

معهد تمويل التنمية
للمغرب العربي

Mémoire de fin d'Etudes

Thème :

Gestion du Risque de Crédit : Le Modèle CeditRisk+

Présenté et soutenu par :

SADFI MEJAOUEL Jihene

Encadré par :

Mr. Radhouane GOUJA

Etudiant(e) parrainé(e) par :

Arab Tunisian Bank

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail

A mes chers parents Chekra et Hammadi qui ont toujours été là pour moi,

A mes chères sœurs Ibtihel et Ibtissem pour leur soutien et patience,

A ma chère amie Malek Ayari pour son soutien et encouragement,

A mes chères collègues Malek Slimene et Molka Guerhazi.

A toute ma famille élargie.

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier chaleureusement mon professeur Monsieur Radouane Gouja qui m'a encadré dans ce projet, m'a prodigué ses conseils et m'a donné de son temps pour la réalisation de ce travail.

Je remercie aussi ma tuteur au sein de l'Arab Tunisian Bank, Madame Hend Ben Mansour, Directeur Central du département Risk Management pour m'avoir fait partager son expérience et ses compétences, pour le temps qu'elle m'a consacré tout au long de cette période, répondant à toutes mes interrogations et m'associant à toutes les actions du projet.

Je remercie également tout le cadre de l'IFID, et particulièrement Monsieur Slehi Louhichi et Monsieur Mondher Ben Ammar.

Sommaire

Liste des tableaux.....	i
Liste des figures.....	ii
INTRODUCTION GENERALE	1
CHAPITRE I : LE RISQUE DE CREDIT ET LA REGLEMENTATION BANCAIRE	3
Section 1 : Origine et définition du risque de crédit	3
1- L'activité bancaire et risque	3
2- Notions clés et caractéristiques	7
Section 2 : La réglementation prudentielle internationale	8
1- L'accord de Bâle I.....	8
2- L'accord de Bâle II.....	11
3- L'accord de Bâle III.....	13
Section 3 : La réglementation prudentielle en Tunisie	13
1- La division et la couverture du risque	14
2- La classification des actifs et la constitution de provisions.....	15
3- La mise en place d'un système de notation interne des contreparties	16
4- La vision de la BCT	18
Section 4 : Les paramètres bâlois du risque de crédit.....	18
1- La probabilité de défaut (PD)	18
2- La perte en cas de défaut (LGD)	19
3- L'exposition au défaut (EAD)	20
4- La maturité (M).....	20
5- La perte attendue (EL).....	20
6- La Value at Risk (VaR)	21
7- La perte inattendue (UL)	22
CHAPITRE 2 : LES MODELES D'ÉVALUATION DU RISQUE DE CREDIT	23
Section 1 : Les étapes de la gestion des risques.....	23
Section 2 : Les modèles d'évaluation du risque de crédit au niveau individuel.....	25
1- Les méthodes d'évaluation selon Bâle	25
2- Les modèles de scoring	28
Section 3 : Les modèles d'évaluation du risque de crédit au niveau du portefeuille	31
1- Le modèle de KMV	31

2- Le modèle Credit Metrcis de JP Morgan	34
3- Le modèle CreditRisk+ de Credit Suisse	37
CHAPITRE III : L'APPLICATION DU MODELE CREDITRISK+ SUR UN PORTEFEUILLE CREDIT DE L'ATB....	46
Section 1 : Présentation de la structure d'accueil.....	46
1- L'Arab Tunisian Bank (ATB).....	46
2- La Direction Centrale du « Risk Management » (DCRM)	49
Section 2 : Présentation du portefeuille	52
1- Exploration des données	52
2- Les statistiques descriptives	55
3- Les dispositions relatives à l'attribution des paramètres de risque.....	55
Section 3 : La modélisation du risque de crédit	58
1- La méthodologie du modèle CreditRisk+	58
2- Les résultats de la modélisation	63
CONCLUSION GENERALE	73
BIBLIOGRAPHIE.....	75

Liste des tableaux

Tableau 1: Différents types du risque opérationnel. source: Wikipédia	6
Tableau 2: Matrice de transition fournit par Standard and Poor'. Source: S&P.....	36
Tableau 3: Analyse de la tables de transition.....	36
Tableau 4: Caractéristiques statistiques du portefeuille crédit.....	55
Tableau 5:Correspondance entre les notations internes et les classes de risque de la BCT.....	56
Tableau 6 : Probabilités de défaut.	56
Tableau 7 : Probabilité de défaut annuelles	57
Tableau 8: Notations de la modélisation.	59
Tableau 9 : Notations retenues pour le CR+.	60
Tableau 10 : Extrait des Expositions et pertes attendues exprimés en L.	63
Tableau 11 : Extrait des variables introduites comme inputs dans l’algorithme MATLAB de CR+.	64
Tableau 12 : Statistique descriptives de la distribution prévisionnelle des pertes	65
Tableau 13 : Tableau des quantiles.	66

Liste des figures

Figure 1 : Distribution des pertes sur un portefeuille de crédit.....	38
Figure 2 : Evolution du total bilan de l'ATB entre 2001 et 2016	47
Figure 3 : Evolution du total dépôt de l'ATB entre 2001 et 2016	48
Figure 4 : Evolution du total créance de l'ATB entre 2001 et 2016	48
Figure 5: Organigramme de la Direction Centrale du « Risk Management ».....	50
Figure 6: Répartition du portefeuille engagements de l'ATB par segment.	53
Figure 7: Répartition du portefeuille engagements de l'ATB selon les classes de risque de la BCT.	53
Figure 8: Répartition du portefeuille engagements de l'ATB selon la qualité des créances. ..	54
Figure 9 : Output de la fonction de récurrence implémentée sur MATLAB.	64
Figure 10 : Distribution prévisionnelle des pertes	65
Figure 11 : Distribution des pertes et quantiles pour différents seuils	67

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

Durant la dernière décennie, la sphère économique et financière internationale a connu de multiples mutations accompagnées par un perpétuel mouvement de l'activité bancaire. Le phénomène de décloisonnement et déréglementation des économies, est à l'origine de l'extension de l'activité bancaire. Cependant, l'essor et l'innovation des produits financiers ont favorisé l'exposition du système bancaire aux diverses formes de risques.

Le risque de crédit demeure le principal risque auquel sont confrontés les établissements financiers. En effet, l'évaluation du risque de défaillance des entreprises est au centre des préoccupations des professionnels de l'industrie bancaire.

L'activité bancaire est confrontée à une variété de risques inhérents à son activité. Pour assurer leur pérennité et faire face au risque systémique, les banques sont appelées à se conformer à certaines réglementations prudentielles pour pouvoir quantifier les différents risques, les prévoir, les contrôler et enfin les mitiger. En effet, la solidité des établissements bancaires est un élément important pour la stabilité de l'économie, notamment pour la sécurité de l'épargne des particuliers.

La récente crise financière, la chute de la rentabilité des banques ainsi que la disparition de certains géants financiers prouvent la vulnérabilité des banques, ce qui a mis en pleine lumière la nécessité de mettre en place une réglementation plus stricte.

C'est dans un tel cadre, que fut instauré le Comité de Bâle, régulateur suprême de l'activité bancaire à l'échelle internationale, sa principale mission est le renforcement de la sécurité et de la crédibilité du système bancaire. De même, le plan quinquennal de la supervision bancaire à l'horizon 2020, mis en place par la Banque Centrale de Tunisie, vise une convergence vers le cadre prudentiel de Bâle II et Bâle III, et ce, en adressant une « roadmap » qui énumère aux banques les différentes étapes à suivre pour mieux gérer leur risque de crédit.

Dans ce contexte, l'enjeu majeur des autorités de régulations étant de responsabiliser davantage les établissements de crédit en leur offrant l'option d'apprécier le montant minimal de leurs fonds propres, indispensables à la compensation de leurs pertes, en fonction du risque. A cet effet, les créances saines peuvent être couvertes par moins de fonds propres, et

les créances les plus risquées doivent être affectées d'une pondération plus élevée. En d'autres termes, plus la qualité des créances est mauvaise, plus la banque doit provisionner de fonds propres.

