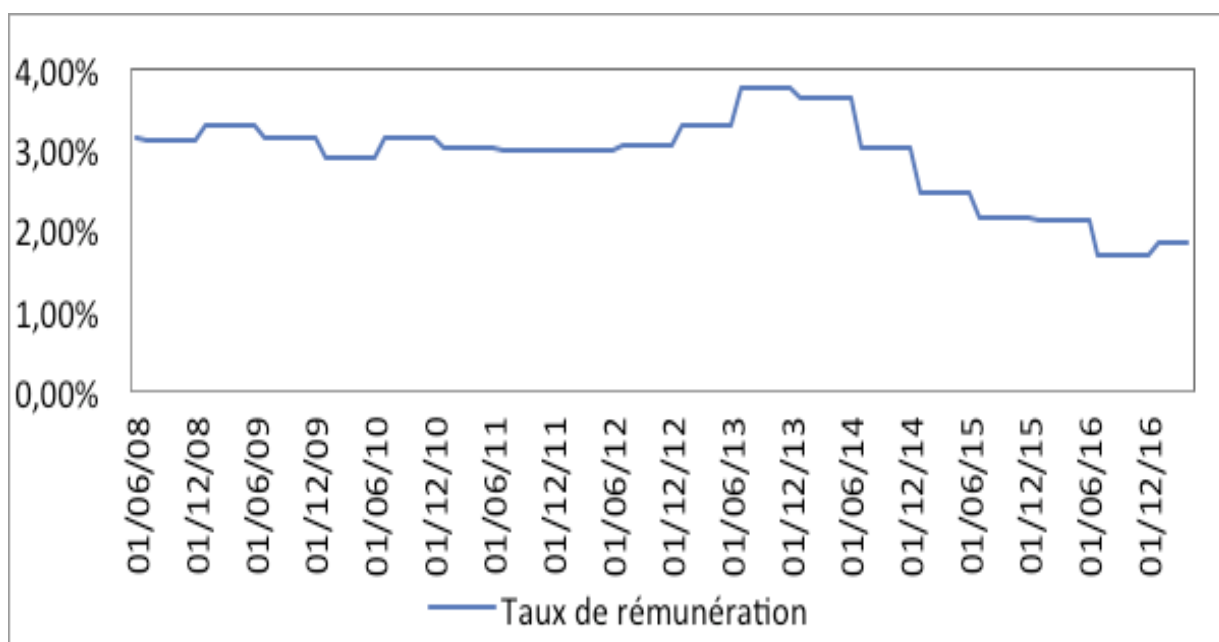


FIGURE 2 : EVOLUTION DES TAUX DE REMUNERATION DES COMPTES SUR CARNET

III.1.2. Modélisation et écoulement des DAV d'un compte rémunéré

III.1.2.1. Modélisation des DAV d'un compte rémunéré

Dans cette partie nous exposons la démarche et les résultats pour la modélisation des dépôts à vue pour un compte rémunéré : Compte d'épargne.

Pour des raisons de confidentialité, les encours sur les graphiques (l'axe Y) ont été sciemment omis.

Pour le compte épargne, nous disposons des données de Juillet 2008 à Septembre 2016. Soit 100 observations. Le graphique suivant montre l'évolution des encours pour ce compte.

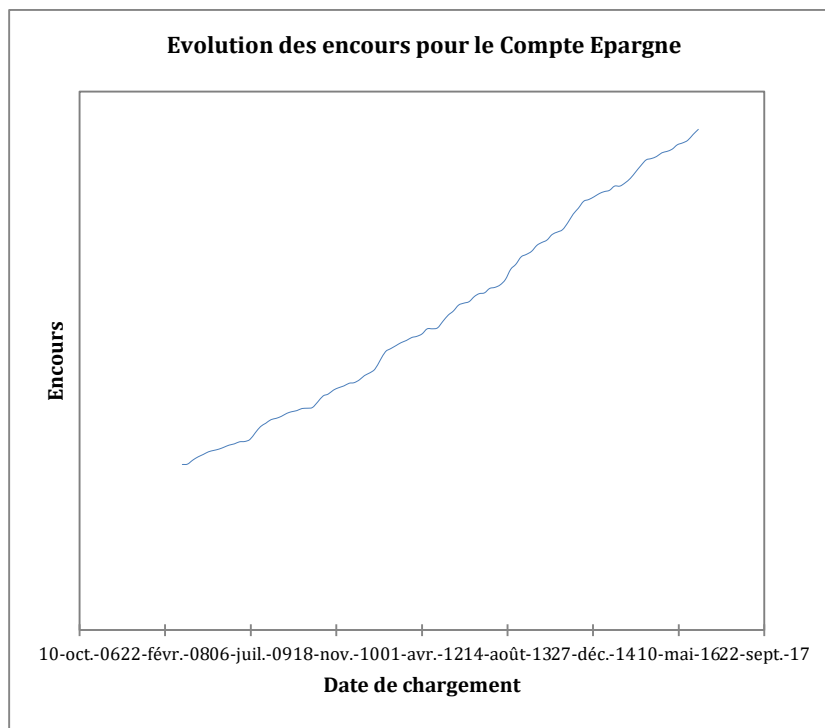


FIGURE 3 : EVOLUTION DES ENCOURS POUR LE CE

Les encours ont une tendance haussière, correspondant à une évolution globale de 202,27% entre Juin 2008 et Septembre 2016, ce qui correspond à une évolution annuelle de 14,19% et une évolution mensuelle de 1,11%.

Nous choisissons d'effectuer la répartition entre la base d'apprentissage (sur laquelle sera effectuée la modélisation) et la base de validation (sur laquelle va être effectué le backtest) comme suit :

Apprentissage	Validation
Juin 2008 – Mai 2014	Juin 2014 - Septembre 2016

Avant de procéder à la modélisation des données et le choix du modèle adéquat, nous décomposons la série afin de déceler s'il y a la présence d'une saisonnalité ou non.

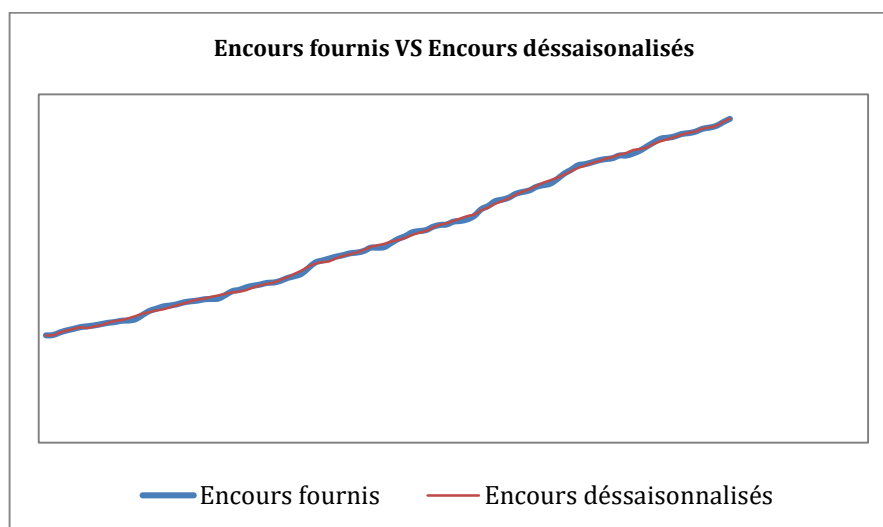


FIGURE 4 : COMPARAISON DES ENCOURS FOURNIS ET DES ENCOURS DESSAISONNALISES

Les deux séries semblent être superposées. Nous concluons donc qu'il n'y a pas de saisonnalités et nous travaillons avec les encours fournis.

1) Choix du modèle

Nous procédons maintenant à l'application des différents modèles des DAV non rémunérés.

1.1) Modèle d'O'Brien

Une première régression du modèle en intégrant comme variables explicatives le taux d'intérêt R_k , le temps t_k et le taux de rémunération i_k , nous permet d'avoir les résultats suivants :

Source	Valeur	Erreur standard	t	Pr > t	Borne inférieure (95%)	Borne supérieure (95%)
Constante	3,351	1,501	2,233	0,029	0,355	6,346
Log Dk-1	0,838	0,073	11,524	< 0,0001	0,693	0,984
Temps	0,002	0,001	2,193	0,032	0,000	0,004
Rk-ik	-0,148	0,357	-0,415	0,680	-0,861	0,565

Au seuil de 5%, la différence entre le taux d'intérêt du marché et le taux de rémunération n'est pas significative. Nous devons reprendre donc la modélisation sans inclure le taux de marché. Nous obtenons alors les résultats suivants :

	Valeur	Erreur standard	t	Pr > t	Borne inférieure (95%)	Borne supérieure (95%)
Constante	3,550	1,413	2,511	0,014	0,729	6,370
Log Dk-1	0,829	0,068	12,099	< 0,0001	0,692	0,965
Temps	0,002	0,001	2,472	0,016	0,000	0,004

Le modèle obtenu est le suivant :

$$\text{Log } D_k = 3,5495 + 0,8286 * \text{Log } D_{k-1} + 0,002089 * T$$

Le coefficient de détermination du modèle est : $R^2 = 99,9\%$. Le modèle s'ajuste donc bien aux données modélisées.

Puisque la différence entre le taux de marché et le taux de rémunération n'est pas significative, le modèle d'O'Brien obtenu devient similaire au modèle de Selvaggio dans lequel le logarithme du taux de marché n'est pas significatif.

1.2) Modèle de Jarrow & Van Deventer

Pour la modélisation des encours avec le modèle de Dupré, aucune variable n'est significative, nous obtenons par exemple, en retenant le taux d'intérêt du marché comme variable explicative, les résultats suivants :

Source	Valeur	Erreur standard	t	Pr > t	Borne inférieure (95%)	Borne supérieure (95%)
Constante	0,025	0,013	1,936	0,057	-0,001	0,050
TMP	-0,336	0,346	-0,971	0,335	-1,026	0,354

Le modèle obtenu est : $\text{Log } D_k - \text{Log } D_{k-1} = 0,0245 - 0,336 * R_k$. Le coefficient de détermination du modèle est : $R^2 = 1,35\%$.

Le choix du modèle porte sur le modèle d'O'Brien dont le coefficient de détermination est le plus élevé.

Nous passons maintenant au backtest du modèle retenu :

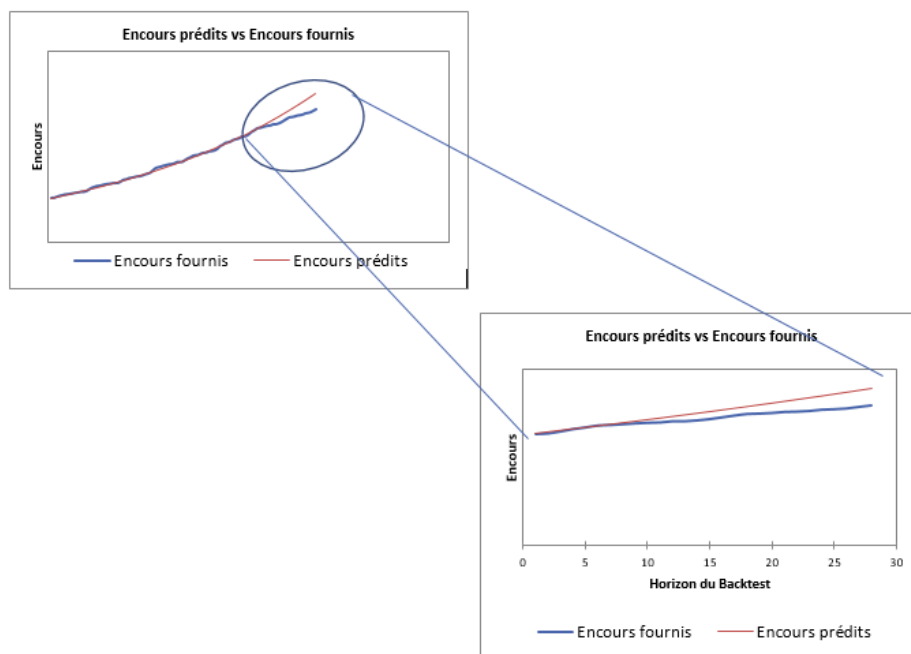


FIGURE 5 : BACKTEST DU MODELE DE SELVAGGIO POUR LE COMPTE EPARGNE

Le backtest permet de conclure que le modèle s'ajuste bien aux données et a une bonne capacité prédictive.

2) Validation du modèle

Normalité

Nous analysons à présent les résidus des modèles pour nous assurer de leur normalité. Pour cela, nous effectuons les tests suivants :

- Test de Shapiro-Wilk

W	0,989
p-value (bilatérale)	0,774
alpha	0,05

Etant donné que la p-value calculée est supérieure au niveau de signification seuil de 5%, on ne rejette pas l'hypothèse nulle. Le test de Shapiro-Wilk permet donc de conclure que les résidus suivent une loi normale.

- Test de Jarque-Bera

JB (Valeur observée)	0,511
JB (Valeur critique)	5,991
DDL	2
p-value (bilatérale)	0,775
alpha	0,05

Etant donné que la p-value calculée est supérieure au niveau de signification seuil de 5%, on ne rejette pas l'hypothèse nulle. Le test de Jarque-Bera permet donc de conclure que les résidus suivent une loi normale.

- Test de Kolmogorov-Smirnov

D	0,062
p-value	0,931
alpha	0,05

Etant donné que la p-value calculée est supérieure au niveau de signification seuil de 5%, on ne rejette pas l'hypothèse nulle. Le test de Kolmogorov-Smirnov permet donc de conclure que les résidus suivent une loi normale.

Tous les tests permettent de s'assurer que les résidus suivent bien une loi normale.

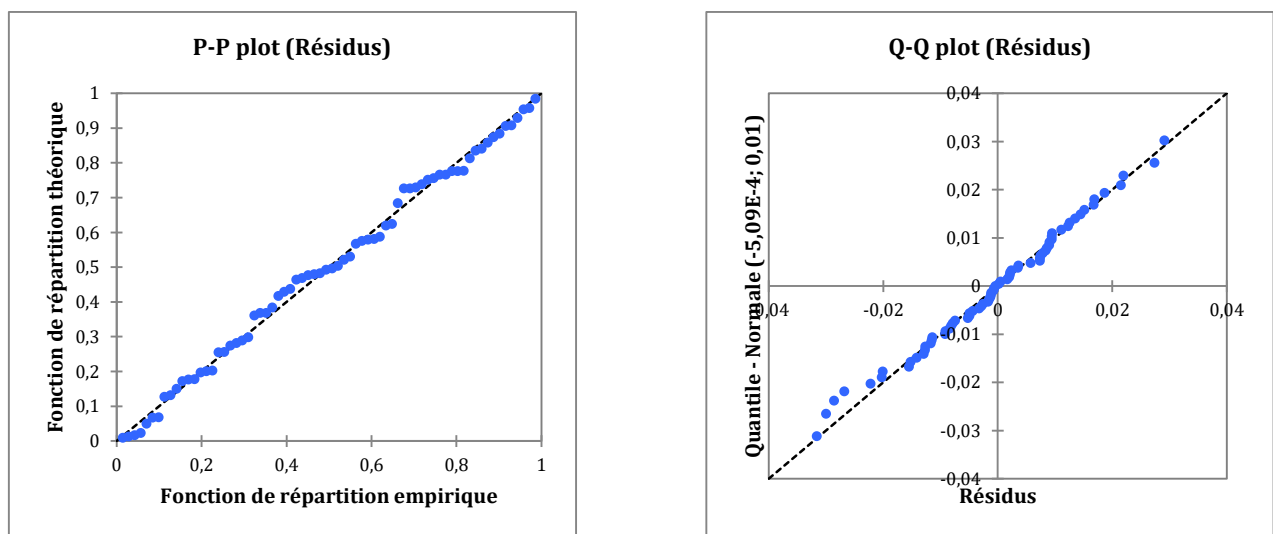


FIGURE 6 : P-P PLOT & Q-Q PLOT DES RESIDUS POUR LE COMPTE EPARGNE

Le Q-Q plot des résidus permet de conforter visuellement la normalité des résidus. Les résidus suivent donc une loi normale $\mathcal{N}(0; 0,0001748)$.

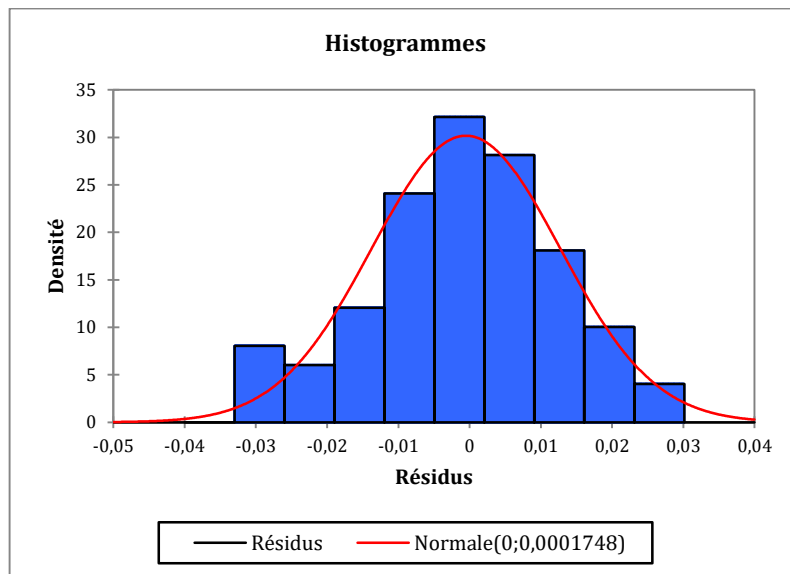


FIGURE 7 : HISTOGRAMME DES RESIDUS

Homoscédasticité

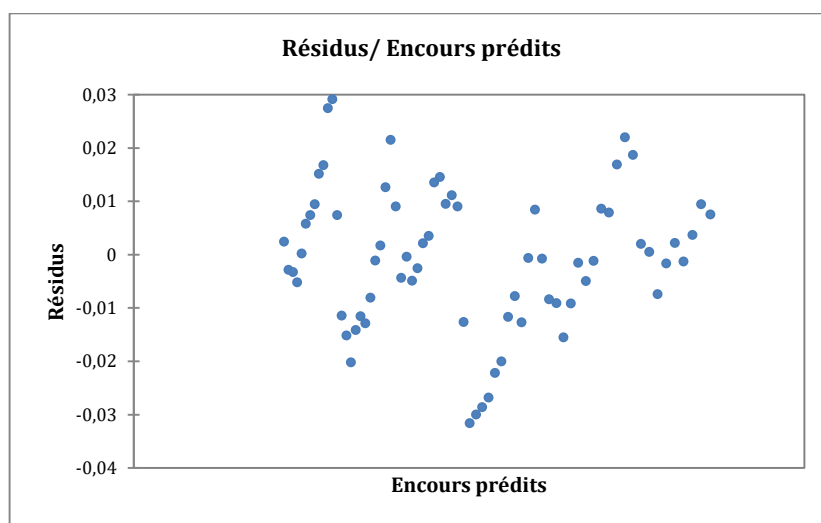


FIGURE 8 : DISPERSION DES RESIDUS

Le graphique montre une répartition relativement homogène des résidus le long de l'axe représentant la valeur nulle. De plus, les deux tests fournissent des p-values élevées (0,416 pour le test de Breusch-Pagan et 0,078 pour le test de White), suggérant ainsi que nous ne pouvons pas rejeter l'hypothèse nulle d'homoscédasticité des résidus.

Test de Breusch-Pagan :

LM (Valeur observée)	0,661
LM (Valeur critique)	3,841
DDL	1
p-value (bilatérale)	0,416
alpha	0,05

Test de White :

LM (Valeur observée)	5,100
LM (Valeur critique)	5,991
DDL	2
p-value (bilatérale)	0,078
alpha	0,05

Autocorrélation

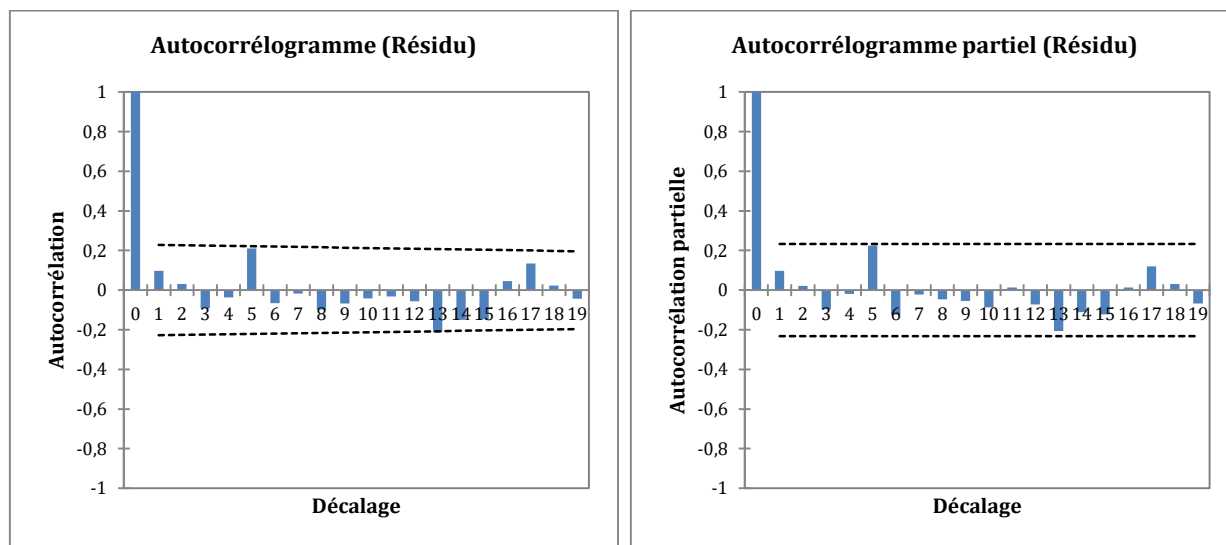


FIGURE 9 : ACF ET PACF DES RESIDUS DE LA REGRESSION

En visualisant les deux corrélogrammes ACF et PACF des résidus du modèle, on remarque l'absence de pics en dehors des pointillés, ce qui prouve qu'on a bien des résidus non corrélés.

III.1.2.2. Ecoulement des DAV d'un compte rémunéré

Le modèle d'O'Brien retenu pour le Compte Epargne est :

$$\text{Log } D_k = 3,5495 + 0,8286 * \text{Log } D_{k-1} + 0,002089 * T$$

Le modèle nous permet de déduire la vitesse d'ajustement $\lambda = 0,171$.

En utilisant l'équation de la dynamique de l'écoulement : $D_t = D^* + (D_0 - D^*) * e^{-\lambda.t}$, on écoule l'encours initial D_0 .

Le coefficient de variation calculé sur la série des données est de 32,06%. Cela signifie que 32,06% des dépôts des comptes d'Epargne représentent la partie volatile, qui s'écoule sur cinq mois. La partie stable quant à elle, qui représente 67,94% des dépôts dont dispose la banque, sera écoulee linéairement sur un horizon H.

Le graphique suivant représente donc l'écoulement du stock de la banque :

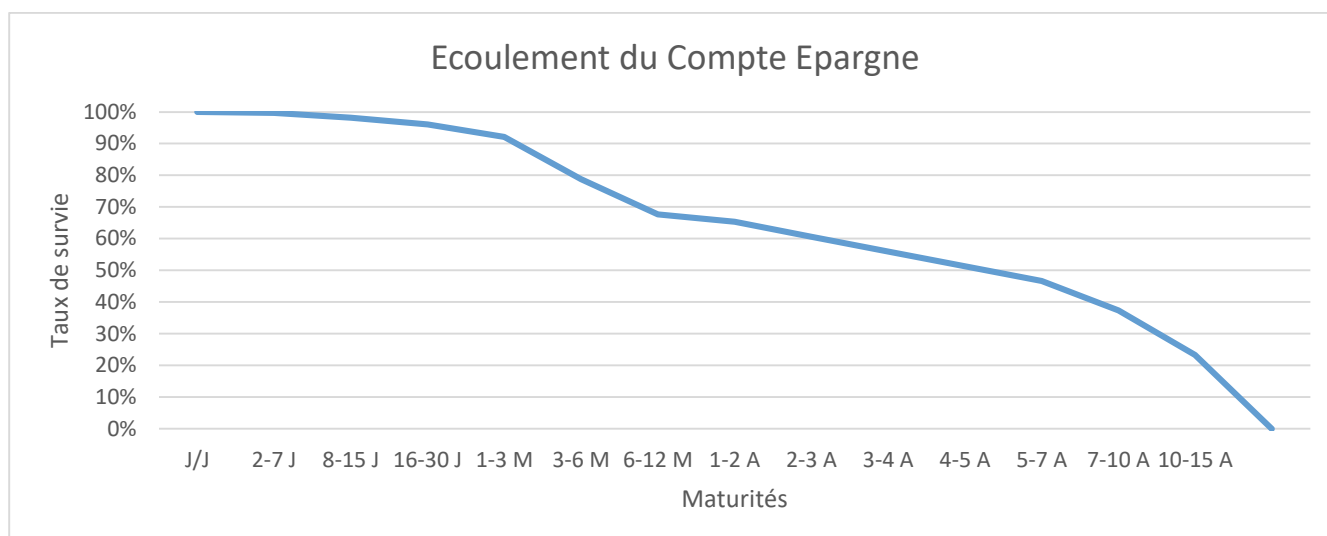


FIGURE 10 : ECOULEMENT DU STOCK DE LA BANQUE POUR LES COMPTES EPARGNE

III.1.3. Modélisation et écoulement des DAV d'un compte non rémunéré

III.1.3.1. Modélisation des DAV d'un compte non rémunéré

Nous exposons, dans cette partie, les principaux résultats obtenus lors de la modélisation des dépôts à vue du compte courant passif.

