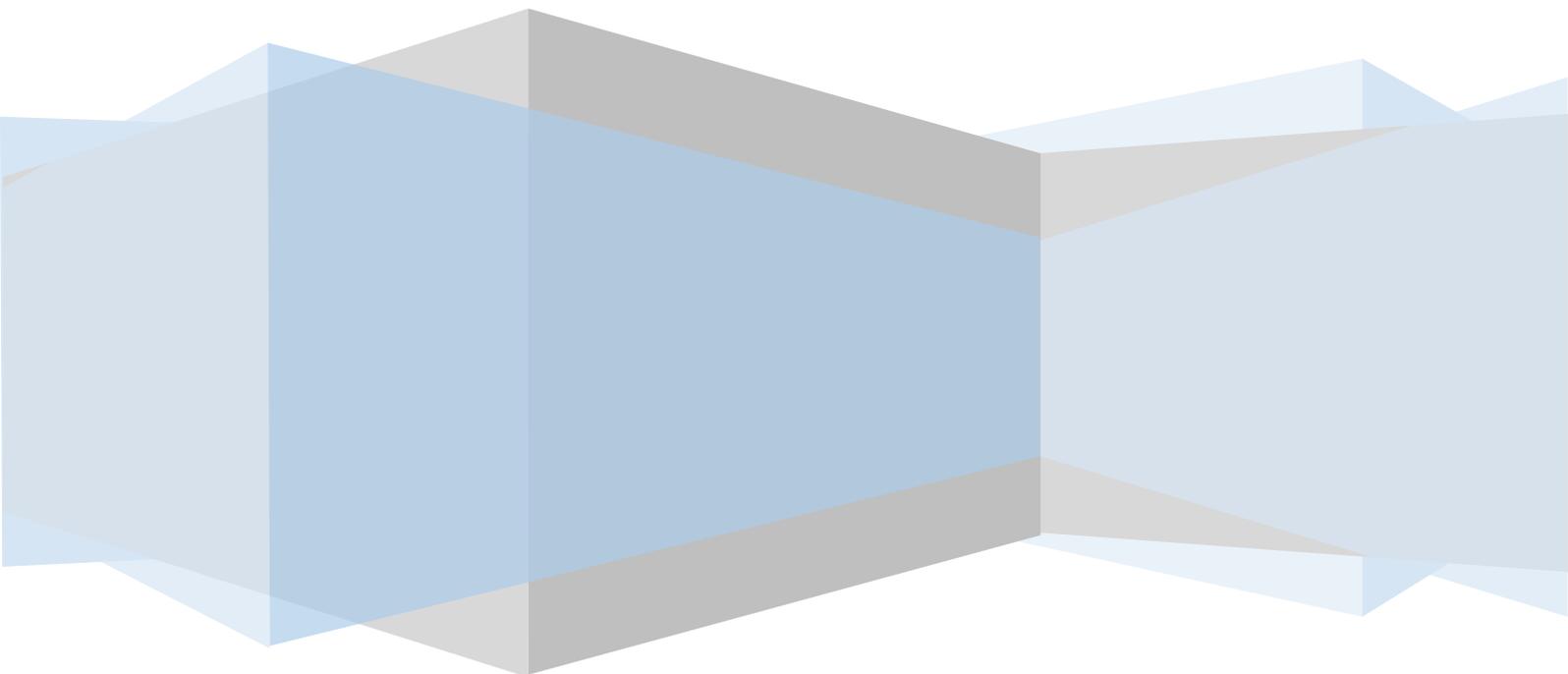


Institut de Financement du Développement du Maghreb
Arabe

Evaluation du risque de crédit par une approche Value at Risk et une modélisation CreditRisk+

admin



Remerciements

J'exprime mes vifs remerciements et ma gratitude à tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin dans la réalisation de ce travail

Je cite tout particulièrement mon encadreur **Madame BEN OUDA Olfa** pour sa rigueur scientifique, ses qualités pédagogiques et pour la patience et la disponibilité qu'elle m'a généreusement prodiguées.

Je remercie, également, tout le personnel de mon entreprise de parrainage, Arab Tunisian Bank, pour m'avoir fourni les données nécessaires sans lesquelles ce travail n'aurait pas vu le jour

Plus particulièrement, je remercie mon tuteur, **Monsieur KALLEL Ahmed**, ainsi que Madame **FEKI Lobna**, pour leurs disponibilités et leurs soutiens continus.

Je ne manquerais pas de remercier mes beaux-parents, pour affectation et leurs soutiens. Mon chère mari toujours présent à mes côtés tant dans les moments de joie que dans les moments difficiles.

Je tiens à remercier également tous les membres du jury pour avoir eu l'amabilité d'accepter de juger ce travail ainsi que pour leurs remarques constructives qui ne manqueront pas de contribuer au perfectionnement du présent mémoire.

Sommaire

SOMMAIRE	3
TABLE DES TABLEAUX	5
TABLE DES FIGURES	6
INTRODUCTION GENERALE	7
CHAPITRE 1: RISQUE DE CREDIT ET EVOLUTION DE LA REGLEMENTATION BANCAIRE	10
INTRODUCTION	10
SECTION N°1 : RISQUE DE CREDIT : DEFINITION, TYPOLOGIES ET COMPOSANTES	11
I. DEFINITION DE RISQUE DE CREDIT	11
II. TYPOLOGIES DE RISQUE DE CREDIT	11
III. COMPOSANTES DE RISQUE DE CREDIT	12
SECTION N°2 : CONTEXTE TUNISIEN EN MATIERE DE GESTION DU RISQUE DE CREDIT	14
I. DIVISION ET LA COUVERTURE DES RISQUES	15
II. SUIVI DES ENGAGEMENTS ET CLASSIFICATION DES ACTIFS	15
III. CONSTITUTION DE PROVISIONS	18
I. ACCORD DE BALE1 :1988	20
II. ACCORD DE BALE 2: 2004	23
III. ACCORD DE BALE 3	31
CONCLUSION	37
CHAPITRE 1 : METHODES D’EVALUATION DU RISQUE DE CREDIT	38
INTRODUCTION	38
SECTION N°1 : MESURES USUELLES DU RISQUE DE CREDIT	38
I. LA PERTE ATTENDUE (EXPECTED LOSS OU EL)	39
II. VALUE AT RISK (VAR)	39
III. VALEUR CONDITIONNELLE EN RISQUE (EXPECTED SHORTFALL ES)	43
SECTION N°2 : MESURE DU RISQUE DE CREDIT AU NIVEAU INDIVIDUEL	43
I. LES RATINGS EXTERNES :	44
II. LE CREDIT SCORING :	47
III. LES SYSTEMES EXPERTS	49
IV. REVUE DES MODELES ISSUS DE LA THEORIE FINANCIERE	51
SECTION N°3 : MESURE DU RISQUE DE CREDIT AU NIVEAU DU PORTEFEUILLE	58
I. INTRODUCTION	58
II. CREDITMECRICS DE JP.MORGAN	59
III. CREDITRISK+ DE CREDIT SUISSE FIRST BOSTON	62
IV. PORTFOLIO MANAGER DE MOODY’S KMV	64

CONCLUSION	66
CHAPITRE 3: APPLICATION DU MODELE CREDITRISK+ ET L'APPROCHE VALUE AT RISK (VAR) SUR UN PORTEFEUILLE DE CREDIT ACCORDE PAR UNE BANQUE TUNISIENNE DE LA PLACE	68
INTRODUCTION	68
SECTION N°1 : MODELISATION CREDITRISK+	69
I. INPUTS CREDITRISK+	70
II. DEMARCHE CREDITRISK+	70
III. MODELISATION CREDITRISK+	73
IV. LA PROBABILITE DE DEFAULT	79
SECTION N°2 : PRESENTATION DE L'ECHANTILLON ET ANALYSE DESCRIPTIVE DE LA BASE DE DONNEES	81
I. PRESENTATION DE L'ECHANTILLON	81
II. ANALYSE DESCRIPTIVE DE LA BASE DE DONNEES	81
CONCLUSION GENERALE	93
BIBLIOGRAPHIE	96
ANNEXE : ALGORITHME MATLAB	99

Table des tableaux

Tableau 1: Pondération des risques selon Bâle 1 _____	21
Tableau 2: Pondération des risques selon Bâle 2 _____	24
Tableau 3 : Extrait de la grille de pondération des crédits selon Bâle 2 _____	26
Tableau 4: L'échelle de notation des différentes agences de notation _____	46
Tableau 5 : Taux de défaut cumulatifs enregistrés par moody's sur une période de 10 ans(en%) _____	56
Tableau 6 : Tableau comparatifs des principaux modèles de portefeuille _____	67
Tableau 7 : Probabilité de défaut _____	80
Tableau 8: Probabilité de défaut annuelle _____	81
Tableau 9: Composition de l'échantillon (en dinars) _____	82
Tableau 10: Caractéristiques statistiques de l'échantillon _____	82
Tableau 11: Classes de risque selon la BCT _____	83
Tableau 12: Value at risk du portefeuille _____	90

Table des figures

Figure 1: Economie en capital pour les pays du G10 suite à la mise en place de Bâle 2 _____	28
Figure 2 : Composition des fonds propres réglementaires entre Bâle 2 et Bâle 3 _____	32
Figure 3 : L'évolution quantitative des exigences en fonds propres _____	33
Figure 4 : Présentation de l'approche VAR _____	40
Figure 5: Présentation de l'Expected Shortfall _____	43
Figure 6: Payoffs d'une obligation zéro-coupon _____	53
Figure 7: Taux cumulatifs et marginaux de défaut _____	57
Figure 8: Exemple de migrations de crédit à un an _____	60
Figure 9: Evolution de la valeur de marché et probabilité de défaut _____	64
Figure 10: Démarche suivie par CreditRisk+ _____	72
Figure 11: Répartition du portefeuille selon les 5 classes de risque _____	84
Figure 12: Répartition du portefeuille entre créances saines et créances accrochées _____	85
Figure 13: Distribution prévisionnelle (2016) des pertes du portefeuille de crédit accordé aux grandes entreprises _____	88

Introduction générale

Toute la finance est basée sur une règle fondamentale veut que tout rendement implique un risque. Cela est d'autant plus vrai pour l'activité bancaire, activité risquée par nature et dont le risque constitue la source principale de son profit. Cependant, au vu des récentes crises et autres scandales financiers, il semble évident que les mesures de gestion de risque sont encore incapables d'offrir un risque zéro. Ceci pousse les dirigeants de le considérer comme un défi pour le définir, le gérer, le modéliser et l'anticiper sous ses différentes formes afin d'améliorer la performance et la rentabilité.

Durant ces dernières décennies, plusieurs facteurs ont provoqué une véritable évolution de l'activité de gestion des risques bancaires. D'abord la révolution technologique et informatique. Ensuite, les avancées considérables qu'ont connues les méthodes statiques ainsi de traitement des données. Enfin, la réelle prise de conscience des dirigeants de l'enjeu de la maîtrise des risques bancaires, en témoigne, les budgets colossaux investis dans la recherche et l'apparition, en interne, d'un entier département à cette œuvre ardue.

Cette sensibilité au risque s'est notamment illustrée à l'échelle internationale. En effet, dans les années 80, le comité de Bâle a créé un ensemble des accords et des règles afin de garantir l'unification ainsi que la stabilité du système financier à l'échelle internationale. Mais, ce cadre prudentielle, malgré son évolution, il est jugé insuffisant par certains théoriciens et praticiens pour faire face aux crises.

La désintermédiation, le décloisonnement, la déréglementation ainsi que l'abondance des produits à haut risque sur les marchés¹, ont impulsé une rude concurrence entre les acteurs financiers, menant parfois ces derniers à une prise excessive de risque. Dans ces conditions, et avec la présence d'autres problèmes liées à l'asymétrie d'information et l'opacité des produits transigés, la situation s'aggrave avec l'apparition d'un risque systémique qu'il faudra endiguer au niveau des acteurs, mais aussi, au niveau du système dans son ensemble. Des réponses ont été formulées, par le comité du Bâle, suite à la multiplicité des crises: commençant par l'accord Bâle 1 ayant comme ultime but la réglementation et l'unification du système financier à l'échelle internationale. Modifié par

¹ Les produits dérivés

l'accord Bâle 2 vient en premier lieu palier les limites de Bâle 1. Enfin l'accord Bâle 3 créé pour améliorer, renforcer et répondre aux fuites découverts suite à la crise « des subprimes » (2007-2009). Mais l'accord Bâle 3 reste encore insuffisant, en témoigne, la crise « gréco-européenne » de la dette (2009-2012) et la crise « américaine » de la dette (2011-2012), qui ont engendrés un déclassement successif des ratings souverains de pays qu'on croyait jusque-là quasiment sans risque.

Tout ceci est de nature à rappeler l'importance d'une gestion saine des risques, plus particulièrement, le risque de crédit qui est étroitement lié à l'activité bancaire.

La littérature est très abondante en la matière et elle présente plusieurs modèles pour appréhender ce risque. Ceci pousse les banques à développer ses propres modèles, en interne, pour gérer le risque de leurs activités de crédit. Parmi ces modèles souvent en entend par les modèles basées sur l'approche Value at Risk, une approche dérivée de la gestion de risque de marché et se retrouve au cœur de plusieurs modèles actuels de gestion de risque de crédit citons à titre d'exemple : CreditMetrics de JP.Morgan, Portfolio Manager de Mody's KMV et CreditRisk+ de Credit Suisse First Boston. L'adaptation de tels modèles a considérablement amélioré la capacité des banques à mieux gérer le risque de crédit et d'avoir un vrai facteur clé de succès (FCS) comparativement avec la concurrence.

En marge de cette dynamique mondiale, l'environnement bancaire tunisien reste marqué par sa lenteur par rapport à ce qui se fait outre frontières. En effet les banques tunisiennes usent encore des approches traditionnelles basées principalement sur l'expertise des analystes financiers et sur l'outil d'aide à la décision « le scoring ». Deux approches ne permettant pas un réel suivi des risques au niveau d'un portefeuille ce qui peut menacer la pérennité des banques et la perturbation de tout le système financier.

L'objet de ce mémoire est de transposer les pratiques de la gestion du risque de crédit bancaire afin de les adapter au contexte tunisien. Dans un premier chapitre, nous présenterons le risque de crédit, sa définition, ses types, ses composantes ainsi nous présenterons le cadre réglementaire à la fois à l'échelle internationale et à l'échelle nationale. Dans un second chapitre, nous présenterons les principales approches permettant d'évaluer le risque de crédit. On exposera alors, en premier lieu, les mesures usuelles du risque de crédit puis, en second lieu, nous traiterons des principales méthodes applicables au niveau individuel pour ensuite,

en troisième lieu, étaler des modèles au niveau d'un portefeuille de crédit. Enfin nous entamerons une application du modèle CreditRisk+ au sein d'une banque tunisienne de la place.

Ce mémoire permettant donc de comprendre comment la notion de Value at Risk permettra d'appréhender ce risque et comment on détermine le capital économique nécessaire à la couverture contre le risque de crédit.

Chapitre 1: Risque de crédit et évolution de la réglementation bancaire

Introduction

La stabilité du système bancaire est fortement liée aux stratégies prises par les institutions financières en termes de gestion du risque de crédit, métier qui occupe le cœur de l'intermédiation bancaire et qui présente l'essence même de cette activité. Cependant cette dernière a connu plusieurs mutations notamment liée au rôle joué par le marché financier en tant qu'alternative à la classique intermédiation. Dans ce contexte, on parle souvent du phénomène de marchandisation de l'économie ou encore de la désintermédiation. Cette évolution a fait naître une synergie entre les banques commerciales et les banques d'investissement connue sous le nom de la banque universelle dans l'objectif est de diversifier ses produits et services afin de conquérir le marché. Cette refonte de l'idéologie bancaire amène avec elle divers risques et amène parfois à la négligence de ces derniers, notamment pour des produits jugés classiques tels les crédits.

D'après la Banque des Règlements Internationaux (BRI), le risque de crédit constitue, sans doute, le principal risque encouru par les banques. A ce titre, la BRI doit mettre en place des normes et des règles de gestion rigoureuses afin d'appréhender le risque de crédit.

C'est dans cet esprit, que s'inscrit ce premier chapitre, qui s'intéresse dans une première section à définir le risque de crédit, à présenter ses différents types ainsi que ses différentes composantes qui permettront de mieux assimiler les concepts traités ultérieurement. En deuxième section, nous aborderons l'évolution des règles prudentielles en matière des risques bancaires et particulièrement en matière de risque de crédit. Ceci se fera par une revue en détails des différentes versions des accords de Bâle. Enfin, et en troisième section de ce chapitre, nous aborderons le volet réglementaire en matière de gestion de risque de crédit dans le contexte tunisien.

Section n°1 : Risque de crédit : définition, typologies et composantes

I. Définition de risque de crédit

Le risque de crédit, aussi connu le risque de contrepartie ou le risque de signature constitue la forme la plus ancienne des risques rencontrés par les banques. On peut le définir comme le risque de perte sur une créance, ou plus généralement, c'est le risque qu'un emprunteur n'arrive pas à rembourser sa dette à temps et aux conditions initialement prévues.

Cependant, le Comité de Bâle définit le risque de crédit comme la somme de deux risques : le risque de crédit courant et le risque de crédit exceptionnel.

- **Le risque de crédit courant** : il est statistiquement mesurable et il est couvert par la marge d'exploitation et les provisions d'un point de vue réglementaire.
- **Le risque de crédit potentiel** : il est imprévu, inattendu et difficilement mesurable statistiquement, il n'est pas couvert par la marge d'exploitation et il nécessite une provision en capital. Afin de fournir des estimations de ce capital économique le Comité de Bâle a mis en place des nouvelles mesures de simulation sophistiquées.

II. Typologies de risque de crédit

Souvent on entend par des différents types de risque de crédit, pour notre étude nous allons prendre celle proposée par Roncalli 2004² qui a distingué deux types du risque de crédit : le risque de défaut et le risque de dégradation de la qualité de crédit.

- **Le risque de défaut** : c'est le risque de refus ou d'incapacité du débiteur d'honorer ces engagements à temps envers le créancier. Dans le second document consultatif (2001), le comité du Bâle a défini le défaut comme suit : « La défaillance d'une contrepartie donnée est supposée être survenue si l'un des quatre événements a eu lieu :

²T.Roncalli (2004) « La gestion des risques financiers » Economica.

- 1) L'emprunteur ne peut plus honorer ses obligations de remboursements (principal, intérêts ou commissions) en totalité ;
- 2) Il est survenu un événement de crédit (par exemple une provision spécifique) ;
- 3) L'emprunteur est en défaut de paiement depuis 90 jours sur l'un de ses crédits ;
- 4) L'emprunteur est en faillite juridique. »

Donc d'après cette définition la banque supporte des pertes dans deux cas :

- Dans le cas où le risque de perte est constaté : les créances contentieuses
- Dans le cas où le risque de perte est potentiel mais il est pris en considération dès que le défaut de paiement dépasse les 90 jours : les créances douteuses.

- **Le risque de dégradation de la qualité de crédit** c'est le risque que la qualité de crédit

Perçue de l'emprunteur, exprimée par un score ou un rating, se détériore. Cette détérioration se traduit par une hausse de la prime du risque mais elle ne conduit pas nécessairement à risque de défaut.

Cette défalcation du risque de crédit entre une approche centrée sur le défaut et une approche centrée sur le rating de l'emprunteur, nous conduit à deux modèles d'évaluation du risque de crédit :

- Modèles de défaut (Default Models : DM) applicables pour la première approche centrée uniquement sur le défaut. Nous citons à titre d'exemple CreditRisk+ de Credit suisse First Boston (CSFB) modèle qui sera largement traité ultérieurement.
- Modèles Market to market (MTM) applicable pour la deuxième approche centrée uniquement sur le rating de l'emprunteur, tel que par exemple CreditMetrics de JP.Morgan.

III. Composantes de risque de crédit

Avant l'évaluation du risque de crédit, il est indispensable de déterminer et d'identifier les différentes composantes propres à ce risque. Ces composantes sont principalement : la

probabilité de défaut « **PD** », la perte en cas de défaut « **LGD** » et l'exposition en cas de défaut « **EAD** » :

1. **la probabilité de défaut (PD)** : constitue la composante la plus importante du risque de crédit, exprimée en pourcentage et elle correspond à la probabilité qu'un événement de défaut se réalise à un horizon donné.

2. **La perte en cas de défaut (LossGiven Default : LGD)** : constitue la perte réellement constatée après un événement de défaut. La détermination de ce paramètre suppose l'estimation des taux de recouvrement obtenus selon les transactions et catégories de clients ayant connu le défaut. Le LGD est exprimé en pourcentage et il est déterminé comme suit :

$$LGD = 1 - T$$

Avec :

- LGD : La perte en cas de défaut ou encore LossGiven Default en %

- T : Taux de recouvrement en %

D'après la formule précédente, la détermination de LGD est intimement liée à la détermination de taux de recouvrement. Ce dernier est difficilement modélisé et anticipé, pour simplifier son calcul, plusieurs banques adoptent une approche simple considérant le taux de recouvrement constant.

3. Exposition en cas de défaut (ExposureAt Default : EAD) :

Constitue la perte maximale que peut subir une banque avec un taux de recouvrement nul. Autrement dit, elle correspond à la somme actuelle dans le bilan : du principal et des intérêts, dus au titre d'une dette donnée.

Pour les éléments hors bilan, l'EAD est difficilement anticipé, cela implique la nécessité de disposer de procédures d'estimation EAD pour le hors bilan.