Du point de vue de la banque, le risque de crédit se définit comme le risque que la contrepartie d'un engagement ne puisse ou ne veuille plus, à un moment donné, remplir ses obligations financières stipulées dans le contrat initial. Dans le pire des cas, la contrepartie fait faillite et la banque subit des pertes. Lesquelles pertes impactent directement la rentabilité de la banque et peuvent même mettre en péril sa compétitivité.

Les différentes pertes enregistrées par les banques ont remis en cause les approches classiques de gestion du risque de crédit, considérées, pour longtemps, les plus pertinentes. L'approche la plus connue est l'analyse financière, qui a été améliorée par la suite par les modèles de « scoring » initialement adoptés par Beaver (1967)¹ et Altman (1968)². Cependant, ces modèles présentent l'inconvénient de ne pas prendre en compte l'effet de diversification existant au niveau du portefeuille. Ils mesurent le risque relatif à chaque contrepartie. Or, en réalité les prêts d'un même portefeuille interagissent entre eux.

« Dans le but de préserver au mieux sa rentabilité et garantir sa part de marché, comment la banque peut-elle ajuster pertinemment ses fonds propres en fonction du risque encouru au niveau de son portefeuille d'engagements ? »

L'objectif de notre travail est triple. Il s'agit, en premier temps, d'analyser le risque de crédit d'une manière globale afin de dégager le niveau de perte moyen qui doit être couvert par les provisions. Ensuite, nous tenterons de modéliser les pertes potentielles et dégager le niveau de perte maximal que peut subir une banque pour un horizon donné et un niveau de confiance fixé par le comité de Bâle. Enfin, nous essayons de déterminer le montant de capital économique qui permet à la banque de faire face aux pertes inattendues.

Le présent mémoire est organisé en trois chapitres. Dans le premier chapitre, nous aborderons la réglementation bancaire en matière de risque de crédit au niveau international et national. Ensuite, dans un second chapitre, nous présenterons les principales méthodes

¹ Beaver, W.H., 1967, « Financial Ratios as Predictors of Failure », *Journal of Accounting Research*, Vol. 4, p. 71-111.

² ALTMAN, E.I. Financial ratios discriminant analysis and the prediction of corporate bankruptcy. *Journal of Finance*, 1968, 589-609.

d'évaluation du risque individuel et du portefeuille. Enfin, dans un troisième chapitre, nous tenterons d'appliquer la méthodologie CreditRisk+ sur un portefeuille engagements octroyés aux entreprises de différents segments et de différents secteurs d'activité.

CHAPITRE I

CHAPITRE I : LE RISQUE DE CREDIT ET LA REGLEMENTATION BANCAIRE

Introduction

L'analyse du risque de crédit tourne autour de trois approches principales : la description, la prédiction, et la prévention. La première consiste à mieux appréhender le phénomène à travers l'observation des différents processus de risque de crédit sans chercher à donner une solution préventive ou de traitement de façon à l'éliminer ou même à le mitiger. La deuxième approche met l'accent plutôt sur les variables de nature principalement financière ainsi que les phénomènes qui impactent positivement ou négativement le risque de défaillance. Enfin, l'approche préventive s'inscrit dans une perspective de prolongement de la compréhension des causes microéconomiques et macroéconomiques de l'apparition du risque de crédit, faisant ainsi appel aux outils internes de gestion du risque de crédit et à la régulation externe.

Dans ce premier chapitre, notre réflexion portera sur la notion de risque de crédit, ses différentes formes et ses caractéristiques. Ensuite, nous présenterons les règles prudentielles internationales instaurées par le comité de Bâle. Une autre section sera consacrée à la réglementation nationale tunisienne. Enfin, la dernière section mettra l'accent sur certains paramètres bâlois nécessaires au calcul du risque de crédit.

Section 1 : Origine et définition du risque de crédit

1- L'activité bancaire et risque

Selon Cohen (2001)³ : « le risque correspond à l'occurrence d'un fait imprévisible susceptible d'affecter les membres, le patrimoine, l'activité de l'entreprise et de modifier son patrimoine et ses résultats ».

En effet, cette définition fait ressortir deux caractéristiques du risque. Premièrement, le risque est l'effet d'un évènement négatif et imprévisible. Ensuite, l'occurrence de cet évènement implique des effets néfastes pour ceux qui le supportent.

Dans le domaine bancaire, le risque est défini par le comité de Bâle, comme étant la combinaison de deux éléments principaux : une perte éventuelle et un aléa (Kharoubi et

³ Elie COHEN - Dictionnaire de gestion. Ed La découverte.Paris.1997.P308.

Thomas, (2016)⁴). En d'autres termes, un évènement ne peut pas être qualifié de risqué si la perte est certaine ou si l'aléa porte sur un évènement positif.

La nature de l'activité de la banque la place en face d'une grande variété de risques. Or, tout risque se caractérise par un coût lié, d'une part, à l'obligation de le « provisionner », et d'autre part, aux préparations qui pourront avoir lieu par l'établissement bancaire pour en faire face. Ainsi, la gestion des risques fait intrinsèquement partie du métier de la banque et lui fait recevoir, en contre partie, une rémunération.

Plusieurs classifications des risques bancaires peuvent être retenues. Néanmoins, la classification la plus répandue est celle proposé par le comité Bâle II, qui distingue trois grandes catégories : le risque de marché, le risque de crédit et le risque de liquidité.

1-1- Le risque de marché :

Lors de l'exercice de leurs activités, les banques peuvent intervenir sur les marchés financiers en réalisant des opérations d'achat ou de vente des actifs (actions, obligations, devises...). Ces banques sont obligatoirement exposées à la fluctuation des cours de marché qui peut être favorable ou bien défavorable. Donc, le risque de marché se matérialise par les pertes financières des banques suite à une variation des cours des actions, des obligations, des taux d'intérêts et de taux de change. Notant que le terme risque marché comprend également le risque de taux, le risque de liquidité et le risque de change.

- **Le risque de taux :** c'est le risque de perte que la banque peut les subir suite à une évolution défavorable des taux que ce soit à la hausse ou bien à la baisse. Si, par exemple, la banque emprunte sur le marché à taux variable afin de financer ses emplois à taux fixe. La banque subira une perte lorsque les taux augmentent. A cet effet, l'évolution des taux pourra négativement impacter les activités de crédit, la politique de rémunération des dépôts et même l'activité des marchés.
- **Le risque de liquidité :** L'activité bancaire est une activité de transformation qui consiste à transformer des ressources à court terme en emplois à moyen et long terme. Ainsi, la banque est exposée au risque de liquidité si elle se retrouve dans

⁴ Kharoubi, C., & Thomas, P. (2016). Analyse du risque de crédit : banque & marchés. Paris, France : RB édition, DL 2016.

l'impossibilité de se refinancer. En d'autres termes, le risque de liquidité mesure l'incapacité de la banque à faire face aux retraits de dépôts à court terme.

- **Le risque de change :** c'est le risque de pertes liées à une variation des taux de change. Toute fluctuation du cours de change défavorable peut entraîner des effets négatifs sur les positions prises par les banques en une devise donnée. Si la banque est en position longue, elle risque la baisse du cours de change. Par contre, si elle est en position courte, une hausse du taux de change serait défavorable.

1-2- Le risque opérationnel :

Les banques peuvent s'exposer à des risques inhérents à son activité qui sont inévitables tel que le risque opérationnel, le risque de non-conformité. Selon Bâle II, le risque opérationnel est défini comme étant « Le risque de pertes provenant de processus internes inadéquats ou défaillants, de personnes et systèmes ou d'évènements externes ». Le risque opérationnel porte sur l'ensemble du processus de gestion de la banque. Il comprend également les évènements suivants :

- Fraude interne ;
- Fraude externe ;
- Pratiques contraires aux lois ;
- Erreurs et fautes envers les clients et produits ;
- Dommage aux biens ;
- Interruption d'activité ;
- Défaillance des processus.