Nous adoptons la même méthodologie qui a été suivie lors de la modélisation du compte rémunéré, bien que les modèles à ajuster diffèrent pour les comptes non rémunérés. Nous ajustons donc nos données aux modèles : Selvaggio, Dupré, Jarrow & Van Deventer.

Les principaux résultats sont résumés dans le tableau suivant :

Modèle	Estimation des paramètres	Significativité des paramètres	Coefficient de détermination
Selvaggio	$\alpha_0 = 9,3054$ $\alpha_1 = 0,608964$ $\alpha_2 = 0,001428$	R_k non significatif Tous les autres paramètres sont significatifs	71,24%
Jarrow & Van Deventer	$\alpha_0 = 0,0304759$ $\alpha_1 = -0,0004833$ $\alpha_2 = -0,2567498$ $\alpha_3 = -4,4264916$	Tous les paramètres sont non significatifs	1,54%
Dupré	$\alpha_0 = -0,01345$ $\alpha_1 = 0,5330$	Tous les paramètres sont non significatifs	0,21%

TABLEAU 2 : RESULTATS DE LA MODELISATION POUR LE COMPTE COURANT PASSIF

Le modèle de Selvaggio est celui qui possède le coefficient de détermination ajusté le plus élevé.

Après estimation des paramètres et vérification des hypothèses d'homoscédasticité, d'absence d'autocorrélation et de normalité des erreurs, le modèle retenu s'écrit sous la forme suivante :

$$\text{Log } D_k = 9,3054 + 0,608954 * \text{Log } D_{k-1} + 0,001428 * T$$

III.1.3.2. Ecoulement des DAV d'un compte non rémunéré

Les paramètres du modèle ajusté préalablement nous permettent de calculer la vitesse d'ajustement $\lambda = 39,10\%$.

En utilisant l'équation de la dynamique de l'écoulement : $D_t = D^* + (D_0 - D^*) * e^{-\lambda.t}$, on écoule l'encours initial D_0 .

Le coefficient de variation calculé sur la série des données est de 11,54%. Cela signifie que 11,54% des dépôts des comptes courants du passif sont volatiles et s'écoulent les trois premiers mois. La partie stable quant à elle, qui représente 88,46% des dépôts dont dispose la banque, sera écoulee linéairement sur un horizon H.

Le graphique suivant représente donc l'écoulement global du stock de la banque :

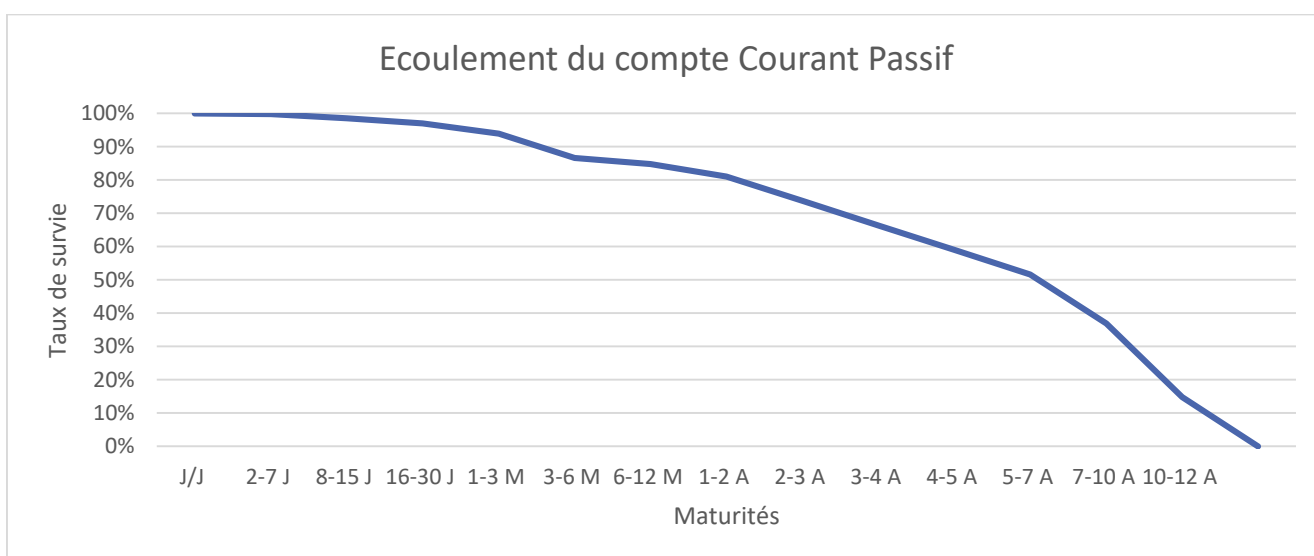


FIGURE 11 : ECOULEMENT DU STOCK DE LA BANQUE POUR LES COMPTES COURANTS PASSIF

III.2. Modélisation des dépôts à vue par la méthode de Box & Jenkins

Les comptes courants sont des comptes difficiles à modéliser car ce type de comptes possède la particularité d'être adressé aux entreprises ce qui accroît le risque de liquidité auquel la banque peut s'exposer. En effet, les encours liés à ce type de comptes sont très volatiles car les entreprises, contrairement aux particuliers, peuvent déposer ou retirer dans un laps de temps des montants très élevés d'encours. Il suffit donc qu'une grande entreprise retire une partie ou la totalité de ses dépôts de la banque pour que celle-ci se retrouve en besoin de liquidité.

L'idée de base derrière le modèle de Selvaggio est la détermination d'un encours cible autour duquel les encours ont tendance à s'ajuster selon une vitesse donnée. L'estimation des paramètres de ce modèle permet principalement de calculer l'encours cible et la vitesse d'ajustement pour des besoins d'écoulement d'un stock d'encours. Toutefois, le modèle estimé peut servir aussi pour la prédiction de l'évolution future des encours puisqu'en général la qualité d'ajustement des données au modèle Selvaggio, en comparaison avec les autres modèles de la littérature, est meilleure.

Compte tenu de la nature des comptes courants, la banque a besoin d'avoir une visibilité sur l'évolution future des encours liés à ce type de compte. Pour cela, elle peut

utiliser les modèles disponibles dans la littérature - tel que le modèle de Selvaggio – ou bien utiliser les modèles ARIMA qui assimilent la série des encours à une série chronologique ou encore, effectuer une étude comportementale de ses clients en collectant des variables susceptibles d’expliquer l’évolution des encours et développer ainsi un modèle interne.

Les paramètres du modèle de Selvaggio étant estimés dans le paragraphe précédent, nous procédons dans cette partie à la modélisation des encours des comptes courants du passif par la méthode de Box & Jenkins dans le but de comparer la capacité prédictive des deux modèles.

III.2.1. Modélisation et prévision par la méthode de Box & Jenkins

La série que nous cherchons à modéliser est une série d’encours fin de mois associés à la classe des comptes courants logés dans le passif du bilan de la banque. Elle s’étale du mois Juillet 2010 au mois Juin 2016, soit 72 observations. Elle est représentée par le graphique ci-dessous :

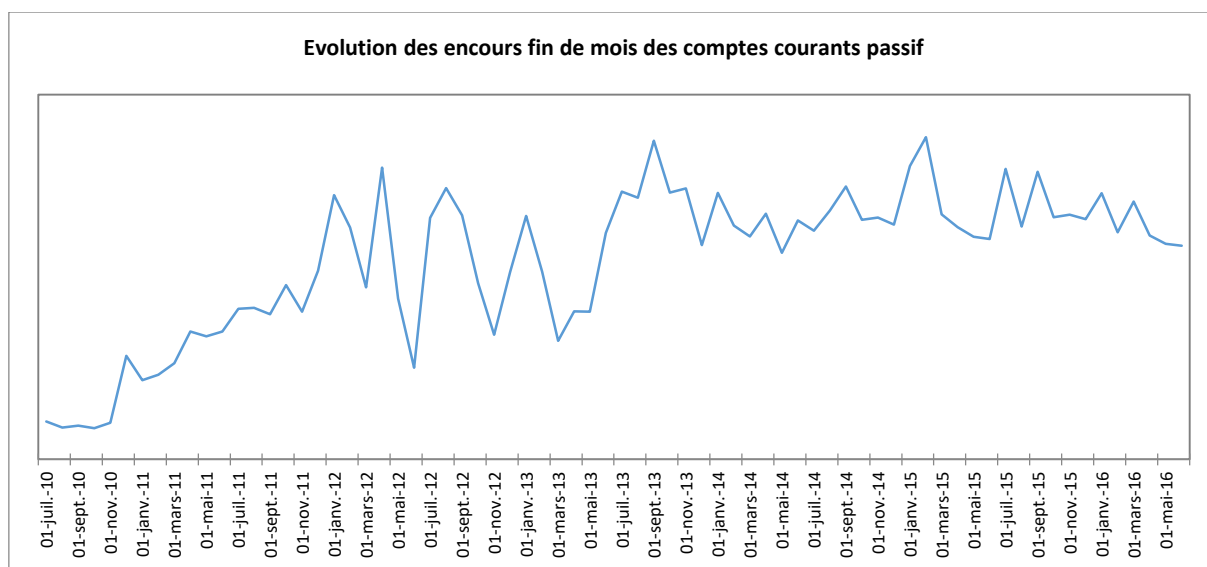


FIGURE 12 : GRAPHIQUE DE L’ÉVOLUTION DES ENCOURS FIN DE MOIS POUR LES COMPTES COURANTS PASSIF

III.2.1. 1. Identification du modèle

Avant d’entamer toute analyse statistique de la série, il est important de détecter la présence éventuelle d’un effet saisonnier. Le graphique ci-dessous illustre l’évolution dans le temps de la série avant et après avoir enlevé le vecteur de la saisonnalité.

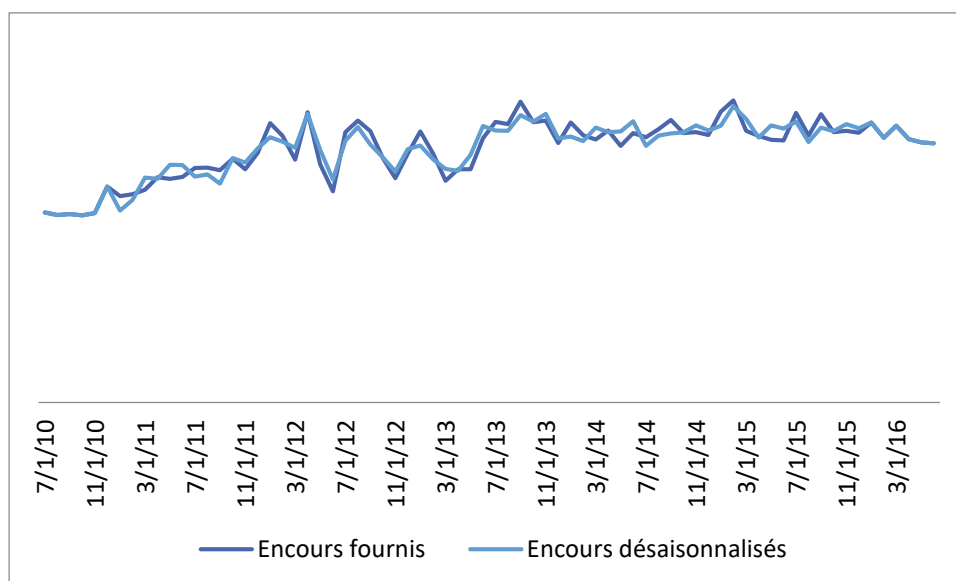


FIGURE 13 : EVOLUTION DES ENCOURS DES COMPTES COURANTS PASSIF AVANT ET APRES DESSAISONALISATION

Comme nous pouvons le constater, les deux séries se superposent. Nous pouvons en déduire alors l'absence de la saisonnalité et nous passons directement à l'étude de la stationnarité.

Les corrélogrammes simple et partiel de la série des encours initiale sont donnés par les figures ci-dessous :

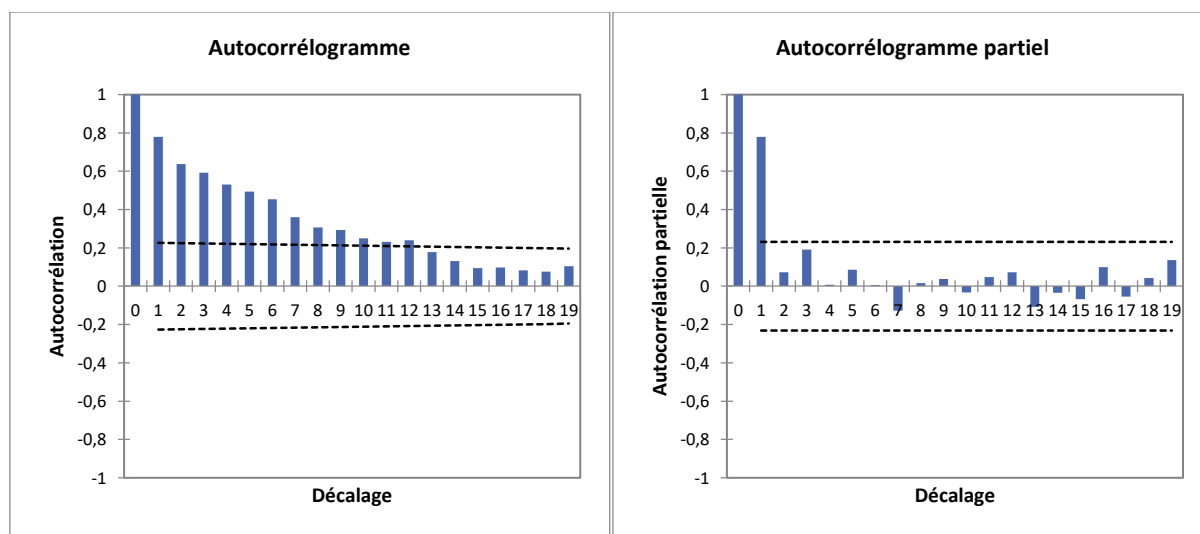


FIGURE 14 : ACF ET PACF DE LA SERIE DES ENCOURS DES COMPTES COURANTS PASSIF

La décroissance lente de la fonction d'autocorrélation indique la présence d'une tendance dans la série. Nous avons donc affaire à un processus essentiellement non-stationnaire.

Le test de Dickey-Fuller augmenté confirme la présence de cette tendance.

Test de Dickey-Fuller

Dickey-Fuller	-2,5032
p-value	0,3704
alpha	0,05

La p-value étant supérieure au seuil 5%, on ne rejette pas l'hypothèse nulle selon laquelle la série est non stationnaire.

Pour stationnariser cette série, nous procédons à une différenciation d'ordre 1 puis nous effectuons le test de Dickey-Fuller pour la série différenciée.

Test de Dickey-Fuller

Dickey-Fuller	-5,6443
p-value	0,01
alpha	0,05

La p-value est inférieure au seuil 5%, on rejette donc l'hypothèse nulle de la non stationnarité.

Nous obtenons donc une série stationnaire par une différenciation de premier ordre qui sera modélisée par un processus ARMA (p, q).

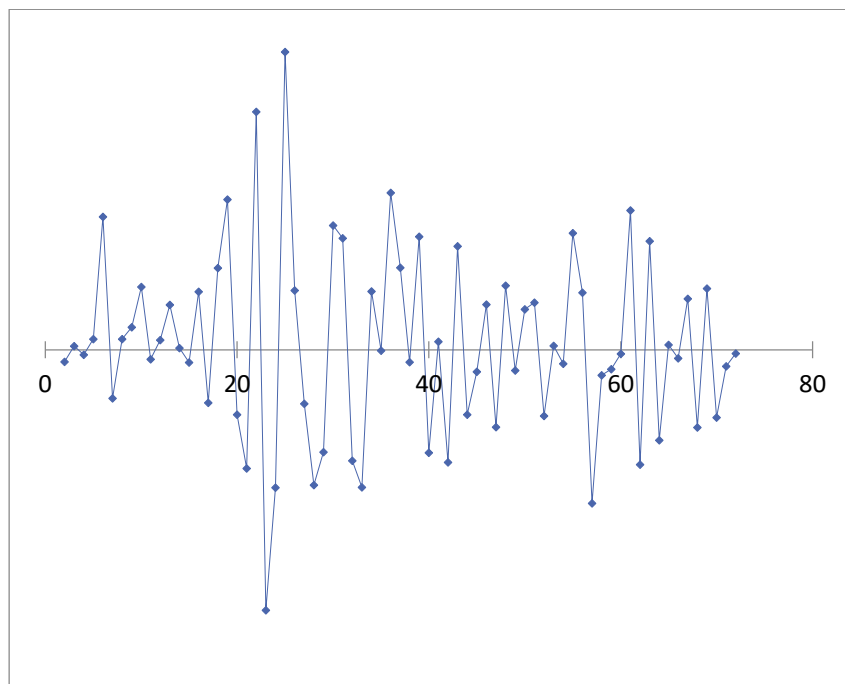


FIGURE 15 : EVOLUTION DE LA SERIE DES ENCOURS STATIONNAISE EN DIFFERENCE PREMIERE

Une fois la série stationnarisée, nous passons à l'identification des paramètres p et q du modèle ARMA à l'aide des corrélogrammes de la série en différence première.

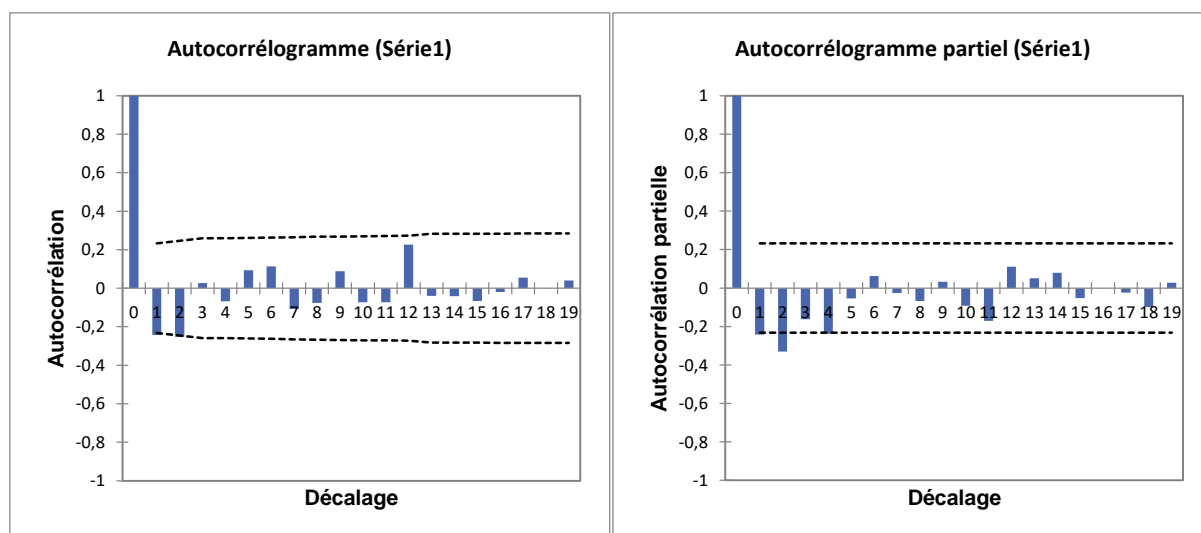


FIGURE 16 : ACF ET PCF DE LA SERIE DES ENCOURS EN DIFFERENCE PREMIERE

A travers la lecture des autocorrélogrammes, nous obtenons les paramètres $p=2$ et $q=1$. Nous pouvons donc estimer les paramètres des modèles : AR(1), AR(2), ARMA(1,1), et ARMA(2,1).

III.2.1. 2. Estimation des paramètres et validation du modèle

Nous allons donc estimer les paramètres des différents modèles identifiés. Les modèles retenus sont ceux dont les paramètres sont significatifs et les résidus sont des bruits blancs non autocorrélés.

Les modèles AR(1), AR(2) sont les seuls à posséder des paramètres significatifs et des résidus assimilés à un bruit blanc.

Pour le modèle AR(1), on constate que le paramètre est significatif :

- le t de Student ($|t| = 0,236/0,115 = 2,052 > 1,96$)
- l'intervalle de confiance ($\beta_0 = 0 \notin [-0,46; -0,011]$).

Paramètre	Valeur	Ecart-type	Borne inférieure (95%)	Borne supérieure (95%)
AR(1)	-0,236	0,115	-0,460	-0,011

De plus, la p-value du test de Box-Pierce est supérieure au seuil de 5%. Les résidus sont donc des bruits blancs.

Test de Box-Pierce AR(1)

X-squared	0,5149
p-value	0,473
alpha	0,05

Pour le modèle AR(2), on constate que les paramètres sont significatifs :

- le t de Student ($|t_1| = 0,312/0,112 = 2,785 > 1,96$ et $|t_2| = 0,315/0,110 = 2,863 > 1,96$)
- l'intervalle de confiance ($\beta_0 = 0 \notin [-0,531; -0,093]$ et $\beta_0 = 0 \notin [-0,531; -0,099]$).

Paramètre	Valeur	Ecart-type	Borne inférieure (95%)	Borne supérieure (95%)
AR(1)	-0,312	0,112	-0,531	-0,093
AR(2)	-0,315	0,110	-0,531	-0,099

On remarque aussi que la p-value du test de Box-Pierce est supérieure au seuil de 5%. Les résidus sont donc des bruits blancs.

Test de Box-Pierce AR(2)

X-squared	0,2746
p-value	0,6003
alpha	0,05

Le choix du modèle va être effectué à travers la comparaison entre les critères AIC et l'analyse de la corrélation des résidus.

AIC AR(1)	3228,50
AIC AR(2)	3222,84

La valeur de l'AIC du modèle AR(2) est la plus petite. De plus, les autocorrélogrammes des résidus nous mène à conclure qu'on doit retenir le modèle AR(2).

En effet, comme on peut le constater ci-dessous, les autocorrélogrammes présentent des pics non significatifs pour le modèle AR(2), contrairement au modèle AR(1).

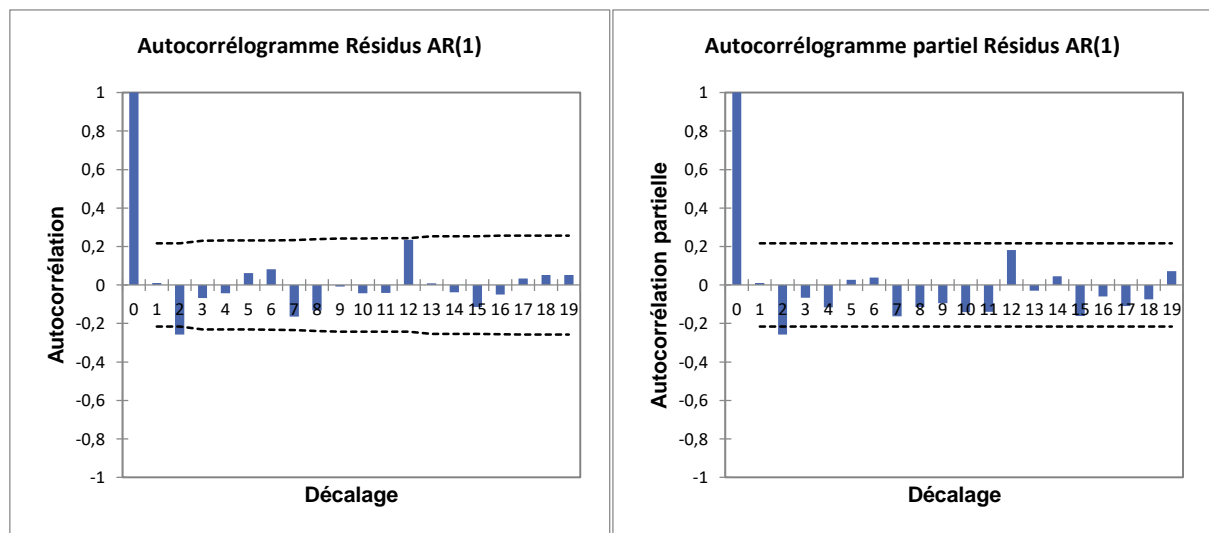


FIGURE 17 : ACF ET PACF DES RESIDUS DU MODELE AR(1)

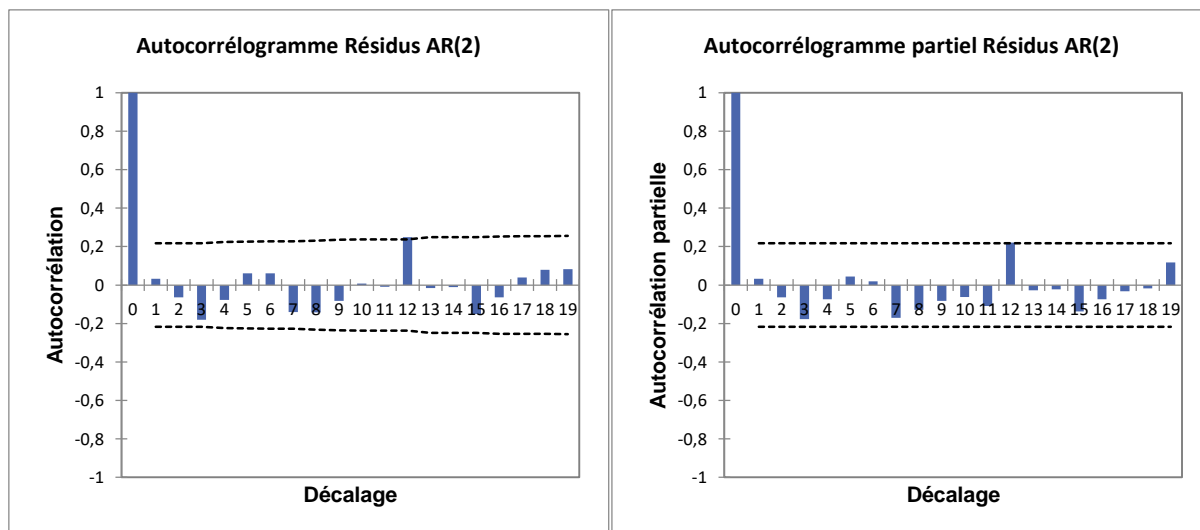


FIGURE 18 : ACF ET PACF DES RESIDUS DU MODELE AR(2)

III.2.1. 3. Prédiction

L'ajustement des données au modèle autorégressif d'ordre 2 nous a permis d'effectuer des prévisions pour les encours des comptes courants passif sur un horizon de 10 mois.