Section n°2 : Contexte tunisien en matière de gestion du risque de crédit

La réglementation tunisienne en matière de gestion du risque de crédit est détaillée dans la circulaire n° 91-24 du 17 décembre 1991. Cette dernière s'inspire des normes et des accords internationaux de Bâle. Elle a été mise à jour par les circulaires suivantes :

- la circulaire 2012-09 (juin 2012) : relative à la constitution des provisions à caractère général dénommées « provisions collectives » pour couvrir les risques relatifs aux engagements courants (classe 0) ainsi que ceux nécessitant un suivi particulier (classe 1) ,
- La circulaire 2013-21 (décembre 2013) qui exige des établissements de crédit de constituer des provisions additionnelles sur les actifs ayant une ancienneté dans la classe 4 supérieure ou égale à 3 ans pour la couverture du risque net et ce, conformément aux quotités minimales suivantes :
 - 40% (les actifs ayant une ancienneté dans la classe 4 de 3 à 5 ans)
 - 70% (les actifs ayant une ancienneté dans la classe 4 de 6 et 7 ans)
 - 100% (les actifs ayant une ancienneté dans la classe 4 supérieure ou égale à 8 ans).
- la circulaire 2014-14 (novembre 2014) qui a introduit le ratio de liquidité à court terme. Le LCR inspiré de Bâle 3 ne doit pas être inférieure à :
 - 60% à compter du 1er janvier 2015
 - 70% à compter du 1er janvier 2016
 - 80% à compter du 1er janvier 2017
 - 90% à compter du 1er janvier 2018
 - 100% à compter du 1er janvier 2019
- La circulaire 2016-03 (Juillet 2016) relative au calcul des exigences en fonds propres au titre du risque opérationnel qui doit être égale à 15% de la moyenne du produit net bancaire calculée sur les trois derniers exercices comptables
- La circulaire 2016-06 (Octobre 2016) par laquelle la Banque Centrale de la Tunisie incite les banques à renforcer leurs systèmes de notation interne dans le cadre de la migration d'une supervision basée sur la confrontation vers une supervision basée sur la concentration des risques.

I. Division et la couverture des risques

Afin de diffuser le risque, la BCT a imposé les ratios suivants :

- Le montant total des risques encourus ne doit pas excéder :
- 3 fois les fonds propres nets de la banque, pour les bénéficiaires dont les risques encourus s'élèvent, pour chacun d'entre eux, à 5% ou plus desdits fonds propres nets
- 1,5 fois les fonds propres nets de la banque, pour les bénéficiaires dont les risques encourus s'élèvent, pour chacun d'entre eux, à 15% ou plus desdits fonds propres nets.
 - Les risques encourus sur un même bénéficiaire ne doivent pas excéder 25 % des fonds propres nets de la banque.

Sont considérés comme "même bénéficiaire" les emprunteurs affiliés à un même groupe. Le qualificatif de "groupe" est attribué à deux ou plusieurs personnes morales ayant entre elles des interconnexions telles que :

- une interdépendance commerciale ou financière directe telle que les difficultés de l'une se répercutent automatiquement sur l'autre
- des participations directes ou indirectes au capital se traduisant par un pouvoir de contrôle.
 - Le montant total des risques encourus sur les personnes ayant des liens avec l'établissement de crédit, ne doit pas excéder une seule fois les fonds propres nets.
 - Les établissements de crédit doivent respecter en permanence un ratio de solvabilité qui ne peut être inférieur à 8% calculé par le rapport entre les fonds propres nets et le total actif (bilan et hors bilan) net pondéré. Les fonds propres nets sont constitués : des fonds propres nets de base, qui ne peuvent être inférieurs en permanence à 6% des risques encourus à fin 2013 et à 7% des risques encourus à partir de fin 2014, et des fonds propres complémentaires.

Ce ratio est porté à 9% à fin 2013 et à 10% à partir de fin 2014.

II. Suivi des engagements et classification des actifs

Afin de suivre ses engagements chaque banque doit exiger :

- Un rapport d'audit externe pour le suivi de ses concours financiers aux entreprises ayant auprès d'elle des risques dépassant 10 % de ses fonds propres.

- Les états financiers de l'exercice précédant l'année de l'octroi de crédit, certifiés par un commissaire aux comptes légalement habilité ainsi que les états financiers des exercices qui suivent l'année de l'octroi de crédit, certifiés par un commissaire aux comptes légalement habilité de leurs clientèles dont les engagements auprès du système financier dépassent cinq (5) millions de dinars.

A noter que la banque peut à l'appui de tout engagement pris au cours des six premiers mois de l'année de l'octroi de crédit, accepter les états financiers de l'avant-dernier exercice à condition qu'ils soient certifiés par un commissaire aux comptes légalement habilité

- notation récente attribuée par une agence de notation à leurs clientèles non cotées en Bourse et dont les engagements auprès du système financier dépassent vingt-cinq (25) millions de dinars.

De plus, Les banques sont tenues de procéder à la classification de tous leurs actifs quelle qu'en soit la forme, qu'ils figurent au bilan ou en hors bilan et qu'ils soient libellés en dinars ou en devises.

Les actifs détenus directement sur l'Etat ou sur la BCT ne font pas l'objet de classification.

Pour l'évaluation du risque d'insolvabilité, les Etablissements de crédit doivent distinguer leurs actifs du bilan et du hors bilan en « actifs courants » et « actifs classés » en fonction du risque de perte et de la probabilité de recouvrement.

La distinction entre actifs courants et actifs classés ou entre actifs classés eux-mêmes doit faire l'objet d'une mise à jour continue. Les actifs classés doivent obéir à des règles spécifiques en matière de comptabilisation de leurs produits.

1. Actifs courants :

Sont considérés comme actifs courants, les actifs dont la réalisation ou le recouvrement intégral dans les délais paraît assuré et qui sont détenus sur des entreprises dont :

- La situation financière est équilibrée et confirmée par des documents comptables certifiés datant de moins de 18 mois et des situations provisoires datant de moins de 3 mois

- La gestion et les perspectives d'activité sont jugées satisfaisantes sur la base des rapports de visites
- La forme et le volume des concours dont elles bénéficient sont compatibles tant avec les besoins de leur activité principale qu'avec leur capacité réelle de remboursement.

2. Actifs classés :

Selon l'article 91-24 prévu par la BCT, il existe 4 types d'actifs classés tel que présentés ci-dessous :

a. Classe 1 : Actifs nécessitant un suivi particulier

Font partie de la classe 1, tous les actifs dont la réalisation ou le recouvrement intégral dans les délais est encore assuré et qui sont détenus sur des entreprises qui présentent l'une au moins des caractéristiques suivantes :

- Le secteur d'activité connaît des difficultés
- La situation financière se dégrade.

b. Classe 2 : Actifs incertains

Font partie de la classe 2, tous les actifs dont la réalisation ou le recouvrement intégral dans les délais est incertain et qui sont détenus sur des entreprises qui connaissent des difficultés financières ou autres pouvant mettre en cause leur viabilité et nécessitant la mise en œuvre de mesures de redressement.

Outre les caractéristiques définies à la classe 1, ces entreprises présentent l'une au moins de celles qui suivent :

- La forme et le volume des concours ne sont plus compatibles avec leur activité principale
- L'évaluation de la situation financière ne peut plus être mise à jour à cause d'une défaillance au niveau de la disponibilité de l'information ou de la documentation nécessaire
- L'existence de problèmes de gestion ou de litiges entre associés
- L'existence de difficultés d'ordre technique, de commercialisation ou d'approvisionnement

- La détérioration du cash-flow qui compromet, en l'absence d'autres sources de financement, le remboursement des dettes dans les délais
- L'existence de retards de paiement des intérêts ou du principal supérieur à 90 jours sans excéder 180 jours.

Font également partie de la classe 2, les autres actifs restés en suspens et non apurés dans un délai de 90 jours sans excéder 180 jours.

c. Classe 3 : Actifs préoccupants

Font partie de la classe 3 tous les actifs dont la réalisation ou le recouvrement est menacé et qui sont détenus sur des entreprises dont la situation suggère un degré de pertes éventuelles appelant une action vigoureuse de la part de l'Etablissement de crédit pour les limiter au minimum.

Ces actifs sont généralement détenus sur des entreprises qui présentent avec plus de gravité, les caractéristiques de la classe 2. Les retards de paiements des intérêts ou du principal sont généralement supérieurs à 180 jours sans excéder 360 jours.

Font également partie de la classe 3, les autres actifs restés en suspens et non apurés dans un délai de 180 jours sans excéder 360 jours.

d. Classe 4 : Actifs compromis

Font partie de la classe 4 :

- Les créances pour lesquelles les retards de paiements des intérêts ou du principal sont supérieurs à 360 jours
- Les actifs restés en suspens au-delà de 360 jours
- Les autres actifs qui doivent être passés par pertes. La banque est tenue néanmoins d'épuiser toutes les procédures de droit tendant à la réalisation de ces actifs.

III. Constitution de provisions

Les Etablissements de crédit doivent constituer des provisions au moins égales à :

- 20% pour les actifs de la classe 2
- 50% pour les actifs de la classe 3
- 100% pour les actifs de la classe 4

Ces provisions doivent être affectées spécifiquement à tout actif classé égal ou supérieur à 50 mille dinars. Il demeure entendu que la constitution des provisions s'opère compte tenu des garanties reçues de l'Etat, des organismes d'assurances et des Etablissements de crédit ainsi que des garanties sous forme de dépôts ou d'actifs financiers susceptibles d'être liquidés sans que leur valeur soit affectée.

Les biens meubles et immeubles donnés en garantie par les emprunteurs ne sont considérés comme des garanties valables que dans le cas où l'Etablissement de crédit dispose d'une hypothèque dûment enregistrée et que des évaluations indépendantes et fréquentes de ces garanties sont disponibles. En outre, la possibilité d'une liquidation rapide sur le marché au prix d'évaluation doit être assurée.

Section n°3 : Règlementation bancaire en matière du risque de crédit à l'échelle internationale

Dans les années 80, l'environnement bancaire a connu de nombreuses mutations liées notamment au rôle de la banque fortement évolué à cause des « 3D » : décloisonnement, désintermédiation, déréglementation. Ces trois transformations ont été accompagnées d'une perte du rôle centrale des banques comme étant un financeur exclusive de l'économie au profit du marché.

Afin de diversifier leurs sources de profit et pour accroître leurs rendements, il y a eu un accroissement substantiel des activités bancaires négligeant par fois les bonnes pratiques de gestion. Cette évolution considérable de la fonction bancaire a parallèlement engendré des crises majeures³ associées à une mauvaise gestion des risques. Pour contourner ces risques, plusieurs gouvernements ont mis en place des normes prudentielles et de contrôle afin de stabiliser le système financier international.

C'est alors, Suite à la proposition du directeur de la Banque d'Angleterre Monsieur « PETER COOK » et sous l'impulsion des dix pays du « G10 »⁴, elle a été la création du

³Crise de la dette des pays émergeant des années1980, les crises spéculatives dans les années1980 sur les marchés de change et le Krach boursier de 1987 ainsi plusieurs faillites bancaires de poids

⁴Allemagne,Belgique,Canada,Espagne,États-Unis,France,Italie,Japon,Luxembourg,Pays-Bas,Royaume-Uni,Suède et Suisse

Comité de Bâle : une sorte de forum où sont traités de manière régulière (quatre fois par an) les sujets relatifs à la supervision bancaire.

C'est dans ce cadre que s'inscrit cette section. Nous présenterons l'évolution temporelle des accords de Bâle.

I. Accord de Bâle1 :1988

Suite à l'avènement des différents scandales et faillites bancaires, dû principalement à la transition d'une économie d'endettement à une économie de marché, la banque des règlements internationaux a mis en place des normes et des recommandations prudentielles relatives essentiellement au risque de crédit en créant le « ratio de solvabilité » ou aussi « ratio Cooke⁵ ». Ce ratio constitue le principal apport de l'accord 88 qui exige le respect d'un seuil minimal des fonds propres. Il a connu par la suite des améliorations parmi lesquelles celle de 1996 en incorporant le risque de marché et les risques hors bilan.

1. Le ratio Cooke

Le ratio Cooke est un ratio de solvabilité recommandé par le Comité de Bâle visant à garantir un niveau minimum de capitaux propres, afin d'intensifier la solidité financière des banques.

Ce ratio est le rapport entre les fonds propres et les encours pondérés de crédit, il ne doit pas être inférieur à la limite minimale de 8%.

$$RatioCooke = \frac{\text{Fonds propres nets}}{\text{Encours pondérés de crédit}} \geq 8\%$$

⁵Par référence au président du Comité de l'époque

D'autre part, le Comité de Bâle a bien définie les éléments constitutifs des fonds propres nets composés principalement de deux catégories : les fonds propres nets de base et les fonds propres complémentaires :

- Fonds propres de base : ils comprennent le capital social et les réserves.
- Fonds propres complémentaires : ils regroupent les réserves de réévaluation, les quasi-fonds propres comme les dettes subordonnées⁶, les instruments hybrides de dette et de capital.

2. Pondération des risques

Pour déterminer l'encours pondérés de crédit, l'accord 88 prévoit un taux de pondération forfaitaire pour chaque élément d'actif du bilan et de hors bilan qui reflète le risque associé à cet actif. Cette pondération se présente comme suit :

Tableau 1: pondération des risques selon Bâle 1

Pondération	Nature des encours
0%	Créances sur les Etats
20%	Créances sur les banques et les collectivités locales
50%	Créances garanties par des hypothèques ou crédit- bail immobilier
100%	Toute autre créance telle que les obligations du secteur privé, la dette des pays en voie de développement

Le ratio de solvabilité est fondé sur un mécanisme simple. En effet à une date donnée, le portefeuille de crédits détenus par une banque doit donner lieu à la constitution d'un capital minimum destiné à couvrir les pertes potentielles sur ce portefeuille.

⁶Les dettes dont le remboursement n'intervient qu'après celui de toutes les autres dettes

3. Avantages de l'accord de Bâle 1

Les principaux avantages du ratio de solvabilité peuvent être résumés dans les points suivants :

- La simplicité méthodologique du ratio de solvabilité qu'elle a facilité sa mise en place et elle a favorisé sa diffusion dans plusieurs pays.
- Le renforcement de la solvabilité des banques grâce à l'exigence de respect du « ratio Cooke »
- Harmonisation des règles de concurrence : en effet les banques seront confrontées aux mêmes contraintes et tiendront en compte uniformément dans la gestion de leurs activités.
- Meilleure sélection des dossiers de crédits, en effet ce ratio réglementaire minimum devrait contraindre les banques à une meilleure distinction entre les bons risques et les mauvais risques.

4. Les limites de l'accord de Bâle 1

Malgré tous les avantages constatés précédemment, l'accord initial de Bâle 1 a été fortement critiqué. Parmi ces critiques nous citons :

- Manque de fondement économique au choix du niveau de 8%, choix arbitraire basé sur une observation théorique du cas américain pas forcément transposable à d'autres économies, notamment les économies émergentes ;
- Sardi (2004)⁷ souligne que « toutes les banques qui ont fait faillite respectaient parfaitement le ratio Cooke » ;
- Négligence des interdépendances entre les différents risques composant le portefeuille de crédit en considérant ce dernier comme une simple addition. Ce ratio néglige l'effet de la diversification, d'où la nécessité d'utiliser la théorie du portefeuille ;

⁷Sardi(2004) « Bâle2 », édition afdgés,Paris.

- Négligence de la composante durée résiduelle des encours. Les expositions au risque sont traitées uniformément, toutes les durées confondues, alors que le risque de crédit s'accroît significativement avec la durée d'exposition au risque de crédit.
- Selon Roncalli(2004) « la principale critique formulée à l'encontre du ratio Cooke provient de l'absence de fondement économique des coefficients de pondération appliqués aux actifs...». En effet cette pondération néglige des éléments essentiels d'appréciation du risque tel que le rating de la contrepartie ou encore la durée des engagements.

Victime de sa simplicité qui a fait sa réussite, Bâle 1 s'est heurté à la réalité des risques encourus par les banques mais il reste incapable de s'adapter aux évolutions. D'où l'introduction du nouveau projet destiné à corriger l'ancien accord : accord de Bâle 2.

II. Accord de Bâle 2: 2004

Apparu en 2001, cet accord de Bâle 2 vient en premier lieu palier les limites de Bâle 1. Dans cette mesure, il se veut mieux adapté au contexte des marchés internationaux. Il vise, également, une meilleure évaluation des risques bancaires en imposant un ensemble de mesures à suivre en matière de surveillance prudentielle et de transparence. Son application était prévue pour Janvier 2004, mais sa réalisation effective n'a eu lieu qu'en fin décembre 2006.

L'objectif de ce dispositif Bâlois est de permettre une gestion plus fine des risques en phase avec la réalité économique. L'architecture de ce Bâle s'appuie sur trois piliers :

- Pilier 1 : Exigences minimales de fonds propres
- Pilier 2 : surveillance prudentielle
- Pilier 3 : Discipline de marché

1. Pilier 1 : Exigences minimales de fonds propres

Le premier pilier constitue le noyau dur de la réforme de Bâle 2, il vise à définir un nouveau ratio de solvabilité : le ratio Mc Donough qui remplacera le ratio Cooke et une méthode d'évaluation des risques.

a. **Ratio Mc Donough :**

Le ratio Mc Donough appréhende mieux les exigences en fonds propres en effet il a modifié l'assiette des risques en intégrant le risque opérationnel. Dans ce nouveau dispositif, la définition des fonds propres et l'exigence minimale de 8 % restent les mêmes, ce qui diffère c'est le risque encouru qui n'est pas exclusivement lié à l'activité de crédit mais englobe d'autres risques.

Le ratio Mc Donoughse présente ainsi :

$$\text{Ratio Mc Donough} = \frac{\text{Fonds propres nets}}{\text{Risque de crédit} + \text{Risque de marché} + \text{Risque opérationnel}} \geq 8\%$$

Dans la version de 2001 le comité de Bâle proposait la pondération des risques suivante :

Tableau 2: pondération des risques selon Bâle 2

Type de risque	Exigence en FP	Répartition
Crédit	6%	75%
Marché	0.4%	5%
Opérationnel	1.6%	20%
Total	8%	100%

Le tableau ci-dessus montre qu'avec 100 u.m la banque ne peut accorder des crédits que pour 6 u.m avec des restrictions pour les autres risques. Donc on peut conclure que cette pondération a permis d'assurer une meilleure stabilité micro-prudentielle avec un ratio mieux proportionné aux risques.

La limite minimale de 8% des fonds propres, requis sous Cooke et sous Mc Donough, nominalement c'est le même taux mais dans la réalité le taux sous Mc Donough est plus lourd sur les banques que son prédécesseur.

b. **Evaluation de risque de crédit :**

Autre que le remplacement du ratio Cooke par le ratio Mc Donough, cette nouvelle réglementation propose aux banques d'appliquer, aux encours de crédit, des coefficients de pondération plus fine afin de calculer les exigences en fonds propres.

Trois approches sont proposées pour la mesure du risque de crédit :

- Approche standard (standard Approach ou SA)
- Deux approches basées sur les notations internes (Internal Ratings Based ou IRB) :
 - IRB de base (IRB Fondation Approach)
 - IRB avancée (Advanced IRB Approach)

i. Approche standard (standard Approach ou SA) :

Bien qu'identique dans son principe à l'accord de 1988, le nouvel accord redéfinit la pondération des risques des différents actifs et des positions hors bilan afin de la rendre beaucoup plus sensible aux risques. La pondération de chaque actif est fonction du rating attribué par des agences de notation externes (comme Standard & Poor's, Moody's) ou autres organismes (Banque de France), les coefficients de pondération sont fixés par grande catégorie d'emprunteurs (souverain, banque ou entreprise).

Ci-après la grille des pondérations proposées pour les régulateurs. Les options proposées permettent au régulateur de choisir à sa discrétion la pondération qui correspond le plus à sa perception du risque :

Tableau 3 : Extrait de la grille de pondération des crédits selon Bâle 2

Grille de pondération		Ratings					
Nature de l'emprunteur		AAA à AA-	A+ à A-	BBB+ à BBB-	BB+ à B-	Moins de B-	Non coté
Etat		0%	20%	50%	100%	150%	100%
Banques ⁸	Option1	20%	50%	100%	100%	150%	100%
	Option2	20%	50%	50%	100%	150%	50%
Entreprises		20%	50%	100%	100%	150%	100%
Détail	Immobilier						40%
	Autres						75%

Source : Texte de l'accord de Bâle 2 (2006)

Il faut noter que le Comité de Bâle laisse le choix des méthodes aux banques. La méthode standard relativement simple à mettre en place, a vocation à être utilisée que par les banques n'ayant pas les moyens techniques et humains d'utiliser les méthodes fondées sur les notations internes. Cette méthode accorde un rôle clef aux agences de notation, ce qui constitue l'une des principales critiques adressées par les professionnels. En effet, le texte proposé laisse intervenir dans la réglementation bancaire des organismes privés « les agences de notation » répondant à des objectifs de recherche de rentabilité et non de service public.

ii. Approches basées sur les notations internes (Internal Ratings Based ou IRB) :

Contrairement à l'approche standard, les deux approches IRB reposent sur l'appréciation par les banques, de leur propre risque de crédit en se basant sur leurs propres systèmes de notation interne. De cette façon, les banques affinent le calcul de risque de crédit ce qui permet de réaliser des économies en termes de fonds propres à

⁸ Il existe deux options : soit une pondération basée sur celle de l'Etat ou la banque est établie avec déclassement d'un cran au niveau de la catégorie de rating soit une pondération basée directement sur le rating de la banque.

allouer qui se traduit par une meilleure convergence du capital économique⁹ et du capital réglementaire¹⁰.

Cependant, l'instauration des approches IRB nécessite au préalable l'autorisation des autorités de supervision afin de valider la puissance des modèles internes d'évaluation du risque de crédit de la banque.

De plus les banques doivent classer leurs expositions au sein de cinq sous-portefeuilles calqués sur les pratiques actuelles des banques : entreprises, souverains, banques, détail et actions.

Afin de déterminer l'exigence en fonds propres associé à une exposition donnée, les banques peuvent s'appuyer sur leurs estimations internes des composantes du risque de crédit tel que : la probabilité de défaut (**PD**), la perte en cas de défaut (**LGD**), l'exposition en cas de défaut (**EAD**) et l'échéance effective (**M**).

L'estimation de ses composantes dépend du choix de l'approche a utilisée :

- **Approche IRB Fondation** : la banque estime elle-même la probabilité de défaut de ses débiteurs et utilise les valeurs fournies par l'autorité de contrôle pour les autres paramètres de calcul des risques (EAD, LGD).
- **Approche avancée** : les banques fournissent l'ensemble des paramètres d'appréciation du risque de crédit.