Ces évènements peuvent être une source de pertes. A cet effet, les accords de Bâle II ont proposé trois méthodes pour déterminer les exigences en fonds propres au titre du risque opérationnel, à savoir : l'approche « indicateur de base », l'approche « standard » et l'approche « avancée ». Il est à noter que le risque de non-conformité est une sous-catégorie du risque opérationnel. Il résulte des pertes financières liées au non-respect de dispositions législatives ou réglementaires.

Types de risque opérationnel	Exemples
Procédures	<ul style="list-style-type: none"> • Analyse ou contrôle absent ou incomplet • Procédure non sécurisée
Personnel	<ul style="list-style-type: none"> • Erreur • Malveillance • Fraude
Systèmes internes	<ul style="list-style-type: none"> • Panne informatique
Risques externes	<ul style="list-style-type: none"> • Inondation • Incendie

Tableau 1: Différents types du risque opérationnel. source: Wikipédia

1-3- Le risque de crédit :

C'est l'un des principaux risques auxquels les banques sont exposées puisque le principal revenu d'une banque provient de l'octroi de crédits. En effet, dès qu'une banque octroie un crédit à une entreprise ou bien à un particulier, elle court le risque que ce débiteur n'honore pas ses engagements à l'échéance fixée.

En d'autres termes, le risque de crédit peut être défini comme « le risque de défaut de remboursement ». Ainsi, la réglementation prudentielle internationale introduisait des méthodes de gestion de risque de crédit ayant pour but une couverture efficace de ce risque par les fonds propres.

Deux approches ont été proposées par les accords de Bâle II⁵ afin de déterminer les exigences en capital réglementaire à savoir : L'approche standard se basant sur des évaluations externes du risque de crédit et les approches IRB (Internal Rating Based) s'appuyant sur les systèmes de notation interne mis en place par les banques.

⁵ www.bis.org

2- Notions clés et caractéristiques

Le risque de crédit ou de contrepartie est défini par le comité de Bâle comme étant « le risque de non remboursement associé à un prêt accordé par une banque ». A travers cette définition, Bruyère (2004)⁶ et Roncalli (2009)⁷ ont fait ressortir deux dimensions pour le risque de crédit :

2-1- La dégradation de la qualité du crédit ou « downgrading risk »

C'est la détérioration de la qualité de l'emprunteur, c'est-à-dire, sa migration d'une classe de risque à une autre. En conséquence, la note de la contrepartie se dégrade et la prime de risque sur cet emprunteur s'accroît.

2-2- Le risque de défaut ou « default risk »

Il correspond à l'incertitude associée à la capacité d'un emprunteur à honorer ses dettes et à satisfaire ses obligations contractuelles. C'est le risque de pertes qui résultent du défaut d'un emprunteur sur un engagement de remboursement de dettes contractées auprès d'un établissement bancaire. Dans ce contexte, l'agence de notation Moody's retient la définition suivante du risque de défaut : « tout manquement ou tout retard sur le paiement du principal et/ou des intérêts ». De ce fait, le défaut est déclaré s'il y a de doute sur la capacité de l'emprunteur à honorer ses engagements, ou s'il y eu une constitution de provisions spécifiques, ou encore lors de la constatation d'impayés.

Dans l'accord de Bâle II⁸, un défaut de la part d'un débiteur surgit lorsque l'un ou les deux événements suivants se réalisent :

1- « *La banque estime improbable que le débiteur rembourse en totalité son crédit au groupe bancaire sans qu'elle ait besoin de prendre des mesures appropriées telles que la réalisation d'une garantie (si elle existe).* »

⁶ Bruyère, R., Collectif, Laurens, J.-L., & Mustier, J.-P. (2004). Les produits dérivés de crédit (2e édition). Paris : Economica.

⁷ Roncalli, T. (2009). La gestion des risques financiers, Collection Gestion. Série Politique générale, finance et marketing. Economica

⁸ Bâle II : article 414, avril 2003

2- L'arriéré du débiteur sur un crédit important dû au groupe bancaire dépasse 90 jours. Les découverts sont considérés comme des créances échues dès que le client a dépassé une limite autorisée ou qu'il a été averti qu'il disposait d'une limite inférieure à l'encours actuel ».

Section 2 : La réglementation prudentielle internationale

Le Comité de Bâle a été initialement créé en 1974 par les gouverneurs des banques centrales des dix principaux pays industrialisés. Il est chargé de renforcer la solidité du système financier mondial ainsi que l'efficacité du contrôle prudentiel. Il rassemble aujourd'hui les superviseurs de 27 pays : l'Argentine, l'Australie, la Belgique, le Brésil, le Canada, la Chine, la France, l'Allemagne, Hong Kong, l'Inde, l'Indonésie, l'Italie, le Japon, la Corée, le Luxembourg, le Mexique, les Pays-Bas, la Russie, l'Arabie Saoudite, Singapour, l'Afrique du Sud, l'Espagne, la Suède, la Suisse, la Turquie, le Royaume-Uni et les États-Unis. L'organe de gouvernance du Comité de Bâle est le groupe des gouverneurs de banques centrales et des responsables du contrôle bancaire.

Le secrétariat du Comité est situé à la Banque des Règlements Internationaux à Bâle en Suisse. Les documents qu'il publie ne sont pas contraignants juridiquement, mais constituent un engagement moral de ses membres.

1- L'accord de Bâle I

Les accords de Bâle I ont été appliqués par une centaine de pays dans le monde. Ils définissent un certain nombre de normes minimales que les banques doivent satisfaire. Même si le comité de Bâle a été créé en 1974, les premiers accords dits Bâle I n'ont vu le jour qu'en 1988.

La période qui a précédé l'apparition des accords de Bâle I a été caractérisée par une déréglementation financière et une internationalisation de plus en plus poussée des banques. Face à cette croissance débordante des établissements financiers et surtout après la chute de la banque Herstatt, les autorités prudentielles ont introduit des exigences en fonds propres dans le but d'encadrer la profession.

Dans ce contexte, les premiers travaux de grande ampleur du Comité ont abouti à la publication, en 1988, d'un accord sur un ratio international de solvabilité, nommé « ratio Cooke ». Ce ratio est au cœur des accords dits "de Bâle I".

Ce ratio est un élément fondateur de la régulation bancaire : il met en évidence le principe selon lequel le financement de chaque risque doit comprendre un certain montant de fonds propres. Les banques sont devenues assujetties au capital réglementaire. Cette précaution doit permettre d'assurer la sécurité globale du marché et de minimiser les risques de nature systémique en évitant l'effet domino.

Le ratio Cooke reflète le rapport entre le montant des fonds propres et celui des encours de crédit : les accords de Bâle 1 le fixent à 8 %. Il est calculé comme suit :

$$\frac{\text{Fonds propres réglementaires}}{\text{Risques pondérés}} \geq 8\%$$

Cela signifie que lorsqu'une banque prête 100 dinars à un client, elle doit disposer d'au moins 8 dinars de fonds propres et utiliser au plus 92 dinars des autres sources de financement tels que : dépôts, emprunts, financement interbancaire.

1-1- Les fonds propres nets

Le numérateur du ratio est représenté par les fonds propres réglementaires. Ces derniers sont constitués de deux types de fonds :

$$\text{Fonds propres nets} = \text{Tier One} + \text{Tier Two}$$

Avec

$$\text{Tier One} < \text{Tier Two}$$

Et

$$\frac{\text{Tier One}}{\text{Risque Pondéré}} \geq 4\%$$

- **Tier One** : Il est composé des fonds propres de meilleure qualité (fonds propres durs). C'est la partie la plus solide qui rassemble essentiellement le capital social, les résultats mis en réserves et les intérêts minoritaires dans les filiales consolidés moins les actions auto-détenues et le goodwill. Cette notion a été définie par les accords de Bâle I.

- **Tier Two** : Ce sont les fonds propres complémentaires principalement constituées des provisions, de titres subordonnés à durées déterminées, et d'obligations convertibles ou remboursables en actions.