Le graphique, ci-dessous, illustre d'une part les encours ajustés selon le modèle AR(2) (en rouge) et d'une autre part la prévision (en orange).

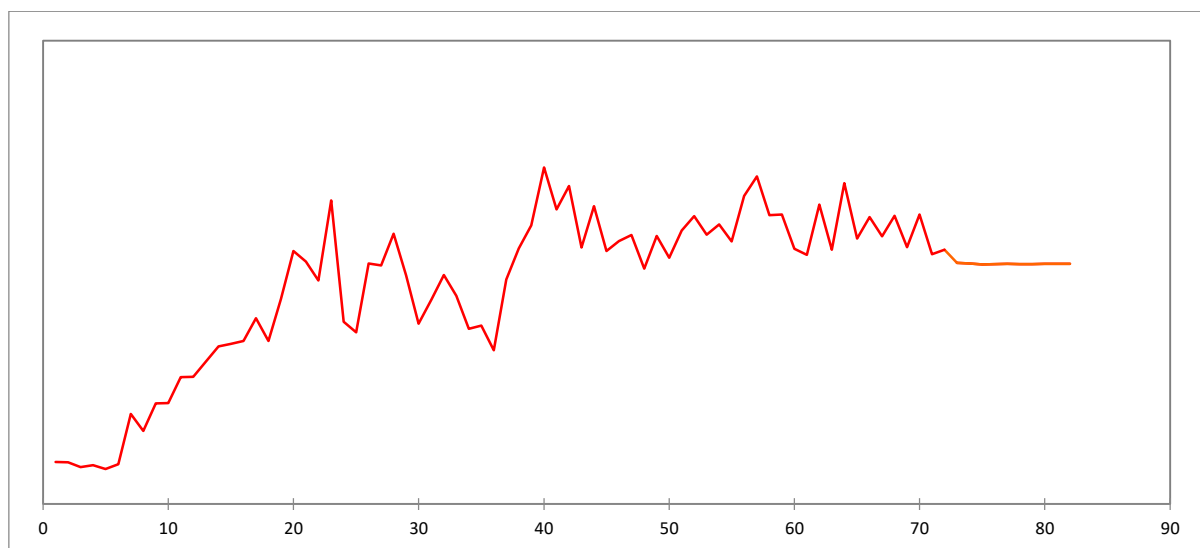


FIGURE 19 : EVOLUTION DES ENCOURS MODELISES ET PREDITS PAR LE MODELE AR(2)

III.2.2. Comparaison entre le modèle de Selvaggio et le modèle AR(2)

Rappelons que le modèle de Selvaggio retenu est le suivant :

$$\text{Log } D_k = 9,3054 + 0,608954 * \text{Log } D_{k-1} + 0,001428 * T$$

Le graphique ci-dessous représente l'ajustement des encours observés au modèle de Selvaggio et au modèle AR(2).

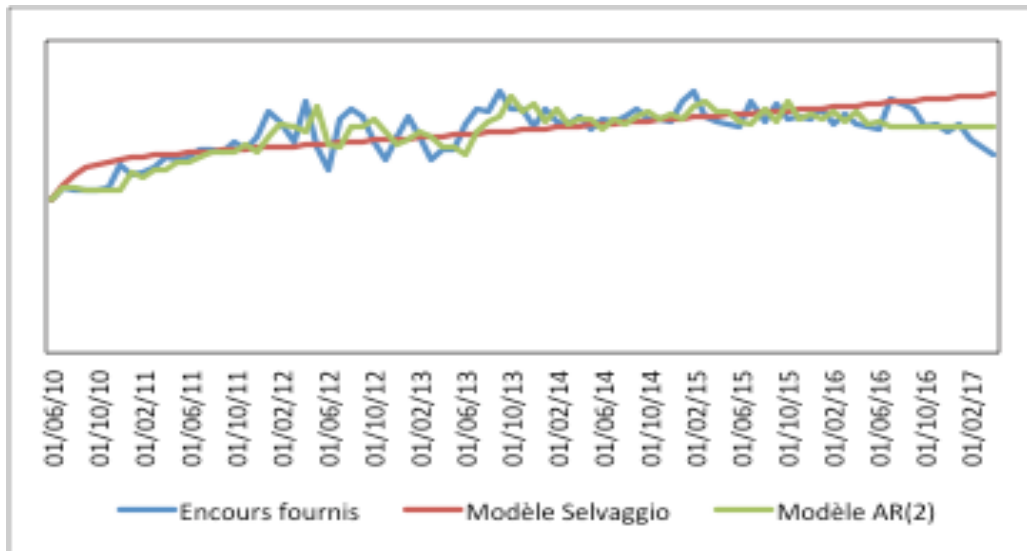


FIGURE 20 : EVOLUTION DES ENCOURS OBSERVES ET MODELISES PAR SELVAGGIO ET PAR AR(2)

En confrontant graphiquement le modèle de Selvaggio au modèle AR(2), nous remarquons que, globalement le modèle AR(2) possède un ajustement meilleur que le modèle de Selvaggio. Cela apparaît encore plus si nous nous intéressons à l’horizon de la prévision.

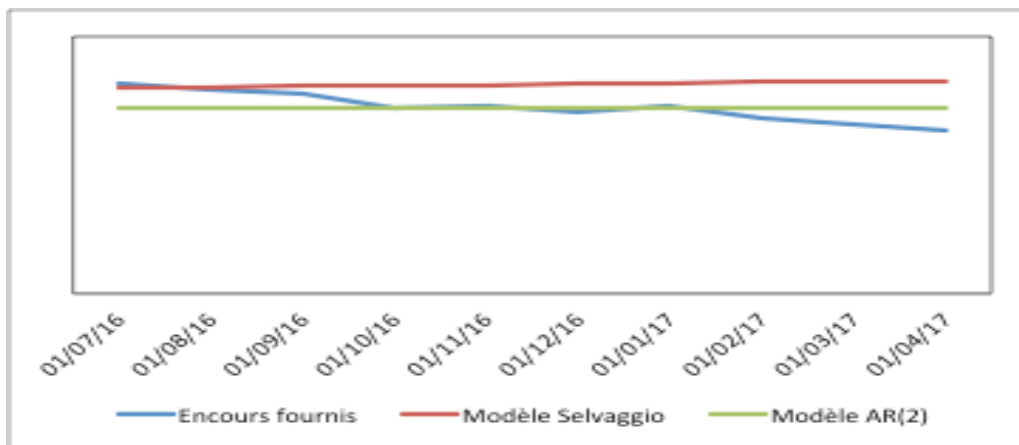


FIGURE 21 : EVOLUTION DES ENCOURS OBSERVES ET PREDITS SUR L’HORIZON DE LA PREVISION

Il est donc important pour la banque de déterminer la finalité de l’étude qu’elle réalise. Si le but de son étude est d’anticiper les encours futurs d’un compte donné, les modèles ARIMA donnent une meilleure visibilité sur l’évolution future de ces encours par rapport au modèle de Selvaggio. Toutefois, ce dernier reste le modèle de référence des banques pour effectuer un écoulement d’un stock grâce à la notion d’encours cible qu’il incorpore.

IV. Modélisation de la production nouvelle par la méthode de Box & Jenkins

La gestion actif-passif au sein de la banque se faisait selon une approche statique qui n’incluait pas des estimations sur les nouvelles productions prévisionnelles. Il n’y avait donc aucun signe quant à la sensibilité du bilan, en cas de changement de positionnement et les impacts d’un tel changement sur les niveaux de risque de la banque, ne pourraient être sentis qu’après l’apparition de changement critique sur la structure du bilan de la banque.

Dans ce sens, l’intégration des nouveaux volumes et des plans prévisionnels de la banque dans l’analyse de sensibilité s’est avérée nécessaire pour une meilleure maîtrise du risque futur.

L'approche dynamique du bilan repose sur une simulation de son évolution. Il est impératif alors d'avoir une idée sur le comportement de la production nouvelle afin de pouvoir observer le comportement financier de sa clientèle et de proposer des modèles adéquats d'évolution.

Vu que la production nouvelle de la banque est répartie sous forme de volumes mensuels et que sa répartition au cours du temps n'est dépendante que de ses valeurs passées, il paraît alors convenable de la présenter sous forme d'une série temporelle.

Il s'agit de construire un modèle restituant le mieux possible le comportement de la production nouvelle du compte épargne suivant trois étapes : identification, estimation et diagnostic.

IV.1. Etude statistique de la nouvelle production du compte d'épargne

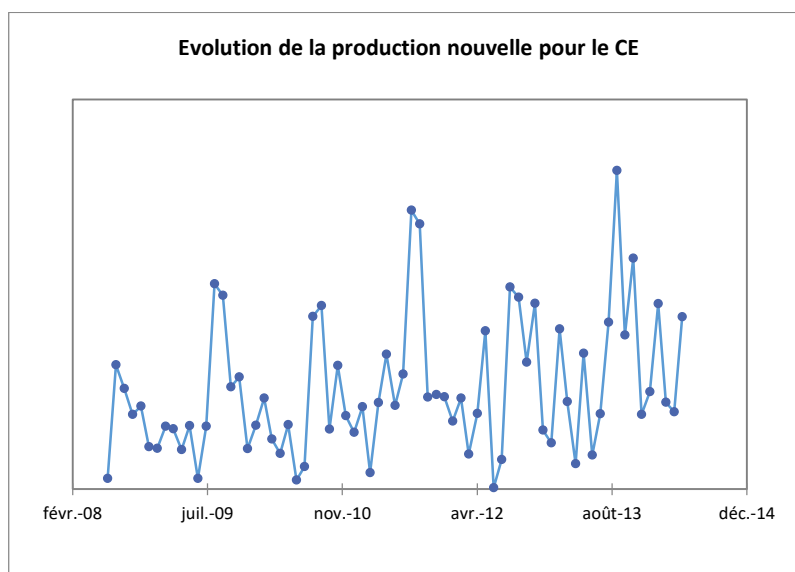


FIGURE 22 EVOLUTION GLOBAL DE LA NOUVELLE PRODUCTION DU CE ENTRE JUILLET 2008 ET MAI 2014

A présent, nous passons à l'étude de la stationnarité de la série de la production nouvelle du compte d'épargne.

- Le test de Dickey-Fuller :

L'hypothèse nulle du test de Dickey-Fuller est que la série comporte une racine unitaire. Son alternative est que la série n'en comporte pas et qu'elle est donc unitaire.

Tau (Valeur observée)	-5,432
Tau (Valeur critique)	-0,773
p-value (unilatérale)	< 0,0001
alpha	0,05

La p-value calculée est inférieure au niveau de signification 5%, On rejette donc l'hypothèse nulle H_0 et on retient l'hypothèse alternative. Donc selon le test de Dickey-Fuller, la série de la production nouvelle pour le compte d'épargne est stationnaire.

- Le test de Phillips-Perron

Tau (Valeur observée)	-7,030
Tau (Valeur critique)	-2,891
p-value (unilatérale)	< 0,0001
alpha	0,05

La p-value calculée est inférieure au niveau de signification 5%, donc on rejette l'hypothèse nulle. La série de production nouvelle est stationnaire.

- Le test de KPSS

L'hypothèse nulle de ce test est que la série est stationnaire.

Eta (Valeur observée)	0,450
Eta (Valeur critique)	0,451
p-value (unilatérale)	0,050
alpha	0,05

Etant donné que la p-value calculée est supérieure au niveau de signification 5%, on ne rejette pas l'hypothèse nulle. La série est donc stationnaire.

Les trois tests effectués permettent de conclure quant à la stationnarité de la série des productions nouvelles pour le Compte Epargne.

IV.2. Modélisation de la production nouvelle

A présent, examinons le diagramme des autocorrélations et des corrélations partielles de la série de données.

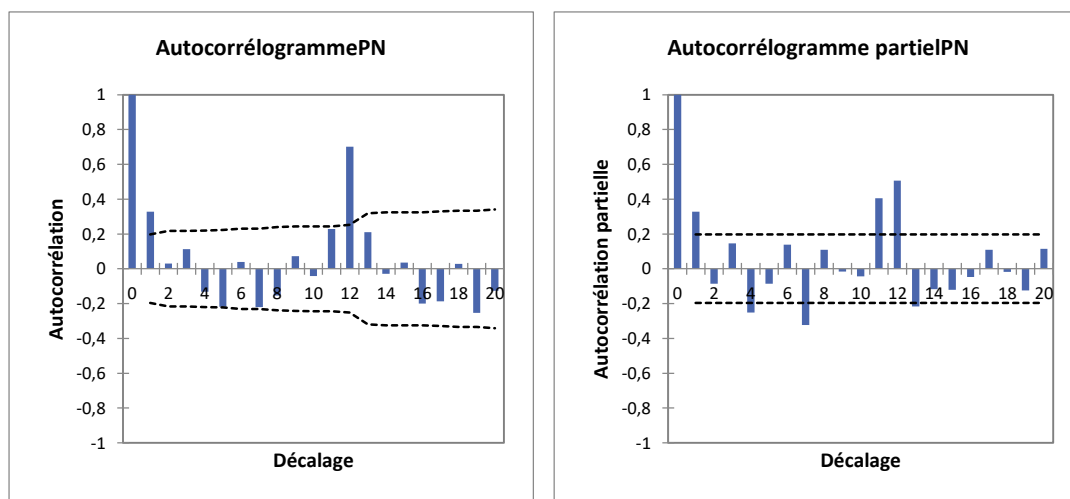


FIGURE 23 : ACF ET PACF DE LA PRODUCTION NOUVELLE DU CE

On remarque l'existence d'un pic significatif au lag 12 (ACF), qui peut traduire la présence d'un effet stochastique saisonnier. On suggère plutôt un modèle SARIMA (p,d,q)(P,D,Q).

Pour l'ACF, les pics les plus significatifs sont présents aux lags 1 et 12, donc on prend $Q=1$ et $q=1$. Et pour le PACF, on trouve que le pic le plus significatif est au lag 12 qui peut représenter l'effet saisonnier. On prend alors $P=1$ et $p=1$.

Après avoir déterminé les ordres maximaux, on applique la fonction SARIMA. Le modèle retenu est le suivant : $SARIMA(1,0,0)(0,0,1)(12)$ dont les paramètres sont les plus significatifs.

Paramètre	Valeur	Borne inférieure (95%)	Borne supérieure (95%)
AR(1)	-0,408	-0,745	-0,072
SMA(1)	-0,547	-0,745	-0,349

Le graphique ci-dessous montre que la prédiction (Courbe validation en orange) est très proche des données réelles.

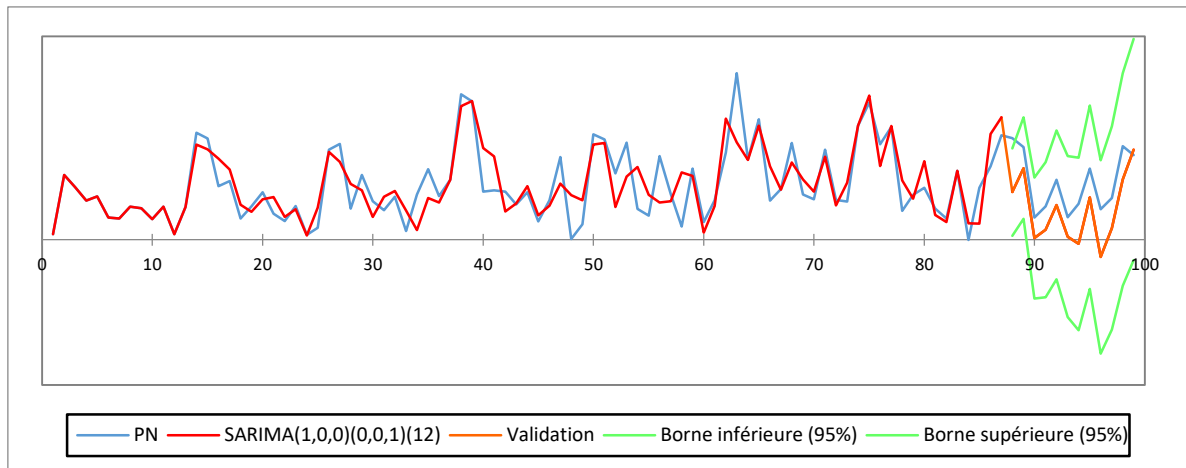


FIGURE 24 : SERIE DE LA PRODUCTION NOUVELLE ET COURBE DE VALIDATION DU MODELE

On remarque que l'estimation effectuée s'approche bien de la réalité. Pour valider le modèle, on teste ses résidus.

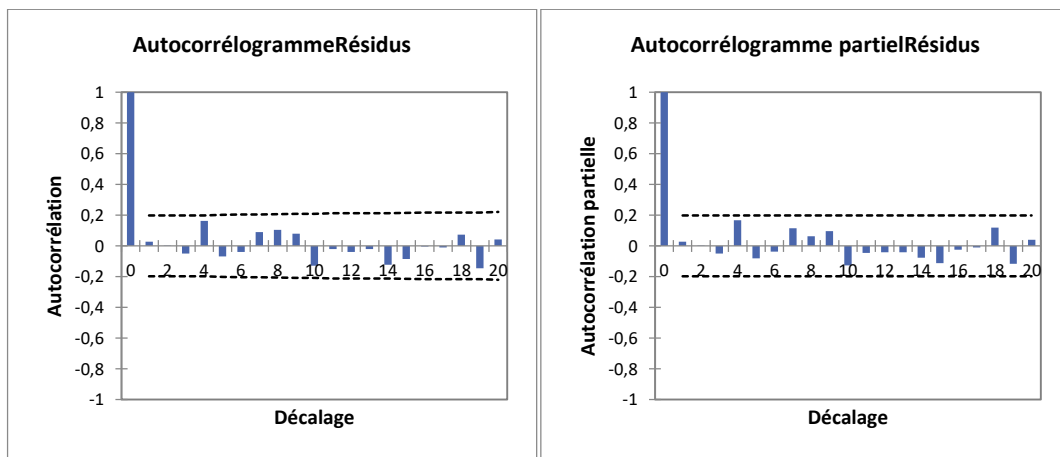


FIGURE 25 : ACF ET PACF DES RESIDUS DE LA MODELISATION DE LA PRODUCTION NOUVELLE

En visualisant les deux corrélogrammes ACF et PACF des résidus du modèle, on remarque l'absence de pics en dehors des pointillés, ce qui prouve qu'on a bien des résidus non corrélés.

Statistique	Valeur	p-value
Box-Pierce	5,232	0,514
Ljung-Box	5,540	0,477
McLeod-Li	3,659	0,723

On peut conclure, à travers les p-value des tests de Box-Pierce, Ljung-Box et McLeod-Li, qui sont supérieures à 5%, que les résidus sont bien un bruit blanc. Nous passons maintenant au test de normalité des résidus.

Test de Shapiro-Wilk		Test de Jarque-Bera	
W	0,992	JB (Valeur observée)	0,059
p-value (bilatérale)	0,904	JB (Valeur critique)	5,991
alpha	0,05	DDL	2
		p-value (bilatérale)	0,971
		alpha	0,05

Etant donné que les p-value des deux tests sont supérieures au seuil 5%, on ne rejette pas l'hypothèse nulle et on en conclut la normalité des résidus.

Après les tests d'adéquation sur les résidus, on passe à la prévision.

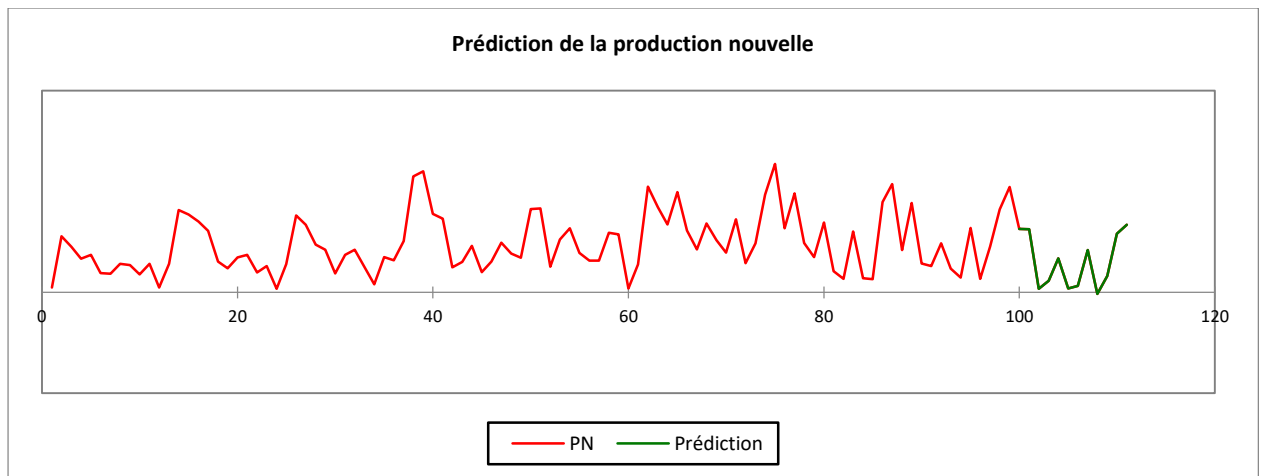


FIGURE 26 : PREDICTION DE LA PRODUCTION NOUVELLE

Chapitre 2 : Modélisation des déblocages des crédits

Certains crédits, avant qu'ils ne soient enregistrés dans le bilan, figurent dans un premier temps dans le hors bilan du fait qu'ils ne sont pas débloqués immédiatement et donc représentent une source de doute pour la banque. L'objet de cette partie est de présenter la méthodologie d'écoulement de ces crédits logés dans le hors bilan et qui peuvent basculer au bilan et par conséquent impacter la liquidité de la banque.

Un crédit peut être versé avec un différé par rapport à sa date d'accord d'octroi. Ce différé de versement peut être effectué en une seule fois ou selon un échéancier défini au préalable avec le client.

Comme les échéanciers de déblocage ne sont pas disponibles dans le système d'information, il convient d'estimer les conditions de déblocage en se basant sur l'historique.

L'objet donc de cette partie est de traiter la modélisation des déblocages sur crédits en s'appuyant sur les tables de survie des déblocages et ainsi déterminer leur écoulement.

I. Démarche proposée :

Afin d'estimer et positionner les déblocages futures, il conviendrait d'étudier le comportement des déblocages dans le passé. La modélisation repose sur la construction de la table de survie des déblocages par nature de crédit.

D'un point de vue méthodologique, l'idée est de considérer chaque déblocage comme un « individu » de la population observée. La population totale est égale au montant total des déblocages.

Le taux de survie recherché, correspond à la probabilité qu'un déblocage soit réalisé entre la date d'octroi et un instant t .

II. Construction des tables de survie :

Dans cette partie nous nous intéressons à la construction des tables de survie pour les différents types de crédits.

II.1. Brève présentation des modèles de durée :

Les modèles de durée sont applicables dans de nombreux domaines : durée de la vie humaine, durée de l'arrêt de travail par exemple, mais aussi dans le domaine médical pour modéliser le délai de survenue d'un événement indésirable ou la durée de survie à partir d'un événement.

Les méthodes d'analyse de survie ne s'appliquent pas seulement à l'étude des décès mais peuvent s'appliquer également à l'étude de tout événement unique susceptible d'apparaître au cours d'une période d'observation.

L'analyse de survie vise trois objectifs principaux :

- Estimer la durée de survie ou un délai de survenue d'un événement et la fonction de risque, c'est-à-dire la probabilité de survenue de l'évènement d'intérêt en fonction du temps,
- Comparer des courbes de survie ou des fonctions de risque de divers groupes constitués selon leur niveau ou durée d'exposition à un risque ou selon le traitement, ou encore les caractéristiques intrinsèques des individus,

- Etablir la relation entre des variables explicatives et le temps de survie ainsi que l'amplitude de l'effet de ces variables sur le risque de survenue de l'évènement d'intérêt.