Après la détermination de ces composantes (PD, LGD, EAD, M), il nous reste que de déterminer les exigences en fonds propres qui sont déterminés selon une fonction prévu par l'accord de Bâle 2.

⁹ Capital optimisé en fonction de risque et qui représente un vrai outil de pilotage stratégique pour les banques

¹⁰ Capital imposé aux banques par les autorités de supervision

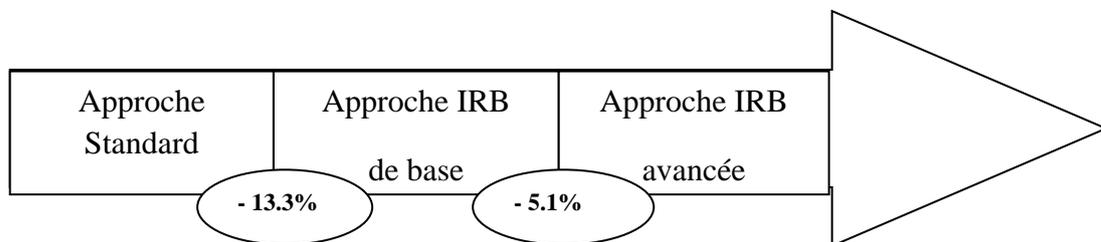
Cette fonction se présente comme suit :

$$\sum \left(\begin{array}{c} \text{Pondération} \\ F(\text{PD}, \text{LGD}, \text{M}) \end{array} * \begin{array}{c} \text{Exposition} \\ \text{EAD} \end{array} \right) = \begin{array}{c} \text{Exigences} \\ \text{en fonds propres} \end{array}$$

Ces approches revêtent une structure incitative en ce sens que l'exigence en fonds propres dans l'approche IRB avancée sera moindre que celle dans l'approche IRB de base et encore moindre que celle d'une approche standard.

Donc le passage d'une approche à une autre plus développée permet à la banque de réaliser des économies en termes de fonds propres. La figure suivante illustre les économies en fonds propres générées par les pays du G10 suite à l'application des approches avancées :

Figure 1: Economie en capital pour les pays du G10 suite à la mise en place de Bâle 2



Dans les pays G10, une banque peut économiser 13.3% des fonds propres lorsqu'elle adopte une approche IRB de base au lieu d'une approche standard alors qu'elle peut économiser 5.1% depuis une approche IRB de base vers une approche IRB avancée, soit un total d'économie en capital de 18.4% en passant d'une approche de base vers une approche IRB avancée.

2. Pilier 2 : Processus de surveillance prudentielle

Le processus de surveillance constitue un complément essentiel aux mesures de fonds propres réglementaires et aux règles quantitatives générales définies par le premier pilier. A cet effet, il fournit un package de principes indispensable à la surveillance prudentielle ainsi

que des conseils et des recommandations appropriés pour la gestion des risques en vérifiant l'adéquation entre les risques pris par une banque et l'allocation des fonds. Aussi, ce pilier incite les banques à développer des mécanismes de contrôle interne pour l'évaluation des risques et à intégrer d'autres moyens qui soient appropriés à la nature de leurs risques et à leurs cadres de contrôles.

A ce niveau, le rôle des autorités est de juger la qualité de l'évaluation interne des banques à travers un éventuel examen individualisé de l'établissement concerné. Les autorités sont aussi habilitées à majorer les exigences de capital réglementaires à la lumière des résultats de :

- Stress testing : la banque est tenue de prouver, la validité de ses fonds propres lors de simulations de situations extrêmes ;
- Back testing : la banque doit prouver la validité de ses méthodes statistiques sur des périodes assez longues (5 à 7 ans).

Afin de majorer les fonds propres, les autorités interviennent à travers les mesures correctives suivantes :

- Procéder au renforcement des fonds propres ;
- Appliquer une politique de provisionnement appropriée ;
- Limiter la distribution de dividendes.

3. Pilier 3 : Discipline de marché

Ce troisième pilier du Bâle 2 est axé sur la communication financière. Il vise à ce que les banques publient à fréquence régulière des informations financières quantitatives et qualitatives afin d'assurer la transparence. Il définit des exigences de communication financières pour les banques notamment en ce qui concerne : le périmètre d'application de l'accord, les fonds propres (le niveau, la structure et l'adéquation), les risques et les procédures d'évaluation des risques.

Ce pilier estime que la publication des informations significatives et utiles par les banques facilite le développement d'une discipline de marché efficace. Ce qui permet :

- D'inciter les banques à adopter des méthodes avancées, notamment l'approche IRB avancée pour le risque de crédit ;

- D'uniformiser les pratiques bancaires pour faciliter la lecture des informations aussi bien comptables que financières d'un pays à l'autre.

4. Avantages de l'accord de Bâle 2

Bâle 2 a permis une grande avancée en matière de gestion des risques bancaires. Il présente les avantages suivants :

- L'élargissement de la gamme des risques en incorporant le risque opérationnel ;
- L'affinement de la grille de pondération en approche standard et la précision d'évaluation en approche IRB permettant de mieux déterminer le risque de crédit et de générer des économies en capital ce qui permet une meilleure convergence entre le capital économique et le capital réglementaire ;
- Avoir une marge de manœuvre importante permettant aux autorités de régulations nationales d'adapter les recommandations nécessaires issues du nouvel accord.

5. Les limites de l'accord de Bâle 2

Malgré une véritable avancée qui venait essentiellement élargir la gamme des risques couverts par Bâle 1 et améliorer les méthodes de calcul des coefficients de pondération des risques, l'accord Bâle 2 a été entaché par la crise de 2007-2009 pour les raisons suivantes :

- Une incorporation au niveau des fonds propres des éléments hybrides potentiellement instables et toxiques qui se sont révélés inefficaces dans l'absorption des pertes ;
- Une parfaite centralisation autour des préoccupations micro-prudentielles et une négligence absolue de risque systémique. En effet cette régulation « banque par banque » qui s'intéresse uniquement à limiter la probabilité d'échec de chaque banque étudiée isolément ne suffit pas à assurer la stabilité du secteur bancaire. Preuve à l'appui, la crise financière de 2007-2009 s'est amplifiée par la forte interconnexion entre les différents établissements bancaires ;

- Absence d'une maîtrise complète des risques car ce présent accord ne présente pas des exigences en capital en matière de risque de liquidité. Un risque pourtant majeur et qui menace fortement les banques ;
- La pro-cyclicité provoqué par Bâle 2. En effet, au numérateur du ratio Mc Donough se trouve les fonds propres et au dénominateur, il y a les risques pondérés. En période de récession, les fonds propres diminuent et les risques augmentent. Les banques, ne trouvant pas de financement, réduisent leurs crédits pour respecter le ratio réglementaire. Ce « creditcrunch » ralentit l'activité des entreprises qui n'ont plus accès aux crédits.
- Une sous-pondération dans le calcul du ratio des risques de marché quant aux produits les plus complexes notamment la titrisation. Il est aussi important de souligner les problèmes d'évaluation des produits dérivés du « hors-bilan ». Cette situation a amené les banques vers une mauvaise appréciation des risques encourus et a donc généré une inadéquation entre les niveaux des fonds propres exigés et la réalité des risques encourus.

III. Accord de Bâle 3

Après les accords de Bâle 1 en 1988 et Bâle 2 en 2004, il y a eu la mise en œuvre des règlements de Bâle 3, fin 2010. Ces accords apportent des améliorations profonde de Bâle 2 en renforçant son approche micro-prudentielle pour améliorer la résilience des banques durant les épisodes de tensions et en intégrant ainsi une dimension macro-prudentielle en cherchant à endiguer les risques systémiques et leur amplification pro-cyclique.

1. Les mesures de réforme micro-prudentielle

Ces réformes ont pour objectif le renforcement de la réglementation notamment en termes de qualité et de quantité des fonds propres, de liquidité, de transparence et de communication financière.

a. Renforcer le niveau et la qualité des fonds propres :

Les nouvelles exigences de fonds propres mettent d'avantage l'accent sur l'amélioration de la qualité du « noyau dur » des capitaux des banques soit le « Coretier 1 » qui doit être principalement constitué d'actions ordinaires et assimilées et de bénéfices non

distribués. Cette amélioration de qualité tient compte de la capacité des fonds à absorber les pertes. En effet, l'allocation de fonds propres dit durs aux activités les plus risquées permet d'améliorer la solvabilité des banques.

L'amélioration de la qualité des fonds propres réglementaires entre Bâle 2 et Bâle 3 est présentée par la figure ci-dessous :

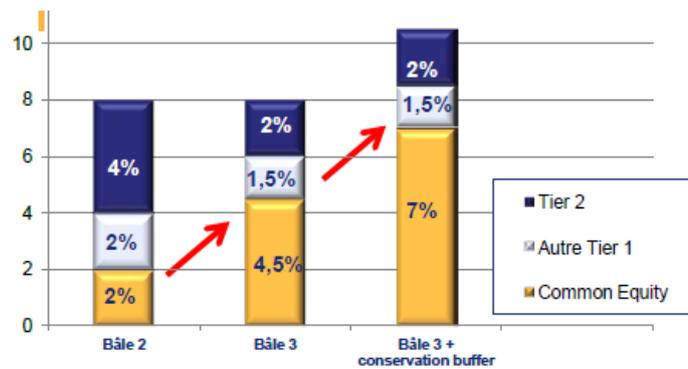
Figure 2 : Composition des fonds propres réglementaires entre Bâle 2 et Bâle 3

Bâle II			Bâle III	
Core Tier 1	Actions ordinaires Réserves Intérêts minoritaires	>	Core Tier 1	Actions ordinaires (déduction de certaines participations) Réserves Certains intérêts minoritaires
Tier 1 Hybride	Actions préférentielles Titres super subordonnés	>	Tier 1 Hybride	Actions préférentielles Titres super subordonnés
Tier 2	Titres subordonnés a durée indéterminée Titres subordonnés a durée déterminée	>	Tier 2	Certains Titres subordonnés (maturité > 5ans)
Tier 3	Titres subordonnés destinés à couvrir le risque de marché	>	Tier 3	Disparition du Tier 3

Source :AlgoF

Quant au volet quantité, le présent accord exige désormais des niveaux plus élevés de fonds propres. L'élément le plus solide des fonds propres a été augmenté à 4.5% soit 2.5% de plus que l'ancien niveau. A ce dernier s'ajoute un volant dit de conservation (2,5 % des actions ordinaires) que les banque sont tenues de respecter pour faire face à de futures périodes de tensions. A cet effet, le Tier 1 qui constitue les fonds propres de base destinés à assurer la continuité d'exploitation de la banque passe de 4% à 7%. Ceci étant dit le seuil des fonds propres qui représente la somme des fonds du Tier 1 et celle des Fonds propres complémentaires servant à absorber les pertes doit à tout moment, être au moins égal à 8,0% des actifs pondérés, un seuil qui est resté inchangé. Ce graphe illustre parfaitement l'évolution quantitative des exigences en fonds propres :

Figure 3 : l'évolution quantitative des exigences en fonds propres



Source : Autorité de contrôle prudentiel (Banque de France)

b. Ratios de liquidité :

Vu le rôle qu'a joué la liquidité dans la récente crise financière, Bâle 3 apporte deux normes réglementaires soient le ratio de liquidité à court terme (LCR Liquidity Coverage Ratio) présenté comme suit :

$$LCR = \frac{\text{Actifs liquides}}{\text{Flux de cash sortant nets}} \geq 100\%$$

Et le ratio structurel de liquidité à long terme (NSFR Net Stable Funding Ratio) présenté comme suit :

$$NSFR = \frac{\text{Ressources Stables}}{\text{Besoin de financement stables}} \geq 100\%$$

Ces deux ratios servent à répondre aux deux objectifs complémentaires puisque le LCR est censé soutenir la résistance immédiate des banques face à une potentielle situation de tension de liquidité alors que le NSFR est plutôt destiné à couvrir les besoins de financement en présence de tensions plus prolongées et moins sévères.

c. Introduction d'un effet de levier :

Visant à maîtriser les pratiques d'endettement démesurables des banques, ce comité a introduit un ratio d'endettement. Ce ratio indépendant du risque tend à limiter le recours abusif à l'effet de levier au sein du système bancaire et ainsi gérer la croissance des bilans.

$$\text{Ratiodelevier} = \frac{\text{Fonds propres de base}}{\text{Total des actifs}}$$

A ce titre, il est basé sur la taille du bilan des banques et il est défini comme étant le rapport entre les fonds propres et le total de bilan. Le seuil maximum de ce ratio a été fixé à 3% du capital Tier 1 soit l'équivalent d'un total des expositions aussi bien en bilan qu'hors-bilan ne dépassant pas 33 fois le capital Tier 1 des banques. Toutefois, il a été convenu de suivre l'évolution de ce ratio et d'étudier son impact sur les banques durant une période de test pour au final y apporter des ajustements.

d. Couverture des risques du portefeuille

Bâle 3 s'est intéressé aux risques provenant des expositions aux éléments hors bilan et des structures dérivés. C'est dans ce cadre qu'un certain nombre d'initiatives ont été entreprises :

- Nécessité d'aligner les pondérations des engagements de titrisation sur les expositions du portefeuille bancaire ;
- Renforcer les exigences en terme de gestion du risque de contrepartie (collatéraux, stress tests) ;
- Allouer des charges de capital additionnelles pour couvrir les pertes potentielles de valeur ayant relation avec le risque de défaut ou la possible dégradation de la note de la contrepartie ;
- Meilleure prise en considération du risque de corrélation entre les institutions financières ;
- Encourager le recours aux chambres de compensation pour les engagements sur les instruments dérivés ;

e. surveillance des risques et la transparence

Bâle 3 a aussi apporté des améliorations quant au deuxième pilier de Bâle 2. Par ailleurs, il incite à une meilleure gestion des risques¹¹ et des rendements au sein des établissements bancaires. Il soulève les problèmes de gouvernance et il s'adresse aux pratiques de rémunérations.

Ces améliorations ont touché aussi le troisième pilier de Bâle 2 consacré à la discipline du marché afin de remédier aux lacunes de la communication financière mises à la lumière durant la crise. Dans cette optique d'encouragement de la transparence, le Comité exige les banques à communiquer tous les éléments faisant partie des fonds propres réglementaires et des informations concernant leurs pratiques de rémunération dans l'objectif de promouvoir une discipline de marché plus efficace.

2. Les mesures de réforme macro-prudentielles

Riche de l'expérience de la crise, le comité de Bâle adopte désormais une vision macroscopique plus large et plus globale qui s'intéresse à la pro-cyclicité et aux risques systémiques.

a. La pro-cyclicité :

L'idée essentielle pour contrer cette caractéristique du Bâle 2 est la constitution par les banques en période favorable d'un coussin de fonds propres servant à être mobiliser en cas de période de tension pour absorber des pertes qui menacent la stabilité financière. Appelé aussi volant contra-cyclique, il est constitué de résultats mis en réserve en période ascendante du cycle pour éviter l'éventuel assèchement dans les phases basses du cycle. Ce dispositif oscille entre 0 et 2,5 % et est fonction de la conjoncture nationale. Il est laissé à la discrétion du régulateur national. Si ce dernier estime que les évolutions macroéconomiques sont précurseurs de chocs d'envergure systémique, il peut activer ce dispositif et imposer un coussin contra-cyclique additionnel qui vient renforcer des exigences minimales des fonds propres. Une fois mis en place, ce volant permet de réduire la création excessive de crédit. Ce volant assure ainsi une prise en considération de l'environnement macro-financier dans lequel évoluent les banques et leur permet de gérer leurs difficultés à leurs niveaux sans les transmettre aux autres institutions.

¹¹Les risques liés aux expositions hors bilan et aux titrisations et la gestion de la concentration des risques.

b. Les risques systémiques :

Le risque systémique est défini comme étant le « risque qu'un choc économique comme une défaillance du marché ou des institutions financières puissent être à l'origine d'une suite de défaillance au niveau des institutions ou des marchés financiers provoquant ainsi la non disponibilité de fonds suffisants ou une augmentation des coûts de capital¹² ». A ce titre, le Bâle 3 prévoit d'imposer une réglementation plus rigoureuse et un suivi particulier afin d'appréhender le risque systémique. C'est ainsi qu'a été introduite la notion de SIFI pour Systemically Important Financial Institutions. Le principe de base est d'aligner les normes réglementaires sur le poids de l'établissement en question au sein du système et de ne pas se limiter au risque qu'il génère à titre individuel. Dans cette mesure, ce type d'institutions systémiquement importantes se verra éventuellement appliquées des exigences supplémentaires de fonds propres pour renforcer leurs capacités d'absorption des pertes. Le comité de Bâle introduit aussi la notion de G-SIFI qui sont des établissements financiers d'envergure internationale dont la taille, le réseau d'interconnexion et l'importance mondiale font que leur échec entraînerait un dysfonctionnement important au niveau mondial. Bâle 3 avance, désormais, une batterie d'outils macro-prudentiels spécifiques qui pourront s'adapter aux aspects temporel (accumulation dans le temps) et transversal (touche un important nombre d'institution) du risque systémique.

¹²Schwarcz, S.L. (2008), « *Systemic risk* », *Georgetown Law Journal*, 97(1).

Conclusion

Au terme de ce premier chapitre, il apparaît claire que les autorités prudentielles ont accordé la plus grande importance à la gestion du risque de crédit qui a été l'objet de l'accord de Bâle1 modifié par la suite par le Bâle 2 demeuré insuffisant pour gérer les risques bancaires et stabiliser le systèmes bancaire international ainsi que le système financier. Ceci a été confirmé par la crise 2007-2009 qui a fait naître la réforme Bâle 3 jugé insuffisante par certains théoriciens et praticiens pour faire face aux crises, dans la mesure où elle laisse certains éléments en suspens à l'instar du risque systémique. Bâle 3 ne s'attaque qu'à quelques-uns de ses facteurs et en délaisse les autres. A ce titre, l'uniformité des portefeuilles d'actifs peut mettre en péril la stabilité du système. Si en cas de crises toutes les banques commencent à se débarrasser des actifs de même nature simultanément, ceci provoquerait une chute inexorable des prix. Un autre facteur délaissé est la forte interconnexion entre les banques qui est un vrai précurseur d'effet de domino. Certes la mise en place de Bâle 3 est une nécessité pour faire prévaloir un système plus stable.

Il est aussi important de noter que l'optimisation de l'efficacité de Bâle 3 nécessite une réglementation prudentielle homogène à travers le monde et ce via une synchronisation de l'avancement à l'échelle internationale de Bâle 3. C'est donc sur un esprit de coopération internationale que repose toute la réussite du dispositif bâlois.

En marge de cette dynamique mondiale, l'environnement prudentiel bancaire tunisien reste marqué par sa lenteur d'adaptation aux standards internationaux et aux mutations d'outre frontières.

Pour conclure, malgré l'évolution des règles bâloises, ce cadre prudentielle reste insuffisant pour faire face aux crises. Ce qui pousse les banques à développer ses propres modèles, en interne, pour gérer le risque de leurs activités de crédit.

La littérature est très abondante en la matière et elle présente plusieurs modèles pour appréhender ce risque. Ceci sera l'objet de deuxième chapitre.

Chapitre 1 : Méthodes d'évaluation du risque de crédit

Introduction

Le risque de crédit est étroitement lié à l'activité bancaire. Cette activité est basée sur la notion d'intermédiation à travers la collecte des dépôts auprès des agents ayant un excédent de liquidité et les transférer, sous forme des crédits, vers les agents ayant un besoin de liquidité. Ceci est applicable dans une économie à culture d'endettement où le crédit bancaire est le moteur de croissance économique.

Il demeure ainsi essentiel de maîtriser, gérer et contrôler ce risque. Ceci a poussé les banques d'investir dans des techniques et des approches pertinentes permettent de mieux cerner, quantifier et anticiper ce risque.

A ce titre, la littérature et les théoriciens présentent une panoplie des techniques, tant que sophistiquées que simplistes. Cependant, il faut bien distinguer entre les techniques servant à mesurer le risque de crédit au niveau individuel, que ce soit un particulier ou une entreprise, de celles utilisées pour mesurer le risque au niveau d'un portefeuille de crédit.

A cet effet, l'intérêt de ce deuxième chapitre consiste à décrire dans une première section, les mesures usuelles du risque de crédit utilisées au niveau individuel qu'à niveau d'un portefeuille. Dans une deuxième section, nous traiterons les différentes mesures du risque de crédit au niveau individuel. Enfin et dans une dernière section, nous présenterons les principales mesures du risque de crédit d'un portefeuille basées sur la notion de Value At Risk (VAR).

Section n°1 : mesures usuelles du risque de crédit

La littérature présente plusieurs mesures possibles pour la détermination du risque de crédit. Dans cette section nous nous intéresserons aux mesures usuelles du risque de crédit puisqu'elles constituent un préalable indispensable à la compréhension de la suite de ce travail.

I. La perte attendue (Expected loss ou EL)

La perte attendue appelée aussi la perte moyenne ou encore la perte espérée, est l'espérance anticipée de la perte potentielle liée à l'activité de crédit.

La détermination de l'Expected Loss dépend de trois composantes du risque de crédit précédemment présentées dans le premier chapitre, à savoir la probabilité de défaut (PD), la perte en cas de défaut (LGD) et l'exposition en cas de défaut (EAD).

- Pour un individu la perte moyenne est déterminée comme suit :

$$EL_i = EAD_i \times LGD_i \times PD_i$$

- Pour un portefeuille de crédit nommé P composé de N individus, cette relation devient ainsi :

$$EL_p = \sum_{i=1}^N EL_i = \sum_{i=1}^N EAD_i \times LGD_i \times PD_i$$

L'EL est statistiquement mesurable et anticipée. Elle est couverte par la marge d'exploitation et les provisions et elle ne constitue pas, à proprement parler, un risque pour les banques.

II. Value At Risk (VAR)

La VAR est une mesure de risque bien connue dans le domaine de risque de marché qui a été transposé pour être appropriée dans le cadre de la gestion du risque de crédit et dans lequel elle est parfois désignée par le terme « Credit VAR » ou « Credit At Risk :CAR ». Cette mesure est néanmoins assez largement répondue.