1-2- Le risque pondéré

Le dénominateur, quant à lui représente l'ensemble des risques de contrepartie qui sont pondérés en fonction du degré de risque qui varie en fonction de la nature des engagements. Les éléments du hors-bilan, à l'exception des produits dérivés, sont aussi pris en compte au dénominateur du ratio. Il est nécessaire alors de convertir les engagements de hors-bilan en leur équivalent crédit en appliquant des taux de conversion qui renseignent sur le degré du risque de l'engagement, puis pondérer l'équivalent crédit selon la même méthode retenue pour les actifs du bilan.

Le risque pondéré se mesure ainsi :

$$\text{Risque pondéré} = \sum \text{Expositions} * \text{Pondérations}$$

- Exposition : désigne l'ensemble des encours de crédit et des autres engagements.
- Pondérations : les taux de pondérations ont été définis par le comité de Bâle en fonction du risque associé à chaque catégorie d'actifs et de la nature de l'emprunteur :
 - **0%** : les engagements envers l'Etat ;
 - **20%** : Les engagements envers les banques et les collectivités locales ;
 - **50%** : Les engagements envers les entreprises et les particuliers ayant des garanties permettant de réduire le risque à 50% à l'instar des prêts hypothécaires et des crédits-bails immobiliers ;
 - **100%** : Les autres engagements.

Cela signifie que, par exemple, si une banque accorde un prêt de 100 dinars à une collectivité locale, son engagement sera de $100 * 20\%$, soit 20 dinars, et elle n'est obligée de disposer que de 1.6 dinars de fonds propres ($20 * 8\%$).

1-3- Les limites de Bâle I

Certes, l'accord de Bâle I a permis d'assurer au début une certaine stabilité financière et d'inciter les banques à renforcer leurs fonds propres. Mais « sa simplicité qui a dans un premier temps constitué sa force, est devenue un handicap » affirme Tiesset et al (2005)⁹.

En effet, la pondération des engagements de crédit était insuffisamment différenciée pour rendre compte des différents niveaux effectifs du risque de crédit. Ainsi, un crédit d'une entreprise risqué supporte la même charge en capital qu'un crédit d'une entreprise peu risquée.

De même, selon Dumontier et al. (2008)¹⁰, « Les capitaux propres minimaux sont déterminés par la nature des emprunteurs, et non pas par leurs risques de défaut effectifs ». Et Roncalli (2001)¹¹ affirme que le choix de la limite de 8% ainsi que celui des pondérations n'a pas de fondements théoriques ou économiques.

Ensuite, les années 1990 ont vu l'émergence d'un phénomène nouveau, à savoir l'explosion du marché des produits dérivés et donc des risques hors-bilan. Or le ratio de Cooke ne prend en considération que le risque de crédit et ignore les risques opérationnels et de marché.

Ces faiblesses de Bâle I rendaient alors nécessaire sa révision et son adaptation au nouveau concept économique.

2- L'accord de Bâle II

Un nouveau dispositif d'adéquation des fonds propres a été adopté par le Comité de Bâle en juin 2004. Ce dispositif remplace le ratio de solvabilité introduit en 1988 « ratio Cooke ». Les objectifs principaux de Bâle II convergent vers ceux de Bâle I, mais, ce nouvel accord prévoit une couverture plus fine et plus complète des risques bancaires et incite les établissements à améliorer leur gestion interne des risques. Il est entré en vigueur le 31 décembre 2006.

⁹ M. TIESSET , O.ASPACHS, AND , E. NIER, (2005): "Liquidity, Banking Regulation and the Macroeconomy: Evidence on bank liquidity holdings from a panel of UK-resident banks," Mimeo, 1 26.

¹⁰ DUMONTIER, P. DUPRE, D. & MARTIN, C. Gestion et contrôle des risques bancaires : L'apport des IFRS et de Bâle II. Paris : Revue Banque Edition, 2008.

¹¹ RONCALLI, Thierry. Introduction à la Gestion des Risques. Cours ENSAI de 3ème année, Groupe de Recherche Opérationnelle Crédit Lyonnais, 2001

2-1- Les trois piliers de Bâle II

Bâle II repose sur trois piliers complémentaires :

- **Le pilier 1** détermine tout d'abord une exigence minimale de fonds propres que devra respecter chaque banque afin de couvrir, non seulement, le risque de crédit et les risques de marché, mais également, le risque opérationnel, générés par ses activités ;
- **Le pilier 2** établit ensuite le principe d'une surveillance prudentielle individualisée qui conduira notamment une autorité de contrôle bancaire à majorer cette exigence si le profil de risque d'un établissement le justifie ;
- **Le pilier 3** définit de nouvelles exigences en matière de communication financière de la part des banques pour renforcer la transparence dans l'optique d'une discipline de marché accrue.

L'Accord de Bâle II introduit la possibilité d'utiliser des méthodes avancées de mesure du risque de crédit ou du risque opérationnel, pour le calcul des exigences en fonds propres, sous réserve d'une autorisation par le superviseur.

De plus, la validation des approches internes de mesure des risques est l'un des enjeux majeurs de la mise en œuvre de Bâle II. Dans le cas d'un groupe bancaire actif dans plusieurs pays, le processus d'autorisation implique une coopération étroite entre les autorités de contrôle bancaire des pays d'origine et d'accueil des établissements.

2-2- Les limites de Bâle II

a) La sensibilité de Bâle II au risque est apparue pro-cyclique. En effet, en période d'euphorie financière, les risques pondérés diminuent (car basés sur l'historique des pertes), les banques ont moins besoin de fonds propres et se suffisent à détenir le minimum de fonds exigé par le régulateur. Quand la situation se détériore, elles doivent augmenter leurs fonds propres pour respecter les exigences de solvabilité, avec des fonds devenus plus rares et plus chers, contribuant ainsi à précipiter les banques dans un état « d'asphyxie financière » et à réduire l'offre de crédit, ce qui accentue la récession économique.

b) Il y a eu une sous pondération dans le calcul du ratio des risques de marché ou des produits les plus complexes et donc risqués comme la titrisation. Les banques ont ainsi échoué à apprécier correctement les risques qu'elles prenaient. Par conséquent, leur niveau de fonds propres s'est retrouvé en inadéquation avec la réalité des risques encourus. Il est aussi important de souligner les problèmes d'évaluation comptable du « hors-bilan » : la taille parfois très importante des produits dérivés en hors bilan a rendu difficile l'analyse des risques correspondants.

3- L'accord de Bâle III

Les exigences de Bâle III¹², qui a été annoncé en 2010, peuvent avoir un impact conséquent sur la stratégie et l'activité des banques. Ces conditions visent encore une meilleure stabilité et solidité du système financier surtout après la récente crise financière et son l'impact sur la dégradation de l'économie mondiale.

La réforme dite Bâle III constitue la réponse de ce comité à la crise financière. Il vise principalement à :

- renforcer le niveau et la qualité des fonds propres,
- limiter les effets de levier (rapport fonds propres / bilan),
- améliorer la gestion du risque de liquidité par la création de deux ratios de liquidité,
- renforcer les exigences prudentielles concernant le risque de contrepartie (risque de défaillance d'un client).

Section 3 : La réglementation prudentielle en Tunisie

Les directives élaborées par le comité de Bâle prennent la forme de recommandations. Il appartient, alors, aux autorités nationales de contrôle prudentiel de les appliquer en fonction de l'organisation, de l'état de développement et des besoins propres à leur système bancaire.

En Tunisie, la réglementation bancaire en matière de gestion du risque de crédit bancaire est mise en place par la Banque Centrale de Tunisie (BCT) dans le but d'assurer la sécurité et la

¹² Bank for International Settlements. *Bâle III : dispositif international de mesure, de normalisation et de surveillance du risque de liquidité*. Décembre 2010.

pérennité du système bancaire tunisien, et ce, en s'inspirant de la réglementation internationale.

Parmi les principaux textes réglementaires en matière de gestion de risque bancaire publiés par la BCT, il y a la circulaire n° 91-24 du 17 décembre 1991, telle que modifiée par la circulaire aux établissements de crédits n° 2012-09 du 29 juin 2012 et qui traite la division et la couverture des risques, la classification des actifs et la constitution des provisions. Aussi, il y a la circulaire 16-06 relative au système de notation des contreparties qui a été publiée le 11 octobre 2016.