Estimateur non paramétrique de Kaplan-Meier :

L'estimateur de Kaplan-Meier est un estimateur pour estimer la fonction de survie d'après des données de durée de vie. Cette technique a été introduite en Juin 1958 par deux statisticiens américains en matière de suivi sanitaire. La méthode consiste à proposer une solution robuste pour tenir compte du fait qu'on peut disposer de toutes les informations nécessaires pour suivre, par exemple, les effets d'une campagne de vaccination.

L'évènement que nous souhaitons observer est le déblocage des fonds du crédit. On étudie la durée de vie de n individus.

La fonction de survie, notée S par convention, est égale à la probabilité que la chute intervienne après un temps donné, et est définie par :

$$S: \begin{matrix} \mathbb{R}_+ & \rightarrow & [0,1] \\ t & \rightarrow & P(T > t) \end{matrix}$$

Où :

- t est la variable temps
- T est une variable aléatoire symbolisant le moment où survient l'évènement.

Pour calculer l'estimateur de Kaplan-Meier de la fonction de survie on utilise les probabilités conditionnelles :

$$\begin{aligned} \hat{S}(t) &= \hat{P}(X > t_j) = \hat{P}(X > t_j | X > t_{j-1}) \hat{P}(X > t_{j-1}) \\ &= \hat{P}(X > t_j | X > t_{j-1}) \dots \hat{P}(X > t_2 | X > t_1) \hat{P}(X > t_1) \\ &= \hat{P}_j \hat{P}_{j-1} \dots \hat{P}_1 \end{aligned}$$

On estime $\hat{P}(X > t_j | X > t_{j-1})$ par $\hat{P}_j = \frac{(n_j - d_j)}{n_j} = 1 - \frac{d_j}{n_j}$

La probabilité de survivre après l'instant t est donnée par le produit des P_j estimées pour les dates d'évènements antérieurs à t .

$$\hat{S}(t) = \prod_{j: t_j \leq t} (1 - \frac{d_j}{n_j})$$

- n_j : le nombre d'individus exposés au risque jusqu'à la fin de l'intervalle i
- d_j : le nombre d'individus décédés au cours de l'intervalle i

La fonction $\hat{S}(t)$ est une fonction décroissante.

Pour calculer le nombre de sujets à risque, on utilise la relation suivante :

$$n_j = n_{j-1} - d_j, j = 1, 2, \dots, k$$

II.2. Résultat :

En appliquant l'estimateur de Kaplan Meier, nous obtenons pour chaque type de crédit le pourcentage de déblocage au cours de chaque mois. En considérant tous les types de crédits, 85% des déblocages sont effectués lors du premier mois. Cela signifie que lorsqu'un crédit est accordé, le 1^{er} déblocage a eu lieu au cours du premier mois. Toutefois, puisque la

nature des crédits n'est pas la même, il est nécessaire de s'intéresser à chaque crédit pour déceler ses particularités.

Pour le crédit habitat, seul 40% des crédits sont débloqués au cours du premier mois et la totalité des déblocages a lieu au bout de 20 mois. Par contre 95% des déblocages pour le crédit à la consommation ont lieu lors du premier mois et la totalité des fonds sont débloqués au bout de 15 mois. Nous visualisons ci-dessous, l'écoulement de ces deux types de crédits.

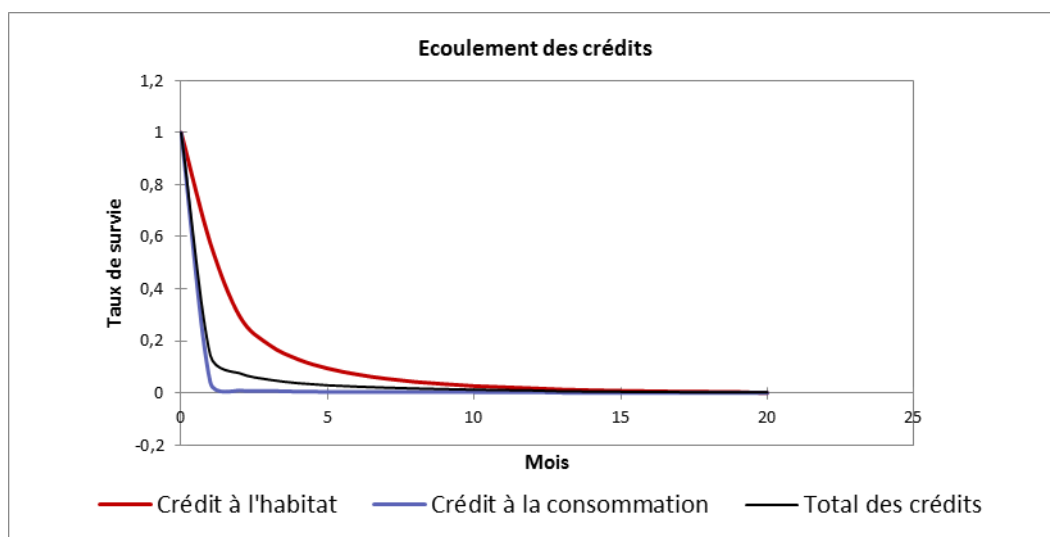


FIGURE 27 : SURVIE DES CREDITS A LA CONSOMMATION ET DES CREDITS A L'HABITAT

L'écoulement exposé traduit la survie d'un nouveau crédit accordé à partir de sa date d'octroi. Cependant, le hors-bilan de la banque contient des crédits partiellement débloqués. Nous devons donc être en mesure de les positionner en tenant compte de leur ancienneté. L'objectif est donc de calculer la probabilité d'un futur déblocage en utilisant les probabilités conditionnelles. Une fois le crédit positionné dans une bande de maturité donnée, l'écoulement se fera sur la base du profil d'amortissement d'un crédit de même nature.

Pour ce faire, on a procédé à la construction de la matrice suivante :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	58,02%	25,40%	8,26%	3,43%	1,87%	1,03%	0,61%	0,27%	1,10%
1	60,51%	19,68%	8,18%	4,47%	2,45%	1,46%	0,63%	2,61%	
2	49,85%	20,72%	11,31%	6,21%	3,70%	1,60%	6,61%		
3	41,32%	22,55%	12,38%	7,39%	3,19%	13,17%			
4	38,44%	21,09%	12,59%	5,44%	22,45%				
5	34,25%	20,44%	8,84%	36,46%					
6	31,09%	13,45%	55,46%						
7	19,51%	80,49%							
8	100,00%								

FIGURE 28 : MATRICE DE POSITIONNEMENT DES CREDITS

Pour cet exemple exposé, la durée maximale de déblocage du crédit est de 9 mois. Les lignes représentent l'ancienneté du crédit (en mois) et les colonnes le mois de déblocage. Ainsi, pour une génération de crédits ayant une ancienneté de 5 mois, les montants non encore débloqués le seront sur l'horizon des 4 futurs mois, à raison de 34,25% le premier mois,

20,44% le second mois, 8,84% le troisième mois et puis le reste (36,46%) durant le quatrième mois.

Chapitre 3 : Construction des impasses de liquidité

La méthode des impasses (ou gaps) est l'une des méthodes de mesure du risque de liquidité et de taux les plus répandues. Le gap représente la photographie du bilan échéancé en compensant les actifs et les passifs. Il constitue la base de l'ensemble des indicateurs ALM.

Nous nous concentrons dans cette partie sur la construction des gaps de liquidité en statique et en dynamique.

I. Les impasses en liquidité

Le risque de liquidité est principalement piloté par les banques à travers la mesure des impasses de liquidité découlant de l'écoulement dans le temps des emplois et des ressources. L'impasse de liquidité mesure les décalages prévisibles, aux différentes dates futures, de l'ensemble des emplois et des ressources. Une impasse de liquidité est nulle à la date courante car l'équilibre en liquidité du bilan est réalisé. De ce fait, les impasses en liquidités sont établies en projection. Les projections d'impasses représentent les besoins de liquidité et de refinancement prévisionnels et constituent un outil de gestion de base. Elles peuvent être calculées en flux ou en stocks. L'identification des impasses de liquidité permettra de piloter le risque de liquidité en orientant l'activité commerciale du réseau et en proposant des instruments de couverture afin de faire face à l'exigibilité des ressources et d'honorer ses engagements envers sa clientèle.

Ces analyses de « gap » peuvent être statiques ou dynamiques. La première approche se restreint au stock d'actifs et de passifs détenus à une date donnée tandis que l'analyse dynamique repose sur des hypothèses de scénario, notamment avec des simulations de production nouvelle. On comprend bien que cette seconde méthode donne des résultats plus pertinents à condition que les hypothèses de scénarii retenues soient probables.

Les impasses en stocks se définissent comme la différence entre les encours de l'actif et ceux du passif à une date donnée. Elles déterminent le besoin total de liquidité cumulée à une date donnée.

$$\text{Impasse en stock} = \text{Passif} - \text{Actif}$$

Une impasse en stock positive représente un excédent de ressources, c'est-à-dire que la banque dispose de plus de ressources de d'emplois. Une impasse négative signifie le contraire et c'est le cas le plus préoccupant.

Les impasses en flux se définissent quant à elles comme la différence entre les variations d'actifs et de passifs, c'est-à-dire la variation entre les entrées et les sorties de fonds, pendant une période donnée. Elles déterminent le besoin de financement nouveau de la période par le calcul des maturités des flux à venir.

$$\text{Impasse en flux} = \text{Entrée de fonds} - \text{Sortie de fonds}$$

Quand l'impasse en flux est positive cela signifie une entrée de fonds. Quand elle est négative, elle représente une sortie de fonds.

La détermination des impasses de liquidité se fait fréquemment selon une approche statique qui repose sur la projection des actifs et des passifs à une date donnée, sous l'hypothèse de cession d'activité, c'est-à-dire sans prendre en considération la production nouvelle qui entrera plus tard dans le bilan. Cependant, selon l'approche dynamique, le calcul des impasses prend en compte la nouvelle production ainsi que son écoulement.

L'impasse de liquidité dynamique est définie par :

$$GAP(T) = Passif(T) - Actif(T) + \sum_t PN_{Passif}(t, T) \cdot S_{Passif}(t, T) - \sum_t PN_{Actif}(t, T) \cdot S_{Actif}(t, T)$$

Avec :

- $Passif(T)$ le niveau des encours statiques du passif à la date T
- $Actif(T)$ le niveau des encours statiques de l'actif à la date T
- $PN_{Passif}(t, T)$ le montant de la production nouvelle du passif à apparue à la date t et encore présente à la date T
- $PN_{Actif}(t, T)$ le montant de la production nouvelle de l'actif à apparue à la date t et encore présente à la date T
- $S_{Passif}(t, T)$ est la fonction d'écoulement de la production nouvelle du passif
- $S_{Actif}(t, T)$ est la fonction d'écoulement de la production nouvelle de l'actif

Le calcul des impasses en liquidité permet non seulement d'anticiper les montants qui devront être empruntés ou placés dans le futur, mais aussi d'évaluer une partie du risque de taux auquel s'expose la banque. En d'autres termes, le décalage prévisible entre les actifs et les passifs génère les besoins futurs en liquidité pour lesquels on ne connaît pas aujourd'hui le niveau des taux.

II. Construction des impasses de liquidité

Après avoir déterminé l'écoulement de certains postes du bilan et le niveau de leur production nouvelle et après avoir déterminé la partie des crédits du hors bilan qui bascule vers le bilan et qui constitue une partie de la nouvelle production, nous sommes en mesure de calculer les gaps de liquidité statique et dynamique, à titre illustratif en n'utilisant que quelques postes du bilan.

Le graphique suivant montre la projection du gap statique et du gap dynamique pour les postes du bilan utilisés pour les 12 prochains mois.

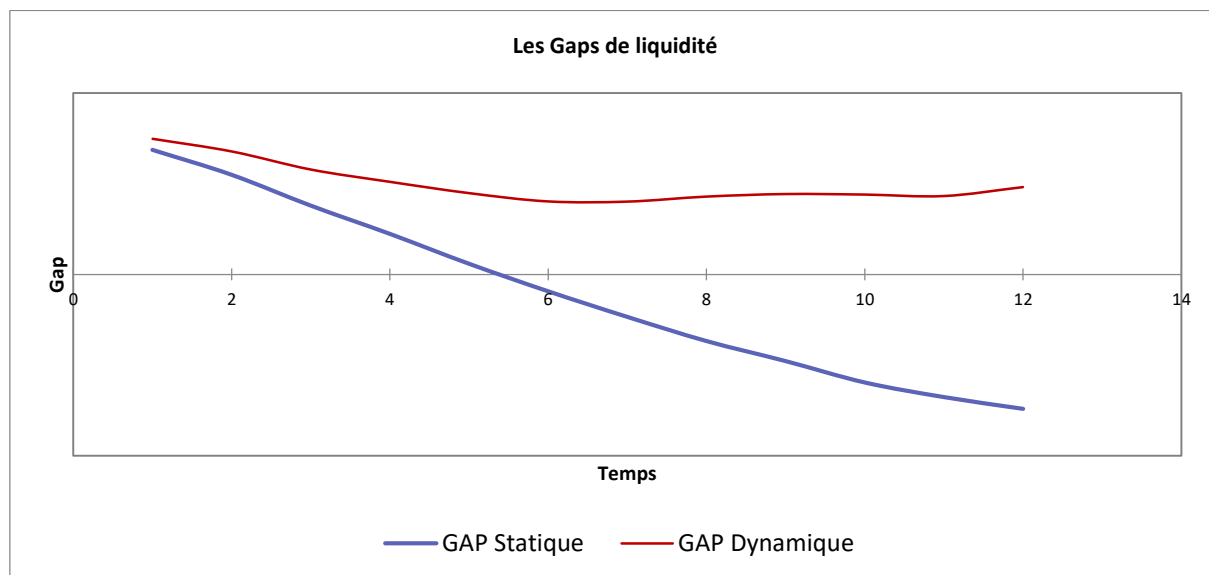


FIGURE 29 : PROJECTION DU GAP STATIQUE ET DU GAP DYNAMIQUE

Le graphique montre que les impasses de liquidité statiques, pour les postes utilisés, connaissent une chute à cause du volume total des actifs qui dépassent celui des passifs. Cela signifie que les actifs de la banque inclus dans ce gap s'amortissent moins vite que ses

ressources, ce qui mettra la banque en situation de manque de liquidité et ne sera donc pas dans la mesure de faire face à ses engagements et devra recourir à un refinancement sur le marché ce qui l'exposera aux risques de marché tel que le risque de taux. Mais l'introduction de la production nouvelle dans le calcul des gaps de liquidité les rend excédentaires. La banque passe donc d'une position sous consolidée à une position parfaitement sur consolidée.

Conclusion

Cette deuxième partie a consisté en la modélisation du stock des dépôts à vue en se basant sur des modèles économétriques et sur les séries chronologiques ainsi qu'en la modélisation de la production nouvelle. L'intérêt de cette modélisation étant de construire des conventions d'écoulement des différents postes afin de simuler l'évolution statique du bilan mais également de prédire les niveaux futurs de la production nouvelle pour simuler une évolution dynamique du bilan.

Troisième Partie : Modélisation

Stochastique du taux d'intérêt

La structure par terme des taux d'intérêt est un outil d'analyse actuariel indispensable. La modélisation de la courbe des taux constitue de ce fait un domaine particulièrement actif de la recherche actuarielle et financière. En effet, le niveau des taux joue un rôle essentiel pour une banque, dans le coût des crédits et le comportement de la clientèle. La simulation du taux d'intérêt permet donc de prendre en compte de manière plus précise les diverses variations de l'environnement des taux dans le futur.

Les modèles de structure de taux décrivent la structure des taux dans le temps et sont nécessaires à l'évaluation d'instruments dépendant du taux, instruments dérivés sur taux en particulier et à la gestion des risques. Le choix d'un modèle approprié de structure des taux dépend de son application spécifique. Des modèles incluant plusieurs facteurs permettent une description réaliste du comportement de la courbe de taux. Mais s'il ne fallait retenir qu'un seul facteur explicatif de la hiérarchie des taux, le taux court constitue certainement un choix raisonnable. Qu'il soit vu comme un indicateur des conditions du crédit, ou comme point focal de la politique monétaire, le taux à court terme joue un rôle central dans l'économie. Son influence sur le marché obligataire ne fait aucun doute. Les acteurs du marché gardent en permanence un œil sur lui, si bien que son niveau (actuel ou anticipé) devient un déterminant de la structure par terme des taux d'intérêt.

Ceci explique que les modèles à un seul facteur identifient systématiquement la variable d'état au taux court.

I. Le modèle général

Les mouvements d'intérêt de court terme r sont en général décrits au moyen de l'équation de diffusion :

$$dr = \mu(r)dt + \sigma(r)dw$$

Où w est un mouvement brownien standard, $\mu(r)$ et $\sigma(r)$ désignent respectivement les fonctions de dérive et de volatilité. Toutes deux peuvent dépendre de r , mais sont supposées indépendantes de t . Toutefois, les changements du taux d'intérêt court, sont décrits par la différentielle stochastique suivante :

$$dr = (\alpha + \beta r)dt + \sigma r^\gamma dw$$

L'estimation économétrique de ce type de diffusion est rendue difficile, par le fait que, premièrement l'on ne dispose que d'observations discrètes, et deuxièmement qu'il n'existe pas de discrétisation exactes que pour des spécifications très restrictives de $\mu(r)$ et $\sigma(r)$.

En effet, en imposant des restrictions sur le groupe de paramètres $(\alpha, \beta, \sigma, \gamma)$ on retrouve une grande variété de taux d'intérêt.

Ces divers modèles d'équilibres sont présentés dans le tableau suivant :

Modèle	α	β	γ	Restrictions
Merton	-	0	0	-
Vasiček	-	-	0	$\beta < 0$
Cox-Ingersoll & Ross	-	-	0,5	$\beta < 0$ et $2\alpha > \sigma^2$
Dothan	0	0	1	-
Mouvement Brownien géométrique	0	-	1	$\beta < 0$
Brennan - Schwartz	-	-	1	$\beta < 0$ et $\alpha > 0$
Taux variable	0	0	1,5	-
Elasticité constante de la variance	0	-	-	$\beta < 0$

TABLEAU 3 : LES DIFFERENTS MODELES A UNE SEULE VARIABLES SELON LES PARAMETRES

Il est maintenant nécessaire, après avoir accepté qu'un processus d'Itô puisse représenter de façon plausible la dynamique de r , de postuler l'existence d'une relation entre le taux court et le prix des obligations sans coupon.

On conditionne donc la structure des taux à l'aléa fondamental qui affecte l'économie, en admettant que le prix $P(t,T)$ d'une obligation, d'échéance T en t , est déterminé par l'évolution attendue du taux court entre t et T , ($r(u)/t \leq u \leq T$)

Le processus $r(t)$ étant markovien, il suffit de poser $P(t,T) = P(r,t,T)$. Cette hypothèse qui prépare l'application du lemme d'Itô au processus $P(t,T)$, signifie que le taux court $r(t)$ représente l'information pertinente pour les investisseurs à l'instant t , et ceux-ci vont donc ajuster leur comportement à son évolution prévue. De ce fait, un lien est créé, via les comportements de marché, entre le taux court et la structure par terme.

En appliquant le lemme d'Itô, on trouve le processus des prix décrit par la forme suivante :

$$\frac{dP(t,T)}{P(t,T)} = \mu(t,T)dt + \delta(t,T)dw$$

$$\text{Avec } \mu(t,T)dt = \frac{1}{P} \left[\frac{1}{2} \sigma^2(r,T) P_{rr} + \mu(r,t) P_r + P_t \right] \text{ où } P_r = \frac{\partial P}{\partial r}, P_t = \frac{\partial P}{\partial t}, P_{rr} = \frac{\partial^2 P}{\partial r^2}.$$

$$\text{Et } \delta(t,T)dt = \frac{1}{P} [\sigma(t,T) P_r]$$

$\mu(t,T) = \mu(r,t,T)$ désigne l'espérance mathématique du rendement instantané de l'obligation et $\delta(t,T) = \delta(r,t,T)$ désigne la volatilité non anticipée, engendrée par les fluctuations imprévues du taux court de l'obligation.

Le lien entre taux court et prix étant ainsi établi, on peut maintenant invoquer la condition d'arbitrage. Construisant un portefeuille constitué de deux obligations différentes, on s'arrange pour que son rendement soit sans risque sur le prochain instant. Sous peine d'offrir des opportunités d'arbitrages, le rendement de ce portefeuille ne peut être différent du taux court. On en déduit donc la relation suivante :

$$\frac{\mu(t,T) - r(t,T)}{\delta(t,T)} = \lambda_w(t) \text{ est valable pour toute échéance } T.$$

Le terme $\lambda_w(t) = \lambda_w(r,t)$ étant indépendant de T , cette égalité représente bien la contrainte qui pèse sur les prix des obligations et fonde l'existence d'une structure des taux d'intérêt.

Exprimée sous la forme : $\mu(t,T) - r(t,T) = \lambda_w(t) \delta(t,T)$, l'équation précédente montre bien que $\lambda_w(t)$ s'interprète bien comme la prime unitaire offerte pour le risque engendré par les fluctuations imprévues du taux court, à l'instant t , sous l'effet de $dw(t)$: le rendement instantané espéré, en excès du taux sans risque $r(t)$, sur l'obligation d'échéance T (c'est-à-dire la prime exigée par le marché sur cette échéance) est égale à la prime unitaire attachée au risque induit par la source d'incertitude w multiplié par une mesure de l'exposition au risque fondamental de cette obligation $\delta(t,T)$.

En multipliant λ_w par $\delta(t,T)$, on obtient une mesure du prix accordé au risque fondamental porté par le taux court. On note $\lambda = \sigma \lambda_w$ la prime unitaire de risque de taux d'intérêt. Utilisant cette définition, on peut exprimer la prime de terme $\Phi(t,T) = \Phi(r,t,T)$ sous la forme : $\Phi = \mu - r = \lambda \frac{P_r}{P}$

Cette expression fait apparaître λ comme la prime d'équilibre pour une sensibilité unitaire aux variations du taux d'intérêt. Toutefois dans la cadre de ce modèle d'arbitrage, il est impossible de déterminer le signe des éléments qui définissent ci-dessus la prime de terme.

Pour obtenir la structure par terme, il suffit d'introduire dans la formule donnant $\alpha - r$ les valeurs calculées pour α et δ . Il en vient, en notation abrégée :

$$\frac{1}{P} \left(\frac{1}{2} \sigma^2 P_{rr} + \mu P_r + P_t \right) - r(t) = \lambda_w \frac{1}{P} (\sigma P_r)$$

La résolution de cette équation différentielle, sous la condition terminale $P(T,T)=1$, fournit la structure des prix $P(t,T)$, et par simple transformation, la structure des taux $R(T,T)$.

Dans la suite, on va s'intéresser aux processus les plus utilisés dans la modélisation des taux d'intérêt. Il s'agit du processus de retour vers la moyenne utilisé par Vasicek et celui de la racine unitaire utilisé par CIR.

II. Modèle de Vasicek

Le modèle de Vasicek est l'un des premiers modèles stochastiques du taux d'intérêt. Il est fondé sur l'idée que seul le taux court régit les prix des titres obligataire et qu'il suit un processus d'Ornstein-Uhlenbeck, appelé aussi processus de retour vers la moyenne. Sa dynamique est alors représentée par la différentielle stochastique :

$$dr_t = a(b - r_t)dt + \sigma dw(t)$$

Avec :

- a : paramètre définissant la vitesse avec laquelle $r(t)$ retourne à sa valeur moyenne
- b : la valeur moyenne du taux court $r(t)$
- σ : volatilité du taux court $r(t)$

La solution explicite de cette équation différentielle stochastique est :

$$r(t) = b + (r_0 - b)e^{-ta} + \sigma \int_0^t e^{-a(t-u)} dw(u)$$

II.1. Analyse du processus d'Ornstein Uhnlenbeck

Ce processus d'Itô décrit une dynamique régressive, autour d'une valeur moyenne

- Si $r(t)$ passe au-dessus de ce niveau b, sous l'effet d'un choc aléatoire $\sigma dw(t)$ positif, alors l'espérance de la variation, instantanée de $r(t)$, égale à $a(b-r(t))$, est négative, et $r(t)$ aura tendance à se rapprocher de son niveau moyen, à la vitesse a.
- A l'inverse, si $r(t)$ passe au-dessus de b, le trend devient positif, donc l'évolution de $r(t)$ résulte maintenant de deux forces contradictoires : la force de rappel « équilibrante » et l'aléa « déséquilibrant »

L'évolution du taux court résulte de deux forces contradictoires : la force de rappel équilibrante et l'aléa déséquilibrant. On palie ainsi un inconvénient majeur du mouvement brownien, généralisé, à savoir une espérance et une variance qui tendent vers l'infini. Ainsi le processus d'Ornstein Uhnlenbeck capte l'idée de retour à la moyenne, c'est pour cette raison qu'il est appelé « elastic random walk »

Dans le cas d'un processus de ce type, on a pour $t \leq s$:

$$E[r(s)|r(t)] = b + (r(t) - b)e^{-a(s-t)}$$

$$V[r(s)|r(t)] = \frac{\sigma^2}{2a} (1 - e^{-2a(s-t)})$$

Lorsque s devient infiniment grand, l'espérance de $r(s)$ étant donné son niveau actuel, tend vers la valeur moyenne b. La variance conditionnelle tend, quant à elle, vers la constante finie $\frac{\sigma^2}{2a}$. Et lorsque a tend vers l'infini (l'ajustement se fait de plus en plus rapidement),

l'espérance de $r(t)$ tend vers b , et sa variance vers 0 : à la limite il y a donc plus d'incertitude sur le taux d'intérêt, qui reste collé au niveau b .