1. Définition

La VAR correspond au montant de pertes qui ne devrait être dépassé qu'avec une probabilité donnée (seuil de confiance α) sur un horizon temporel donné (généralement 10 jours pour le risque de marché et 1an pour le risque de crédit).

Pour un horizon temporelle donné, la VAR est apparaît comme le quantile α d'une variable aléatoire « perte ». Formellement ceci se traduit par :

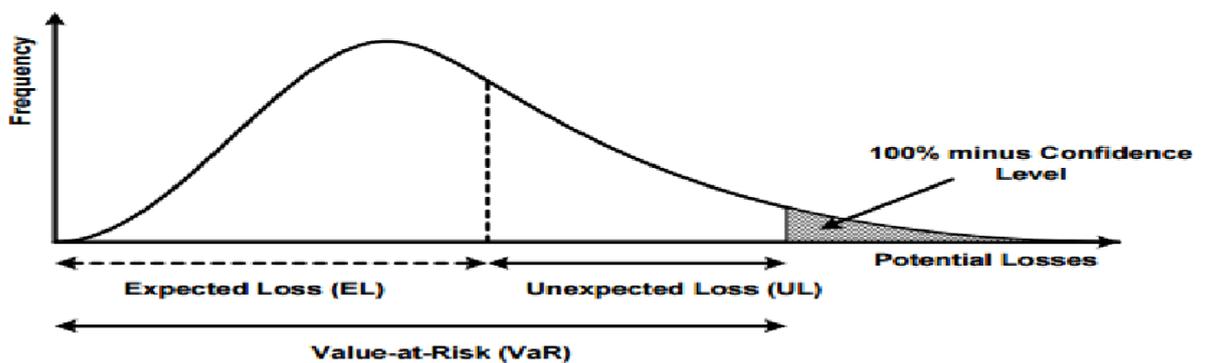
$$\text{Probabilité [Perte} > \text{VAR]} = \alpha$$

Ou encore :

$$\text{Probabilité [Perte} \leq \text{VAR]} = 1 - \alpha$$

La VAR est donc une mesure de quantile. Elle correspond à la plus petite perte à partir duquel $(1 - \alpha) \%$ la distribution est concentrée. La figure ci-dessous illustre graphiquement la définition du VAR précédemment évoquée :

Figure 4 : Présentation de l'approche VAR



La figure précédente illustre la distribution des pertes liées au crédit. L'axe des abscisses renseigne sur l'ampleur de la perte tandis que la perte n'excède pas un certain seuil est renseigné par l'aire sous la courbe. On constate que la VAR est d'autant plus élevée que le seuil de confiance $(1 - \alpha)$ choisi.

2. Les différentes méthodes d'estimation de la VAR

Il existe plusieurs approches d'estimation de la Value At Risk. On entend souvent par trois méthodes présentées par la littérature¹³ :

¹³Engle et Manganelli (2001)

- Méthode historique ;
- Méthode analytique ou paramétrique ;
- Méthode de simulation par Monte Carlo.

a. **Méthode historique** : cette méthode est basée sur des données observées. En effet, elle repose sur l'hypothèse que la distribution future des facteurs de risque est assimilée à celle observée sur une période passée.

La VAR historique est obtenu en suivant les étapes suivantes :

- 1) Calculer les rendements historiques des composantes du portefeuille ;
- 2) Trier ces rendements par ordre croissant ;
- 3) Calculer la VaR en fonction de seuil de confiance retenu.

Par exemple, afin de calculer la VAR historique à un jour sur un portefeuille composé de plusieurs actifs, il faut relever l'ensemble des gains et des pertes quotidiennes réalisées sur les 1.000 derniers jours. Une fois toutes ces données obtenues, il faut les classer par ordre croissant. La VAR à un jour à 99% de ce portefeuille est tout simplement égal à la 10ème plus basse variation observée dans l'historique.

L'avantage de cette méthode est qu'elle est très peu coûteuse en calcul et en technique, ainsi qu'elle prend en considération parfaitement les distributions de rendement des actifs du portefeuille. Enfin, aucune hypothèse préalable sur la forme de la distribution des facteurs de risque n'est nécessaire.

En revanche, cette simplicité engendre des limites. En effet, généralement l'historique est très limité ou s'il est disponible, on peut s'interroger sur la pertinence d'utiliser des données historiques très ancien pour appréhender un risque future. On parle donc de VAR pondéré donnant plus d'importance aux rendements les plus récents en lui accordant les pondérations les plus élevées.

b. **Méthode analytique ou paramétrique** : Cette méthode est basée sur des calculs statistiques. En effet, la loi jointe aux facteurs de risque peut être assimilée à une loi théorique permettant à l'aide de ses propriétés d'estimer les quantiles de distribution des pertes et des profits et donc la VAR d'une position ou d'un portefeuille.

Le principal avantage de cette méthode repose sur la rapidité et la simplicité des calculs qui nécessitent seulement une matrice de variance-covariance entre les divers actifs composant le portefeuille. Mais elle reste inadaptée aux portefeuilles non linéaires (instruments optionnels) et aux distributions non-normales des rendements.

c. **Méthode de simulation par Monte Carlo** : Cette méthode présente des points communs avec la méthode historique et la méthode paramétrique. Dans un premier lieu, elle spécifie la distribution jointe des facteurs de risque. Puis on crée à partir de cette loi, un très grand nombre de scénarios de variations des facteurs de risque. Ces scénarios servent aux calculs des résultats hypothétiques du portefeuille.

Donc la VAR est déterminé de la même façon que la VAR historique mais à partir d'un échantillon simulé.

Cette méthode permet dans la plupart des cas de calculer la VAR lorsque les autres méthodes ne le permettent pas. Elle convient à tous les types d'instruments y compris les produits optionnels. En revanche la mise en œuvre de cette méthode de simulation est très lourde et nécessite d'énormes calculs. Ainsi le principal défaut de cette méthode repose sur le temps de calcul nécessaire pour générer un grand nombre de scénarios.

3. Limites de la Value At Risk

La VAR présente principalement deux limites, respectivement :

- La non sous-additivité de la VAR qui fait que la somme des VAR individuelles différente à celle du portefeuille. Selon Planchet, Thérond et Jacquemin (2005) « La VAR n'est pas cohérente car elle n'est pas sous additive ». En effet il est essentiel de recalculer la VAR à chaque entrée ou sortie d'un titre du portefeuille si non le risque sera sous-estimé.
- La première limite réside dans l'hypothèse de normalité des variations des prix des différents actifs. En effet les pertes au-delà de la VAR ne sont pas renseignées. C'est-à-dire qu'une fois la VAR dépassée (on tombe dans les $\alpha\%$ de probabilité), la perte encourue est absolument inconnue en se basant seulement sur la VAR. ceci est

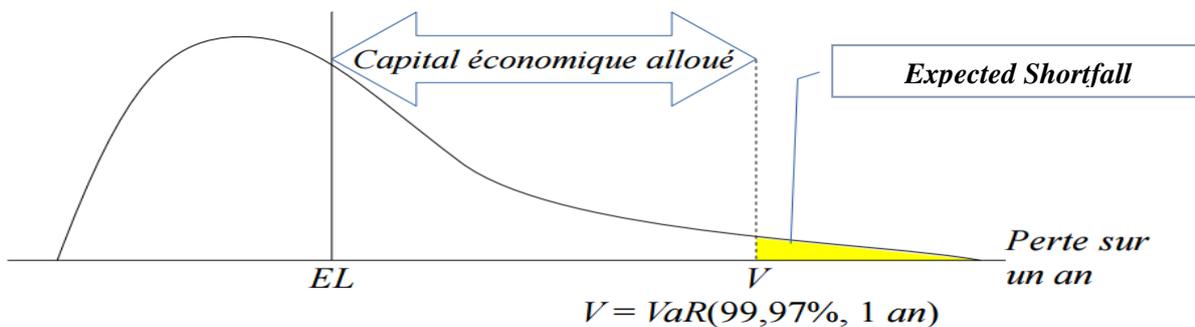
considéré dangereux pour les banques car les queues épaisses de distribution des pertes sur les crédits font que cette probabilité n'est pas négligeable (ce qui a été confirmé par les dernières crises notamment la crise des Subprime). Pour remédier cette limite les il est recommandé à opter pour un niveau de confiance très élevé (99,99%), d'adopter un « backtesting¹⁴ » ou un « stresstesting » afin de vérifier les résultats obtenus et de combiner l'approche Var avec d'autres technique de mesure de risque de crédit comme l'Expected shortfall (ES) que nous présentons ultérieurement.

III. Valeur conditionnelle en risque (Expected Shortfall ES)

L'ES est une mesure alternative à celle de la VAR .En effet elle permet de remédier, comme on a vue dans le paragraphe précédent, la non prise en compte de la perte au-delà de la VAR.

L'ES peut se définir comme étant l'espérance des pertes au-delà du seuil de la VAR, cela se traduit graphiquement comme suit :

Figure 5: Présentation de l'Expected Shortfall



Section n°2 : Mesure du risque de crédit au niveau individuel

¹⁴ Le système de backtesting consiste à déterminer le nombre de fois où la perte obtenue est supérieure à la VAR. Si ce nombre est trop important, il faut revoir le modèle utilisé pour le calcul

Pour la mesure et le contrôle du risque de crédit au niveau individuel, il existe plusieurs approches à savoir les approches dites interne à la banque telles que le système expert et le scoring et les approches dites externe à la banque telles que les ratings émis par des agences de notation spécialisées. De même, il existe d'autres approches fondées sur des modèles microéconomiques et de marché afin de pouvoir dériver une évaluation du risque.

C'est dans ce cadre que cette section se déroule, nous présenterons ces différentes approches énumérées ci-dessus sans faire les distinctions classiques entre les approches internes ou externes, actuarielles ou de marché et ce dans un souci de clarté.

I. Les ratings externes :

Cette méthode était développée depuis les années 1920 aux États-Unis avec l'essor des sociétés de chemins de fer. Le rating était un service d'évaluation proposé aux investisseurs pour un coût. Puis vers les années 1970, ce service devient payant pour les émetteurs et non plus pour les investisseurs. Nous commencerons, d'abord, par présenter les agences de notation externe pour ensuite, décrypter les ratings en tant qu'indicateur de risque.

1. Les agences de notation externes

Les agences de notation externe sont des sociétés chargées d'attribuer une notation financière afin d'évaluer le risque de solvabilité lié aux actifs financiers (obligations, actions...), aux collectivités (Etat) ou aux entreprises. Cette note aussi appelée rating est accordée en se basant sur certains critères qualitatifs ou quantitatifs (comptables, financières, nationales ou industrielles...). Un Etat bien noté (AAA chez Fitch rating par exemple) pourra se financer par l'émission d'une dette obligataire sur les marchés financiers à un meilleur coût que s'il était mal noté (BBB chez Fitch rating par exemple).

Les agences de notation les plus connues sont : Moody's, Standard & Poor's, et Fitch rating.

2. La crédibilité des agences de notation

La crédibilité des agences est remise en cause. Cela revient principalement au rôle joué par ces sociétés qui ne s'arrête pas exclusivement à l'attribution des notes mais il s'élargi

pour intégrer le rôle de conseil pour leurs sociétés clientes (par exemple pour structurer une émission obligataire ou une titrisation d'un bloc de créances). Ces deux rôles joués par ces agences nous ramènent à un conflit d'intérêts. Il est donc aisé de voir qu'elles auront tout intérêt à privilégier leurs « bons » clients en gonflant leurs notes.

On ne peut pas être à la fois juge et partie d'où découle une véritable problématique quant à la réelle indépendance de telles institutions, notamment lors de l'affaire « Enron » en 2001, et surtout au travers la crise de « Subprimes » en 2007-2009. En effet avec cette crise des titres qui avaient la note maximum « AAA » ont été réévalués, en quelques jours, au plus bas (CCC) ce qui démontre une incohérence dans les mécanismes de notation. On peut citer encore la crise de grecque pendant laquelle l'on a soupçonné les agences de rating de vouloir dévaluer l'Euro au profit du Dollar.

A travers ces exemples, on se demande jusqu'à quel degré les notes qu'elles attribuent reflètent la réalité du risque encouru.

Malgré cette polémique, souvent les institutions utilisent la notation externe attribuée par ces agences afin de gérer le risque de crédit, tout en se basant sur une hypothèse fondamentale, qui émane d'un large consensus sur le marché, considérant que ces notes reflètent le vrai niveau de risque.

3. Barème de notation externe

Selon Standard & Poor's, la notation externe est définie comme suit : « La notation est l'évaluation par une agence spécialisée et indépendante du risque de non paiement en temps et en totalité du principal et des intérêts relatifs à une obligation financière. Elle analyse donc à la fois la capacité et la volonté de l'émetteur de remplir ses fonctions contractuelles ».

D'après la définition ci-dessus, il ressort clairement que les notations de crédit sont délivrées sur la base d'une opinion indépendante, objective, crédible et transparente. Ces ratings sont généralement présentés sous forme d'une ou plusieurs lettres établissant en ensemble un « échelle de notation ».

Cette échelle de notation diffère d'une agence à une autre mais qui reste dans l'ensemble très proche comme la montre le tableau suivant :

Evaluation du risque de crédit par une approche Value at Risk et modélisation CreditRisk+

Tableau 4: l'échelle de notation des différentes agences de notation

Signification de la note	Moody's		Standard & Poor's		Fitch rating	
	Long terme	Court terme	Long terme	Court terme	Long terme	Court terme
première qualité (Prime)	Aaa	P-1 Prime-1	AAA	A-1+	AAA	F1+
Haute qualité (High grade)	Aa1		AA+		AA+	
	Aa2		AA		AA	
	Aa3	AA-	AA-			
Qualité moyenne supérieure (Upper medium grade)	A1	P-2	A+	A-1	A+	F1
	A2		A		A	
	A3	A-	A-2	A-	F2	
Qualité moyenne inférieure (lower medium grade)	Baa1	P-3	BBB+	A-3	BBB+	F3
	Baa2		BBB		BBB	
	Baa3		BBB-		BBB-	
Spéculatif (Non-investment grade, speculative)	Ba1	Non prime	BB+	B	BB+	B
	Ba2		BB		BB	
	Ba3		BB-		BB-	
Très spéculatif (Highly speculative)	B1		B+		B+	
	B2		B		B	
	B3		B-		B-	
Risque élevé	Caa1	Not prime	CCC+	C	CCC	C
Ultra spéculatif	Caa2		CCC			
En défaut, avec quelques espoirs de recouvrement	Caa3		CCC-			
	Ca		CC		C	
	C		C/CI/R		C	
En défaut spéculatif			SD		D	
	En défaut	D	D			

L'échelle de notation ci-dessus indique que la notation est divisée en plusieurs catégories, répartie selon un ordre croissant de risque de haut en bas: par exemple pour Standard & Poor's et Fitch, le rating commence de AAA (excellente capacité de remboursement) à D (défaut et suspension du remboursement de la dette).

Une autre distinction se fait communément séparant les firmes en deux catégories :

- « classe d'investissement: investment grade »: regroupe les firmes ayant une relative stabilité financière et un niveau de risque de crédit modéré.
- « classe spéculative : speculative grade ou sub-investment grade » : regroupe les firmes ayant une situation financière fragile et présentant une probabilité de défaut élevée

II. Le crédit scoring :

Durant ces dernières années et grâce au progrès des outils informatiques et statistiques, les banques sont de plus en plus orientées vers le crédit scoring, un modèle statique apte de traiter rapidement un grand nombre de dossiers de crédit avec un très faible coût. Ceci est le fruit de la standardisation de ce modèle selon des classes d'emprunteurs homogènes. En effet au sein d'une banque on trouve des modèles de scoring adaptés aux petites et moyennes entreprises (PME), et d'autres adaptés aux particuliers.

Le scoring correspond à une méthode d'analyse financière permettant de synthétiser un certain nombre de ratios sous forme d'un seul indicateur susceptible de distinguer les entreprises saines des entreprises défaillantes. En effet, ce mécanisme repose sur une étude empirique d'un ensemble de « n » entreprise ou particulier divisé en deux sous-échantillons (défaillante et saine) par une pondération des différentes variables discriminantes (généralement des ratios financiers) afin d'aboutir à un score qui reflète au mieux le risque de l'emprunteur.

Les méthodes de scoring les plus connues sont développées par Fisher (1936) et Altman (1968). La fonction discriminante présentée par Fisher est la suivante :

$$Y = f(x) = \alpha_1 X_1 + \alpha_2 X_2 + \dots + \alpha_j X_j + \dots + \alpha_n X_n = \sum_{j=1}^n \alpha_j X_j$$

Avec:

- Y : la variable expliquée
- X : le vecteur des ratios comptables et financiers
- α : le vecteur des coefficients associés aux ratios

La fonction Z-score développée par Altman se présente comme suit :

$$Z = \sum_{j=1}^n \alpha_j x_j + cste$$

Vu l'importance du système de credit scoring en tant qu'outil d'aide à la décision la banque à intérêt de construire un système fiable, stable et robuste offrant un taux de bon classement élevé que ce soit pour les décisions de refus, d'accord ou dans la globalité. Pour créer ce système il est nécessaire de passer principalement par trois étapes¹⁵:

- la constitution de l'échantillon initial : selon DIETSCH et PETEY (2003) l'échantillon doit contenir le maximum d'informations quantitatives (les méthodes modernes peuvent inclure quelques informations qualitatives tout en respectant les conditions statiques du modèle) concernant deux types de population d'emprunteurs homogènes. La première regroupe ceux qui ont fait défaut, et la seconde ceux qui n'ont pas fait défaut. Il faut signaler également que les données historiques doivent couvrir une période assez longue pour couvrir un cycle économique.
- la sélection des variables discriminantes: Les variables de la fonction de score doivent être significatifs apte de classer et séparer les emprunteurs en deux groupes homogènes. De plus ces coefficients doivent être stables à un instant donné et au cours du temps. Il convient de signaler aussi que les variables retenues ne soient pas corrélées.

¹⁵ Azzouz Elhamma (2011)

- l'analyse statistique : sur la base des échantillons et de l'ensemble des variables retenues dans les deux étapes précédentes, cette étape consiste à élaborer la règle de décision (accord/refus) la plus efficace possible. Pour cela il faut choisir une technique de scoring. Les principaux modèles de crédit scoring sont à l'ordre de trois on trouve ceux qui sont basées sur l'analyse discriminante, le modèle logit et le modèle probit; étant établi que le modèle logit fait office de référence en la matière pour de nombreuses raisons pratiques. La distinction entre le modèle logit et probit tient au fait que le premier se base sur une distribution logistique du défaut tandis que le deuxième suppose la normalité des taux de défaut.

Après la constitution du système de credit scoring il est important de vérifier sa robustesse notamment via des techniques de back-testing. Cela consiste à appliquer la fonction de score sur un nouvel échantillon et de confronter les décisions réelles aux décisions issues du modèle.

Malgré les avantages constatés précédemment, les modèles de credit scoring ont été fortement critiqués. Parmi ces critiques nous citons :

- le modèle scoring ne donne qu'une évaluation ponctuelle dans le temps et ne permet pas un réel suivi du risque. De plus les coefficients de la fonction score sont changeants dans le temps et il faudra donc continuellement le réajuster
- les modèles credit scoring sont des modèles basés principalement sur une approche quantitative dédiée pour le suivi et évaluer le risque de défaillance liée aux petites et moyennes entreprises (PME). Au contraire cette technique n'est pas adaptée aux entreprises de grande taille pour lesquelles les systèmes experts semblent mieux adaptés car ils sont basés sur une approche qualitative.

III. Les systèmes experts

Contrairement aux modèles de scoring, les systèmes experts ne nécessitent pas une modélisation statistique, mais plutôt ils reposent sur une approche qualitative basée sur un raisonnement humain. Ces systèmes sont généralement des programmes et des logiciels

informatiques qui cherchent à reproduire le processus décisionnel des experts de crédit pour évaluer le risque de défaut lié aux emprunteurs.

Selon BOISLANDELLE (1999), « Un système expert est un logiciel informatique simulant le raisonnement d'un expert dans un domaine de connaissance spécifique. Selon les usages qui en sont fait, un système expert peut être considéré comme: un système de décision (on suit les choix que préconise le système), un système d'aide à la décision (on s'inspire des choix proposés par le système en gardant une attitude d'interprétation), un système d'aide à l'apprentissage (dans ce cas, l'expert joue le rôle d'outil pédagogique) ».

1. Objet d'un système expert

L'objectif principal des systèmes experts est la constitution d'un cadre d'analyse normatif (règles d'experts), permettant l'identification et la mesure de risque lié aux emprunteurs et de pouvoir intégrer ces règles au sein du système opérationnel de décision.

Plusieurs méthodes des systèmes experts sont utilisées parmi lesquelles nous pouvons citer :

- la méthode des ratios essentiellement fondées sur l'analyse financière ;
- la méthode anglo-saxonne dite les 5C (capital, character, collatéral, capacity, condition).

Pour évaluer le risque des emprunteurs, les systèmes experts utilisent à la fois des informations financières (structure, solidité et politique financière, niveau des garanties, ancienneté de la relation...), et des informations sur le marché dans lequel opère l'emprunteur ainsi que des informations concernant sa position concurrentiel (technologie, produit, produit).

2. Construction d'un système expert

Pour construire un système expert il est nécessaire de passer par trois étapes :

- L'explicitation de l'expertise : c'est la transformation de connaissances implicites en un système de règles explicites et de normes quantitatives

adaptées au contexte. Cela se fait à travers une confrontation des règles au sein d'un groupe d'expert.

- La formalisation de l'expertise : il s'agit de retranscrire ces règles, les généraliser et les implanter dans le système de prise de décision .Nous citons à titre d'exemple la grille de notation constituée des règles et de leur pondération
- La validation et le suivi du système : à travers des tests de performance et de stabilité dans le temps sur une population test, le système est validé en confrontant ses résultats aux résultats trouvés par un vrai groupe d'expertise

3. Avantages et inconvénients du système expert

Les systèmes experts présentent plusieurs avantages parmi lesquelles on peut citer la prise en compte des variables qualitatives et leur formalisation à travers une inscription claire dans les procédures de gestion, la forte dimension opérationnelle et explicative.