1- La division et la couverture du risque

L'article 1 de la circulaire n° 91-24 stipule que le montant total des risques encourus ne doit pas excéder :

- 3 fois les fonds propres nets de la banque, pour les bénéficiaires dont le risque encouru est supérieur ou égal à 5% des fonds propres nets.
- 1.5 fois les fonds propres nets de la banque, pour les bénéficiaires dont le risque encouru est supérieur à 15% des fonds propres nets.

D'après l'article 2 de la même circulaire, les risques encourus sur un même bénéficiaire ne doivent pas dépasser 25% des fonds propres nets de la banque.

Enfin, la limite des concours accordés aux personnes ayant des liens avec l'établissement de crédit au sens de l'article 23 de la loi n°2001-65 du 10 juillet 2001 relative aux établissements de crédit ne doit pas dépasser une seule fois les fonds propres nets.

Quant à la couverture du risque, selon les quotités des risques prévus par l'article 6 (nouveau) de la circulaire n°91-24 le ratio de couverture des risques (ratio de solvabilité) doit être supérieur à 8% des fonds propres nets en 2012.

$$\frac{\text{Fonds Propres Nets}}{\text{Risque Pondéré}} \geq 8\%$$

Ce ratio devrait être porté à 9% fin 2013 et à 10% fin 2014.

2- La classification des actifs et la constitution de provisions

Les banques sont tenues de procéder à la classification de leurs actifs en deux catégories, exception faite des créances détenues sur l'Etat ou celles de la Banque Centrale (circulaire 91-24 du 17/12/1991) :

i) Les créances courantes sont celles dont le recouvrement s'effectue normalement dans les délais et ne présente pas de problèmes ou d'aléas.

ii) Les créances classées correspondent à des créances dont le recouvrement devient aléatoire suite à différentes raisons. L'aléa se matérialise par un risque d'impayé dont le degré de gravité est classé sur quatre classes :

- Actifs nécessitant un suivi particulier présentant un impayé < 3mois. Ils correspondent à des actifs dont le recouvrement demeure assuré avec un retard il peut être consécutif et à des difficultés exogènes connues par ces entreprises. Pour cette classe les banques ne constituent pas de provisions, mais elles assurent un suivi plus rigoureux sur les entreprises qui y sont affectées.

- Actifs incertains : sont concernés par cette classe les actifs d'entreprises dont l'impayés couvre une période (3mois < impayés < 6 mois). Il s'agit d'actifs dont le recouvrement est devenu incertain. Ils sont détenus par des entreprises éprouvant des difficultés financières ou autres pouvant mettre en cause leur pérennité et viabilité.

Les provisions à constituer sont d'au moins 20% des créances accrochés pour les actifs de cette classe.

- Actifs préoccupants (6 mois < impayés < 1an) : le recouvrement de ces actifs est menacé et ils sont détenus par des entreprises dont la situation suggère/implique un certain degré de perte. Les banques doivent constituer des provisions d'au moins 50% pour les actifs appartenant à cette classe.

- Actifs compromis dont l'impayés > 1an. Ils correspondent à des actifs dont les retards de paiements (principal et/ou intérêts) sont supérieurs à 360 jours. Les autres actifs non échus, au-delà de 360 jours sont compromis et risque d'être perdus.

L'ensemble des créances relatives à ces actifs nécessitent un provisionnement intégral (100%).

Il est à noter que le montant des provisions est déterminé après avoir retranché le montant des garanties reçues de l'Etat, des compagnies d'assurance et des établissements de crédit ou tout autre garantie sous forme de dépôts ou d'actifs financiers susceptibles d'être liquidée sans que leur valeur soit affectée.

Ces dispositions engagent les banques à procéder à un effort d'analyse objectif et rationnel de leurs risques.

3- La mise en place d'un système de notation interne des contreparties

La mise en place d'un système de notation de contreparties a été prévue depuis 2006 dans le cadre de la circulaire sur le système de contrôle interne. L'article 25 stipule que « l'évaluation du risque de crédit donne lieu à l'attribution, à chaque client, d'une note par référence à une échelle de notation interne qui doit permettre d'évaluer avec pertinence les caractéristiques d'un emprunteur, de différencier les risques et les quantifier avec suffisamment de précision et de cohérence ».

Toutefois, les dispositions de l'article 25 sont d'ordre général et ne sont pas assez explicites en ce qui concerne les principes et règles relatifs à la conception, la structure et la gouvernance du système de notation et les critères de notations des contreparties. De plus, une étude conduite par la BCT en 2016 a montré que peu de banques disposent d'un système de notation interne.

Dans le cadre de la volonté de la BCT d'accélérer le processus des réformes du système financier tunisien, particulièrement avec la promulgation de la nouvelle loi bancaire, la circulaire 2016-06 a été adoptée pour la mise en place, dans chaque banque et institution financière, d'un système de notation interne. Cet alignement sur les règles baloises, initié depuis 2011, vise essentiellement le renforcement des principes de la bonne gouvernance et de gestion des risques.

En effet, les exigences minimales édictées par la circulaire 2013-06 visent à assurer l'efficacité du système de notation interne, la fiabilité et la pertinence des données qu'il produit et son intégration dans le processus de gestion du risque de crédit.

Une première étape consistait à adresser une feuille de route à la BCT avant décembre 2016 pour l'implémentation du système de notation interne. Ensuite, les exigences minimales

doivent être respectées par les banques et les établissements financiers au plus tard fin décembre 2017.

Ces exigences s'appliquent pour la notation des contreparties souveraines, des banques et établissements financiers et des entreprises. Elles concernent :

- Les paramètres de notation et la structure et conception du système de notation ;
- Les procédures de notation ;
- La documentation du système de notation ;
- La gouvernance et le contrôle du système de notation.

Par ailleurs, l'échelle de notation doit comporter au minimum sept notes pour les contreparties qui ne sont pas en défaut et une note pour les contreparties en défaut.

Aussi, la conception du système de notation doit se baser sur des définitions, des procédures et des critères de notation formalisés. Les exigences suivantes doivent être en particulier satisfaites :

- Les définitions et les critères de notation sont suffisamment détaillés ;
- Les procédures de notation doivent être documentées ;
- Adéquation des critères utilisés avec les politiques et procédures internes d'octroi de crédit et avec les politiques de gestion du risque de crédit ;
- Les critères et procédures de notation sont revus périodiquement, et au moins une fois par an.

La procédure de notation doit satisfaire les exigences suivantes :

- L'attribution des notes et leur révision sont effectuées ou approuvées par une structure indépendante des structures de décision d'octroi ou de renouvellement des crédits ;
- La mise à jour de la notation à chaque octroi de nouveaux crédits, en cas d'information pertinente qui peut affecter la probabilité de défaut et en tout état de cause au moins une fois par an ;
- Les banques et établissements financiers sont tenus de disposer d'une documentation appropriée.

Toutefois, un système de notation interne ne doit pas être figé, Sa revue doit être faite au moins une fois par an.

4- La vision de la BCT

La BCT a dressé une « roadmap » pour la mise en place du SNI.

- Pour la période 2017-2018 le SNI servira comme un outil d'aide à la décision d'octroi des crédits et un outil de tarification des contreparties en fonction de la notation.
- Pour la période 2018-2019, l'objectif est le pilotage des risques en fonction de la note attribuée à la contrepartie.
- A partir de 2020, la BCT vise que le pilotage des fonds propres et éventuellement le provisionnement seront faits dans une vision prospective. En effet, les banques utiliseront les notes obtenues pour l'appréciation des fonds propres. Cela signifie que pour les crédits aux clients peu risqués, la BCT ne devrait pas exiger autant de fonds propres que dans le cas de prise de risque avéré.

Ainsi il est clair que l'étape qui suit la mise en place du SNI sera la modélisation du risque de crédit à travers les modèles sophistiqués spécialement conçus à cet effet. La mise en place de la plupart de ces modèles nécessite d'abord la définition de certaines variables clés, appelées aussi : les paramètres de risque. Ainsi, la prochaine section sera consacrée à la présentation de ces paramètres.