A l'inverse, lorsque a tend vers 0 (l'attraction vers b en de plus en plus faible), l'espérance futur tend vers son niveau courant (et ne dépend donc plus de b), et sa variance vers $\sigma^2(s - t)$, ce qui témoigne de l'absence de toute force de rappel.

II.2. Equation de la structure par terme

Introduisant l'expression des paramètres du processus dans l'équation de la structure par terme, on obtient :

$$\frac{1}{2}\sigma^2 P_{rr} + (a(b - r(t)) - \lambda)P_r + rP + P_t = 0$$

Sa solution est : $P(t, T) = \exp(A(t, T)r(t) + B(t, T))$

$$\text{Avec} \quad A(t, T) = \frac{1}{a}(e^{-a(T-t)} - 1)$$

$$\text{et } B(t, T) = \left[\frac{\sigma^2}{4a^3}(1 - e^{-2a(T-t)}) + \frac{1}{a}\left(b - \frac{\lambda}{a} - \frac{\sigma^2}{a^2}\right) - \left(b - \frac{\lambda}{a} - \frac{\sigma^2}{2a^2}\right)(T - t) \right]$$

Comme précédemment, on peut calculer les paramètres du processus de prix en évaluant P_r à partir de cette solution. On obtient :

$$\alpha(t, T) = r(t) + \frac{\lambda}{a}(e^{-a(T-t)} - 1)$$

$$\delta(t, T) = \frac{\sigma}{a}(e^{-a(T-t)} - 1)$$

Soit une prime de terme : $\Phi(t, T) = \frac{\lambda}{a}(e^{-a(T-t)} - 1)$ positive pour toutes les échéances si $\lambda \leq 0$.

Maintenant, si on pose $\lambda = 0$, le marché ne paye aucune prime pour une opération pourtant risquée. Mais ici le risque instantané tend vers un maximum avec la maturité du bon :

$$\lim_{T \rightarrow \infty} \delta(t, T) = \frac{\sigma}{a}$$

La structure des taux est donnée par l'équation suivante :

$$R(t, T) = \frac{-1}{T-t} \left[\frac{1}{a}(e^{-a(T-t)} - 1)r(t) + \frac{1}{a}\left(b - \frac{\lambda}{a} - \frac{\sigma^2}{a^2}\right)(1 - e^{-a(T-t)}) + \frac{\sigma^2}{4a^3}(1 - e^{-2a(T-t)}) - \left(b - \frac{\lambda}{a} - \frac{\sigma^2}{2a^2}\right)(T-t) \right]$$

Pour un instant t donné, les valeurs limites en T de cette expression sont : $\lim_{T \rightarrow t} R(t, T) = r(t)$

Par définition, et, en utilisant la règle de l'Hôpital : $\lim_{T \rightarrow \infty} R(t, T) = R_\infty = b - \frac{\lambda}{a} - \frac{\sigma^2}{2a^2}$.

En utilisant cette notation, on peut exprimer la structure des taux par la forme suivante :

$$R(t, T) = \left[R_\infty + \frac{1}{a(T-t)}(1 - e^{-a(T-t)})(r(t) - R_\infty) + \frac{\sigma^2}{4(T-t)a^3}(1 - e^{-a(T-t)})^2 \right]$$

II.3. Analyse de la fonction de taux

La structure des taux part de $r(t)$ et tend vers R_∞ pour les échéances lointaines. Sa forme précise dépend du niveau de $r(t)$ et de la valeur des paramètres a , b , σ et λ .

L'étude du signe de la pente de la structure montre que :

- Si $r(t)$ est inférieur à $R_\infty - \frac{\sigma^2}{4a^2}$ la courbe de taux est monotone croissante.
- Si $r(t)$ est supérieur à $R_\infty - \frac{\sigma^2}{4a^2}$ la courbe de taux est monotone décroissante.
- Pour des valeurs intermédiaire de $r(t)$, la structure est en cloche ;

Concernant la structure de la volatilité des taux d'intérêt, le paramètre de diffusion du processus du taux d'intérêt est donné par : $-\frac{\sigma}{a(T-t)}(e^{-a(T-t)} - 1)$

On remarque bien que c'est une fonction décroissante de la maturité. La courbe se rapproche d'autant plus vite de l'axe horizontal que la force d'attraction a est grande.

Il apparait donc que c'est l'introduction du phénomène de retour vers la moyenne qui permet de passer d'une structure de volatilité plate à une structure décroissante, bien plus vraisemblable.

III. Modèle de Cox-Ingersoll et Ross

Pour garantir la positivité du taux court, CIR(1985), utilisent un processus racine carrée, dont la variance instantanée est proportionnelle à la racine carrée du niveau atteint. Sa différentielle stochastique s'écrit :

$$dr(t) = k(\theta - r(t))dt + \sigma\sqrt{r(t)}dw(t) \text{ où } k > 0 \text{ et } \theta > 0$$

Cette EDS a une unique solution positive, mais on ne dispose pas d'une forme explicite pour cette solution. A l'instar du processus d'Ornstein-Uhlenbeck utilisé par Vasiček, processus racine carrée est un processus autorégressif d'ordre 1, décrivant l'attirance élastique du taux court autour de la valeur centrale θ , avec une vitesse d'ajustement k .

Cependant, lorsque $r(t)$ devient nul, la dynamique du taux court est ici décrite par l'équation déterministe $dr(t) = k\theta dt > 0$. Ceci montre que, d'une part, que le taux court ne peut jamais être négatif, et d'autre part, qu'il redevient immédiatement positif juste après avoir atteint la valeur 0 (ce qui n'est envisageable que si $\sigma^2 > 2k\theta$). On dit que 0 est une barrière réfléchissante pour le taux d'intérêt.

On remarque que $\sigma^2 r(t)$, la variance instantanée du changement du taux court, croît avec son niveau. Cela concorde avec les constatations empiriques, qui montrent que les taux sont d'autant plus volatils que leur niveau est élevé.

Lorsque le taux court suit un processus racine carrée, l'espérance et la variance de $r(s)$ sachant $r(t)$ sont comme suit :

$$E[r(s)|r(t)] = \theta + (r(t) - \theta)e^{-k(s-t)}$$

$$V[r(s)|r(t)] = k\frac{\sigma^2}{2k}(1 - e^{-2k(s-t)}) + \frac{\sigma^2}{k}(r(t) - \theta)(e^{-k(s-t)} - e^{-2k(s-t)})$$

Pour calculer la structure des prix, il faut résoudre l'équation différentielle :

$$\frac{1}{2}\sigma^2 P_{rr} + (k(\theta - r) - \lambda)P_r - rP + P_t = 0 \text{ sous } P(T, T) = 1$$

La solution est : $P(t, T) = \exp(A(t, T)r(t) + B(t, T))$

Avec :

$$\begin{aligned} \cdot A(t, T) &= \frac{-2}{e(t, T)} (e^{-\vartheta(T-t)} - 1) \\ \cdot B(t, T) &= \frac{2(k\vartheta - \lambda)}{\sigma^2} \ln \left(\frac{2\vartheta \exp\left(\frac{k+\vartheta(T-t)}{2}\right)}{e(t, T)} \right) \\ \cdot e(t, T) &= (\vartheta + k)(e^{-\vartheta(T-t)} - 1) + 2\vartheta \text{ et } \vartheta = \sqrt{(k^2 + \sigma^2)} \end{aligned}$$

Le terme $\frac{P_r}{P}$ étant négatif, on a donc toujours la propriété $P_r < 0$.

Les paramètres du processus des rendements $\frac{dP}{P}$ sont :

$$\begin{aligned} \mu(t, T)dt &= r(t) + A(t, T)\lambda \\ \delta(t, T) &= A(t, T)\sigma\sqrt{r(t)} \end{aligned}$$

L'expression de δ montre les taux de rendements sur les obligations d'autant moins variables que le taux court est faible, ce qui est assez satisfaisant d'un point de vue empirique. On voit aussi que les rendements sont certains lorsque le taux court est nul.

IV. Application aux données du marché

IV.1. Présentation et analyse des données

IV.1.1. Présentation des données :

Pour estimer les paramètres désirés, nous avons choisi comme taux court terme, le taux moyen des BDT à 1 an.

Nous avons utilisé les données journalières s'étalant du 02/01/2012 au 28/04/2017. Ces données sont obtenues à partir du site de Bank Al Maghrib et sont représenté sur la figure suivante :

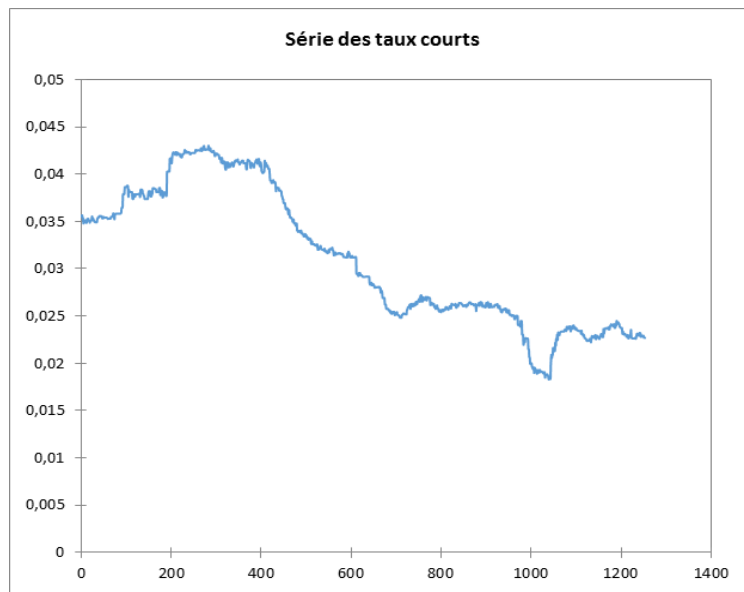


FIGURE 30 : REPRESENTATION DE LA SERIE DES DONNEES DE TAUX DES BDT A 1 AN

IV.1.2. Analyse des données :

Nous vérifions à présent, que la série du taux court est bien un autorégressif d'ordre 1, en visualisant le PACF :

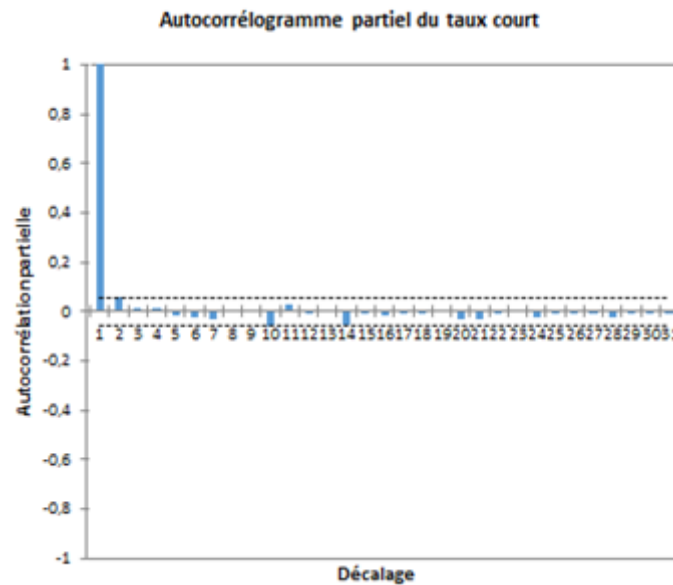


FIGURE 31 : PACF DU TAUX COURT

Pour vérifier la stationnarité, nous avons utilisé le test de racine unitaire (le test de Dickey-Fuller), les résultats sont représentés dans le tableau ci-dessous :

Test de Dickey-Fuller

Tau (Valeur observée)	-2,106
Tau (Valeur critique)	-0,907
p-value (unilatérale)	0,543
alpha	0,05

La p-value calculée est supérieure au niveau de signification de 5%. La série des taux court n'est pas stationnaire, toutefois cela ne constitue pas une entrave dans la mesure où la construction de la courbe de taux prévisionnelle se basera sur les formules des prix des obligations.

IV.2. Courbe de taux avec le modèle de Vasicek

IV.2.1. Méthodologie de l'estimation

Le processus, d'Ornstein-Uhlenbeck, utilisé par Vasicek, s'écrit sous la forme suivante :

$$dr_t = a(b - r_t)dt + \sigma dw_t$$

- a : paramètre définissant la vitesse avec laquelle $r(t)$ retourne à sa valeur moyenne
- b : la valeur moyenne du taux court $r(t)$
- w : un brownien standard

Pour estimer les paramètres du processus d'Ornstein-Uhlenbeck, a , b et σ , nous allons utiliser la discrétisation exacte proposée par Gouriéroux, Monfort et Renault (1993) qui est donnée par :

$$r_t - r_{t-1} = b(1 - e^{-a}) + (e^{-a} - 1)r_{t-1} + \varepsilon_t \text{ avec } \varepsilon_t \sim N\left(0, \frac{\sigma^2}{2a}(1 - e^{-2a})\right)$$

Nous pourrions alors, en utilisant les données relatives au taux de la maturité 1 an, estimer à l'aide de la méthode des Moindres Carrés Ordinaires (MCO), les paramètres du processus d'Ornstein-Uhlenbeck, via l'équation suivante :

$$r_t = \bar{a} + \bar{b} \cdot r_{t-1} + \varepsilon_t$$

Avec :

$$\begin{aligned} \cdot \quad \bar{a} &= b(1 - e^{-a}) \\ \cdot \quad \bar{b} &= e^{-a} \end{aligned}$$

Cette équation indique que les taux courts s'ajustent suivant un processus autorégressif d'ordre 1, ce que nous avons déjà vérifié pour les données que nous avons utilisé dans la section précédente.

Après l'estimation des paramètres a et b , nous pouvons alors retrouver les paramètres du processus d'Ornstein-Uhlenbeck comme suit :

$$\begin{aligned} a &= -\ln(\bar{b}) \\ b &= \frac{\bar{a}}{1 - \bar{b}} \\ \sigma &= \sigma_\varepsilon \sqrt{\frac{-\ln \bar{b}^2}{1 - \bar{b}^2}} \end{aligned}$$

IV.2.2. Résultat de l'estimation

L'estimation des paramètres de l'équation $r_t = \bar{a} + \bar{b} \cdot r_{t-1} + \varepsilon_t$ se fait par la méthode des moindres carrés ordinaires. Les résultats de l'estimation sont représentés dans le tableau suivant :

\bar{a}	0,0000225
\bar{b}	0,9992731

Nous obtenons donc après le calcul les estimations du processus de retour vers la moyenne comme suit :

$$\begin{aligned} a &= -\ln(\bar{b}) = 0,00073 \\ b &= \frac{\bar{a}}{1 - \bar{b}} = 0,03089 \\ \sigma &= \sigma_\varepsilon \sqrt{\frac{-\ln \bar{b}^2}{1 - \bar{b}^2}} = 0,00066 \end{aligned}$$

Nous effectuons 2000 simulations du taux court sur un horizon de 4 ans. Nous obtenons donc les résultats suivants :

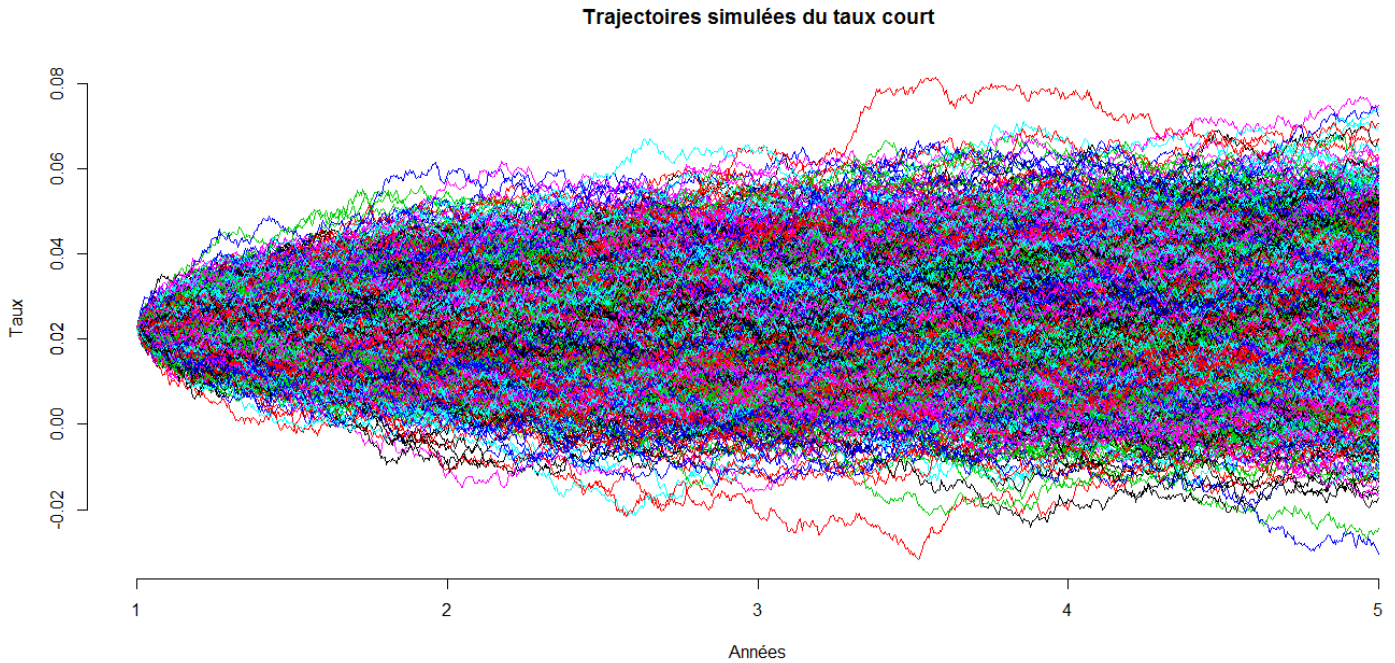


FIGURE 32 : SIMULATIONS DU TAUX COURT AVEC LE MODELE DE VASIÇEK

IV.2.3. Courbe de taux Zéro-Coupon par le modèle de Vasicek

Le rendement $R(t, T)$ d'une obligation zéro-coupon, de maturité T à la date t , est donné par le modèle Vasicek sous la forme suivante :

$$R(t, T) = \frac{-1}{T-t} \left[\frac{1}{a} (e^{-a(T-t)} - 1) r(t) + \frac{1}{a} \left(b - \frac{\lambda}{a} - \frac{\sigma^2}{a^2} \right) (1 - e^{-a(T-t)}) + \frac{\sigma^2}{4a^3} (1 - e^{-2a(T-t)}) - \left(b - \frac{\lambda}{a} - \frac{\sigma^2}{2a^2} \right) (T-t) \right]$$

Il nous reste maintenant un seul paramètre à estimer afin de déterminer les prix des obligations zéro-coupon. La prime de risque mesure le point auquel les investisseurs exigent des rendements plus élevés, mais elle n'est pas directement observée sur le marché.

Deux approches peuvent être adoptées pour la détermination du paramètre λ . La première est celle proposée par Brown et Dybvig-Sercu et Wu consistant à estimer tous les paramètres du modèle simultanément y compris λ de telle sorte que le modèle s'accommode à la courbe des taux réelle du marché. La deuxième approche consiste à déterminer λ en minimisant la somme des carrés des erreurs entre les prix réels des obligations et les prix théoriques. Nous avons choisi d'adopter la deuxième approche et nous procédons à son estimation par la méthode des moindres carrés.

Pour estimer la prime de risque du marché pour les différentes maturités, il nous suffit d'estimer la constante λ , et ainsi via la formule : $\Phi(t, T) = \frac{\lambda}{a} (e^{-a(T-t)} - 1)$, on remonte à toutes les primes de risque de manière à minimiser les erreurs entre les taux zéro-coupon réels du marché et ceux obtenus par le modèle de Vasicek.

Nous allons estimer λ avec la fonction suivante :

$$R(t, T) = \left[\frac{-1}{T-t} \left(\frac{1}{a} (e^{-a(T-t)} - 1) r(t) + \frac{\sigma^2}{4a^3} (1 - e^{-2a(T-t)}) \right) + \frac{1}{a} \left(b - \frac{\sigma^2}{a^2} \right) (1 - e^{-a(T-t)}) - \left(b - \frac{\sigma^2}{2a^2} \right) (T-t) \right] - \lambda \left(\frac{1}{a} + \frac{e^{-a(T-t)} - 1}{(T-t)a^2} \right)$$

On estime donc λ avec l'équation suivante : $R_{\lambda=0}(t, T) - \lambda V(t, T)$

Avec :

$$R_{\lambda=0}(t, T) = \left[\frac{-1}{T-t} \left(\frac{1}{a} (e^{-a(T-t)} - 1) r(t) + \frac{\sigma^2}{4a^3} (1 - e^{-2a(T-t)}) \right) + \frac{1}{a} \left(b - \frac{\sigma^2}{a^2} \right) (1 - e^{-a(T-t)}) - \left(b - \frac{\sigma^2}{2a^2} \right) (T-t) \right]$$

$$V(t, T) = \left(\frac{1}{a} + \frac{e^{-a(T-t)} - 1}{(T-t)a^2} \right)$$

L'estimation par la méthode des moindres carrés ordinaire nous donne $\lambda = -0,00179$.

Les simulations des taux courts permettent la construction de 2000 courbes de taux pour chaque date. Le graphique ci-dessous expose, pour 100 simulations choisies parmi les 2000 effectuées, les différentes courbes de taux après une année, c'est-à-dire les prédictions pour la courbe de taux du 27/04/2018.

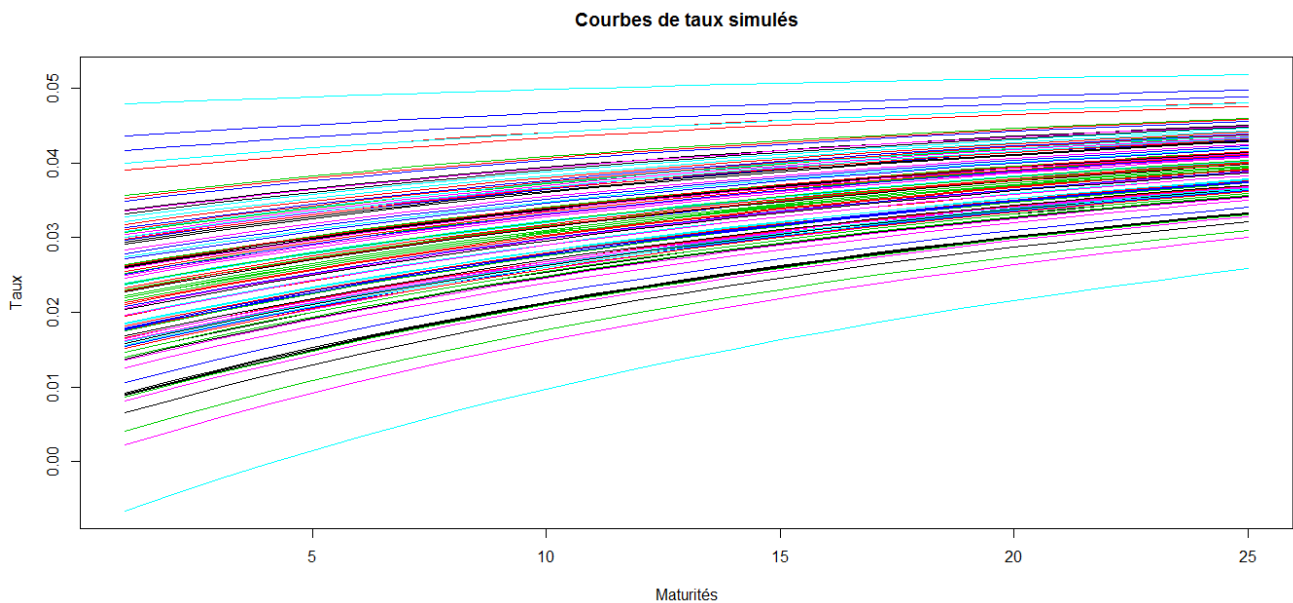


FIGURE 33 : EXEMPLE DE SIMULATIONS DE LA COURBE DE TAUX

Conclusion

La structure par terme des taux d'intérêt joue un rôle crucial dans l'activité de transformation de la banque. En effet, la connaissance de l'évolution future des taux permet non seulement de déterminer l'incidence sur la marge nette prévisionnelle de la banque mais également de constater comment une variation de la courbe de taux impacte la globalité du bilan. Les travaux de modélisation du taux court à travers le modèle de Vasicek et la construction de la courbe de taux seront également utiles pour la construction des scénarios de stress de taux (cf. Quatrième Partie).

Quatrième Partie : Stress Testing et impact sur les indicateurs de mesure

A la suite de nombreuses crises financières, il est aujourd'hui important de mesurer en permanence la stabilité financière et de mettre en place des scénarios de stress qui servent à explorer les failles du système financier. Un stress test étant un exercice consistant à simuler des conditions économiques et financières adverses sévères mais plausibles afin d'en étudier les conséquences sur les banques pour mesurer leur capacité de résistance à de telles situations.

Chapitre 1 : Stress testing et réglementation

Le secteur financier a connu un certain nombre de crises au cours des dernières décennies. Nous citons en exemple la première crise financière mondiale de 1857, le krach de 1929, la flambée des taux d'intérêts en 1981, la crise du peso mexicain en 1995, la bulle internet en 2000, les attentats du 11 septembre 2001 et plus récemment la crise des subprimes de 2007-2008 qui a touché tout le secteur financier, et ce au niveau mondial, par une interconnexion entre les marchés financiers.