Par ailleurs, La principale limite de ces systèmes est leur part de subjectivité puisqu'ils se basent sur un processus de confrontation inter-experts ainsi que l'absence de vérification de la cohérence par une approche scientifique faute d'indicateurs de performance intrinsèque.

IV. Revue des modèles issus de la théorie financière

Au niveau de ce paragraphe, nous allons présenter les modèles exploitant les données du marché afin d'estimer la probabilité de défaut des entreprises cotées. Ceci explique pourquoi ces modèles sont plutôt adaptés pour évaluer le risque lié aux grandes entreprises, les seules pour lesquelles ces données sont disponibles.

1. Approche structurelle : Le modèle de Merton utilisant les prix des actions

Le modèle de Merton (1974) également connu par le modèle de la firme, ce modèle décrit le risque de crédit en utilisant les principes de pricing d'options proposé par Black et Scholes (1973). D'après Merton une entreprise est en défaut lorsque la valeur de marché de ses actifs est inférieure à ses dettes.

Le modèle de Merton a connu de nombreux développements dont notamment la prise en compte d'un défaut peut intervenir à chaque instant (Portfolio Manager de Moody's KMV), lorsque le niveau de la dette passe en dessous de celui des actifs. Elle n'est donc plus cantonnée à l'hypothèse irréaliste de départ selon laquelle le défaut ne peut survenir qu'à l'échéance.

Aussi les nouveaux modèles basés sur cette approche telle que par exemple CreditMetrics de JP.Morgan ont intégré un deuxième aspect de risque de crédit en considérant que toutes les migrations possibles de la qualité de risque de l'emprunteur et non uniquement l'événement de défaut.

L'avantage de cette approche est l'utilisation des informations contenues dans le prix de marché afin de refléter la situation financière de l'entreprise ainsi que son niveau de risque. Elle peut donc s'appliquer à n'importe quelle société cotée et elle résulte des probabilités de défaut tournées vers le futur reflétant les croyances du marché et les anticipations concernant l'évolution future des résultats de l'entreprise.

En contrepartie cette approche présente plusieurs faiblesses. En effet l'application de ce modèle exige d'avoir un marché financier efficient, ce qui n'est pas toujours le cas. En plus, les cours boursiers traduisent souvent l'effet de phénomène de marché (existence des bulles, anomalies de marché...) qui résulte l'accroissement de la volatilité des cours faisant que les prédictions d'un changement de la valeur de la probabilité de défaut extraite de cette approche peuvent être trop fréquentes.

Cette approche est retenue par plusieurs banques en complément avec d'autres approches plus conventionnelles de l'évaluation du risque de crédit.

2. Approche par les spreads : du prix des obligations corporate aux probabilités de défaut

Cette approche fait recours aux spreads de taux dérivés du marché obligataire pour déterminer les probabilités de défaut. Ce qui rend cette approche concerne uniquement les grandes entreprises corporate pour lesquelles un tel marché obligataire subsiste.

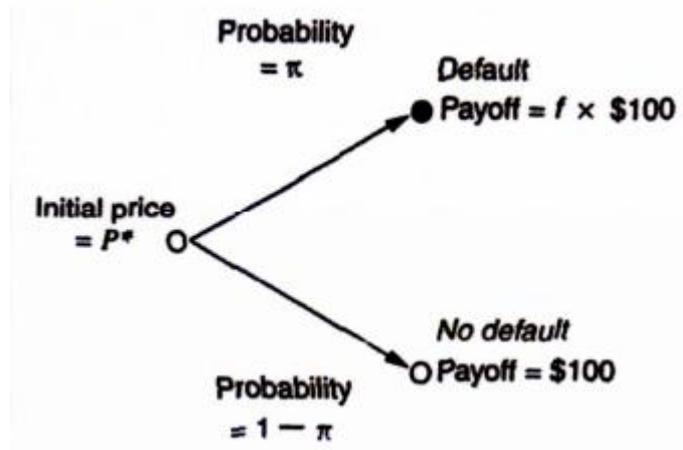
Pour évaluer le risque de crédit lié aux grandes entreprises, considérons des obligations émises par la même contrepartie et supposons que le défaut est un état qui affecte tout les obligations uniformément.

Afin d'expliquer la démarche, nous nous reposerons sur un exemple simplifié d'une obligation donnant lieu à un seul paiement de 100 dans une période. Il devient possible d'en calculer le rendement de marché noté (r) de cette obligation à partir de son prix noté (P) comme solution de :

$$P = \frac{100}{(1 + r)}$$

Ce taux r peut être comparé au taux de rendement sans risque (r_f) de la même période. Les paiements à l'échéance de l'obligation (payoffs) peuvent être décrits par un processus de défaut simplifié qui est illustré dans le schéma ci-dessous :

Figure 6: Payoffs d'une obligation zéro-coupon



Source : Cours de M.Helal, IFID 2016

À la maturité, l'obligation peut être en défaut ou non. Sa valeur est 100 s'il n'y a pas défaut et $f \times 100$ si le défaut se produit, où (f) est le taux de récupération. Désignons par (π) la probabilité de défaut sur la période.

Selon le principe de l'évaluation risque neutre, le prix courant doit être l'espérance mathématique des flux dans les deux états, actualisés au taux sans risque. D'où :

$$p = \left(\frac{100}{1+r^*}\right)(1-\Pi) + \left(\frac{100}{1+r^*}\right) \times f \times \Pi = \frac{100}{1+r}$$

Notons qu'on utilise le taux sans risque dans l'actualisation parce qu'il n'y a aucune prime du risque avec l'évaluation risque - neutre.

$$\left(\frac{1}{1+r^*}\right)(1-\Pi) + \left(\frac{1}{1+r^*}\right) \times f \times \Pi = \frac{1}{1+r}$$

$$\frac{1}{1+r} = \frac{1-\Pi(1-f)}{1+r^*}$$

$$\Pi = \frac{1}{1-f} \times \frac{r-r^*}{1+r}$$

En négligeant les termes du second ordre (si r est négligeable devant 1), l'expression se simplifie et devient :

$$r - r^* \approx (1 - \Pi)$$

L'équation ci-dessus permet de retrouver une probabilité de défaut risque - neutre seulement. Plus généralement, si les investisseurs exigent une compensation pour assumer le risque du crédit, le spread du crédit inclura une prime du risque, pr de telle sorte que :

$$r - r^* \approx \Pi' (1 - f) + pr$$

L'utilisation de cette approche est très limitée puisqu'elle est consacrée qu'aux sociétés pour lesquelles existe un marché obligataire.

3. Approche actuarielle et taux de défaut historiques :

Grâce aux recours aux « rating », il s'est développé une nouvelle approche dite actuarielles qui détermine les probabilités de défaut à partir des taux de défaut historiques.

Ce type d'approche actuarielle présuppose un historique d'observations assez long afin de pallier aux effets ponctuels de conjoncture (through the cycle).

Cette approche est centrée sur l'événement de défaut qui est une variable binaire: défaut ou non défaut.

Evaluation du risque de crédit par une approche Value at Risk et modélisation CreditRisk+

Tableau 5 : Taux de défaut cumulatifs enregistrés par Moody's sur une période de 10 ans(en%)

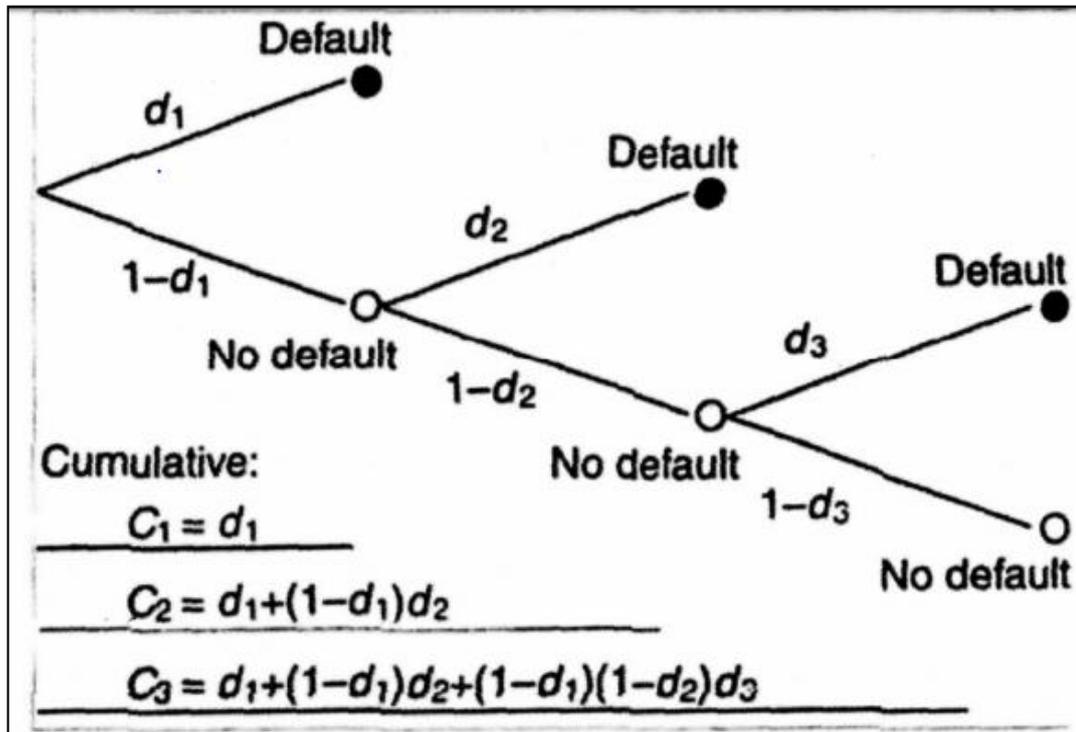
Rating	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aaa	0.00	0.00	0.02	0.09	0.19	0.29	0.41	0.59	0.78	1.02
Aa	0.07	0.22	0.36	0.54	0.85	1.21	1.6	2.01	2.37	2.78
A	0.08	0.27	0.57	0.92	1.28	1.67	2.09	2.48	2.93	3.42
Baa	0.34	0.99	1.79	2.69	3.59	4.51	5.39	6.25	7.16	7.99
Ba	1.42	3.43	5.6	7.89	10.16	12.28	14.14	15.99	17.63	19.42
B	4.79	10.31	15.59	20.14	23.99	27.12	30	32.36	34.37	36.1
Caa-C	14.74	23.95	30.57	35.32	38.83	41.94	44..23	46.44	48.42	50.19
Inv.	0.17	0.5	0.93	1.41	1.93	2.48	3.03	3.57	4.14	4.71
Spec.	3.83	7.75	11.41	14.69	17.58	20.09	22.28	24.3	26.05	27.8
All	1.5	3.09	4.62	6.02	7.28	8.41	9.43	10.38	11.27	12.14

Source: Cours de M.Helal, IFID 2016

Le tableau ci-dessus, publié par Moody's, reproduit les taux de défaut cumulatifs selon un horizon temporel considéré. Par exemple pour un actif noté Aaa, nous remarquons que les taux de défaut est quasiment nul les deux premières années mais qui tend à augmenter afin d'atteindre un taux de 1.02% la dixième année ce qui reflète le niveau de risque très faible associé à ce rating. Par contre pour la catégorie spéculative, les taux de défauts cumulatifs sont élevés ce qui reflète le risque élevé lié à cette catégorie.

A travers ces taux cumulatifs résumant la fréquence totale de défaut entre la date initiale et une année quelconque T, on peut déduire le taux de défaut marginal qui est la fréquence de défaut pendant une année T ou encore on peut l'expliquer par le taux de défaut propre à une seule transition d'une année à une autre (par exemple de la première année à la deuxième année). Ainsi il ne faut pas oublier que l'état de défaut est absorbant, c'est-à-dire une entreprise qui a fait défaut est supposée inexistante la période suivante. Donc le processus générateur de défaut est présenté par la figure suivante :

Figure 7: Taux cumulatifs et marginaux de défaut



Source : Cours de M.Helal, IFID 2016

La figure ci-dessus montre la relation entre les taux cumulatifs et les taux marginaux de défaut. Notons C le taux de défaut cumulatif et d le taux de défaut marginal et soit la condition initiale :

$$C_1 = D_1$$

Par itération, Nous abouti à la fonction de récurrence suivante permettant de retrouver tout les taux de défaut marginaux relatifs à une transition annuelle particulière et non plus à la période dans son ensemble.cette fonction de récurrence est présentée comme suit :

$$c_n = d_{n-1} + \prod_{j=1}^{n-1} (1 - d_j) \times d_n$$

Pour une version récente de cette approche, il est souvent fait état d'adopter une pondération adéquate aux pondérations adéquate aux pondérations passées afin de donner plus d'importance aux observations récentes et ainsi corriger la prévisions.

Cette approche est appliquée par les banques en complément aux rating en se reposant sur l'historique de mortalités des crédits par classe de risque publiés par les agences de rating.

Section n°3 : Mesure du risque de crédit au niveau du portefeuille

I. Introduction

Durant ces dernières années, de nombreuses techniques ont été développés afin de mieux gérer et évaluer le risque de crédit. Parmi ces techniques les gestionnaires utilisent souvent les méthodes mentionnées précédemment qui sont fortement critiqués, vu qu'aucune entre elles n'offre une analyse globale du portefeuille de crédit de la banque. En effet, les méthodes d'évaluation du risque de crédit au niveau individuelle ne considèrent que le risque rattaché à un seul emprunteur (individu/entreprise) et elles ne tiennent pas compte de l'effet de diversification. Ce qui pousse les théoriciens à faire recours à la théorie du portefeuille, développé par Markowitz (1959), et ils ont démontré de manière irréfutable qu'en agrégeant toutes les expositions individuelles, le risque total lié à l'ensemble de ses expositions n'est pas la somme des risques individuels. En d'autres termes, la diversification permet de diminuer le risque pour un rendement donné ou de maximiser le rendement pour un niveau de risque donné.

En appliquant une approche portefeuille, il est éventuellement possible d'évaluer le risque de concentration résultant d'une exposition accrue à un emprunteur en particulier ou des groupes d'emprunteurs corrélés entre eux c'est-à-dire un groupe d'emprunteur opérant dans un même secteurs ou dans une même industrie.

Il existe des raisons réglementaires justifiant l'application des modèles de portefeuille. En effet ces modèles sont d'une part recommandés par le dispositif réglementaire Bâle 2 d'autre part ils sont appelés à devenir des outils de reporting auprès les organismes de supervision bancaires qui forcent a son rôle la diversification tout en imposant des ratios à respecter (concentration par client...).

Le majeur objectif des modèles de portefeuille, est de déterminer l'allocation optimale du capital économique nécessaire à la bonne couverture de risque de crédit, tout en faire recours au concept de la Value At Risk (VAR).

Au niveau de cette section nous présenterons les trois principaux modèles de portefeuille de crédit bancaire, à savoir :

- CreditMetrics de JP.Morgan
- CreditRisk+ de Credit Suisse First Boston
- Portfolio Manager de Moody's KMV

II. CreditMetrics de JP.Morgan

Le CreditMetrics « est considéré comme le premier modèle de portefeuille destiné à évaluer le risque de crédit »¹⁶. Il a été lancé par la banque JP.Morgan en 1997 et depuis fait office de modèle de référence.

Le CreditMetrics est un modèle destiné à mesurer la variation de la valeur future d'un portefeuille, provoquée, d'une part, par les changements de la qualité de crédit de l'émetteur des obligations (migration de crédit) et d'une autre part par le défaut de la contrepartie. Dans ce modèle, pour les entreprises importantes, la probabilité de défaut est donnée par les agences de rating et les petites et moyennes entreprises la probabilité de défaut est donnée par le modèle de scoring.

1. Les inputs

Pour utiliser le CreditMetrics on a besoin des inputs suivants qui sont au nombre de six :

- Les probabilités de défaut et de transition ;
- Les moyennes et écart-types des taux de recouvrement pour chaque industrie et chaque séniorité ;

¹⁶ CreditMetrics technical document, JP.Morgan(1997)

- La structure de corrélation des facteurs et la sensibilité de chaque instrument à ces facteurs ;
- La structure par terme du taux sans risque ;
- Les structures par terme de spread de crédit pour chaque classe de rating ;
- Le profil d'exposition associé à chaque instrument.

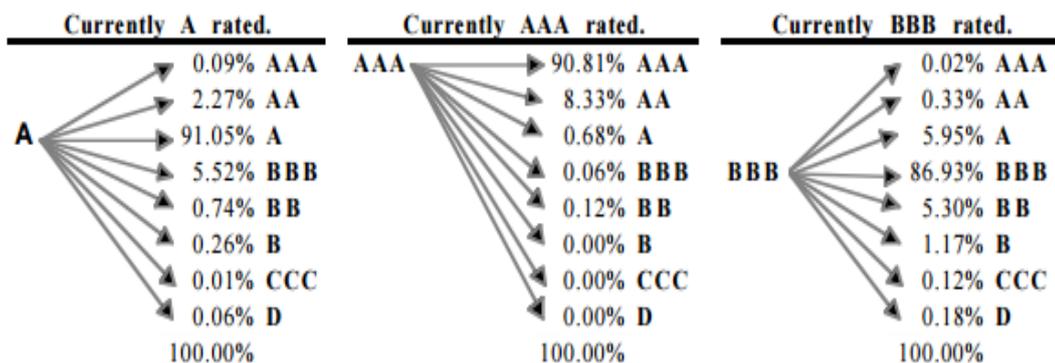
Il est parfois utile d'expliquer ces différents inputs avant d'entamer l'étape de calcul.

2. Démarche

Afin de déterminer le risque de crédit lié à un portefeuille quelconque, il est nécessaire de passer par les trois étapes suivantes :

- Détermination du risque isolé de chaque actif composant le portefeuille (prise en compte d'un système de notation)
- Construction de la matrice des probabilités de transition du rating à un autre.
La figure suivante illustre le processus de transition :

Figure 8: Exemple de migrations de crédit à un an



Source : CreditMetrics technical document, JP.Morgan(1997)

D'après la figure ci-dessus par exemple la deuxième ligne de la première colonne peut être interprété comme suit: il ya un 2.27% de chances qu'un AAA volonté de crédit revenir à une cote AA dans l'année.

- Valorisation des actifs de portefeuille selon les scénarios de transition d'un rating à un autre et le calcul de la creditVAR

3. Forces et faiblesses

Le CreditMetrics présente principalement deux forces, respectivement :

- Ce modèle prend en considération les deux aspects de risque de crédit tel que le risque de défaut et le risque de dégradation de la qualité de crédit
- Ce modèle utilise les ratings afin d'en dériver les probabilités de défaut ce qui le rend facile à utiliser surtout couplé au recours à une modélisation normale standard de la distribution du rendement des actifs.

Victime de sa simplicité le modèle CreditMetrics présente plusieurs faiblesses. Parmi ces faiblesses nous citons :

- La nécessité d'avoir un rating correct, si non les matrices de transition et les probabilités ne valent rien. Or les agences de notation octroient parfois des notes identiques pour différentes pays ou industries
- Ce modèle classe les emprunteurs en groupes, donc on peut avoir deux entreprises avec une notation identique (par exemple BBB) ayant la même probabilité de défaut malgré que la première est une grande entreprise par contre la deuxième est une petite entreprise
- La nécessité d'avoir des matrices de transition associées à chaque cycle économique afin de prendre en considération les effets provoqués par la conjoncture économique, ce qui est rarement le cas
- Les taux d'intérêts sont supposés constants
- Ce modèle dépend fortement du marché, donc la nécessité d'avoir un marché financier efficient

- Selon Allen et Powell (2011) ce modèle utilise une approche VaR qui est fortement critiquée notamment parce qu'elle ne prend pas en considération les risques extrêmes au-delà de la VaR.

III. CreditRisk+ de Credit Suisse First Boston

Le CreditRisk+ est un modèle créée en 1997 par Credit Swiss First Boston afin de déterminer ses besoins en capital économique. Ce modèle repose sur une approche actuarielle et n'a vocation qu'à capturer l'événement de défaut.

Tomáš Klieštík et Juraj Cúg (2014) affirment que le CreditRisk+ est un modèle à intensité il se limite sur la modélisation de la probabilité de défaut sans faire aucune hypothèse sur les causes de la défaillance, ainsi qu'il ignore toute détérioration de la situation financière des emprunteurs reflété par les migrations des notes.

Ce modèle cherche à déterminer la proportion d'émetteurs faisant défaut au sein d'un secteur et étant possible de faire défaut au sein du portefeuille, et il ne cherche pas à déterminer les différents actifs faisant défaut au sein d'un portefeuille. Les actifs sous-jacents sont regroupés sous forme des groupes homogènes (bandes ou buckets) ayant des pertes en cas de défaut (LGD) similaires.