Section 4 : Les paramètres bâlois du risque de crédit

Dans ce paragraphe, nous allons définir les paramètres du risque tels que la probabilité de défaut (PD), la perte en cas de défaut (LGD) et l'exposition au défaut (EAD) et d'autres variables qui en résultent.

1- La probabilité de défaut (PD)

Un défaut de la part d'un débiteur intervient lorsque l'un des deux événements ci-dessous se produit, sinon les deux :

- La banque estime improbable que le débiteur rembourse en totalité son crédit au groupe bancaire sans qu'elle ait besoin de prendre des mesures appropriées telles que la réalisation d'une garantie.
- L'arriéré d'un débiteur sur un crédit important dû au groupe bancaire dépasse 90 jours

Le concept de probabilité de défaut peut être évoqué selon deux approches : une approche binaire et une approche graduée

- L'approche binaire est basée sur l'hypothèse qui suppose que les emprunteurs peuvent être répartis en deux groupes : les défaillants et les non défaillants. Ainsi, la probabilité de défaut désigne la probabilité d'appartenance d'un emprunteur à un groupe de défaillants.
- Dans l'approche graduée, les contreparties sont d'abord regroupées dans plusieurs classes de risque. Après, on s'intéresse à calculer la probabilité de migration de chaque contrepartie vers les autres classes (y compris la classe de défaut). Ces migrations sont regroupées dans une matrice de transition.

2- La perte en cas de défaut (LGD) ¹³

Elle correspond au niveau de la perte encourue en cas de défaut d'une contrepartie. La LGD est exprimée en pourcentage. A titre d'exemple : une LGD égale à 100% signifie que la perte concerne le total du montant en cas de défaut d'une contrepartie.

La LGD peut être estimée à partir des taux moyens de recouvrement selon la formule :

$$LGD = 1 - \text{Taux de recouvrement}$$

L'analyse de la LGD oriente la banque vers le renforcement de sa politique de prévention contre les pertes futures à partir de la mise en place des couvertures appropriées tel que le recours à de nouvelles sûretés, garanties ou couvertures.

Le taux de recouvrement constitue une source d'incertitude pour la banque dans la mesure où il est déterminé à travers l'analyse de plusieurs facteurs comme :

- La durée des procédures judiciaires qui varient d'un pays à un autre ;
- La valeur réelle des garanties ;
- Le rang de la banque dans la liste des créanciers.

¹³ Ces définitions se réfèrent aux notes de cours de Monsieur Radhouane Gouja.

3- L'exposition au défaut (EAD)

C'est la valeur effective du montant de crédit détenue par l'emprunteur au moment du défaut. Elle est estimée sur la base des montants des engagements restant dus.

En d'autres termes, elle correspond au risque brut anticipé sur l'engagement à la suite du défaut du débiteur. En ce qui concerne les éléments du bilan, l'estimation de l'EAD doit être égale au montant actuel dans le bilan. Les exigences minimales à cet égard, sont les mêmes que dans le cadre de l'approche simple. S'agissant de l'approche complexe, les exigences minimales supplémentaires requises pour estimer EAD en interne portent donc principalement sur les éléments du hors bilan, exception faite des dérivés. Cela implique la nécessité de disposer de procédures d'estimation EAD pour le hors bilan, précisant les estimations applicables à chaque type de facilité.

4- La maturité (M)

Partant de l'idée qu'un crédit Long Terme est plus risqué qu'un crédit Court Terme, il est possible d'intégrer la maturité résiduelle moyenne dans le calcul des exigences minimales en fonds propres. Dans l'approche standard, le comité de Bâle a fixé l'échéance effective à 2 ans et demi. Mais, il est possible aussi d'estimer cette maturité en interne comme suit :

$$EE = \frac{\sum_t t * F_t}{\sum_t F_t}$$

5- La perte attendue (EL)

La perte attendue correspond au montant exposé au risque de défaut pondéré par la probabilité de défaut et le taux de perte en cas de défaut

L'approche de la notation interne permet à la banque de définir le montant des pertes attendues relatives au risque de crédit. Généralement les pertes attendues doivent être provisionnées mais au cas où ces pertes excèdent les provisions, alors elles peuvent être couvertes par les fonds propres réglementaires.

6- La Value at Risk (VaR)

C'est une notion introduite par la banque JP Morgan pour répondre aux problèmes de l'exposition de la banque aux mouvements de marché et de tenter d'estimer les pertes potentielles sur l'ensemble du portefeuille. C'est la perte maximale potentielle sur un portefeuille à un horizon donné et à un niveau de confiance donné.

Selon Roncalli (2004)¹⁴, la connaissance de cette mesure statistique permet à la banque d'avoir une idée de son exposition au risque et de répondre à la question suivante :

« Combien l'établissement financier peut-il perdre avec une probabilité α
pour un horizon de temps h fixé ? »

Les composantes de cette définition mettent en exergue la dépendance de la VaR de certains paramètres qui sont indispensables à son interprétation (Jorion (2004)¹⁵).

La VaR dépend de trois paramètres :

- La distribution des profits et pertes (P&L) du portefeuille ;
- Le niveau de confiance ;
- L'horizon temporel.

$$P(L > VaR) = q \Leftrightarrow P(L \leq VaR) = 1 - q$$

Soit F la fonction de répartition de la variable aléatoire L , nous obtenons alors :

$$F_L(VaR_p) = 1 - q \Leftrightarrow VaR_p = F^{-1}(1 - q)$$

Même si l'hypothèse de normalité est généralement adoptée pour le calcul de la VaR, elle reste difficilement justifiable car la distribution de pertes est généralement asymétrique.

¹⁴ Source déjà citée

¹⁵ JORION Philippe, « Credit Risk Management », *University of California at Irvine*, July 2004.

7- La perte inattendue (UL)

La banque se trouve exposée à des pertes inattendues lorsque le nombre effectif des défaillances génère un montant supérieur aux pertes attendues notamment si les conditions économiques se détériorent.

La notion des pertes inattendues correspond à la valeur maximale de la perte, qui n'est autre que la Value-at-Risk pour un niveau de confiance fixé à 99,9% par le comité de Bâle, déduction faite des pertes attendues. Le montant des UL doit être couvert par le capital économique de la banque.

Conclusion

La mise en place des différentes réglementations prudentielles visent essentiellement à assurer la stabilité financière, à surmonter les crises systémiques et à protéger les déposants individuels qui sont incapables à surveiller les activités des institutions financières.

En effet, les règles prudentielles sont destinées à s'assurer que les pertes potentielles liées aux risques que prennent les banques peuvent être couvertes par leurs fonds propres et non par les épargnants ou les autres contreparties.

Néanmoins, l'internationalisation de l'activité bancaire a réduit l'efficacité de la supervision et des réglementations nationales, et a nécessité le recours aux mesures de sauvegarde internationales. Le rôle du comité de Bâle est « d'obtenir une meilleure coordination de la surveillance exercée par les autorités nationales sur le système bancaire international ».

Parallèlement, la Banque Centrale de Tunisie vise à s'aligner progressivement avec les recommandations dictées par les autorités de régulation internationales, et ce, en adressant une « roadmap » qui énumère aux banques les différentes étapes à suivre pour mieux gérer leur risque de crédit. A l'horizon 2020, la BCT ambitionne que toutes les banques de la place seront prêtes à modéliser leur risque crédit et à ajuster leur fonds propres en fonction du risque encouru. Cela nécessite forcément le recours aux modèles plus élaborés spécifiques à la quantification du risque de crédit.

CHAPITRE 2

CHAPITRE 2 : LES MODELES D'EVALUATION DU RISQUE DE CREDIT

Introduction

Le raisonnement financier en général, et bancaire en particulier, s'est toujours basé sur l'analyse du risque de crédit. Lorsqu'une banque est sollicitée pour un financement, le premier élément qu'elle doit apprécier et bien mesurer, est le couple rendement/risque. Pour ce faire, les banques font généralement recours à des modèles de risque de crédit dont la fonction première est la quantification du risque potentiel maximum que peut générer un portefeuille de crédit, sous certaines hypothèses et pour un seuil de confiance choisi.