Il existe maintenant des outils de surveillance et de protection contre les crises futures, il s'agit des stress tests. Il s'agit non seulement d'outils de gestion des crises mais également d'un outil de supervision du secteur bancaire. Toutefois, la notion de stress testing n'est pas nouvelle. Dès les années 90, les institutions financières ont commencées à les utiliser autant qu'outil de gestion interne mais sans s'intéresser à l'analyse des résultats et aux problématiques des crises telles que la liquidité.

I. Définition des stress tests :

I.1. Définition d'un stress test

Un stress test estime la capacité des banques à faire face à des situations de stress ou de crise et consiste en la mesure de la variation des valeurs des différents indicateurs de gestion bancaire sous l'effet de changement de facteurs sous-jacents.

I.2. Définition d'un stress test financier

Le stress financier reprend deux notions :

- Le stress : il est causé par une force extérieure agissant sur un système. Il peut provoquer un dysfonctionnement et mener à un état de crise (Illing M. et Liu Y., 2013)
- Le secteur financier : Il est constitué des institutions financières, des marchés financiers, leur réglementation...

Un stress financier peut se définir comme « étant la force exercée par l'incertitude et le changement des espérances des pertes sur des agents économiques dans les marchés et les institutions financières » (Montassar Z. et Makram G., 2014). Il résulte des tensions subies par le système financier.

II. Réglementation

Comme le préconisent les autorités réglementaires, les établissements financiers doivent effectuer régulièrement des simulations de crises afin de connaître le montant des pertes potentielles en cas de fluctuations dangereuses et importantes du marché. Ces simulations de crises, également appelée scénarios de stress, doivent être des outils pour appréhender l'exposition de la banque à une crise grave. C'est une vision de risque extrême.

« The art of stress testing should give the institution a deeper understanding of the specific portfolios that could be put in jeopardy given a certain situation. The question then would be : 'Would this be enough to bring down the firm ?' That way, each institution can know exactly what scenario it is they do not want to engage in. » Michael Ong, ABN Amro, in Dunbar et Irving [1998].

II.1. Réglementation internationale

Les stress tests sont initialement une conséquence des recommandations du dispositif de Bâle II. Il vise ainsi à améliorer le contrôle de la stabilité financière et d'identifier les chocs pouvant constituer une menace pour le système bancaire.

La réglementation Bâle III impose aux banques d'anticiper des situations de crise à l'aide de la réalisation de stress tests simulant des événements susceptibles de provoquer de fortes tensions sur la liquidité, comme le retrait d'une partie importante des dépôts de la clientèle ou un déclassement de la note attribuée par les agences de notations affaiblissant la réputation de l'établissement.

En Europe, la réalisation des stress tests est exigée par la Banque Centrale Européenne et aux Etats-Unis leur exécution est exigée par la Réserve Fédérale, ce qui amène à des approches différentes dans la conception et dans l'exécution des stress tests. Les stress tests Européens sont construits selon les deux types de scénarii suivants :

- Un scénario de référence basé sur les prévisions de l'Organisation de Coopération et de Développement Economique ou de la Commission Européenne ;
- Un scénario Economique provenant des différents chocs endogènes définis par le FMI.

Ces deux approches sont ensuite confrontées afin de valider les résultats obtenus et afin d'analyser les résultats de la simulation en matière d'impact sur le résultat net de la banque et sur sa solvabilité. Cependant, les stress tests Européens sont souvent critiqués pour leur indulgence du fait qu'ils ne prennent pas en compte les variables extrêmes. Les stress tests Européens traitent de plusieurs risques :

- Le risque de titrisation
- Le risque souverain
- Le risque de marché
- Le risque de crédit.

Les stress tests exigés par la BCE se basent sur deux scénarios portants sur un horizon de trois ans. Un premier scénario dit de base, qui est le scénario le plus probable dans le futur, et un second scénario pessimiste, qui « a été conçu pour refléter les risques systémiques qui ont été évalués comme représentant des menaces les plus pertinentes à la stabilité du secteur bancaire de l'UE » (BCE, 2014). Les exigences de la BCE pour la réussite des stress tests est la détention d'un ratio *Minimum Common Equity Tier 1* de 8% pour le scénario de base et un *Minimum Common Equity Tier 1* de 5,5% pour le scénario pessimiste.

La FED quant à elle propose trois scénarios :

- Un scénario de base
- Un scénario pessimiste
- Un scénario sévère.

Le scénario sévère utilise des hypothèses bien plus sévères que pour le scénario pessimiste, comme le montre le tableau suivant :

Facteurs	Scénarios sévère	Scénario pessimiste
PIB réel	Baisse de 4,75% en 2014	Baisse de 1% en 2014
Taux de chômage	Augmentation jusque 11,15%	Augmentation jusque 9,15%
Indice des prix à la consommation	Baisse de 1% en 2014	Ralentissement de l'inflation e retourne à 2% en 2015
Prix des actions	Baisse de 50%	Baisse de 36%
Indice de volatilité du marché boursier	Atteint 68%	Atteint 35%
Prix de l'immobilier	Baisse de 35%	Baisse de 10% en 2014

TABLEAU 4 : PARAMETRES DES SCENARIOS PESSIMISTE ET SEVERE DE LA FED 2014

Pour que les banques américaines réussissent les stress tests exigés par la FED, ces dernières doivent obtenir un *Minimum Common Equity Tier 1* de 9,5% pour le scénario de base et un *Minimum Common Equity Tier 1* de 7,6% pour le scénario sévère.

II.2. Réglementation marocaine

Le dispositif de stress test que Bank Al Maghrib effectue vise à chiffrer plus précisément les impacts des risques jugés significatifs pour le système financier. Trois catégories de stress tests sont effectuées par BAM pour évaluer la santé du système bancaire.

- Stress tests de sensibilité : Ils consistent à mesurer l'impact d'un choc de crédit, de liquidité, de marché, de taux d'intérêt ou de change, sur l'équilibre bilanciel et la solvabilité des institutions financières ;
- Stress tests de contagion interbancaire : Ils mesurent le risque de propagation de la défaillance d'une banque aux autres banques ;
- Stress tests macroéconomiques : Ils consistent en l'analyse de la capacité du marché à absorber les chocs émanant de l'environnement macroéconomique.

BAM recommande aux établissements de mesurer leur vulnérabilité en termes de pertes dans des conditions de marché critiques à travers des simulations de crises qui prennent en considération des scénarios susceptibles d'entraîner des pertes exceptionnelles.

De ce fait, les variations extrêmes des facteurs de marché ainsi que les scénarios prévoyant une forte exposition pour les risques de taux et de liquidité doivent être couverts.

Parmi les scénarios de crise possibles relatifs au risque de taux, BAM prévoit:

- Une variation brutale du niveau général des taux d'intérêt ;
- Une modification des relations entre les taux de référence importants du marché (risque de base) ;
- Des évolutions de la courbe des taux ;
- Une réduction de la liquidité sur les principaux marchés financiers ;

Une évolution des volatilités et des corrélations des taux du marché.

Ainsi ces simulations de stress testing sont effectuées afin d'évaluer l'impact d'une variation des taux sur la marge d'intérêt ainsi que sur la valeur économique des Fonds Propres.

En ce qui concerne les scénarios de stress pour la liquidité des simulations sont réalisées en effectuant des pressions sur les ressources en simulant des retraits massifs des dépôts. Ces scénarios permettent à la banque d'évaluer sa capacité à faire face à des situations de crise de liquidité. Trois scénarios sont principalement appliqués.

- . Scénario 1 : Consiste à prévoir une pression sur les dépôts à vue durant trois mois avec maintien des activités de crédit, le comportement de la liquidité du bilan est mesuré grâce aux impasses de liquidité sur les trois premiers mois. Ce stress test suppose le retrait de 30% des Dépôts à vue sur les trois premiers mois, à raison de 10% chaque mois ;
- . Scénario 2 : Ce scénario prévoit une pression relative sur les dépôts à vue avec maintien des activités de crédit sur un horizon de 10 jours. Le but de ce scénario est de tester la capacité de la Banque à faire face à des retraits qui représentent la partie volatile des dépôts à vue mais sur un délai très court (10 jours) ;
- . Scénario 3 : Ce scénario prévoit une pression maximale sur les dépôts, en situation de crise majeure, où la Banque perd la totalité de ses dépôts à vue en 10 jours.

III. Méthodes des stress tests :

Lorsque les conditions du marché sont tendues, le système de mesure du risque doit également permettre d'évaluer raisonnablement l'impact pour la banque. Des simulations de crises adaptées à de telles conditions doivent prendre en considération des scénarios susceptibles d'entraîner des pertes extraordinaires pour la banque. De ce fait, les variations extrêmes des facteurs de risque de marché ainsi que les scénarios prévoyant des évolutions très négatives des positions à risques spécifiques de la banque doivent être couverts.

Deux grandes familles de stress testing existent : les méthodes objectives et les méthodes dites subjectives. Le premier type utilise les faits historiques pour construire les scénarios, la seconde famille quant à elle est basée sur des hypothèses de travailles.

Les scénarios historiques se basent uniquement sur les données historiques et peuvent se révéler non concluants dans la mesure où ils ne permettent de mesurer que l'impact passé et ne permettent pas d'avoir des informations fiables sur les événements futurs. Les scénarios basés sur des hypothèses statistiques permettent de quantifier la capacité des banques à résister à une nouvelle situation extrême. Mais pour qu'un stress test soit efficace, il doit se composer de données historiques et de données statistiques.

La construction des scénarios de stress repose sur trois types de scénarios :

- Un scénario de crise idiosyncratique : il est spécifique à la banque et est nait suite à une dégradation de sa note ce qui impacte son image. Il correspond à une appréciation négative de la banque par le marché et par sa clientèle et se traduit par une dégradation de sa note ce qui crée une crise de confiance portant sur la banque.
- Un scénario de crise systémique : une contraction des marchés sur lesquels la banque se refinance fait que cette dernière ne sera plus en mesure de renouveler certaines ressources.
- Un scénario de crise globale : il correspond à une combinaison du scénario idiosyncratique et du scénario systémique et résulte en une crise grave pour la banque dans un environnement perturbé.

L'élaboration et la mise en place des scénarios de stress a pour objectif de quantifier l'impact de ces derniers sur l'activité de la banque, mais pour ce faire les facteurs de risque doivent être déterminés et certaines hypothèses doivent être déterminées.

En général, les hypothèses des stress tests sont :

- Retrait sur les dépôts à vue
- Dégradation de la notation de la banque
- Fermeture des marchés monétaires et obligataires
- Tirages sur les lignes de liquidités données par la banque

- Dénonciation des garanties reçues par la banque
- Stress sur les appels de marge
- ...

Un scénario de stress (hypothétique, adverse ou historique) sera ensuite déterminé et conduit pour chaque facteur afin de calculer l'impact sur les indicateurs de gestion.

Chapitre 2 : Mise en place des scénarios de stress

Pour les besoins de la mise en place des stress adaptés à la banque, nous nous concentrons dans cette partie à définir des scénarios plus personnalisés que ceux imposés par les régulateurs ou le comité de Bâle.

I. Stress de Liquidité

En période de crise, la part des dépôts à vue qui s'évapore rapidement et qui peut être réclamée par les déposants peut augmenter considérablement. Afin de mesurer l'impact de l'éventualité d'un retrait massif des dépôts, nous nous intéressons dans cette partie au choc de deux paramètres :

- La part volatile
- La durée d'écoulement de la part volatile

I.1. Démarche :

I.1.1. Choc de la part volatile

La part volatile représente la part d'encours qui s'évapore rapidement. Cette part volatile est déterminée par le coefficient de variation de la série des dépôts.

Pour les besoins de choc de la part volatile, nous avons simulé plusieurs trajectoires d'évolution d'encours des dépôts à vue. Chaque trajectoire simulée donne lieu à un coefficient de variation aléatoire.

Concrètement, la simulation des trajectoires aléatoires repose sur la dynamique de Selvaggio qui a été précédemment calibrée :

$$\text{Log}D_t = \alpha_0 + \alpha_1 \text{Log}D_{t-1} + \alpha_2 t + \alpha_3 R_t + \epsilon_t$$

Avec :

- . D_t = Encours à l'instant t
- . ϵ_t = Bruit Blanc de loi normale $\mathcal{N}(\mu, \sigma^2)$

Nous rappelons que le bruit blanc représente l'écart entre les données réelles et les données théoriques déduites du modèle de Selvaggio.

La simulation des différentes trajectoires d'évolution d'encours (sur un horizon d'un an) a reposé sur l'équation de Selvaggio précédemment exposée. Afin de générer des trajectoires s'éloignant du scénario central, nous avons appliqué un choc à la variance des résidus, en la multipliant par un coefficient.

Pour chaque trajectoire (composée de l'historique et des encours prédits), on calcule le coefficient de variation. Sur cette base, on constitue une série de coefficients de variations qui correspondent à des parts volatiles différentes.

Comme scénarios de choc, il a été retenu :

- Le max des coefficients de variation
- Le quantile à 99%
- Le quantile à 95%

I.1.2. Choc de la vitesse d'ajustement

Le deuxième paramètre à choquer est la vitesse d'ajustement λ qui traduit la durée d'écoulement de la part volatile. Comme il a été vu lors de l'élaboration des conventions

d'écoulement pour les différents comptes, la dynamique de l'écoulement repose sur la formule suivante :

$$D_t = D^* + (D_0 - D^*) \cdot e^{-\lambda \cdot t}.$$

Nous rappelons également que l'encours cible D^* et la vitesse d'ajustement λ sont calculés à partir des paramètres calibrés dans le modèle de Selavaggio :

$$\lambda = 1 - \alpha_1$$

$$D^* = \exp\left(\frac{\alpha_0}{\lambda}\right)$$

Afin de faire varier la vitesse d'ajustement, nous nous sommes basés sur l'intervalle de confiance du paramètre α_1 du modèle de Selavaggio à des seuils de significativité différents.

Pour illustrer, supposons que l'intervalle de confiance à un certain quantile q de α_1 est de la forme suivante $[\alpha_{1,min}; \alpha_{1,max}]$, où $\alpha_{1,min}$ correspond à la plus grande valeur de la vitesse d'ajustement (λ_{max}) et à $\alpha_{1,max}$ correspond à la plus petite vitesse d'ajustement (λ_{min}).

Plus la vitesse d'ajustement est grande, plus l'encours de départ s'ajuste autour de l'encours cible rapidement, ce qui permet un écoulement plus rapide de la part volatile.

Nous retenons donc comme scénarios de choc, la valeur minimale de l'intervalle de confiance du paramètre α_1 pour différents seuils d'erreurs : 10%, 5% ; 1%

Remarque :

Pour l'élaboration des conventions d'écoulements choqués, nous nous baserons sur des chocs combinés de la part volatile et de la vitesse d'ajustement

I.2. Résultats

Afin d'illustrer la démarche précitée, nous proposons dans ce qui suit de construire les chocs des comptes courants passif.

Le modèle retenu pour le compte courant passif est le suivant :

$$\log D_k = 9,3054 + 0,608954 * \log D_{k-1} + 0,001428 * t_k$$

Analyse des résidus :

Les résidus sont calculés à partir de la formule suivante : $e_i = Y_i - Y_i^*$

Avec :

- . Y_i : les encours observés
- . Y_i^* : les encours prédits.

Nous rappelons que les résidus vérifient l'hypothèse de normalité. Cette hypothèse s'appuie sur les résultats du test de Jarque-Bera.

Test de Jarque-Bera

X-squared	0,8875
p-value	0,6416
alpha	0,05

La p-value étant supérieure au seuil 5%, on ne rejette pas l'hypothèse nulle de la normalité.

La moyenne des résidus est de : $\mu = -0,0022$ et leur variance est de : $\sigma^2 = 0,0059$. Nous simulons alors des bruits blancs prenant en compte ces paramètres.

Simulations des trajectoires :

La génération de variables aléatoires normales avec comme paramètres la moyenne et la variance de la série des résidus permet de simuler des trajectoires qui se rapprochent de la trajectoire du scénario central prédit.

Pour les besoins du stress test, un choc a été appliqué au niveau de la variance. Celle-ci a été multipliée par un coefficient pour augmenter la variabilité des encours prédits.

Les simulations ont été établies sur la base de l'équation suivante :

$$\log D_k = 9,3054 + 0,608954 * \log D_{k-1} + 0,001428 * t_k + \varepsilon_t$$

Avec : $\varepsilon_t \sim N(-0,0022; 0,295)$

Cette équation nous a permis de simuler l'ensemble des trajectoires illustrées ci-dessous. Le nombre de simulation s'élève à 5000 simulations sur un horizon de projection de 12 mois. Ce nombre a été choisi de manière à avoir la moyenne des simulations qui se rapproche du scénario central.

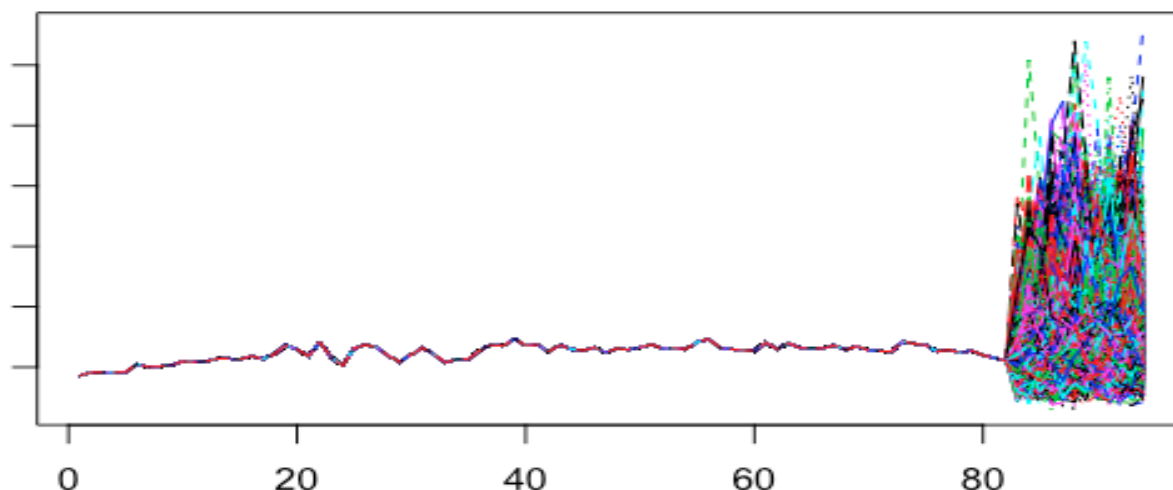


FIGURE 34 : SIMULATION DE 5000 TRAJECTOIRES PREVISIONNELLES DE L'ÉVOLUTION DES ENCOURS DES COMPTES COURANTS PASSIF

Une série de coefficient de variation a été calculée pour l'ensemble des scénarios simulés en divisant l'écart-type sur la moyenne des séries d'encours historiques et prédites.

Les coefficients de variation générés varient entre une valeur minimale égale à 11% et une valeur maximale égale à 45%.

Choc de la part volatile

La part volatile du scénario central est égale à 10%. Sur la base des résultats des simulations, les chocs retenus se présentent comme suit :

- CV (choc 1 : max)=45%
- CV (choc 2 : quantile 99%)=30%
- CV (choc 3 : quantile 95%)= 24%

Choc de la vitesse d'ajustement

Le choc de la vitesse d'ajustement consiste à prendre la borne inférieure de l'intervalle de confiance du paramètre α_1 selon plusieurs marges d'erreurs : 0,5%, 1% ; 5%.

Intervalle de confiance du paramètre α_1 :

Intervalles de confiance du paramètre Alpha 1		
Seuil d'erreur	Borne inférieure	Borne supérieure
1%	0,389	0,829
5%	0,455	0,763
10%	0,490	0,728

On déduit les différents chocs de la vitesse d'ajustement λ :

Seuil d'erreur	Lambda
1%	61%
5%	55%
10%	51%

Choc combiné

La convention d'écoulement choquée combine à la fois la part volatile et vitesse d'ajustement stressée. Pour illustrer, les chocs retenus sont les suivants : 45% pour la part volatile et 55% pour la vitesse d'écoulement.

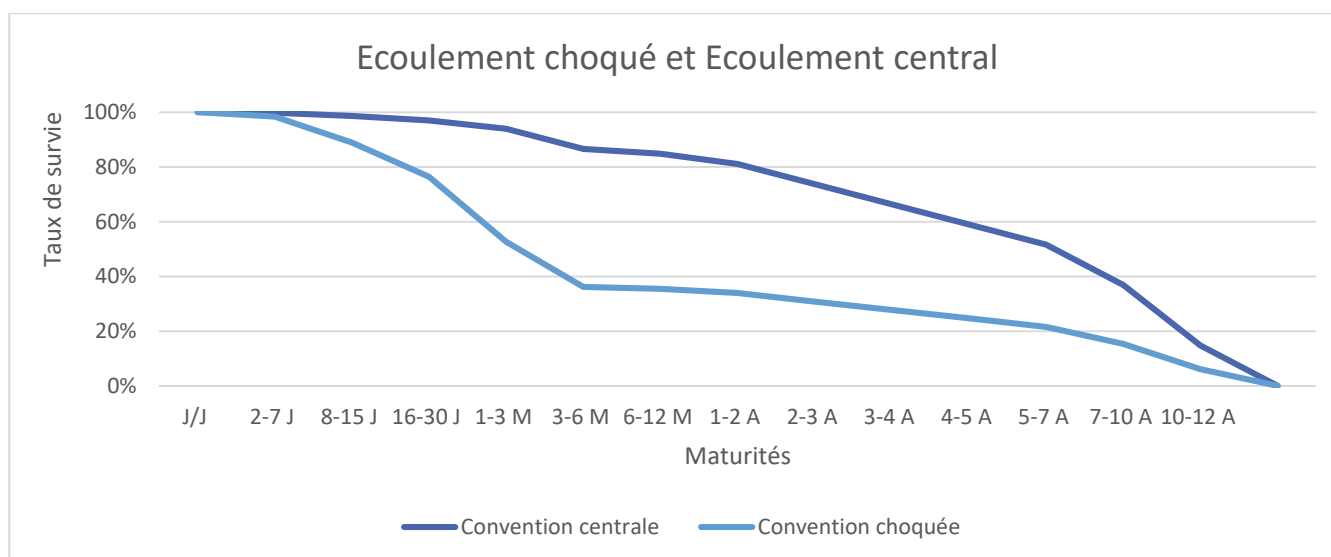


FIGURE 35 : ECOULEMENT CENTRAL ET CHOQUE DU STOCK DE LA BANQUE POUR LES COMPTES COURANTS PASSIF

II. Stress de taux

Le risque de taux d'intérêt existe dans tous les postes du bilan qui sont sensibles aux variations de la structure par terme des taux d'intérêt ou à la volatilité des taux. Les effets potentiels des modifications de taux sur les produits et sur la valeur de marché peuvent être analysés de manière plus précise en simulant l'évolution future des différents taux et analyse leur incidence sur les flux de fonds.

Les flux de fonds des différentes catégories du bilan et du hors-bilan sont ventilés de manière détaillée afin de pouvoir y incorporer des hypothèses spécifiques sur les paiements d'intérêts et de principal ainsi que sur les revenus et les dépenses ne dépendant pas des intérêts pour chaque catégorie.

Les stress tests de taux permettent d'évaluer la résistance de la banque aux chocs extrêmes de taux d'intérêt et de s'assurer que cette résistance est conforme aux seuils de tolérance définie par la banque.

Dans ce qui suit, nous avons décidé d'adopter deux approches :

- Une approche historique reposant sur une analyse statistique du comportement passé des taux d'intérêt et qui vise à déterminer le niveau de variation de ceux-ci ;
- Une approche stochastique reposant sur des simulations des trajectoires futures des taux d'intérêt à travers la modélisation du taux court et la construction de la courbe de taux.

II.1. Approche historique

II.1.1. Hypothèses et données :

Notre analyse historique des taux a portée sur les taux de référence des bons du trésor du marché secondaire extraits à partir du site de BAM, sous l'hypothèse que la grille des taux appliquée par la banque est corrélée à celle du marché.

La profondeur de l'historique des taux est de 4 ans, du 29/04/2013 au 28/04/2017. Les taux extraits sont des taux moyens pondérés avec leur date de valeur et leur échéance.

II.1.2. Démarche

II.1.2.1. La transformation des taux

Tous les points de la courbe doivent avoir la même base d'intérêt pour pouvoir interpoler entre eux, d'où la nécessité de convertir les taux monétaire (maturité inférieure à 1 an) en taux actuariels pour trouver les taux supérieurs à un an, et inversement, nous avons besoin de convertir les taux actuariels en taux monétaires pour trouver les taux inférieurs à 52 semaines.

La conversion du taux monétaire en taux actuariel se fait selon la formule suivante :

$$t_a = \left(1 + \frac{t_m \cdot n}{360}\right)^{\frac{365}{n}} - 1$$

Inversement, la conversion du taux actuariel en taux monétaire se fait comme suit :

$$t_m = \left((1 + t_a)^{\frac{n}{365}} - 1\right) \frac{360}{n}$$

Où :

- t_m est le taux monétaire
- t_a est le taux actuariel
- n est le nombre de jours de placement

II.1.2.2. L'interpolation

Nous procédons à présent à l'interpolation des taux en utilisant une interpolation linéaire pour avoir les taux aux maturités exactes : 3 Mois, 6 Mois, 9 Mois, 1 An, 2 Ans, 3 Ans, 5 Ans, 10 Ans, 15 Ans, 20 Ans et 25 Ans.