Credit Risk+ est basé sur les hypothèses suivantes :

- Pour chaque crédit individuel, il n'y a que deux états possibles (défaillance /pas de défaillance)
- La probabilité de défaut d'un crédit individuel est faible
- L'existence d'un très grand nombre d'emprunteurs pour lesquelles la probabilité de défaut est très faible
- Le nombre de défaut sur une période donnée est indépendant de celui de n'importe quelle autre période

1. Les inputs :

L'application de CreditRisk+ nécessite l'utilisation des données suivantes :

- Les expositions individuelles
- Les taux de défaut annuels
- Les volatilités de taux de défaut
- Un estimateur des taux de recouvrement (supposé constant dans le modèle)

2. Démarche :

L'utilisation du modèle CreditRisk+ nécessite le passage par trois étapes :

- L'estimation de la fréquence des événements de défauts :
- L'estimation de la sévérité des pertes en cas de défauts
- L'estimation de la distribution de la perte de défaut dans un portefeuille

3. Forces et faiblesses

Le majeur avantage de CreditRisk+ est la rapidité d'exécution revenant principalement aux trois causes tel que :

- Le découpage du portefeuille en buckets homogènes
- L'application du modèle est basée sur des méthodes mathématiques et calculatoires plutôt que sur des simulations Monte-Carlo
- Ce modèle est fondé uniquement sur la probabilité de défaut et il nécessite moins d'entrées dans les estimations

Malgré sa rapidité, le modèle présente des limites :

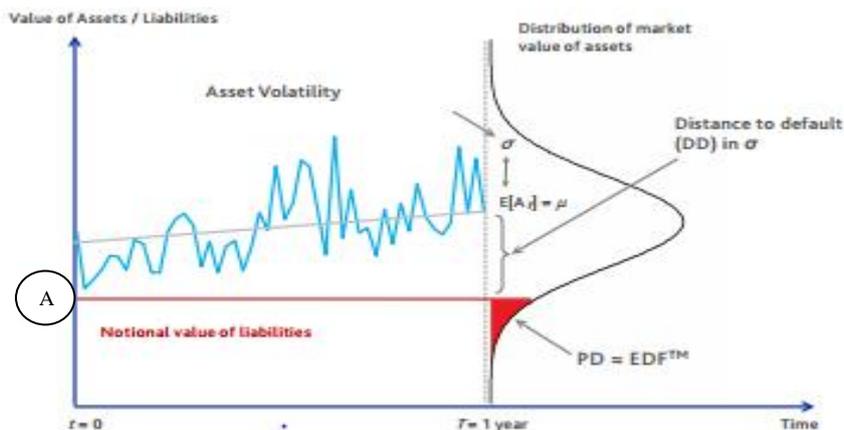
- CreditRisk+ est caractérisé par la complexité des calculs qui ne sont pas accessibles à tout utilisateur du modèle
- Ce modèle ignore un aspect important du risque de contrepartie, notamment le risque de la détérioration de la situation financière des emprunteurs exprimée par la détérioration du rating

IV. Portfolio Manager de Moody's KMV

Ce modèle est développé dans les années 90 par l'agence KMV, il s'inspire du modèle de Merton (1974) considérant l'entreprise en défaut dès que la valeur de ses actifs devienne inférieure à celle de ses dettes.

Contrairement aux autres modèles, Servigny, Métayer et Zelenko (2002) affirment que « il est à noter que MKMV portfolio Manager a souvent recours aux EDF (Expected Default Frequency) et non aux probabilités de défaut inférée des catégories de rating (comme pour CreditMetrics). Les EDF sont simplement des estimateurs des probabilités de défauts dérivés d'un modèle de type Merton (1974) ». Donc ce modèle consiste à dériver la valeur et la volatilité de l'actif de celles des actions, données observables sur le marché via les cours boursiers. La probabilité de défaut (EDF) est présentée comme :

Figure 9: Evolution de la valeur de marché et probabilité de défaut



Source : Moodys Analytics

D'après la figure ci-dessus, on constate que l'évolution de la valeur des actifs suit une loi de probabilité résultant en une distance au défaut (DD) dont on peut dériver la probabilité de défaut (EDF).

L'EDF est la probabilité que la valeur de l'actif passe en dessous de celle des dettes (x_t) (Modèle de Merton 1974)

1. Inputs

Dans la mesure où le modèle repose sur la distribution normale, seuls deux types d'inputs sont en fait requis :

- Les probabilités de défaut associées à l'horizon de simulation
- La structure de corrélation entre actifs

2. Démarche

Le modèle de MKMV Portfolio Manager est fondé sur l'hypothèse que les rendements des actifs sont distribués selon une distribution normale multivariée. L'événement de défaut apparaît lorsque les réalisations de cette distribution (les rendements des actifs) deviennent inférieures à une valeur seuil. Ce modèle est centré sur le défaut et il ignore les transitions vers les autres états non absorbants.

Le modèle fonctionne donc selon une approche pouvant être synthétisée en quatre étapes :

- Simulation d'un vecteur de réalisations gaussiennes corrélées de taille égale au nombre d'actifs
- Enregistrement à chaque simulation du nombre de défaut
- Somme sur l'ensemble des scénarios des pertes en supposant que les taux de recouvrement sont supposés être distribués selon une loi bêta
- Calcul de la distribution de pertes du portefeuille de la VAR

3. Forces et faiblesses

Les deux forces majeures de MKMV Portfolio Manager sont respectivement :

- Comme tout modèle structurel, Ce modèle relie les probabilités de défaut aux informations de marché,

- Contrairement aux autres modèles (CreditRisk et CreditMetrics), le MKMV Portfolio Manager crée une probabilité de défaut spécifique pour chaque emprunteur puisqu'il prend en considération la structure particulière de chaque entreprise endettée.

Malgré les deux forces présentées ci-dessus, le MKMV Portfolio Manager souffre de certaines faiblesses :

- Les prix des actifs sont supposés suivre un mouvement brownien géométrique qui exclue tout défaut non anticipé
- Ce modèle est basé sur une hypothèse non réaliste consiste à supposer que la dette de la firme est constituée que d'obligations Zéro-coupon
- le MKMV Portfolio Manager suppose que les taux d'intérêt sont supposés constants ce qui constitue une hypothèse trop simpliste.

Conclusion

Tout au long de ce deuxième chapitre, nous avons essayé de présenter les principales méthodes d'évaluation de risque de crédit : des méthodes les plus usuelles, aux méthodes adaptées à l'échelle individuelle et enfin des méthodes adaptées à l'échelle d'un portefeuille de crédit.

Pour faire face à ce type de risque, les institutions financières ont obligés d'investir et de mettre en place le modèle le plus représentatif, le mieux mesurable et le plus adéquat au contexte économique du pays. Souvent les banques accordent une importance particulière aux modèles de portefeuille vue le rôle important jouer par ces derniers en minimisant le risque via le phénomène de diversification, donc allouer moins des fonds propres pour couvrir ce risque agrégé. Parmi ces modèles, nous avons exposé les plus utilisés par les institutions financières qui sont à l'ordre de trois modèles : CreditMetrics de JP.Morgan, CreditRisk+ de CSFB et Portfolio Manager de Moody's KMV.

Malgré que ces trois modèles permettant d'aboutir une mesure correcte du capitale économique, ces modèles montrent néanmoins beaucoup de différences conceptuelles qu'il semble pertinent de les résumer :

Evaluation du risque de crédit par une approche Value at Risk et modélisation CreditRisk+

Tableau 6 : tableau comparatifs des principaux modèles de portefeuille

	CreditMecrics (JP.Morgan)	CreditRisk+ (CSFB)	Portfolio Manager (Mody's KMV)
Définition du risque	Variation valeur marchande	Perte en cas de défaut	Perte en cas de défaut
Evénement de crédit	Décote/Défaut	Défaut	Défaut
Prise en compte du risque de taux d'intérêt	Non	Non	Non
Inducteurs de risque	Facteurs associés au pays et à l'industrie	Taux de défaut	Facteurs associés à la valeur des actifs
Probabilité de transition	Constantes	NA	Constantes
Corrélation des évènements de crédit	Rendements standard des actions	NA	Rendements standard des actifs
Taux de recouvrement	Aléatoire (distribution beta)	Perte compte tenu du défaut (constant)	Aléatoire (distribution beta)
Approche numérique	Simulation	Analytique (closed form)	Simulation

Source : De Sevigny et Renault (2004)

Parmi les trois modèles de portefeuille présentés dans ce deuxième chapitre, le CreditRisk+ est le seul modèle basé sur une approche analytique qui ne nécessite pas des marchés boursiers assez développés. De ce fait le CreditRisk+ est le modèle le mieux adapté dans le contexte des institutions financière tunisiennes.

Pour cette raison ainsi que d'autres qui seront expliqué en introduction du chapitre suivants, nous avons choisi d'utiliser le CreditRisk+ pour calculer le risque de crédit d'une banque tunisienne.

Chapitre 3: Application du modèle CreditRisk+ et l'approche Value at Risk (VaR) sur un portefeuille de crédit accordé par une banque tunisienne de la place

Introduction

Au niveau de ce présent chapitre, nous passons à l'étude empirique visant à appliquer la modélisation CreditRisk+, afin d'évaluer et de gérer le risque associé à un portefeuille de crédit accordé par une banque tunisienne de la place à un échantillon des grandes entreprises industrielles. Le choix de ce modèle est justifié par son degré d'adaptation au contexte bancaire tunisien, et ce pour au moins quatre raisons.

Premièrement, Le Credit Risk+ nécessite un nombre très faible de données en inputs pour faire les estimations nécessaires. Souvent, au niveau des banques tunisiennes, ces données sont toutes disponibles, quel que soit directement ou via des manipulations accessibles. Ces données sont respectivement :

- Les expositions
- Le taux de recouvrement
- La probabilité de défaut
- La volatilité des probabilités de défaut

Deuxièmement, CreditRisk+ est un modèle analytique très rapide et il permet le traitement d'un nombre très important de dossier de crédit. De plus ce modèle ne nécessite pas un marché boursier assez développé (contrairement à la modélisation CreditMetrics JP.Morgan). Ceci confirme son adaptation au contexte tunisien où le marché boursier est peu développé.

Troisièmement, la modélisation CreditRisk+ est basée sur une approche probabiliste et calculatoire de l'événement de défaut. Elle considère le défaut au centre du modèle (elle n'envisage que deux états possibles : le défaut ou le non défaut) sans faire aucune hypothèse

sur les causes de défaut. Ceci rend le CR+ applicable au contexte tunisien, puisqu'il est encore précoce de s'intéresser à l'impact de la dégradation de la qualité de l'emprunteur sur son risque de défaut. Ce qui est intéressant à savoir pour les banques, c'est le fait que leurs débiteurs seront en défaut ou non à l'échéance du crédit. En effet, les crédits bancaires sont peut liquide, par nature, par rapport aux obligations¹⁷, et leurs valeurs actuelles ne dépend pas de la détérioration de la situation financière des emprunteurs. Donc CreditRisk+ est un modèle centré sur le défaut et non pas « market to market » (MTM).

Quatrièmement, Cette modélisation revêt une importance capitale car elle permet :

- Modélisation de la distribution du nombre de défauts
- Modélisation de la distribution des pertes
- Calcul rapide des VaR à plusieurs seuils
- Calculs des contributions marginales du chaque crédit.

Après avoir justifié le choix du modèle, nous rappelons que l'objectif de ce chapitre consiste à adopter la modélisation CreditRisk+. Cette dernière ayant comme but ultime, la modélisation de la distribution des pertes afin de prévoir le risque de crédit d'un portefeuille de crédit accordé par une banque tunisienne de la place aux grandes entreprises industrielles, par la suite la détermination du capital économique nécessaire pour couvrir ce risque. Selon les recommandations de Bâle 2, ce capital économique doit être déterminé à travers l'approche Value at Risk (VaR).

Section n°1 : Modélisation CreditRisk+

Dans cette section, nous présenterons le volet technique de la modélisation CreditRisk+. Nous allons adopter cette approche pour les raisons invoquées en introduction de ce chapitre, ceci afin de déterminer la Value at Risk (VaR) ainsi que le capital économique nécessaire à la couverture du risque de crédit lié à un portefeuille accordé par une banque tunisienne de la place.

¹⁷ Dans les marchés efficients, les obligations sont très liquides.

I. Inputs CreditRisk+

Comme on a invoqué au niveau de deuxième chapitre, afin de pouvoir fonctionner, le modèle CreditRisk+ nécessite quatre types de données, respectivement :

- Expositions de crédit (EAD)
- Probabilité de défaut (PD)
- Volatilité de la probabilité de défaut (σ_{PD})
- Taux de recouvrement

Nous avons pu obtenir les données relatives à l'échantillon considéré suite à de nombreuses manipulations des données annuelles fournies par une banque tunisienne de la place. Les expositions de crédit ont été directement renseignées par le système d'information de la banque. Les probabilités de défaut ont été obtenues du système de notation. Quand aux taux de recouvrement nous les avons dérivés à partir des garanties constituées en couverture des crédits.

II. Démarche CreditRisk+

Au niveau de ce paragraphe, nous essayons de présenter la démarche de la modélisation CreditRisk+. Cette modélisation cherche à déterminer la distribution complète des pertes d'un portefeuille de crédit en se basant sur deux concepts clés, tel que :

- Les taux de défaut sont stochastiques
- Le niveau des taux de défaut a une incidence sur l'occurrence de défaut, mais il n'y a pas de relations causales entre ces occurrences

La démarche peut être défalquée en trois grandes parties. Dans une première partie, on considère un modèle simplifié qui ne prend pas en compte la volatilité de taux de défaut. Ceci afin d'obtenir la distribution des pertes avec un taux fixe. Dans une deuxième partie, CR+ intègre la volatilité du taux de défaut considérée comme une variable aléatoire supplémentaire, ceci afin de capturer leur incertitude. Enfin, dans une troisième partie, CR+ élargi en effectuant une analyse sectorielle ayant comme objectif l'intégration de la

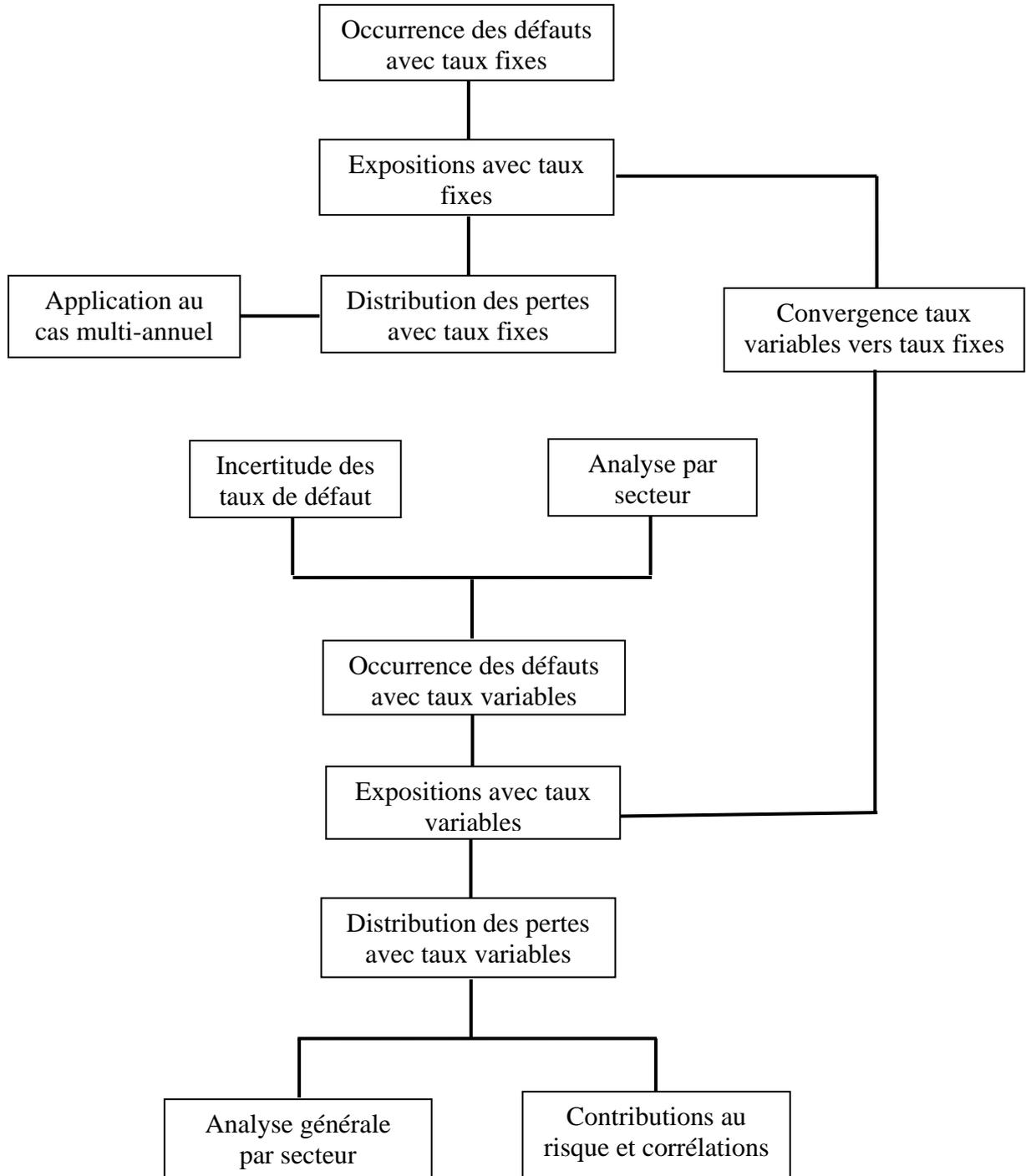
corrélation entre les crédits même s'il n'y a pas de lien de causalité entre eux. Les résultats à obtenues sont alors à exploiter notamment pour déterminer : la distribution des pertes, la contribution des différents titres composant le portefeuille au risque lié à ce dernier et enfin déterminer les différents niveaux de VaR pour des seuils de confiance différents.

Dans le cadre de notre étude on opte pour le choix de la version simple du modèle CR+ considérant des probabilités de défaut fixes. En effet, contrairement aux autres produits de la dette tel que par exemple les obligations, les crédits bancaires sont de nature illiquides et ne font pas l'objet d'une grande fluctuation dans le temps.

Nous appliquerons donc toutes les étapes de modélisation CR+ mais en faisons le choix du modèle à taux fixes. Ceci permettant de générer, par une modélisation du nombre de défaut selon une loi de poisson, l'aléa nécessaire afin de sauvegarder le caractère aléatoire de l'évènement de défaut.

Pour plus de précision la démarche de la modélisation + est présentée dans la figure suivante:

Figure 10: Démarche suivie par CreditRisk+



Source : document technique de CR+

III. Modélisation CreditRisk+

Au niveau de ce paragraphe, nous allons présenter en détail la modélisation CreditRisk+ tirée d'une grande partie du document technique CreditRisk+. Selon ce document, la modélisation peut être en trois étapes :

- Modéliser l'occurrence des défauts
- Modéliser le risque de perte de défaut
- Déterminer la distribution des pertes

1. Modéliser l'occurrence des défauts

Le CreditRisk+ permet de modéliser globalement le risque de crédit d'un portefeuille. Cette modélisation ne fait aucune hypothèse sur les causes de défaut. En effet elle considère le défaut de crédit comme un événement aléatoire continue, qu'il n'est possible de prévoir ni leur date exact de survenance, ni leur nombre total exact.

Soit un portefeuille composé de N crédits. Nous supposons que chaque exposition a une probabilité de défaut connue, sur un horizon d'un an. Ainsi nous avons :

$$PA = \text{probabilité annuelle de défaut pour l'émetteur } A \quad (1)$$

Pour analyser la répartition des pertes résultant de l'ensemble du portefeuille, nous introduisons la fonction génératrice Z définie comme suit:

$$F(Z) = \sum_{n=0}^{\infty} P(n \text{ défauts}). Z^n \quad (2)$$

Or, chaque débiteur fait ou ne pas fait défaut présente la fonction génératrice qui s'obtient facilement :

$$FA(Z) = 1 - PA + PA \cdot Z = 1 + PA \cdot (Z - 1) \quad (3)$$

Nous supposons que les évènements de défaut sont indépendants, ce qui induit, pour l'ensemble du portefeuille, la fonction génératrice suivante :

$$\mathbf{F}(\mathbf{Z}) = \prod_A F_A (Z) = \prod_A (1 + P_A \cdot (Z - 1)) \quad (4)$$

Ce qui revient à écrire :

$$\log F(Z) = \sum_A \log(1 + P_A \cdot (Z - 1)) \quad (5)$$

Nous supposons que les probabilités de défaut individuelles sont suffisamment faibles. Ceci afin d'approximer équation (5) par un développement de premier ordre, ce qui se traduit par :

$$F(Z) = \exp \left(\sum_A P_A \cdot (Z - 1) \right) = \exp(\mu \cdot (Z - 1)) \quad (6)$$

Avec :

$$\mu = \sum_A P_A \quad (7)$$

Pour l'ensemble du portefeuille, μ représente le nombre moyen de défaut attendu sur un horizon du temps d'un an. Nous élargissons $\mathbf{F}(\mathbf{Z})$ dans sa série de Taylor, la fonction génératrice peut s'écrire sous la forme suivante :

$$F(Z) = \exp^{\mu \cdot (Z-1)} = \exp^{-\mu} \exp^{\mu Z} = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\exp^{-\mu} \mu^n}{n!} \cdot Z^n \quad (8)$$

Comme on a dit précédemment, si les probabilités de défaut individuels sont suffisamment faibles, mais pas nécessairement égale, on déduit que la probabilité de réaliser un nombre de défaut n dans le portefeuille en un an est donnée par l'équation suivante :

$$P(n \text{ défaut}) = \frac{\exp^{-\mu} \mu^n}{n!} \quad (9)$$

On se basant sur les deux hypothèses énoncées précédemment, concernant la faiblesse des probabilités de défaut individuelles ainsi que l'inégalité entre eux, nous avons obtenu la distribution de Poisson de paramètre μ pour le nombre de défaut à suvenir. Ce paramètre μ ne dépend ni des probabilités individuelles de défaut de chaque obligation ni du nombre de titres présent dans le portefeuille. Il reste à noter, qu'une loi de poisson de paramètre μ a pour moyenne μ et pour Ecart-type $\sqrt{\mu}$.

2. Modéliser le risque de perte de défaut :

L'objectif principal de cette phase est de quantifier la perte de défaut liée à un portefeuille de crédit. Afin de faciliter les calculs et les rendre rapides, CSFB pense à réduire la quantité des données à intégrer. Ceci via la technique de « **Banding** » qui consiste à regrouper les expositions du portefeuille en tranches. Cette approximation est légitime à condition que le nombre des tranches d'expositions soient grand et étroite par rapport à la moyenne de l'exposition du portefeuille. Ainsi l'approximation sera utile sans pour autant modifier significativement les résultats.