Selon Bessis (1995)¹⁶, les modèles de gestion du risque de crédit permettent la réalisation de quatre objectifs essentiels pour la banque :

- Assurer la pérennité de l'établissement, par une allocation efficiente des ressources et une allocation adéquate des fonds propres qui permettra une meilleure couverture contre les pertes futures ;
- Elargir le contrôle interne du suivi des performances au suivi des risques associés ;
- Faciliter la prise de décision pour les opérations nouvelles et permettre de les facturer aux clients ;
- Rééquilibrer le portefeuille de l'établissement, sur la base des résultats et des effets de diversification.

Dans ce deuxième chapitre, nous aborderons, d'abord, les différentes étapes communément suivies pour une bonne gestion des risques. Dans une deuxième section nous présenterons certains modèles d'évaluation du risque crédit au niveau individuel. La section suivante portera sur les modèles de gestion de risque crédit au niveau du portefeuille.

Section 1 : Les étapes de la gestion des risques

La littérature relative à la gestion des risques repose sur un processus de six étapes :

¹⁶ Bessis J. (1995) «Gestion des risques et gestion Actif-Passif des banques », Edition Dalloz.

Etape 1 : Identification des risques

Dans cette étape il s'agit d'établir une cartographie des risques auxquels la banque est exposée. La banque a intérêt à faire cet exercice d'une manière vu les changements internes et externes qui surgissent dans le milieu bancaire et qui peuvent engendrer l'apparition de nouveaux risques.

Etape 2 : Evaluation des risques

Une fois les risques identifiés, cette deuxième étape consiste à quantifier les coûts inhérents à ces risques. En effet, la mesure de chaque risque dépend de sa nature, s'il est quantifiable ou non. A ce stade, il paraît intéressant de recourir à un concept très utilisé qui est celui de la Value-at-Risk, lorsqu'il s'agit de risques quantifiables comme le risque de crédit et le risque de marché. Dans le cas contraire, une autre méthodologie objective peut être employée pour estimer les risques non quantifiables, et ce, à travers deux variables :

- La probabilité de survenance d'un événement négatif, auquel il est possible d'associer les mentions de type : forte, moyenne et faible probabilité.
- La gravité de l'évènement en cas de survenance du risque : dans ce cas aussi, en absence de données quantifiables, il est possible d'attribuer une variable relative : élevé, moyen, faible.

Donc, le croisement des deux séries de variables, permet de donner une idée relative du risque non quantifiable.

Etape 3 : Choix des solutions de gestion des risques :

Le gestionnaire de risque dispose de plusieurs solutions envisageables pour trouver la plus adaptée. Il peut définir la solution en fonction du risque lui-même en étudiant la possibilité d'une élimination ou d'une limitation de ses effets. Il peut opter aussi pour le transfert des risques notamment à travers le recours aux compagnies d'assurance. Il est possible encore de faire le choix d'encourir le risque, s'il juge que la rentabilité du projet dépasse largement le risque y afférent.

Etape 4 : La mise en œuvre des solutions:

Après avoir déterminé la solution la plus adaptée, l'étape suivante consiste à sa mise en application. Une unité clairement désignée à cet effet (par exemple : la direction des engagements pour le risque de crédit, la salle des marchés pour le risque marché...) doit veiller à son application.

Le principe essentiel de cette étape de gestion des risques est la minimisation des coûts attribués à la mise en œuvre de la solution.

Etape 5 : La surveillance et le contrôle des risques :

Le suivi permanent des risques est une étape cruciale qui permet de vérifier si les stratégies adoptées donnent des résultats robustes et proches de la réalité. Ce suivi vise à garantir la fiabilité de chaque étape. En effet, il est possible que les décisions initialement prises deviennent incompatibles avec la conjoncture ce qui implique la nécessité de les modifier voire les remplacer.

Etape 6 : Le « reporting » des risques :

Tout processus de gestion doit impérativement aboutir à l'élaboration d'une synthèse qui fait ressortir les éléments clés sous forme analytique. Cela est communément désigné par le « reporting ». Ce document est adressé par la suite aux responsables sous forme d'un rapport dont le contenu et le niveau de détail dépend du niveau hiérarchique du destinataire.

Section 2 : Les modèles d'évaluation du risque de crédit au niveau individuel

Différentes méthodes modernes d'évaluation et de quantification du risque de crédit au niveau individuel peuvent être utilisées. Chacune de ces approches possède son mode de calcul des exigences en fonds propres.

1- Les méthodes d'évaluation selon Bâle

Bâle II prévoit trois approches pour estimer le risque de crédit. Ces approches permettent d'estimer la solvabilité d'un demandeur de crédit et de déterminer la part des fonds propres nécessaire pour couvrir ce type de risque. Ainsi, les banques sont en mesure de faire le choix entre l'approche standard et l'approche fondée sur les notations internes (IRB) simple ou avancée.

1-1- L'approche standard

Selon Dumontier et al. (2008)¹⁷, l'approche standard est basée sur la pondération des risques des différents actifs attribuée aux banques centrales, aux assureurs de crédit et aux organismes de garantie, par les agences de notation (par exemple : Standard & Poor's, Moody's ou Fitch).

Les exigences minimales en fonds propres varient suivant la notation de la catégorie de l'emprunteur. Cette pondération a pour but de sensibiliser les banques aux risques encourus par l'octroi de crédit.

Le comité de Bâle a défini plusieurs catégories d'expositions au risque de crédit, avec pour chaque catégorie une pondération à appliquer à l'encours prêté (le montant total de la créance). Cette pondération varie de 0% pour les Etats souverains donc cette catégorie est sans risque, à 150% pour les contreparties les moins bien notées.

Pour mitiger ce risque, les banques font appel à plusieurs types de couverture : prise de sûretés réelles sous la forme de liquidités ou de titres couvrant la totalité ou une partie des expositions, achat de protection sous la forme de garanties ou de dérivés de crédit ou encore accords de compensation des prêts et des dépôts sur une même contrepartie (De Servigny et al. (2010)¹⁸).

1-2- Les approches par les notations internes (IRB)

Dans les modèles IRB, la pondération du risque est déterminée par l'appréciation propre de la banque basée sur une base de données relative à ses clients.

Les techniques de notation interne permettent de fournir une notation et une probabilité de défaut pour chaque contrepartie.

¹⁷ DUMONTIER, P. DUPRE, D. & MARTIN, C. Gestion et contrôle des risques bancaires : L'apport des IFRS et de Bâle II. Paris : Revue Banque Edition, 2008.

¹⁸ DE SERVIGNY, A. & ZELENKO, I. *Le risque de crédit face à la crise*. Paris : DUNOD, 2010.

Dumontier et al. (2008)¹⁹, avancent que le capital nécessaire dépend de quatre variables : la probabilité de défaut des emprunteurs (PD), la perte en cas de défaut (LGD), l'exposition au défaut (EAD) et la maturité du crédit (M).

Deux méthodes permettent de déterminer ces différents paramètres dans l'approche de notations internes, il existe:

- **La méthode simple :** les banques utilisent leurs évaluations internes seulement pour la probabilité de défaut (PD) de façon à déterminer les exigences de fonds propres, tandis que les autres paramètres nécessaires au calcul du risque de crédit seront fournis par les autorités de régulation.
- **La méthode avancée :** les banques calculent eux-mêmes tous les des paramètres nécessaires à l'évaluation du risque de crédit. Cette méthode est plutôt appliquée par les plus grands établissements bancaires ayant des systèmes sophistiqués d'allocation de capital.

Dans les deux cas, l'approche interne doit faire l'objet d'un contrôle et d'une validation par les instances de régulation qui délivrent un agrément. Sans l'agrément les banques ne peuvent pas appliquer les pondérations calculées par son système interne de notation.