Pour cela, on utilise la formule suivante :

$$Taux_i = Taux_1 + (Taux_2 - Taux_1) \cdot \frac{(Mat_i - Mat_1)}{(Mat_2 - Mat_1)}$$

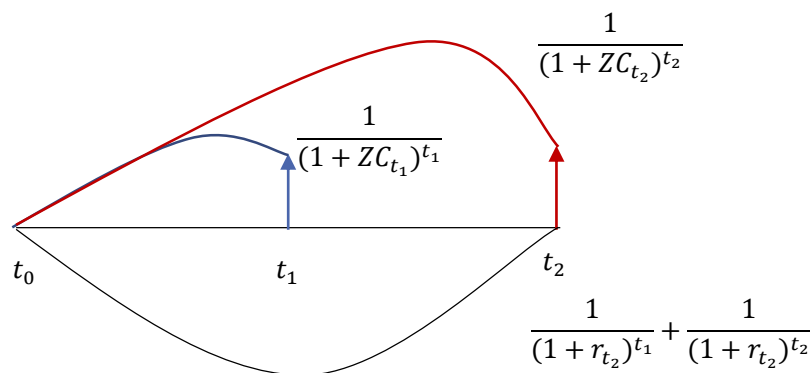
Nous obtenons donc à chaque date, les taux pour les maturités considérées.

II.1.2.3. Construction des taux zéro-coupon par la méthode de BootStrapping :

Sur le court terme, les paiements sont généralement de type zéro-coupon. En effet, pour les moins d'un an, il n'y a pas de flux intermédiaires, le nominal et les intérêts sont versés à l'échéance.

Lorsqu'on raisonne sur le plus d'un an, des versements d'intérêts intermédiaires interviennent (les coupons), généralement annuellement. Il faudra alors reconstituer la courbe zéro-coupon pas à pas. C'est le principe de Bootstrap.

Pour le segment de la courbe allant de 1 an à 2 ans, on choisit un titre de maturité 2 ans qui verse des flux.



Où :

- ZC_{t_1} est le taux zéro-coupon 1 an
- ZC_{t_2} est le taux zéro-coupon 2 ans
- r_{t_2} est le taux de rendement 2 ans

Le facteur d'actualisation du premier flux est connu puisque le taux zéro-coupon 1 an est le taux de rendement 1 an.

Le facteur d'actualisation du second flux, fonction du taux zéro-coupon 2 ans, sera la solution de l'équation suivante :

$$\frac{1}{(1 + r_{t_2})} + \frac{1}{(1 + r_{t_2})^2} = \frac{1}{(1 + ZC_{t_1})} + \frac{1}{(1 + ZC_{t_2})^2}$$

Le taux zéro-coupon 2 ans s'exprime donc comme suit :

$$ZC_{t_2} = \left(\frac{1}{\frac{1}{(1+r_{t_2})} + \frac{1}{(1+r_{t_2})^2} - \frac{1}{(1+ZC_{t_1})}} \right)^{\frac{1}{2}} - 1$$

De proche en proche, on calcule le taux zéro-coupon pour une maturité N comme suit :

$$ZC_{t_2} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^{N-1} \left(\frac{1}{(1+r_N)^i} - \frac{1}{(1+ZC_{t_i})^i} \right) + \frac{1}{(1+r_N)^N}} \right)^{\frac{1}{N}} - 1$$

On obtient ainsi la courbe de taux zéro-coupon pour toutes les maturités.

Nous avons ensuite procédé à l'analyse de la variation historique des taux en partant des extractions journalières du site de BAM.

Les chocs à retenir correspondent à des quantiles pour différents seuils.

II.1.3. Résultats :

Pour illustrer, nous nous intéressons à l'analyse de la variation annuelle en PB des taux de maturité 5 ans sur la base d'un historique journalier allant du 28/04/2015 à 27/04/2017.

Les résultats de l'analyse se présentent comme suit :

Percentile	Valeur
Maximum	61,077
99%	58,865
95%	48,206
90%	12,728
3ème Quartile 75%	-6,163
Médiane 50%	-37,997
1er Quartile 25%	-51,973
10%	-89,565
5%	-97,174
1%	-106,121
Minimum	-110,338

TABLEAU 5 : RESULTATS DE L'ANALYSE HISTORIQUE DU TAUX POUR LA MATURITE 5 ANS

Les chocs retenus seront les valeurs des quantiles suivants :

Quantile	Choc en PB
q_{0,99}	58
q_{0,95}	48
q_{0,90}	12
q_{0,10}	-89
q_{0,05}	-97
q_{0,01}	-106

TABLEAU 6 : QUANTILES A RETENIR POUR LA VARIATION EN POINT DE BASES

En répercutant la variation annuelle, pour toutes les maturités, à la courbe de taux actuelle, nous obtenons les courbes de taux suivantes :

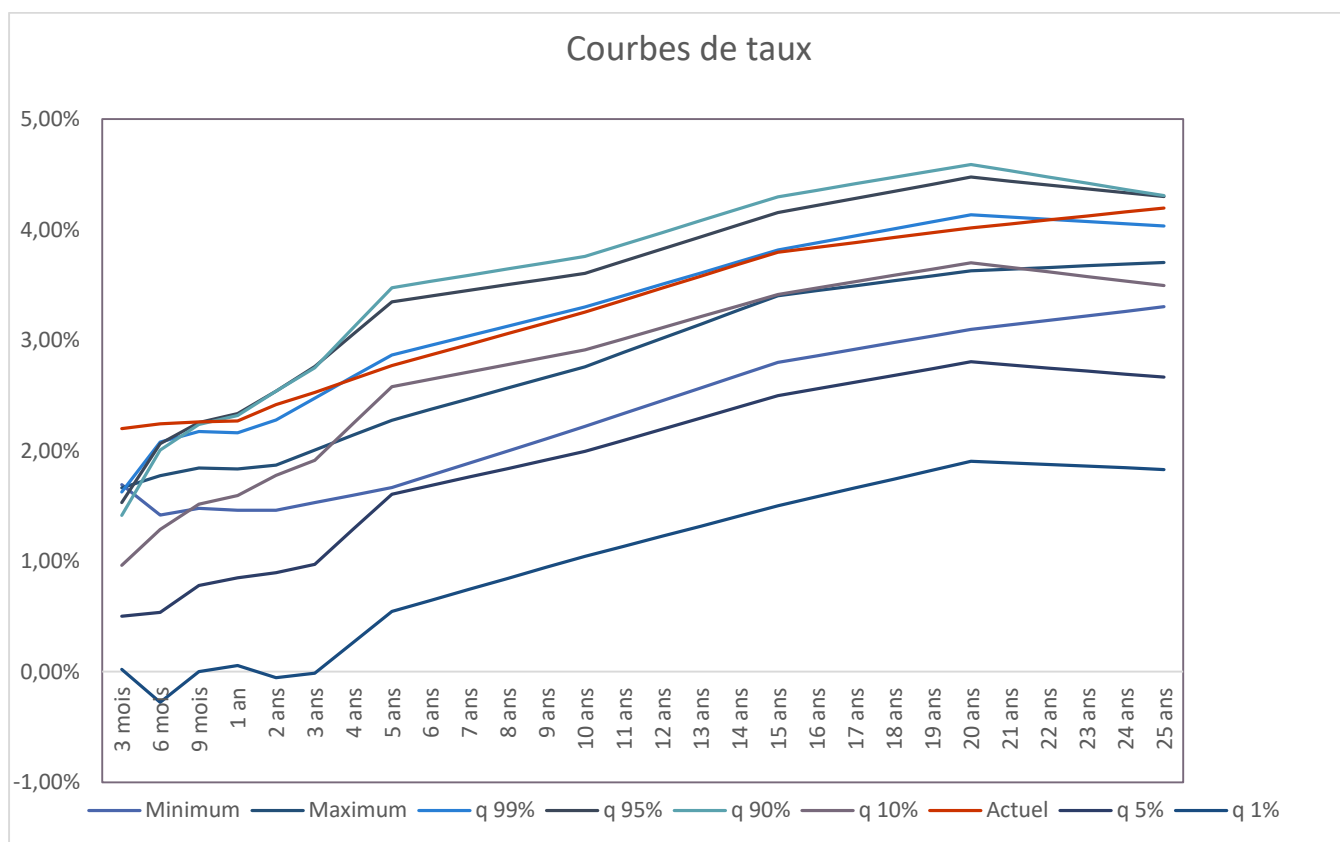


FIGURE 36 : COURBES DE TAUX APRES 1 AN (APPROCHE HISTORIQUE)

II.2. Approche stochastique

Dans cette partie nous comparons l'évolution de la courbe de taux d'ici une année, c'est-à-dire que nous comparons la courbe de taux pour le 28/04/2017 avec le 28/04/2018, afin de déceler la variation des taux pour toutes les maturités.

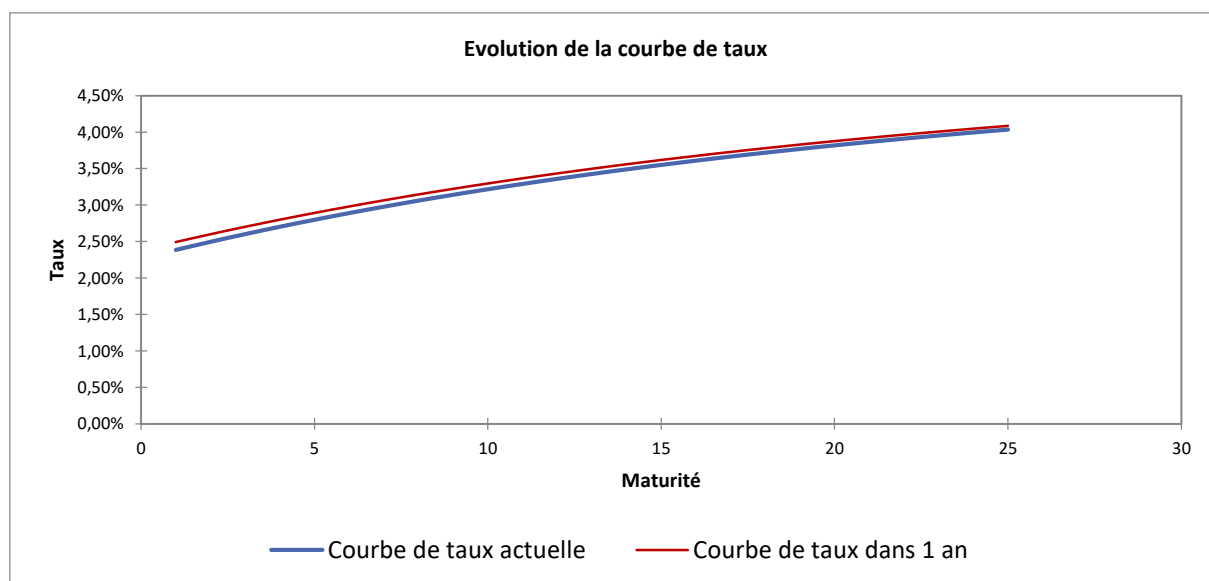


FIGURE 37 : EVOLUTION DE LA COURBE DE TAUX

Le graphique suivant montre que la courbe subira un léger mouvement vers la hausse, correspondant aux variations en points de bases suivantes :

Maturité	1 An	2 Ans	3 Ans	5 Ans	10 Ans	15 Ans	20 Ans	25 Ans
Variation en PB	10,6427	10,2695	9,9137	9,2509	7,841	6,7176	5,8151	5,0842

Afin de construire les scénarios de chocs, nous allons considérer l'ensemble des simulations du taux court d'ici une année. Nous allons par la suite retenir les quantiles d'ordre 99%, 95%, 90%, 10%, 5% et 1% pour la construction des courbes de taux choquées.

Percentile	Valeur
Maximum 100%	0,032
99%	0,030
95%	0,029
90%	0,026
3ème Quartile 75%	0,022
Médiane 50%	0,017
1er Quartile 25%	0,012
10%	0,009
5%	0,009
1%	0,007
Minimum 0%	0,006

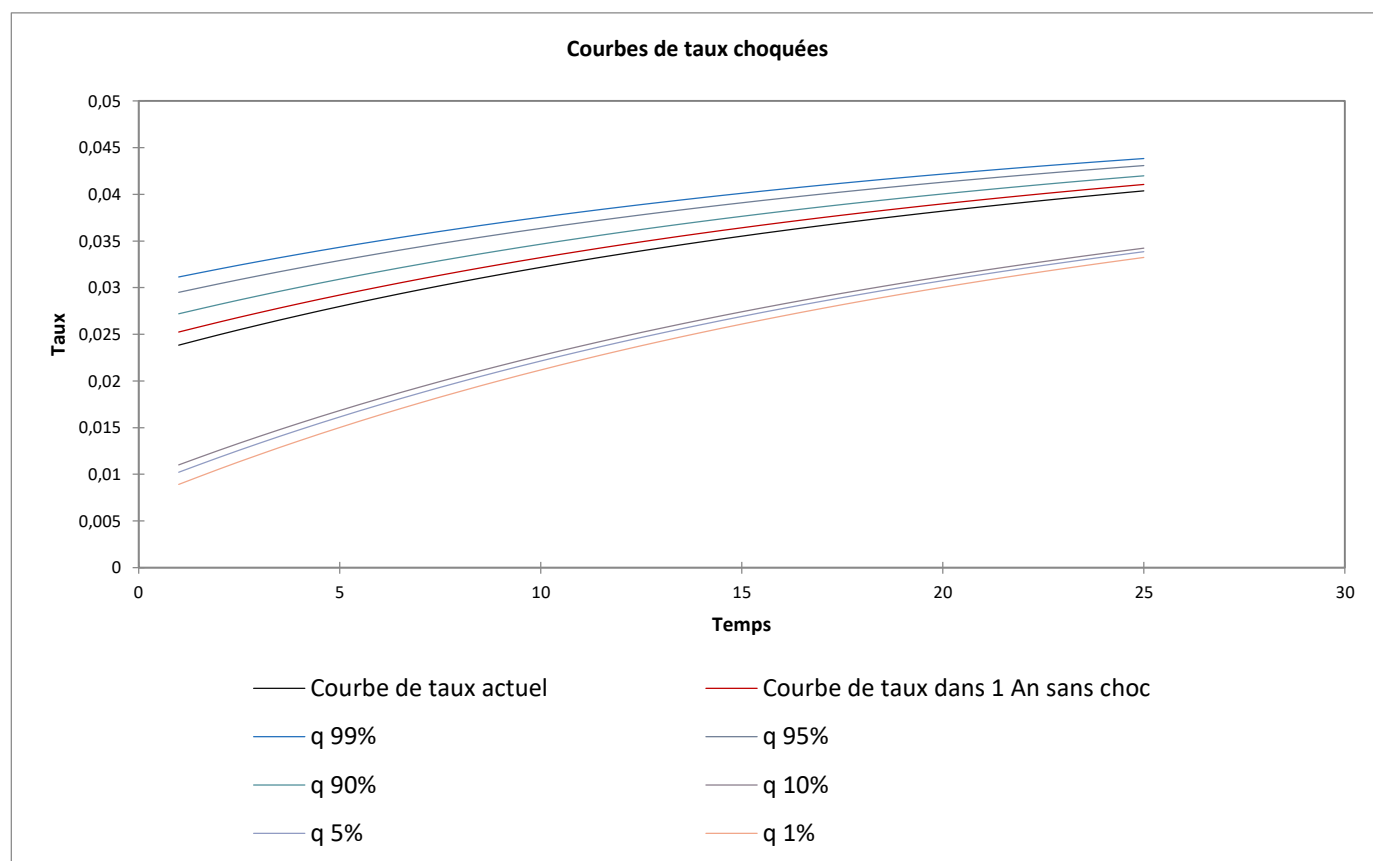


FIGURE 38 : COURBES DE TAUX APRES 1 AN (APPROCHE STOCHASTIQUE)

Afin de comparer l'approche historique et l'approche stochastique, nous nous intéressons aux variations en PB du taux d'intérêt pour la maturité 5 Ans.

Quantile	Approche Historique	Approche Stochastique
q_{0,99}	58	63
q_{0,95}	48	49
q_{0,90}	12	29
q_{0,10}	-89	-112
q_{0,05}	-97	-118
q_{0,01}	-106	-130

L'approche stochastique permet la construction de courbes de taux plus choquée en comparaison avec l'approche historique. Nous allons donc retenir pour la mise en place des stress tests de taux, les résultats obtenus avec l'approche stochastique.

Chapitre 3 : Impact sur les indicateurs

L'objectif de la mise en place de scénarios de stress est de tester la résistance de la banque en cas de survenance d'une crise. Il est donc nécessaire de mesurer l'impact des scénarios de stress sur les indicateurs de gestion et de liquidité. L'impact des facteurs de stress dépend de la position initiale de la banque.

La baisse des encours de dépôts de la clientèle a un impact négatif sur la liquidité de la banque car le besoin de refinancement augmente. Une baisse de taux peut entraîner un mouvement de remboursements anticipés ou de renégociation de crédits. Une augmentation de taux, impactera le coût de refinancement de la banque. La banque cherchera alors à se couvrir contre ses risques.

Les indicateurs relatifs aux scénarios de crises doivent permettre d'évaluer la durée de survie en situation de crise et vérifier qu'elle est conforme au niveau de tolérance réglementaire ainsi qu'au niveau de tolérance défini par la banque.

I. Impact sur le gap de liquidité

En cas de retrait important des dépôts de la clientèle, un déséquilibre soudain est créé dans le bilan de la banque qui ne dispose plus des liquidités pour faire face à la demande et se voit obligé de réemprunter sur les marchés et de vendre une partie de ses actifs financiers d'échéances lointaines. Si le marché est défavorable et que les taux d'intérêt sont élevés, la banque enregistre des pertes.

Ce graphique montre l'impact d'une augmentation des retraits de la banque sur l'impasse de liquidité statique. Afin de déterminer également l'impact d'une telle situation sur l'impasse de liquidité dynamique, nous faisons l'hypothèse de la diminution de la production nouvelle du passif de 20% (pour les comptes à vue et à terme) et une augmentation de la production nouvelle de l'actif de 10% (Augmentation des avances et des taux de tirages...). Notons bien que les autres postes du bilan n'ont pas été pris en considération dans la construction des gaps.

La construction des impasses nous permet d'avoir le graphe suivant :

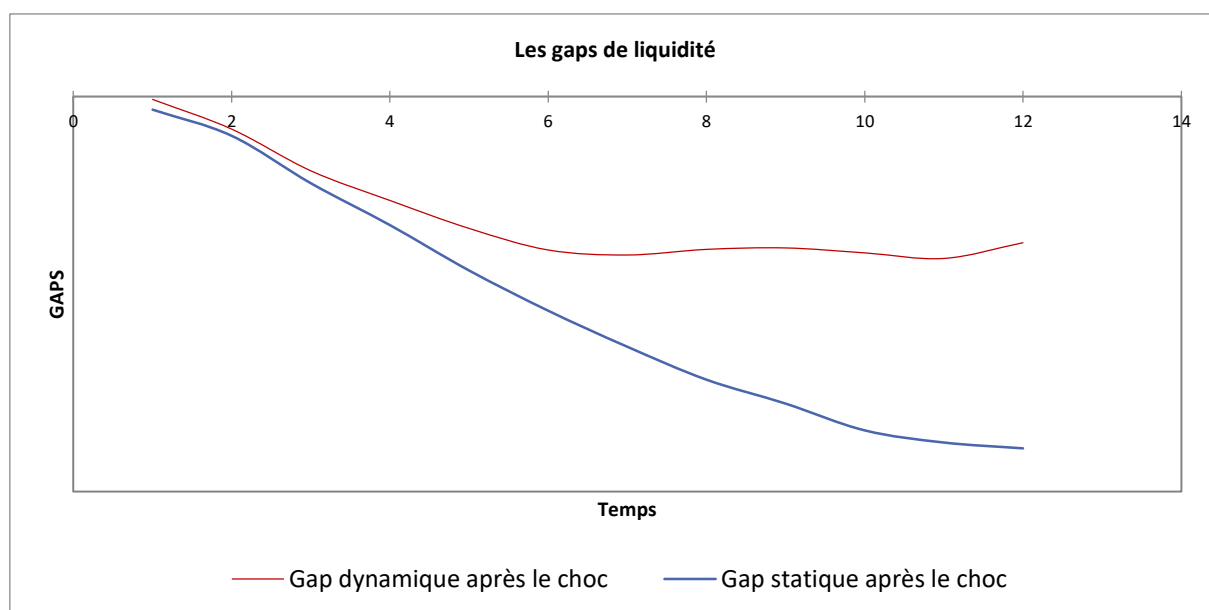


FIGURE 39 : LES GAPS DE LIQUIDITE APRES LE CHOC DE LA PARTIE VOLATILE

Dans notre cas, la survenance d'une crise qui se traduisant par l'augmentation des retraits et la diminution des ressources de la banque, fait que les impasses deviennent négatives ce qui se traduit par un besoin de financement que la banque va orienter vers le marché. Toutefois le gap de liquidité dynamique génère un besoin de financement inférieur qu'au gap statique dans la limite où les hypothèses de travail restent valides.

II. Impact sur la marge nette d'intérêt

Dans le cadre de la gestion du risque de taux, un des indicateurs de suivi est la marge nette d'intermédiation (MNI). C'est un indicateur particulièrement suivi car il représente le bénéfice généré par la différence de taux entre les ressources et les emplois. Elle représente la différence entre les intérêts perçus et les intérêts versés par la banque. Les produits sensibles à une variation de taux sont les crédits à taux révisables et la nouvelle production. L'objectif de cette partie est donc de déterminer la variation de la MNI suite à une variation des taux de marché dans une situation de crise.

Le volet « MNI » du stress test se caractérise par la combinaison de deux effets :

- L'évolution générale des taux d'intérêt
- L'évolution spécifique du coût de financements des banques.

Cependant, dans ce qui suit nous ne considérerons que l'évolution générale des taux d'intérêt et son impact sur la marge dégagée des crédits qu'offre la banque.

II.1. Méthode de calcul des intérêts perçus par la banque en situation normale

II.1.1. Hypothèses de travail

Nous nous intéressons à un type de crédit donné de maturité 2 ans et nous distinguons entre le stock de crédits à taux fixe et à taux variable.

Nous choisissons d'illustrer la variation de la marge nette d'intérêt dégagée sur les crédits à taux fixe.

Nous nous positionnons au 28/04/2017 et nous calculons l'ensemble des intérêts générés par le stock existant, la nouvelle production ainsi que leurs écoulements au cours de l'année suivante.

Pour des raisons de confidentialité et dans un souci d'illustration, les montants affichés ci-dessous ont été modifiés.

Pour cela, nous émettons les hypothèses suivantes :

- La totalité du stock existant à la date du 28/04/2017 a été octroyée à un taux fixe de 5,20%.
- Un aperçu du profil d'écoulement du stock des crédits à taux fixe est donné par le tableau suivant :

Stock (28/04/2017)	28/05/17	28/06/17	28/07/17	28/08/17	...	28/02/18	28/03/18	28/04/18
890 144 352	853 055 004	815 965 656	778 876 308	741 786 960	...	519 250 872	482 161 524	445 072 176

TABLEAU 7 : ECOULEMENT DU STOCK DES CREDITS A TAUX FIXE SUR UN HORIZON D'UNE ANNEE

- Un aperçu de la projection de la nouvelle production est donné par le tableau ci-dessous. Nous supposons que la banque possède en interne une méthode d'estimation

de la nouvelle production qui sera débloquée au courant de l'année suivante. Nous supposons également que le déblocage de la nouvelle production s'effectue au début de chaque période et que les intérêts qui s'y rapportent sont calculés à la fin de chaque période, ce qui coïncide avec le début de la période suivante.

NP1	NP2	NP3	NP4	NP5	...	NP11	NP12
28/04/17	28/05/17	28/06/17	28/07/17	28/08/17	...	28/02/18	28/03/18
61 790 848	34 328 249	17 164 124	10 298 475	20 596 949	...	6 865 650	13 731 300

TABLEAU 8 : PROJECTION DE LA NOUVELLE PRODUCTION SUR UN HORIZON D'UNE ANNEE

- L'évolution des taux du marché est donnée par le tableau suivant. Nous supposons que la révision des taux s'effectue trimestriellement. Nous nous intéressons donc seulement à la valeur des taux de marché sur un pas trimestriel en supposant qu'il reste constant tout au long du même trimestre. Plus précisément, nous focalisons notre attention sur la variation des taux de marché et nous supposons que les taux octroyés initialement par la banque évoluent de la même manière à la hausse comme à la baisse.

	28/04/16	Trimestre 1	Trimestre 2	Trimestre 3	Trimestre 4
Taux du marché	2,496%	2,530%	2,539%	2,570%	2,600%
Variation	-	0,03%	0,04%	0,07%	0,10%
Taux d'intérêt	5,20%	5,23%	5,24%	5,27%	5,30%

TABLEAU 9 : EVOLUTION TRIMESTRIELLE DES TAUX DE MARCHE ET DES TAUX D'INTERET APPLIQUES PAR LA BANQUE

- L'écoulement de la nouvelle production s'effectue de manière similaire à celui du stock.