Passant maintenant aux notations appropriées pour l'étude :

Référence	Notation
Emetteur	A
Exposition	L_A
Probabilité de défaut	P_A
Perte attendue	λ_A

Afin d'effectuer les calculs, il faut choisir un montant unitaire de l'exposition L par lequel sont exprimés les expositions et les probabilités de défaut. Ainsi, pour chaque émetteur on définit v_A et ε_A qui sont respectivement l'exposition et la perte attendue de chaque débiteur exprimées en multiples de l'unité tel que :

$$\boxed{L_A = v_A * L} \tag{10}$$

Et

$$\boxed{\lambda_A = \varepsilon_A * L} \tag{11}$$

L'étape clé est d'arrondir chaque v_A à l'entier le plus proche. Pour un grand portefeuille, un choix approprié pour L permettra d'avoir un nombre relativement restreint de valeurs des v_A partagées par plusieurs débiteurs. Le portefeuille se retrouve alors divisé en m bandes d'exposition, indexés par j . Nous faisons alors les notations suivantes :

Référence	Notation
Exposition commune dans la tranche j en L	v_j
Pertes attendues dans la tranche j en L	ε_j
Nombre de défaut attendu dans la tranche j	μ_j

Les variables notées ci-dessus sont reliées par la relation suivante :

$$\varepsilon_j = \mu_j \times v_j \quad (12)$$

Donc

$$\mu_j = \frac{\varepsilon_j}{v_j} = \sum_{j=1}^m \frac{\varepsilon_A}{v_A} \quad (13)$$

Pour μ le nombre total prévu d'événements par défaut dans le portefeuille en un an. Puisque μ est la somme du nombre moyen d'événements par défaut pour chaque bande d'exposition, nous avons :

$$\mu = \sum_{j=1}^m \mu_j = \sum_{j=1}^m \frac{\varepsilon_j}{v_j} \quad (14)$$

3. Déterminer la distribution des pertes

Au niveau du paragraphe précédent, nous avons analysé la distribution des événements par défaut. Nous allons maintenant calculer la distribution des pertes. Pour cela on définit la distribution des pertes agrégées à travers sa fonction génératrice suivante :

$$G(Z) = \sum_{n=0}^{\infty} P(\text{pertes agrégées} = n \times L) \cdot Z^n \quad (15)$$

Puisque les expositions sont regroupées sous forme des bandes d'exposition qui sont indépendants entre eux, la fonction génératrice peut être écrite en tant que produit sur les bandes d'exposition :

$$G(Z) = \prod_{j=1}^m G_j(Z) \quad (16)$$

Cependant, en traitant chaque bande d'exposition comme un portefeuille entière à part et en notant D_j la variable aléatoire rendant compte du nombre de défaut à survenir dans la tranche j , nous obtenons:

$$G_j(Z) = \sum_{n=0}^{\infty} p(D_j = n) \cdot Z^{n v_j} = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\exp^{-\mu} \mu^n}{n!} \cdot Z^{n v_j} = \exp^{-\mu + \mu_j Z^{v_j}} \quad (17)$$

En revenant au portefeuille global, nous obtenons :

$$G_j(Z) = \exp \left(- \sum_{j=1}^m \mu_j + \sum_{j=1}^m \mu_j Z^{v_j} \right) \quad (18)$$

C'est la fonction génératrice souhaitée qui nous renseigne sur la distribution des pertes du portefeuille dans son ensemble. Si on définit un polynôme $P(z)$ comme suit :

$$P(Z) = \frac{1}{\mu} \sum_{j=1}^m \mu_j Z^{v_j} = \frac{\sum_{j=1}^m \frac{\varepsilon_j}{v_j} Z^{v_j}}{\sum_{j=1}^m \frac{\varepsilon_j}{v_j}} \quad (19)$$

Donc la fonction génératrice des pertes agrégées se présente sous la forme suivante:

$$G(Z) = \exp(\mu \cdot (P(Z) - 1)) = F(P(Z)) \quad (20)$$

D'après la formule précédente, on remarque que $G(z)$ s'exprime comme étant la composée de deux sources d'incertitude : loi de Poisson du nombre de défaut et la variabilité des montant d'exposition. De plus cette fonction ne dépend que de deux types de donnée. En effet pour obtenir la répartition des pertes pour un large portefeuille de risques de crédit, tout ce qui est nécessaire est la connaissance des différents tailles d'expositions notés v et les pertes attendues pour chaque taille notées ε . A noter que ceci est semblable quel que soit la taille du portefeuille.

Cependant, la formule (20) n'est pas très maniable et elle ne renseigne pas explicitement sur la distribution des pertes. Ce qui a amené à déterminer les probabilités associées à une perte de $n * L$ par un autre algorithme. En effet d'après la formule (15) on a :

$$P(\text{Pertes agrégées} = n \times L) = \frac{1}{n!} \frac{d^n G}{d Z^n}(0) = A_n \quad (21)$$

Afin d'obtenir une formule de récurrence permettant de calculer A_n , nous appliquons successivement la formule de *Leibnitz's* :

$$A_0 = G(0) = \exp(-\mu) = \exp\left(-\sum_{j=1}^m \frac{\varepsilon_j}{v_j}\right) \quad (22)$$

$$A_n = \sum_{j/v_j \leq n} \frac{\varepsilon_j}{n} A_{n-v_j}$$

Cette relation de récurrence permet de calculer très rapidement la probabilité que le portefeuille subisse une perte égale à $(n * L)$ ceci quel que soit n appartient à l'intervalle $[0; +\infty]$.

En d'autre terme, ce logarithme permet de construire la courbe représentative de la distribution des pertes du portefeuille considéré. Dans le cadre de cette étude nous avons obtenu très rapidement ce logarithme grâce au logiciel MATLAB.

Comme on a vu précédemment avant application de la modélisation CR+, il faut collecter les inputs nécessaires. Rappelons que nous disposons déjà les taux de recouvrement et donc les LGD, les expositions en cas de défaut (EAD) ainsi que les probabilités de défaut à un an pour chaque classe de risque qu'on a les obtenir à travers le système de notation de la banque.

La partie suivante sera consacrée pour présenter les probabilités de défaut qui seront exploitées dans la modélisation.

IV. La probabilité de défaut

La probabilité de défaut a été directement renseignée par le système de notation de la banque. Ce système permet d'accorder à chaque relation une note de 1 à 10 en fonction de la degré de remplissage de 5 critères suivants :

- La stabilité de l'entreprise par rapport aux fluctuations économique (principalement l'impact du progrès technologique et législatif sur l'entreprise) ;
- Pouvoir concurrentiel de l'entreprise ;
- Performance productive et commerciale ;
- L'autonomie financière ;
- La qualité du management.

La note accordée permet de définir une probabilité de défaut pour chaque relation.

Le tableau suivant récapitule la probabilité de défaut annuelle pour chaque classe de risque pour toutes les années d'étude :

Tableau 7 : probabilité de défaut

PD	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	Moyenne	Volatilité
C0	4.3%	4.1%	3.8%	3.7%	3.95%	0.3%
C1	10.1%	5.1%	6.8%	6.1%	7.03%	2.2%
C2	13.1%	13.0%	17.3%	18.7%	15.51%	2.9%
C3	45%	38.8%	37.7%	35.0%	39.11%	4.2%

Comme on a évoqué précédemment, la modélisation CreditRisk+ nécessite la probabilité de défaut annuelle comme input. La question se pose quant au choix de l'année de référence. Deux choix nous sont offerts :

- Utiliser les taux de défaut relatifs à la transition 2014-2015 en tant qu'intrants dans le modèle CR+ afin de prévoir ceux de l'année suivante 2016. Cette approche ressemble à la spécification de Markov d'ordre 1. Elle suppose néanmoins la stabilité de la probabilité de défaut dans le temps.
- Utiliser la moyenne de la probabilité de défaut en tant qu'intrants dans CR+. Ceci permettra de pallier à l'effet conjoncturel des cycles.

Nous opterons pour ce deuxième choix, puisque les probabilités de défaut ne sont pas stables dans le temps, en plus cela nous permettra de prendre en considération l'effet cycle.

En plus, les probabilités de défaut qui seront utilisés comme inputs dans CreditRisk+ sont celles relatives aux créances vivantes dans le portefeuille, c'est-à-dire des créances n'étant pas en défaut. Selon la conception du défaut adapté au contexte tunisien, les créances vivantes sont celles appartenant aux classes de risque suivantes: C0, C1, C2, C3. Ces probabilités de défaut tiennent compte de l'effet cycle puisqu'elles sont calculées comme une moyenne sur plusieurs années.

Le tableau suivant présente les probabilités de défaut à utiliser dans le modèle :

Tableau 8: probabilité de défaut annuelle

<i>Classe</i>	<i>PD</i>
<i>C0</i>	3.95%
<i>C1</i>	7.03%
<i>C2</i>	15.51%
<i>C3</i>	39.11%

Section n°2 : Présentation de l'échantillon et analyse descriptive de la base de données

L'objet principal de cette section est de présenter et d'analyser l'échantillon de crédit formé pour exécuter l'étude.

I. Présentation de l'échantillon

Notre échantillon, est composé du portefeuille de crédit accordé par une banque tunisienne de la place aux grandes entreprises locales (corporate large), sur la période 2012-2015. Les engagements composant l'échantillon sont répartis en 5 classes de risque selon la classification de la Banque Centrale de Tunisie. Dans un ordre croissant du risque, ces classes sont respectivement: créances courantes (0), les créances nécessitant un suivi particulier (1), créances incertaines (2), créances préoccupantes (3), créances compromises (4).

II. Analyse descriptive de la base de données

Au niveau de ce paragraphe, nous présenterons et nous analyserons l'échantillon du portefeuille de crédit objet de l'étude. Nous mettrons l'accent sur la répartition de ce portefeuille de crédit en classe de risque.

1. Présentation générale

Aux fins de cette étude, notre échantillon est constitué d'un portefeuille de crédits accordé aux grandes entreprises (corporate large) opérant dans le secteur industriel, sur la période 2012-2015. Le tableau ci-dessous comporte les crédits accordés aux grandes entreprises, par une banque tunisienne de la place sur la période 2012-2015 :

Tableau 9: composition de l'échantillon (en dinars)

<i>Année (fin de période)</i>	<i>Total engagements</i>	<i>TC</i>	<i>Total Garanties</i>	<i>Total provisions</i>
2012	507 049 933		49 828 071	81 386 555
2013	543 607 420	7%	44 456 201	85 186 757
2014	613 591 861	13%	14 465 001	45 522 453
2015	594 471 220	-3%	23 617 086	44 515 563

D'après le tableau ci-dessus, on constate que la valeur des crédits accordés aux grandes entreprises ont été en constante croissance tout au long la période d'étude. On passe d'un total engagement de **507 049 933 de dinars** en **2012** à **594 471 220 de dinars** en **2015** avec une croissance annuelle moyenne d'environ **17%**. Cette croissance est due principalement à l'augmentation des crédits en **2014** de **13%** par rapport **2013**.

D'un autre coté on constate que le total des garanties diminue considérablement et il ne suit pas l'évolution du total des engagements. En effet la baisse des garanties présente presque le triple de l'augmentation de valeur des engagements. Ceci est confirmé par la chute du taux de recouvrement de **6 points**: passant de **10%** en **2012** à **4%** en **2015**. Ainsi, les provisions ont connus une baisse annuelle moyenne de **45%**.

2. Statistiques descriptives

Afin de mieux visualiser les caractéristiques du portefeuille de crédit a étudié, nous allons présenter les statistiques descriptives se référant principalement aux encours engagements du portefeuille. Le tableau suivant présente ces différentes caractéristiques statistiques :

Tableau 10: caractéristiques statistiques de l'échantillon

<i>Années</i>	<i>2012</i>	<i>2013</i>	<i>2014</i>	<i>2015</i>	<i>Total</i>
Moyenne	2 880 966	3 088 679	3 486 317	3 377 677	3 208 410
Ecart-type	5 181 170	4 898 096	5 325 210	5 112 977	177 757
Minimum	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000
Maximum	50 478 414	37 256 534	37 952 453	30 492 702	50 478 414
Somme	507 049 933	543 607 421	613 591 862	594 471 220	564 680 109

Sur toute la période d'étude, l'engagement moyen a été de **3 208 410 dinars** pour un écart-type de **177 757 dinars** indiquant une dispersion élevée autour de la moyenne.

Le total des engagements annuel moyen culmine à **564 680 109 dinars**, comme cela était prévisible avec le seuil de valeur de crédit, la créance minimale est de **1000 dinars** contre une créance maximale de **50 478 414 dinars** atteinte en **2012**.

3. Répartition du portefeuille selon les 5 classes de risque

Avant d'analyser la répartition des créances composant le portefeuille de crédit constituant l'échantillon, il est important de rappeler la répartition des créances selon la classification de la Banque Centrale de Tunisie (BCT). Comme nous avons évoqué précédemment que la BCT répartie les créances en 5 classes de risque. Cela se fait selon le nombre de jours de retard de paiement. Ces classes sont présentées dans le tableau suivant :

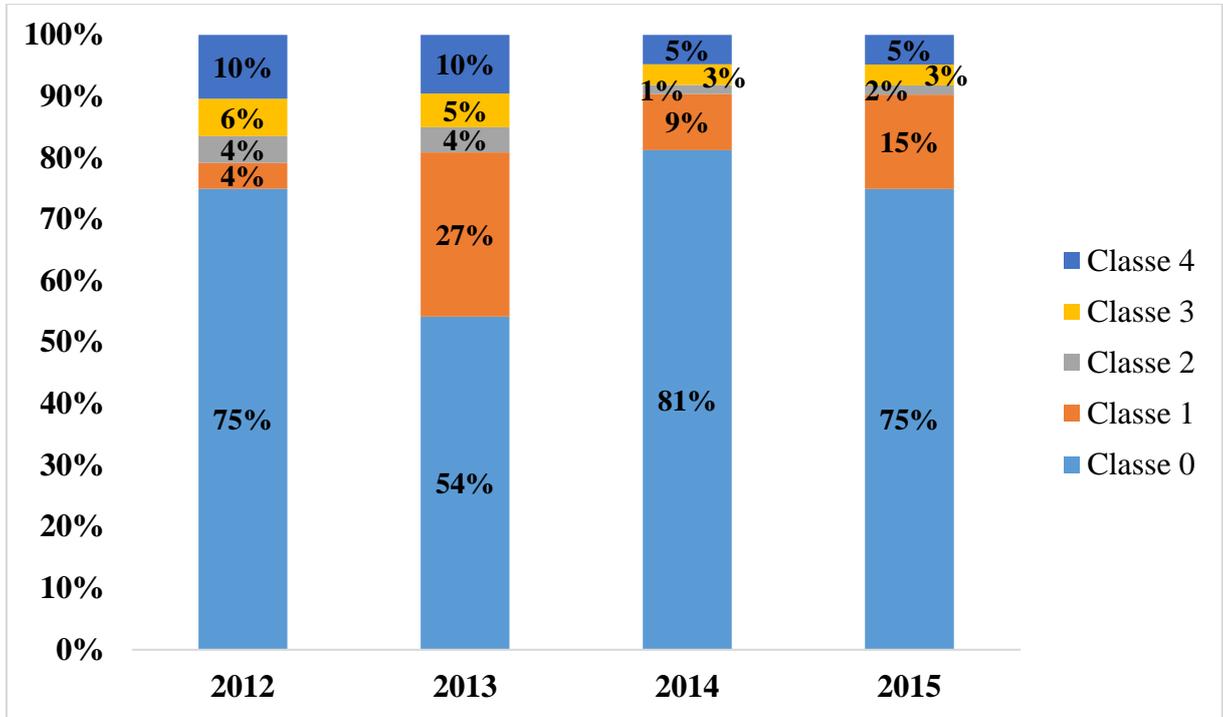
Tableau 11: classes de risque selon la BCT

<i>Classe de risque</i>	<i>Dénomination</i>	<i>Nbr de jrs de retard de paiement (en j)</i>	<i>% provisions</i>
<i>Classe 0</i>	Créances courantes	Inférieur à 90 jours	0%
<i>Classe 1</i>	Créances nécessitant un suivi particulier	Inférieur à 90 jours	0%
<i>Classe 2</i>	Créances incertaines	Entre 90 et 180 jours	20%
<i>Classe 3</i>	Créances préoccupantes	Entre 180 et 360 jours	80%
<i>Classe 4</i>	Créances compromises	Supérieur à 360 jours	100%

Dans le cadre de gestion du risque de crédit, la Banque Centrale de la Tunisie classe, dans un ordre croissant du risque, les créances en 5 types. A noter que selon les normes de Bâle 2 un emprunteur est considéré en défaut de paiement s'il a dépassé les 90 jours de retard sur l'un de ses crédits. Notons toutefois que dans le contexte tunisien, il est considéré en défaut tout emprunteur dépassant les 360 jours de retard de remboursement. Il apparaît donc que le défaut selon Bâle 2 concerne les classes 2, 3 et 4, alors que d'après la conception tunisienne le défaut ne concerne que la classe 4.

Passant maintenant à une analyse détaillée du portefeuille de crédit constituant l'échantillon a étudié .Ceci en défalquant ce dernier selon las 5 classes de risque.

Figure 11: Répartition du portefeuille selon les 5 classes de risque



La figure précédente, montre l'évolution en pourcentage des expositions du portefeuille ventilées sur les cinq classes de risque. On constate que le portefeuille est globalement sain car la classe 0 présente la part la plus importante durant toute la période d'étude avec environ une proportion moyenne de **75%** Ce qui reflète une bonne sélection des dossiers de crédit à octroyer aux entreprises.

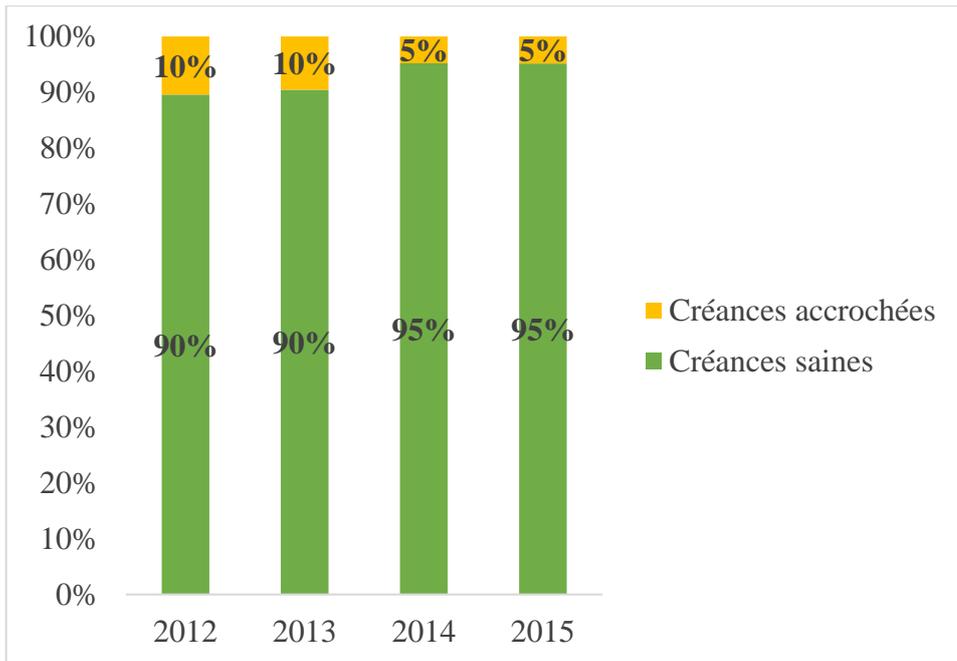
Il est aussi important de noter que les classes 2 et 3 sont presque absentes tout au long la période d'étude. En effet la somme des deux classes ne présente qu'une infime proportion du portefeuille. Ceci indique que rarement les retards de remboursement se situent entre 90 et 360 jours.

Pour les créances compromises, on constate une baisse de **5 points** en **2014** par rapport **2013** et il garde le même niveau de **5%** en **2015**.

4. Répartition du portefeuille entre créances saines et créances classées

Au niveau de ce paragraphe, nous faisons une dichotomie entre les créances saines (classe 0) et les créances accrochées (classes 1, 2, 3, 4).

Figure 12: Répartition du portefeuille entre créances saines et créances accrochées



D'après la figure précédente, on constate que le portefeuille est globalement sain. En effet les créances saines présentent environ 90% du total des engagements. Ceci confirme encore une fois la bonne politique appliquée par la banque pour la sélection des dossiers de crédits.

Section 3 : Application du modèle CR+ sur le portefeuille de crédit objet de l'étude :

Dans les sections précédentes, nous avons présenté le modèle CR+ sous sa facette théorique et technique, puis nous avons procédé, moyennant quelques retraitements, à la constitution des inputs nécessaires au fonctionnement du modèle.

Rappelons que, comme tout modèle d'évaluation du risque de crédit, l'objectif principale de CR+ est la détermination de la Value at Risk liée au portefeuille de crédit, ainsi

la détermination du capital économique nécessaire pour couvrir le risque induit par ce portefeuille.

Au niveau de cette section, nous appliquerons la modélisation CR+, tout en adopterons la démarche présentée précédemment, sur un échantillon d'un portefeuille de crédit accordé aux grandes entreprises opérant dans le secteur industrielle. Pour simplifier la modélisation, nous optons à la version simplifiée de CR+ qui suppose les probabilités de défaut fixes.

Puisque les inputs nécessaires au fonctionnement de CR+ tel que : les expositions de crédit, les probabilités de défauts, les taux de recouvrement (afin de pouvoir retrouver la LGD), sont disponibles. Nous passons à l'application du modèle sur le portefeuille de crédit accordé par la banque aux grandes entreprises industrielles via l'algorithme créé à cet effet sur le logiciel MATLAB.

I. Distribution des pertes du portefeuille :

Dans l'approche CR+, le portefeuille doit être schématisé en bandes d'expositions exprimées en unité de L. Par exemple, en choisissant $L = 1000$ dinars, une exposition de **1 400 dinars** serait égale à $1,4 * L$ et donc $v_j =$ entier supérieur de $1,4 = 2$. Il apparait donc qu'avec un $L = 1000$ dinars la bande $v_j = 2$ regrouperait toutes les expositions nettes de recouvrement appartenant au segment d'exposition [**1 000 DT ; 2000 DT**]. Le processus d'arrondi permet ainsi de diviser le portefeuille en bandes et diminue grandement le nombre de calcul à opérer.

Le choix de L, bien qu'arbitraire, est primordial pour CR+ et doit se faire de telle sorte que chaque bande de créances ait des caractéristiques d'expositions communes en un nombre minimum de crédit, surtout pour les petites expositions. En prenant en considération la dernière remarque, nous faisons le choix pour le reste de l'étude, d'une perte standard L telle que :

L = 1000 dinars

Ainsi toutes les expositions seront exprimées en unités de L, c'est-à-dire ayant comme unité de mesure 1000 dinars.

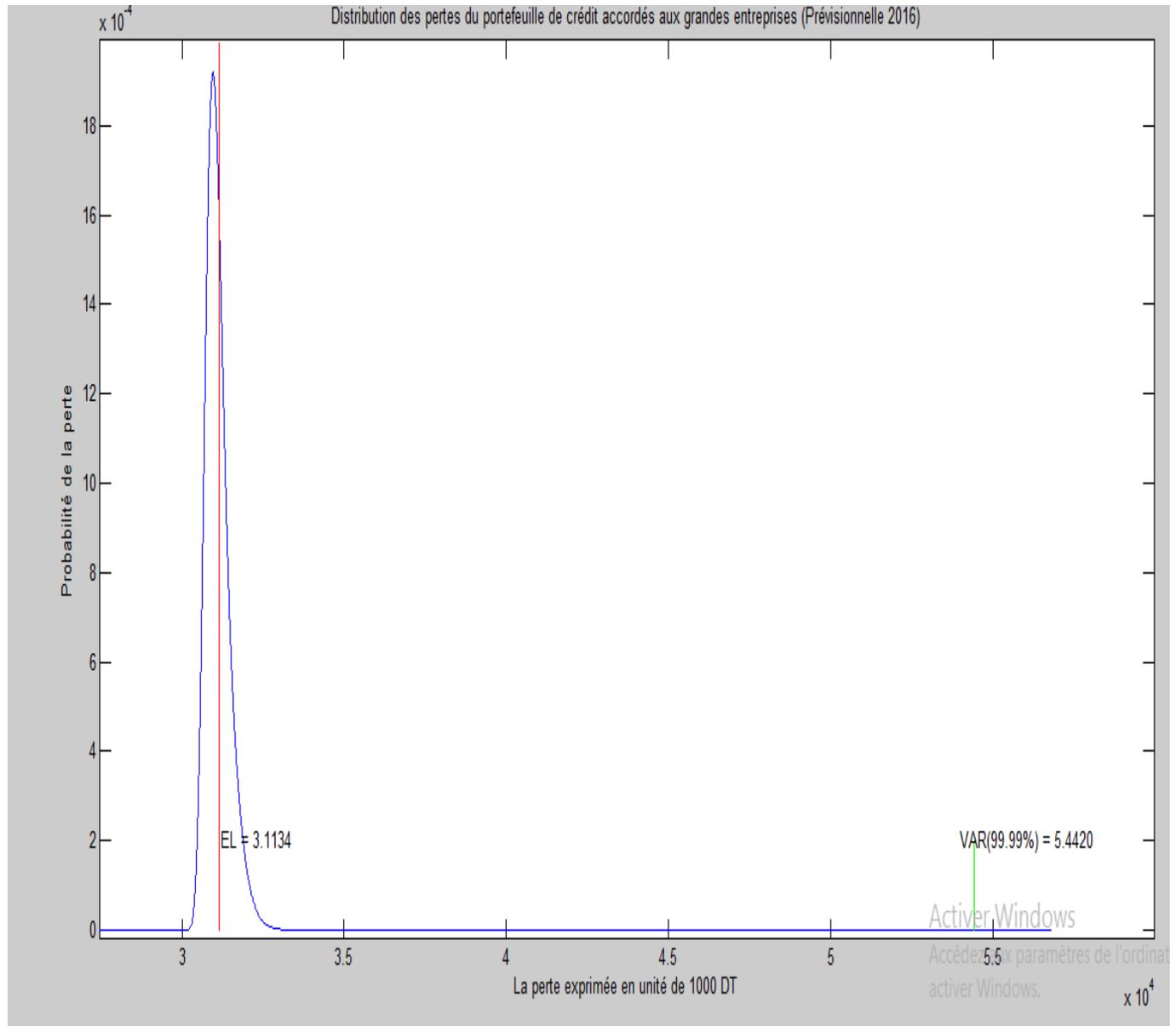
On appliquant la modélisation CR+, on a abouti à la relation de récurrence suivante :

$$A_0 = G(0) = \exp(-\mu) = \exp\left(-\sum_{j=1}^m \frac{\varepsilon_j}{v_j}\right)$$
$$A_n = \sum_{j/v_j \leq n} \frac{\varepsilon_j}{n} A_{n-v_j}$$

Les termes A_n renseignent sur la probabilité de perdre $n \cdot L$ avec L le niveau de perte standard. Nous pouvons déduire ces termes A_n à partir de la relation de récurrence implantée dans MATLAB. Les couples $(n ; A_n)$ permettent alors de définir la distribution des pertes pour le portefeuille considéré, dans notre cas le portefeuille des crédits accordés aux grandes entreprises.

Le logiciel MATLAB nous permet de tracer la distribution des pertes présentée au niveau de la figure ci-dessous présente :

Figure 13: Distribution prévisionnelle (2016) des pertes du portefeuille de crédit accordé aux grandes entreprises



D'après la figure précédente, on constate que la distribution des pertes est caractérisée par des queues épaisses. Ceci est connu par l'effet « **fat tail** ». Cet effet génère des niveaux de VaR très élevés surtout pour les seuils de confiance élevés. Ce qui met en péril la rentabilité bancaire.

II. Perte attendue, Value at Risk et capital économique :

Dans cette section, nous déterminerons : la Perte attendue, Value at Risk et capital économique du portefeuille de crédit concerné.

1. Perte attendue (Expected Loss) du portefeuille :

Selon la spécification propre à CR+, la perte attendue du portefeuille est calculée comme suit :

$$EL = \sum_{j=1}^m \epsilon_j = 31\,134$$

Les ϵ_j correspondent aux pertes attendues dans la tranche j exprimées en L et m correspond au nombre total de tranche. Le calcul aboutie à une perte attendue pour le portefeuille de crédits concerné de :

$$\begin{aligned} EL &= 31\,134 * L \\ &= 31\,134 * 1000 \\ EL &= 31\,134\,000 \text{ dinars} \end{aligned}$$

La banque donc a intérêt de constituer des provisions à hauteur de **31 134 000 dinars** dont **22 370 087 dinars** qui ont été effectivement provisionnés. Si la banque objet de l'étude veut se conformer aux normes internationales elle doit constituer des nouvelles provisions pour **8 763 913 dinars** ou bien répercuter ce montant dans ses marges à travers le processus de tarification.

Cette perte attendue correspond au 6^{ème} décile de la distribution des pertes. Ce qui rejoint à la recommandation de Bâle 2 qui stipule de calculer la perte attendue comme le quantile vérifiant que la probabilité de la perte n'excède pas 60%.

$$P(\text{pertes} \leq EL) = 60\%$$

2. Value at Risk du portefeuille :

La distribution des pertes présente un effet de « **fat tail** ». Ceci conduit à des niveaux de VaR très élevés pour les seuils de confiance élevés. Ce qui met en péril la rentabilité bancaire. En effet lorsqu'on se situe dans la zone extrême droite de la courbe on constate qu'un accroissement des pertes provoquerait un accroissement plus que proportionnel de la VaR.

Rappelons ici que la VAR à un seuil de confiance α est définie telle que :

$$P(L \leq \text{VAR}\alpha) = \alpha$$

Afin de pouvoir calculer la VaR dans le cadre de CR+, nous avons implémenté un logarithme dans MATLAB, qui pour différentes valeurs de α , calcule les VaR correspondantes. Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau qui suit :

Tableau 12: Value at Risk du portefeuille

Niveau de confiance α	Value at Risk en L	Value at Risk en dinars
90%	32 579	32 579 102
95%	36 382	36 382 471
97.50%	39 889	39 888 992
99%	44 156	44 156 186
99.90%	54 420	54 419 717
99.99%	63 748	63 748 175

Afin d'atténuer le danger provoqué par les queues de la distribution des pertes, les standards internationaux recommandent un seuil de **99.9%** ce qui implique une Value at Risk pour le portefeuille égale à **54 419 717 dinars**. Si on ne considère les expositions nettes de recouvrement et uniquement les classes vivantes, le total de ses engagements s'élève à **544 854 240 dinars**. Donc la VaR au seuil de 99.9% est égale à 10% du total engagement net des garanties et vivantes du portefeuille.

3. Capital économique en couverture du risque de crédit du portefeuille :

Tous les modèles d'évaluation de risque de crédit ont comme unique but de déterminer le capital économique nécessaire pour les banques afin de couvrir ce type de risque. Il n'est donc anodin que cette étape vienne conclure tout le processus CR+ précédemment amorcé.

La référence actuelle pour le calcul du capital économique est inspirée de la conception bâloise qui définit le capital économique nécessaire comme la perte inattendue (unexpected loss) sur le portefeuille à un seuil de 99.9% ; En découle que :

$$\begin{aligned} \text{Capital économique} &= \text{UL (99.9\%)} = \text{VaR (99.9\%)} - \text{EL (60\%)} \\ &= \mathbf{54\,419\,717 - 31\,134\,000} \\ \text{Capital économique} &= \mathbf{23\,285\,717 \text{ dinars}} \end{aligned}$$

Pour couvrir le risque né de son activité de crédit accordé aux grandes entreprises industrielles, la banque doit constituer des fonds propres pour un montant de **23 285 717 dinars** ce qui présenterait environ **4%** du total engagement net des garanties et vivantes du portefeuille.

Nous rappelons que ce capital économique est relatif à un portefeuille partiel traitant uniquement un échantillon des crédits accordés aux grandes entreprises industrielles. Donc on ne peut pas ce capital économique partiel aux fonds propre de la banque.

Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons entrepris toute la démarche de la modélisation CR+ sur un portefeuille de crédits accordés aux grandes entreprises industrielles. Ce modèle semble le mieux adapté au contexte tunisien surtout après l'apparition de la circulaire 2016-06 imposant les banques d'implanter un système de notation interne permettant d'accorder à chaque relation une note et une probabilité de défaut qui facilite l'utilisation de CR+.

Comme tous modèle d'évaluation du risque de crédit, le but ultime de CR+ est d'évaluer le risque, souvent par une approche VaR à un seuil donné, et la détermination du capital économique nécessaire pour la couverture du risque de crédit.

Afin de contourner les difficultés de conception d'un modèle à probabilité de défaut stochastiques, nous avons opté pour le choix de la version de base du modèle CR+ avec une probabilité de défaut fixe. Par suite nous avons déduit la distribution des pertes liées au portefeuille objet de l'étude, moyennant le logiciel MATLAB. Cette distribution nous permettant d'avoir les calculs nécessaires pour la détermination de la perte espérée, la Value at Risk afin de déterminer le capital économique nécessaire à la couverture du risque de crédit relatif à ce portefeuille.

Conclusion générale

Le contexte bancaire actuel marqué par sa fragilité, due principalement aux dernières crises et scandales financiers qui ont fait ressurgir la nécessité d'une gestion efficace des risques bancaires, et plus particulièrement du risque de crédit.

Cette sensibilité au risque pousse les autorités internationales de régulation, sous l'égide du comité de Bâle de formuler un ensemble des règles et des normes prudentielles afin de stabiliser le système financier international via la standardisation des pratiques bancaires à l'échelle mondiale. C'est dans cette mouvance était la première réforme « Bâle 1 » venu consacrer l'importance des fonds propres en tant qu'outil de couverture contre le risque de crédit. Ceci en exigeant le respect du ratio Cooke.

Ce dernier a montré ses limites ce qui pousse le comité de Bâle à passer aux trois piliers de Bâle 2. Dans un premier pilier, cette réforme à affiner le calcul du risque de crédit en incitant les banques à utiliser des méthodes d'évaluation interne assez avancées ainsi cette méthode à intégrer le risque marché et le risque opérationnel au niveau du calcul de ratio Cooke. Dans un deuxième et troisième pilier la réforme Bâle 2 à accorder une attention particulière à la régulation et le discipline de marché. Aussi cette réforme Bâle 2 a inclus le concept de Value at Risk (VaR) comme approche optimale pour le calcul du risque de crédit via la détermination du capital économique.

L'accord Bâle 2 demeure insuffisant pour gérer les risques bancaires et stabiliser le système bancaire international. Ceci a été confirmé par la crise de « *Subprime* », (2007-2009) qui a fait naître la réforme Bâle 3 en renforçant l'approche micro-prudentielle (améliorer la qualité et la quantité des fonds propres, améliorer le niveau de liquidité et renforcer la transparence) et en intégrant ainsi une dimension macro-prudentielle (la pro-cyclicité et les risques systémiques).

Cependant, il est important de noter que l'optimisation de l'efficacité de Bâle 3 nécessite une réglementation prudentielle homogène via une synchronisation de l'avancement à l'échelle internationale de Bâle 3. Mais cette transposition a connue des difficultés surtout pour les pays en voie de développement. En effet, la Tunisie reste marquée par sa lenteur

d'adaptation aux standards internationaux malgré l'effort issue de la Banque Centrale de la Tunisie en créant un cadre réglementaire pour organiser l'activité bancaire.

Notons toutefois que la dernière mise à jour en octobre 2016 de la circulaire régissant la gestion des risques bancaire, peut-être un signe positif de réaction. En effet cette mise à jour impose des banques tunisiennes de construire leurs propres systèmes de notation interne. Ceci stimule ces derniers à utiliser des techniques d'évaluation du risque de crédit plus développés, présentant la tendance actuelle, centrée sur les modèles d'évaluation au niveau d'un portefeuille de crédit. Les modèles les plus connues ce sont les trois modèles présentés dans ce travail tel que : CreditMetrics de JP.Morgan, Portfolio Manager de Mody's KMV et CreditRisk+ de Credit Suisse First Boston, ayant comme but ultime la détermination la distribution des pertes permettant le calcul du capital économique nécessaire pour couvrir le risque de crédit.

Parmi ces trois modèles, nous retenons le modèle « CreditRisk+ », un modèle analytique très rapide permet le traitement d'un nombre très important de dossier de crédit et ne nécessite pas de recourir à des données du marché boursier ni à des ratings.

L'objet de ce mémoire est de se focaliser sur l'évaluation et la gestion du risque lié à l'activité de crédit, en général, et sur la transposition de ces pratiques dans le contexte tunisien, en particulier.

Pour ce faire, nous avons appliqué le modèle CR+ sur un portefeuille de crédit accordé par une banque tunisienne de la place aux grandes entreprises opérant dans le secteur industriel. Dans sa conception de base, CreditRisk+ s'appuie sur un algorithme permettant de construire la distribution des pertes prévisionnelle, à un an, liée au portefeuille considéré.

Cette distribution constitue la matière première de tout gestionnaire du risque pour la détermination de la Value at Risk, la perte attendue ainsi que la perte inattendue suivant un seuil de confiance donnée. Pour élaborer ce travail, on a opté pour un seuil de confiance de **99.9%** tel que recommandé par les standards internationaux et on a obtenu les résultats suivants :

- La Value at Risk au seuil de confiance de **99,9%** rattaché à un portefeuille de crédit accordé aux grandes entreprises s'élève à **54 419 717 dinars** soit environ **10%** du total des expositions nettes des garanties et vivantes du portefeuille
- La perte attendue sur ce portefeuille, et dont la couverture se fait par le mécanisme des marges et des provisions s'élève à **31 134 000 dinars** dont **22 370 087 dinars** qui ont été effectivement provisionnés soit un écart par rapport à l'approche bâloise **de 8 763 913 dinars**.
- Le capital économique nécessaire à la couverture du risque du portefeuille de crédit accordé à un échantillon des grandes entreprises s'élève à **23 285 717 dinars** soit **4%** du total des créances nettes du portefeuille considéré.

Pour avoir un travail parfait, reflétant la situation réelle de la banque objet de l'étude, il est important de:

- prendre en considération le portefeuille global de tous les engagements de la banque
- intégrer la volatilité des probabilités de défaut ceci en appliquant l'approche avancée de CR+
- effectuer une analyse par secteur et calculer les contributions marginales au risque de crédit.

Bibliographie

Articles:

- Antoine Vandendorpe, Ngoc-Diep Hob, Steven Vanduffel, Paul Van Dooren, (2007), on the parameterization of the CreditRisk+ model for estimating credit portfolio risk. *Insurance: Mathematics and Economics*, 42, 736–745
- Brunel V. & B.Roger, (2009), "Risque de défaut - Risque de crédit", Ecole nationale des ponts et chaussées
- D. E. Allen and R. J. Powell, (2011), Credit risk measurement methodologies. School of Accounting, Finance and Economics, Edith Cowan University, 12–16.
- Derbali.A, Hallara.S, (2012), the Current Models of Credit Portfolio Management: A Comparative Theoretical Analysis. *Int. J. Manag. Bus. Res.*, 2 (4), 271-292.
- Erika Spuchľáková, Katarína Valašková, Peter Adamko, (2015), the Credit Risk and its Measurement, Hedging and Monitoring. *Procedia Economics and Finance* 24, 675 – 681.
- Fischer M. & C. Dietz, (2012), Modeling sector correlation with CreditRiskC : the common background vector model. *The journal of Credit Risk* 7-4
- Götz G., (2012), enhancing CreditRisk+.
- Ian Iscoe, Alexander Kreinin, Helmut Mausser, Oleksandr Romanko., (2012), Portfolio credit-risk optimization *Journal of Banking & Finance*, 36, 1604–1615.
- Michael B. Gordy, (2002), Saddlepoint approximation of CreditRisk+. *Journal of Banking & Finance*, 26, 1335–1353.
- Tiesset M. & Troussard P., 2005, Capital réglementaire et Capital économique .Banque de France, Revue de la stabilité financière N°7, Novembre 2005
- Tomáš Kliešřtik, Juraj Cúg, (2015), Comparison of Selected Models of Credit Risk. *Procedia Economics and Finance*, 23, 356 – 361

- Vedpuriswar, A.V., (2009), CreditRisk+ and CREDIT Metrics.

Documents

- comité de Bâle sur le contrôle bancaire, convergence internationale de la mesure et des normes de fonds propres, Juin 2006.
- comité de Bâle sur le contrôle bancaire, le dispositif de Bâle II : rôle et mise en œuvre du pilier 2, Décembre 2006.
- circulaire n° 91-24 relative à la « Division couverture des risques et suivi des engagements », Banque Centrale de la Tunisie (BCT), décembre 1991.
- circulaire n° 2012-09 (mise à jour de la circulaire 91-24) relative aux « provisions collectives », Banque Centrale de la Tunisie (BCT), juin 2012.
- circulaire n° 2013-21 (mise à jour de la circulaire 91-24) relative aux « provisions additionnels », Banque Centrale de la Tunisie (BCT), décembre 2013.
- circulaire n°2014-14 (mise à jour de la circulaire 91-24) relative « au ratio de liquidité à court terme : LCR », Banque Centrale de la Tunisie (BCT), novembre 2014.
- Circulaire n° 2016-03 (mise à jour de la circulaire 91-24) relative au « risque opérationnel », Banque Centrale de la Tunisie (BCT), en juillet 2016.
- circulaire n° 2016-06 (mise à jour de la circulaire 91-24) relative à « la conception et/ou la mise à jour du système de notation interne des banques » », Banque Centrale de la Tunisie (BCT), octobre 2016.
- Credit Suisse First Boston, CreditRisk+, 1997, «A CREDIT RISK MANAGEMENT FRAMEWORK, Technical document.
- Gaël Riboulet & Thierry Roncalli 1999, cours « les risques de crédit : Value at Risk (mesure de capital économique).
- Helal M.2016, « Notes de cours de Gestion de risque de crédit », IFID.
- J.P.Morgan & co, 1997. Credit Metrics.Technical document.

Ouvrages

- Dietch M. & J.Petey, 2008, « Mesure et gestion du risque de crédit dans les institutions financières », 2ème édition, Revue Banque Edition.
- Roncalli T., Paris, 2004, « La gestion des risques financiers », ECONOMICA.

- Servigny A., Métayer B. & Zelenko I., 2006, « Le risque de crédit », 3^{ème} édition, DUNOD.

Mémoires

- Gouja.R, 2010, « Evaluation du risque de crédit et de la performance de la banque ajusté pour le risque », IFID

Sites internet

- www.bct.gov.tn
- WWW.bionicturtle.com
- www.bis.org
- www.credit-suisse.com
- www.memoireonline.com
- www.wikipedia.org
- WWW.apbt.org.tn
- WWW.commission-bancaire.org

Annexe : Algorithme MATLAB

```
clear all;
close all;
clc;
load('InputData.mat');
myData=sortrows(InputData,1);
vj=unique(myData(:,1))

somme=0;
auxMat=zeros(length(vj),3);
for i=1:length(vj)
    for j=1:size(myData,1)
        if(myData(j)==vj(i))
            somme=somme+myData(j,2);
        end
    end
    auxMat(i,1)=vj(i);
    auxMat(i,2)=somme;
    auxMat(i,3)=somme/vj(i);
    somme=0;
end

auxMat1=zeros(vj(end),3);

for i=1:vj(end)
    fnd=find(auxMat(:,1)==i);
    l=length(fnd);
    if(l>0)
        auxMat1(i,:)=auxMat(fnd,:);
    else
        auxMat1(i,1)=0;
        auxMat1(i,2)=0;
        auxMat1(i,3)=0;
    end
end

a0=exp(-sum(auxMat1(:,3)));
finalMat=zeros(vj(end),3);
finalMat(i,1)=0;
finalMat(i,2)=0;
finalMat(i,3)=a0;
for i=1:vj(end)
    finalMat(i,1)=i;
    finalMat(i,2)=auxMat1(i,3);
    finalMat(i,3)=sum(auxMat1(1:i,3));
end
```

```
MAT= finalMat';

for i=2:(size(MAT,2));
T=zeros(1,(i-1));
for j=1:(i-1);
T(j)=MAT(3,j)*MAT(2,(i-j+1));
end
MAT(3,i)=sum(T)/(i-1);
end
figure();
plot(MAT(3,:));
xlabel('La perte exprimée en unité de 1000 DT');
ylabel('Probabilité de la perte');
title('Distribution des pertes du portefeuille de crédit accordés aux  
grandes entreprises (Prévisionnelle 2016)');
```