II.1.2. Ecoulement de la nouvelle production et calcul des intérêts

Pour capter la façon selon laquelle le stock initial s'écoule, nous calculons le coefficient d'amortissement à travers la relation suivante :

$$p_t = \frac{CRD \text{ à la date } t}{Stock \text{ initial}}$$

Comme il a été précisé dans les hypothèses, chaque nouvelle production débloquée s'écoulera de la même manière que le stock. Nous allons donc appliquer pour chaque nouvelle production les mêmes coefficients d'amortissement calculés préalablement.

Pour illustrer l'écoulement de la nouvelle production et le calcul des intérêts dégagés par le stock et la nouvelle production, nous exposons la méthodologie aux deux dates 28/04/2017 et au 28/05/2017 et 28/08/2017.

- A la date du : 28/04/2017

Nous avons à la fois un stock de crédits déjà existant et une nouvelle production NP1. Les deux génèrent des intérêts selon le taux annuel appliqué à cette date qui est égal à 5,20%. Ce taux sera fixe tout au long de l'écoulement du stock et de NP1.

L'écoulement du stock, ainsi que le calcul des intérêts qui s'y rapportent sont donnés par le tableau suivant :

Stock	CRD	Intérêts
28/04/16	890 144 352	-
28/05/17	853 055 004	3 857 292,192
28/06/17	815 965 656	3 696 571,684
28/07/17	778 876 308	3 535 851,176
28/08/17	741 786 960	3 375 130,668
28/09/17	704 697 612	3 214 410,16
28/10/17	667 608 264	3 053 689,652
28/11/17	630 518 916	2 892 969,144
28/12/17	593 429 568	2 732 248,636
28/01/18	556 340 220	2 571 528,128
28/02/18	519 250 872	2 410 807,62
28/03/18	482 161 524	2 250 087,112
28/04/18	445 072 176	2 089 366,604

TABLEAU 10 : ECOULEMENT DU STOCK ET CALCUL DES INTERETS

Nous rappelons que les intérêts sont calculés à travers la formule suivante :

$$\text{Intérêts}(t) = \text{CRD}(t - 1) * \text{taux d'intérêt de la période}$$

L'écoulement et les intérêts relatifs à la nouvelle production NP1, quant à eux, sont donnés par le tableau suivant :

Nouvelle Production (NP1)	CRD	Intérêts
28/04/17	61 790 848,09	-
28/05/17	59 216 229,42	267 760,3417
28/06/17	56 641 610,75	256 603,6608
28/07/17	54 066 992,08	245 446,9799
28/08/17	51 492 373,41	234 290,299
28/09/17	48 917 754,73	223 133,6181
28/10/17	46 343 136,06	211 976,9372
28/11/17	43 768 517,39	200 820,2563
28/12/17	41 193 898,72	189 663,5754
28/01/18	38 619 280,05	178 506,8945
28/02/18	36 044 661,38	167 350,2136
28/03/18	33 470 042,71	156 193,5327
28/04/18	30 895 424,04	145 036,8518

TABLEAU 11 : ECOULEMENT DE LA NOUVELLE PRODUCTION NP1 ET CALCUL DES INTERETS

- A la date du : 28/05/2017

Nous avons une nouvelle production NP2 qui est octroyée au nouveau taux 5,23% du trimestre 1. Il sera fixe tout au long de l'écoulement de NP2. A cette date, l'intérêt perçu provient du CRD du stock et de NP1.

Le même taux sera perçu par la banque pour les nouvelles productions NP3 et NP4 débloquées au premier trimestre.

- A la date du : 28/08/2017

Pour les intérêts dégagés de la nouvelle production NP5 débloquée au 28/08/2017, un changement de taux sera de nouveau pris en compte. Nous appliquerons donc pour le calcul des intérêts le nouveau taux 5,24% du deuxième trimestre qui sera fixe tout au long de la période d'écoulement. A cette date, l'intérêt perçu provient du CRD du stock, de NP1, NP2, NP3, et NP4.

Le même raisonnement est suivi pour l'écoulement et le calcul des intérêts aux mois suivants.

L'estimation du montant d'intérêt que la banque percevra au 28/04/2018 s'élève à 51804196DHS. Ce montant est bien entendu conditionné par la bonne estimation de la production nouvelle projetée.

II.2. Variation de la MNI suite à un scénario de stress de hausse de la courbe de taux.

Supposons maintenant que les taux de marché pour les différents trimestres considérés subissent un choc à la hausse. Ce choc correspond à un quantile à 99%. Le tableau suivant montre l'impact d'une telle variation sur le taux d'intérêt perçu par la banque.

	Trimestre 1	Trimestre 2	Trimestre 3	Trimestre 4
Variation	1,45%	1,40%	2,23%	1,79%
Taux d'intérêt	6,65%	6,60%	7,43%	6,99%

TABLEAU 12 : VARIATION A LA HAUSSE DES TAUX D'INTERET PERÇUS PAR LA BANQUE

La variation de la MNI suite à un choc à la hausse de la courbe de taux générant un montant d'intérêt égal à 56113417,28 est calculée comme suit :

$$\Delta MNI = \frac{56113417,28 - 51681406,35}{51681406,35} = 8,58\%$$

Nous remarquons donc que ce scénario de hausse permet à la banque de dégager une plus value d'intérêt estimée à 8,58% par rapport au scénario central. Toutefois, en cas de hausse des taux d'intérêt, cela ne signifie pas que la banque générera forcément un plus grand gain. En effet, nous nous sommes contentées d'exposer la variation sur le volet des crédits. Mais une augmentation des taux de marchés implique forcément une augmentation des taux de rémunération des dépôts ainsi que le coût de refinancement de la banque ne sera pas sans conséquent.

II.3. Variation de la MNI suite à un scénario de stress de baisse de la courbe de taux.

Supposons maintenant que les taux de marché pour les différents trimestres considérés subissent un choc à la baisse. Ce choc correspond à un quantile à 1%. Le tableau suivant montre l'impact d'une telle variation sur le taux d'intérêt perçu par la banque.

	Trimestre 1	Trimestre 2	Trimestre 3	Trimestre 4
--	-------------	-------------	-------------	-------------

Variation	-1,92%	-0,85%	-0,56%	-1,01%
Taux d'intérêt	3,28%	4,35%	4,64%	4,19%

TABLEAU 13 : VARIATION A LA BAISSSE DES TAUX D'INTERET PERÇUS PAR LA BANQUE

La variation de la MNI suite à un choc à la baisse de la courbe de taux générant un montant d'intérêt égal à 49220605,97 est calculée comme suit :

$$\Delta MNI = \frac{49220605,97 - 51681406,35}{51681406,35} = -4,76\%$$

Nous remarquons donc que ce scénario de baisse permet à la banque de dégager une moins value d'intérêt estimée à 4,76% par rapport au scénario central.

Conclusion

Bien qu'il existe un certain nombre de scénarios de stress déterminés par le comité de Bâle, le FMI et la FED, les banques sont encouragées, à mettre en place des scénarios qui leurs sont propres et de ne pas se contenter d'appliquer les scénarios réglementaires. Dans ce sens, nous avons procédé à la construction de scénarios de stress de liquidité induits par une diminution des encours de la banque due à un retrait massif des dépôts de la clientèle ainsi qu'à la construction de scénarios de stress de taux en nous basons sur deux approches, historiques et stochastiques. L'objectif de la construction de ses scénarios de stress et de leur mise en place étant d'évaluer la résistance de la banque aux chocs extrêmes de liquidité et de taux d'intérêt et de vérifier que cette résistance est conforme au niveau de tolérance défini par la banque.

Conclusion Générale

Les risques générés par les opérations commerciales de la banque (prêts, lignes de crédit, dépôts de la clientèle, ...) ne font pas l'objet d'un marché financier dans lequel elles pourraient être retournées et nécessitent bien souvent d'être modélisées au travers de modèles statistiques comportementaux. Au final, la gestion des risques de liquidité et de taux nécessite une approche croisée comprenant les modèles de marché financiers et les modèles statistiques de comportement de la clientèle en tenant compte des aspects stratégiques de la banque et également des aspects réglementaires.

Au terme de ce travail il sied de dire, que la gestion actif-passif revêt une importance croissante au sein des banques dans la mesure où elle s'inscrit dans le cadre de la gestion des risques financiers. Le travail effectué dans le cadre de notre projet de fin d'études a porté premièrement sur une analyse comportementale de la clientèle de la banque et la modélisation des déblocages des crédits non revolving permettant ainsi de simuler l'évolution statique et dynamique du bilan. Dans un second temps, nous avons modélisé la structure par terme du taux d'intérêt et construit les courbes de taux futurs, ce qui permettra à la banque d'avoir plus de visibilité sur sa marge d'intérêt prévisionnelle. Et puis finalement, nous avons procédé à la construction de scénarios de stress afin de simuler une crise de liquidité et de taux sur la banque.

Toutefois, les dépôts à vue ne sont pas la seule source d'incertitude liée au comportement de la clientèle. En effet, les options cachées offertes par la banque doivent être également modélisées puisqu'elles portent un risque non négligeable. Parmi ces options, il existe l'option de renégociation du taux et l'option de remboursement anticipé des crédits, qui peuvent être exercées dès que les taux varient à la baisse ce qui impactera négativement le gain futur de la banque. De telles options, peuvent être modélisées par des modèles comportementaux en fonction de l'ancienneté des contrats, des caractéristiques du détenteur du crédit et des taux de marché.

Annexes

Annexe I : Présentation de MAZARS

I. Le groupe Mazars International

Mazars est une organisation internationale d'origine française, intégrée et indépendante, spécialisée dans l'audit, le conseil et les services comptables, fiscaux et juridiques.

Mazars est présent actuellement dans 79 pays, moyennant 18000 collaborateurs dans le monde entier. Le groupe possède 270 bureaux répartis en Amérique du Nord, Amérique du Sud et Caraïbes, Europe, Afrique, Moyen Orient et Asie Pacifique.

Mazars est un groupe international qui intervient dans les métiers de l'audit, l'expertise comptable, la fiscalité et le conseil aux entreprises, et ce dans tous les secteurs d'activité. En effet, Mazars dispose de l'expertise et de l'expérience nécessaires pour aider toute entreprise à se développer en offrant des solutions dédiées à chaque type de structures : sociétés cotées, grande entreprises, organismes publics, PME et particuliers.

Le groupe Mazars fédère un ensemble de métiers répartis dans différents départements :

- **Financial reporting audit & advisory :**
- **Consulting**
- **Financial advisory services**
- **Accounting and Outsourcing**
- **Fiscalité**
- **Conseil juridique**
- **International desks**
- **Actuariat**

II. Mazars Maroc

Le cabinet Mazars Audit & Conseil figure aujourd'hui parmi les cinq plus importants cabinets d'audit et de conseil du Royaume. Il compte aujourd'hui plus de 150 collaborateurs, répartis dans deux bureaux à Casablanca et Rabat et encadrés par 10 associés opérationnels.

Le cabinet mène annuellement plus de 500 missions d'audit, de conseil et d'accompagnement juridique, comptable et fiscal en respectant les six valeurs fondamentales : l'excellence technique, l'intégrité, la transparence, la responsabilité, la diversité et la continuité.

Mazars Maroc accompagne l'entreprise de grande ou de petite taille, privée ou publique, opérant dans tous les secteurs d'activité dans toutes les étapes de son développement et offre des services à haute valeur ajoutée dans divers domaines :

- **Accompagnement comptable et financier**
- **Actuariat**
- **Audit**
- **Consulting**
- **Financial Advisory services**
- **Fiscalité**

Annexe II : Tests d'hypothèses

I. Tests de normalité :

Le test de normalité des résidus obtenus lors d'une régression linéaire permet de conditionner la qualité des intervalles de confiance autour des paramètres et des prédictions.

Il existe plusieurs tests de normalité dont :

- Shapiro-Wilk : adapté aux échantillons de moins de 5000 observations
- Anderson-Darling : qui est une modification du test de Kolmogorov-Smirnov adaptée à plusieurs lois dont la loi normale, pour le cas où les paramètres de la loi ne sont pas connus et doivent donc être estimés ;
- Lilliefors : qui est une modification du test de Kolmogorov-Smirnov adapté au cas de la normalité dans le cas où les paramètres de la loi, la moyenne et la variance, ne sont pas connus et doivent donc être estimés ;
- Jarque-Bera : qui est d'autant plus performant que le nombre de données est important.

Nous développons dans ce qui suit le test de Jarque-Bera, qui est le test le plus fréquemment utilisé pour déterminer si les résidus d'une régression linéaire suivent une distribution normale.

▪ Test de Jarque-Bera

Ce test cherche à déterminer si les données suivent une loi normale. On a :

H_0 : les données suivent une loi normale (vs) H_1 : les données ne suivent pas une loi normale

La statistique du test est donnée par :

$$JB = \frac{n - k}{6} \left(S^2 + \frac{(K - 3)^2}{4} \right)$$

Avec :

- n : le nombre d'observations
- k : le nombre de variables explicatives si les données proviennent des résidus d'une régression linéaire, sinon $k=0$
- S : le coefficient d'asymétrie, le moment d'ordre 3 d'une variable centrée réduite
- K : Kurtosis, le moment d'ordre 4 d'une variable centrée réduite

La statistique JB suit asymptotiquement une loi χ^2 à 2 degrés de liberté.

Une loi normale a un coefficient d'asymétrie nul et un Kurtosis égal à 3. On saisit alors que si les données suivent une loi normale, le test s'approche de 0 et on accepte H_0 au seuil α .

II. Tests d'homoscédasticité

▪ Test de Goldfeld & Quandt

Ce test est utilisé par les économistes pour tester l'hypothèse de l'homoscédasticité des résidus dans le cadre d'un modèle linéaire multiple estimé par la méthode des moindres carrés. Ce test s'appuie sur la loi de Fisher. La procédure du test est la suivante :

1. Nous ordonnons les variables explicatives par ordre croissant ou décroissant ;
2. Nous éliminons un nombre c d'observations centrales dans l'échantillon classé (c représente à peu près un quart des observations) ;
3. Nous divisons alors la populations en deux échantillons de taille $\frac{n-c}{2}$;

4. Nous effectuons les régressions par la méthode des moindres carrés et nous obtenons SCR_1 et SCR_2 la somme des carrés des résidus estimés pour chacun des deux échantillons ;
5. L'hypothèse nulle est que les résidus sont homoscedastiques, c'est à dire que $\sigma_1 = \sigma_2$. On rejette alors l'hypothèse nulle si : $f = \frac{SCR_2}{SCR_1} > f_\alpha$ où f_α est la valeur critique d'une loi de Fisher de paramètres $\left(\frac{n-c-k}{2}, \frac{n-c-k}{2}\right)$; avec k le nombre de paramètres à estimer et n le nombre d'observations
 - Test de White

Ce test permet de valiser l'hypothèse d'homoscédasticité du terme d'erreur d'un modèle de régression linéaire en respectant les étapes suivantes :

1. Nous estimons la régression par la méthode des moindres carrés et nous en tirons le vecteur des résidus ;
2. Nous effectuons la régression des carrés des résidus sur p variables exogènes et nous calculons le coefficient de détermination R^2 ;
3. Sous l'hypothèse nulle de l'homoscédasticité, la statistique $LM=n R^2$ suit asymptotiquement la loi de χ^2_{p-1} .

III. Tests d'autocorrélation des résidus

- Test de Durbin-Watson

Le test de Durbin-Watson permet de détecter une autocorrélation des erreurs d'ordre 1 en estimant un modèle autorégressif de premier ordre pour les résidus estimés par la méthode des moindres carrés ordinaires :

$$\hat{\varepsilon}_t = \rho \hat{\varepsilon}_{t-1} + v_t$$

L'hypothèse nulle est l'absence d'autocorrélation : $H_0: \rho = 0$ et la statistique du test est donnée par :

$$DW = \frac{\sum_{t=2}^n (\hat{\varepsilon}_t - \hat{\varepsilon}_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^n \hat{\varepsilon}_t^2}$$

Cette statistique est par construction comprise entre les valeurs 0 et 4. On ne rejette pas l'hypothèse nulle lorsque cette valeur est proche de 2.

Des valeurs critiques au seuil de 5% : d_1 et d_2 , avec $d_1 > d_2$, ont été tabulées par Durbin-Watson. On interprète le résultat du test comme suit :

- Si $DW < d_1$, il existe une autocorrélation positive ;
- Si $d_2 < DW < 4-d_2$, il n'y a pas d'autocorrélation ;
- Si $DW > 4-d_1$, il existe une autocorrélation négative ;
- En dehors de ces intervalles, nous ne pouvons conclure.

IV. Tests de racine unitaire et de stationnarité

Les tests de stationnarité permettent de vérifier si une série est stationnaire ou non. Il y a deux approches différentes : les tests pour lesquels l'hypothèse nulle H_0 est que la série est stationnaire (test KPSS de Leybourne et McCabe), et ceux pour lesquels l'hypothèse nulle est au contraire que la série n'est pas stationnaire (test de Dickey-Fuller, test augmenté de Dickey-Fuller, test de Phillips-Perron, test DF-GLS).

- Test de Dickey-Fuller :

Le test de Dickey-Fuller simple (1979) est un test de racine unitaire (ou de non stationnarité) dont l'hypothèse nulle est la non stationnarité d'un processus autorégressif d'ordre 1.

Soit (X_t) un processus satisfaisant la représentation AR(1) suivante : $X_t = \mu + \phi X_{t-1} + a_t$ où $a_t \sim BB(0, \sigma^2)$ et $\mu, \phi \in \mathbb{R}^2$

Le principe général du test de Dickey-Fuller consiste à tester l'hypothèse nulle de la présence d'une racine unitaire : $H_0 : \phi = 1$ vs $H_1 : |\phi| < 1$

Si $\phi = 1$ alors la variable (X_t) est une variable intégrée d'ordre 1, c'est-à-dire que la variance de X_t est dépendante de t, ce qui va l'encontre de la condition de stationnarité.

Si $|\phi| < 1$ alors la variable (X_t) est stationnaire, c'est-à-dire que la variance de X_t est indépendante de t.

Le test de racine unitaire Dickey-Fuller augmenté est utilisé quand les variables sont autocorrélées. Le test consiste à tester l'hypothèse $\phi = 1$ du modèle : $X_t = \mu + \phi X_{t-1} + \sum_{i=1}^k \gamma_i \Delta X_{t-i} + a_t$. Le terme ajouté a pour but de corriger le problème de l'autocorrélation.

- Test de Philipps-Perron (PP) :

Phillips-Perron (1988) proposent une méthode non paramétrique pour corriger la présence d'autocorrélation. La procédure de test consiste à tester l'hypothèse de racine unitaire $H_0 : \rho = 0$, dans les modèles suivants :

$$\Delta Y_t = \rho Y_{t-1} + \alpha + \beta t + \varepsilon_t$$

$$\Delta Y_t = \rho Y_{t-1} + \alpha + \varepsilon_t$$

$$\Delta Y_t = \rho Y_{t-1} + \varepsilon_t$$

Le test de Phillipps-Perron (PP) est robuste à la présence d'autocorrélation et d'hétéroscédasticité. La statistique du test est une Student corrigée de la présence d'autocorrélation par la prise en compte d'une estimation de la variance de long terme de ε_t donnée par :

$$w^2 = \gamma_\varepsilon(0) + 2 \sum_{j=1}^q \gamma_\varepsilon(j)$$

Où $\gamma_\varepsilon(j)$ est le coefficient d'autocovariance d'ordre j de ε_t et q est un paramètre de troncature.

- Test de Kwiatkowski-Phillips-Shin (KPSS) :

L'hypothèse nulle de ce test est celle de la stationnarité (autour d'une constante ou d'une tendance déterministe linéaire). Deux cas sont donc à étudier :

$$Y_t = r_t + \varepsilon_t \text{ (cas 1)}$$

$$Y_t = \beta t + r_t + \varepsilon_t \text{ (cas 2)}$$

La statistique de test utilisée correspond à la statistique du test du score lorsque les ε_t sont i.i.d de loi $N(0, \sigma_\mu^2)$. Cependant, elle est corrigée de façon à tenir compte de l'autocorrélation des ε_t dans le cas général.

V. Test de bruit blanc

▪ Test de Box-Pierce

Ce test vérifie si les résidus sont un bruit blanc. Il se présente comme suit:

$$\begin{cases} H_0: \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_k = 0 \\ H_1: \exists j \text{ tel que } \rho_j \neq 0 \end{cases}$$

La statistique du test est : $Q = T \sum_{j=1}^k \hat{\rho}_j^2$ où :

- . T : le nombre d'observations
- . k : la longueur du retard
- . $\hat{\rho}_j$: l'autocorrélation estimée

Sous l'hypothèse nulle, $Q \sim \chi_{k-(p+q)}^2$.

▪ Test de Ljung-Box

Le test de Ljung-Box est quant à lui basé sur la statistique $= T(T+2) \sum_{j=1}^k \frac{\hat{\rho}_j^2}{T-j}$.

Le raisonnement reste similaire à celui du test de Box-Pierce.

Annexe III : Règle de l'Hôpital

Soient f et g deux fonctions dérivables au voisinage de a , telles que $f(a) = g(a) = 0$ ou $f(a) = g(a) = +\infty$.

La règle de l'Hôpital s'annonce comme suit :

$$\lim_{x \rightarrow a} \frac{f(x)}{g(x)} = L \Leftrightarrow \lim_{x \rightarrow a} \frac{f'(x)}{g'(x)} = L$$

Où la limite L peut être finie ou infinie.

Dans notre cas, $g(T) = T - t$ et $f(t)$ est la fonction suivante :

$$R(t, T) = \left[\frac{1}{a} (e^{-a(T-t)} - 1)r(t) + \frac{1}{a} \left(b - \frac{\lambda}{a} - \frac{\sigma^2}{a^2} \right) (1 - e^{-a(T-t)}) + \frac{\sigma^2}{4a^3} (1 - e^{-2a(T-t)}) - \left(b - \frac{\lambda}{a} - \frac{\sigma^2}{2a^2} \right) (T - t) \right]$$

On a :

$$R(t, T) = \frac{f(T)}{g(T)}$$

Avec $\lim_{T \rightarrow +\infty} f(T) = +\infty$ et $\lim_{T \rightarrow +\infty} g(T) = +\infty$

$$\text{Donc } \lim_{T \rightarrow +\infty} R(t, T) = \lim_{T \rightarrow +\infty} \frac{f(T)}{g(T)} = \lim_{T \rightarrow +\infty} \frac{f'(T)}{g'(T)} = \lim_{T \rightarrow +\infty} \left((e^{-a(T-t)} - 1)r(t) - \frac{\sigma^2}{2a^2} e^{-2a(T-t)} - \left(b - \frac{\lambda}{a} - \frac{\sigma^2}{a^2} \right) e^{-a(T-t)} - \left(b - \frac{\lambda}{a} - \frac{\sigma^2}{2a^2} \right) \right) = b - \frac{\lambda}{a} - \frac{\sigma^2}{2a^2}$$

D'où le résultat.

Bibliographie

- [1] Michel DUBERNET, Gestion Actif-Passif et Tarification des Services Bancaire ECONOMICA
- [2] Joël BESSIS, Gestion des risques et Gestion Actif-Passif des banques, DALLOZ
- [3] Régis Bourbonnais, Économétrie, 9e édition
- [4] Arthur CHARPENTIER, Université Dauphine Paris, cours de séries temporelles théorie et applications, Volume 1 et 2
- [5] Bitner John W., Robert A. Goddard, “Successful Bank Asset/Liability Management, a guide to the future beyond gap”
- [6] DEMEY Paul, FRACHOT Antoine, RIBOULET Gaël, Introduction à la gestion actif-passif bancaire
- [7] Rapport sur la stabilité financière de BAM, exercice 2014
- [8] PRICEWATERHOUSECOOPERS (2006): Asset/Liability Management, Benchmark Study, PwC Financial Services.
- [9] Basel III: A global regulatory framework for more resilient banks and banking systems, December 2010
- [10] Lignes directrices du CEBS concernant les stress tests (Annexe Circulaire CBFA_2011_10-1)
- [11] Stress-tests bancaires EBA / BCE 2016 Principaux enjeux pour les banques françaises
- [12] Franck Moraux & Christophe Villa, ESTIMATION DE LA PRIME DE RISQUE ET DE LA DYNAMIQUE DU MODELE DE COX, INGERSOLL ET ROSS
- [13] Sound Practices for Managing Liquidity in Banking Organisations, February 2000
- [14] John HULL, Option, futures et autres actifs dérivés, 8^{ème} édition

Webographie

- [1] https://members.loria.fr/FSur/enseignement/modprev/modprev_chrono_FSur_7.pdf
- [2] https://www.banque-france.fr/fileadmin/user_upload/banque_de_france/publications/Revue_de_la_stabilite_financiere/2008/fevrier-2008/revue-stabilite-financiere-de-fevrier-2008-etude-6-la-gestion-du-risque-de-liquidite.pdf Charles Goodhart, « la gestion du risque de liquidité », revue de la stabilité financière, n° 11, février 2008
- [3] www.bkam.ma
- [4] https://acpr.banque-france.fr/fileadmin/user_upload/acpr/publications/documents/200506-le-risque-de-taux-d-interet-dans-le-systeme-bancaire-francais.pdf Le risque de taux d'intérêt dans le système bancaire français, Jean-Luc Quémard et Valérie Golitin, 2005
- [5] <http://www.osfi-bsif.gc.ca/Fra/fi-if/rg-ro/gdn-ort/gl-ld/Pages/e18.aspx>
- [6] https://www.fimarkets.com/pages/bale_3.php
- [7] <http://www.ressources-actuarielles.net/>