En ce qui est de l'approche avancée, elle permet à la banque de déterminer à la fois le montant des pertes attendues PA et le montant des pertes inattendues PI relatives au risque de crédit (Dumontier et al. (2008)²⁰).

En effet, la perte attendue, couverte par des provisions, correspond au montant exposé au risque de défaut pondéré par la probabilité de défaut et le taux de perte en cas de défaut :

$$EL = LGD * EAD * PD$$

Le nombre effectif des défaillances peut générer un montant supérieur aux pertes attendues notamment si les conditions économiques se détériorent. La banque se trouve alors exposée à des pertes inattendues. Pour combler les pertes inattendues, la réglementation de Bâle II considère que les banques doivent détenir un niveau de fonds propres suffisant pour couvrir ces pertes inattendues.

¹⁹ Source déjà citée

²⁰ Source déjà citée

2- Les modèles de scoring

L'objectif du « scoring » est la classification d'une population donnée en différentes classes différentes. Ce principe de discrimination a été introduit dans les modèles statistiques par Durand (1941)²¹ pour départager les bons et les mauvais demandeurs de crédit en se basant sur certains critères qui leur sont spécifiques. En 1958, le cabinet « Fair et Isaac » fût le pionnier dans l'automatisation des décisions d'accord de crédit, et ce n'est qu'à partir des années 1960 que le traitement de masse des dossiers des demandeurs de crédit est devenu possible.

Ensuite, le « scoring » a été généralisé aux entreprises pour prévoir leur défaillance à partir de ratios financiers. Beaver (1968)²² a utilisé une technique de classification pour prévoir la défaillance d'un échantillon d'entreprises. Parallèlement, s'intéressant aussi à l'activité d'octroi de crédit aux entreprises, Altman (1968)²³ a développé une technique d'analyse discriminante linéaire. Quant à Feldman (1997)²⁴, il s'est contenté d'expliquer l'intérêt d'utiliser le « credit scoring » dans le domaine des crédits aux petites entreprises.

Ce n'est qu'à partir des années 1980 que le « scoring » a connu un grand essor dans le domaine du crédit à la consommation. Par la suite, différents autres techniques ont été adoptées pour ce type de produit. (Malhotra & Malhotra, (2003)²⁵, Sustersic et al. (2009)²⁶).

Dans ce qui suit, nous présenterons les méthodes de « scoring » les plus utilisées par les banques, à cause de leur simplicité d'interprétation et leur grande fiabilité, Elles sont

²¹ DURAND, D. *Risk Elements in Consumer Instalment Financing*. National Bureau of Economic Research, 1941.

²² Source déjà cité.

²³ Altman, E.I., 1968, « Financial Ratios, Discriminant Analysis, and the Prediction of Corporate Bankruptcy », *Journal of Finance*, Vol. 23, No. 4, p. 589-609.

²⁴ FELDMAN, R. Small business loans, small Banks and Big Change in Technology called credit scoring. *Federal Reserve Bank of Minneapolis, The Region*, 1997, 19-25.

²⁵ MALHOTRA, R. & MALHOTRA, D. K. Evaluating consumer loans using Neural Networks. *Omega the International Journal of Management Science*, 2003, 31, 2, 83-96.

²⁶ SUSTERSIC, M., MRAMOR, D. & ZUPAN J. Consumer credit scoring models with limited data. *Expert Systems with Applications*, 2009, 36, 3, 4736-4744.

généralement de type linéaire telles que l'analyse discriminante linéaire ou encore la régression logistique.

2-1- L'analyse discriminante

L'analyse discriminante est privilégiée par les constructeurs de scores. C'est une technique statistique qui consiste à reclasser les emprunteurs en deux groupes : défaut et non défaut et à rechercher l'ensemble des variables quantitatives qui permettent de prévoir au mieux la défaillance des emprunteurs (Beaver (1968)²⁷).

Dans le cas d'une classification à deux groupes, l'analyse discriminante peut être réduite à une analyse de régression. La fonction discriminante se présente comme une combinaison linéaire des variables X_i pour une valeur de i comprise entre 0 et n .

D'où la relation suivante :

$$z = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + \dots + a_nX_n = \sum_{i=0}^n a_iX_i$$

Les a_i représentent les coefficients ou pondérations associés aux ratios X_i .

La technique de l'analyse discriminante linéaire permet de trouver les valeurs des coefficients qui discriminent le mieux les deux groupes d'entreprises. Celle-ci renseigne sur la vraisemblance du défaut à court terme pour cet emprunteur : un score très faible, situé en deçà d'un certain seuil déterminé par le modèle, indique une forte probabilité de défaut alors qu'un score élevé signifie au contraire un faible risque de défaut.

De plus, en raison de son agrégation de plusieurs variables à la fois, le score donne une prévision de la vulnérabilité plus fiable que celle des ratios individuels (Dietsch et Petey (2003)²⁸).

²⁷ Source déjà citée

²⁸ DIETSCH M, PETEY J (2003): **Mesure et gestion du risque de crédit dans les institutions financières**, Revue banque édition.

Le score obtenu dans ces modèles sert non seulement à prendre la décision d'accorder du crédit ou non, mais sert aussi d'indicateur du niveau de risque.

2-2- La régression logistique

La régression logistique est la méthode la plus répandue pour calculer un score sur les mêmes données du portefeuille. C'est une technique statistique qui permet d'expliquer une variables qualitative à deux modalités ou plus. Dans notre cas, il s'agit de deux variables qui sont « défailante » ou « saine ». La spécificité de ce modèle consiste à la possibilité d'en introduire aussi bien des variables explicatives discrètes ou continues, quantitatives ou qualitatives. La régression logistique permet de prévoir la probabilité de l'occurrence de l'évènement, soit la probabilité de défaillance.

Selon Desjardins (2005)²⁹, la régression logistique se définit comme « une technique permettant d'ajuster une surface de régression à des données lorsque la variable dépendante est dichotomique ».

En outre, Matoussi (2010)³⁰ a défini la régression logistique comme « une technique probabiliste de classement qui consiste à estimer la probabilité pour qu'une entreprise tombe en faillite compte tenu de ses caractéristiques financières ».

Mathématiquement il s'agit d'une régression ordinaire linéaire de la variable z sur un vecteur de variables explicatives $X_1 - X_k$ de la forme suivante :

$$z = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + \dots + a_nX_n$$

La seule différence vis-à-vis d'une régression standard est que la variable expliquée z est projetée sur une fonction « sigmoïde » de type

²⁹ Desjardins, J. (2005). L'analyse de régression logistique. Tutorial in quantitative methods for psychology, 1(1), 35-41.

³⁰ MATOUSSI Hamadi, KRICHENE ABDELMOULA Aida. « la prévention du risque de défaut dans les banques tunisiennes. Analyse comparative entre les méthodes linéaires classiques et les méthodes de l'intelligence artificielle : les réseaux de neurones artificiels. Crises et nouvelles problématiques de la Valeur », May 2010, Nice, France.

$$f(z) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$$

Il existe d'autres méthodes non linéaires et non paramétriques comme les réseaux de neurones et les arbres de décision qui sont également utilisés dans le domaine du crédit « scoring ».

On peut aussi citer les systèmes experts qui sont basés sur les règles de décision d'octroi de crédit déduites des caractéristiques du demandeur par les responsables du crédit. Cette approche qualitative consiste à identifier et mesurer le risque de défaut des emprunteurs en se basant essentiellement sur les dires d'experts dans le domaine d'octroi de crédit. Ils sont très adaptés aux entreprises de taille très large, pour lesquelles les variables qualitatives se sont avérées très peu discriminantes.

Cependant, tous ces modèles cités ne considèrent que le risque relatif à une seule entité à la fois. Ils présentent l'inconvénient de ne pas prendre en compte l'effet de diversification existant au niveau du portefeuille. Or, en réalité les prêts d'un même portefeuille interagissent entre eux. Ainsi, une analyse globale au niveau du portefeuille paraît indispensable.

Section 3 : Les modèles d'évaluation du risque de crédit au niveau du portefeuille

1- Le modèle de KMV

La firme KMV a commencé initialement par l'adoption du modèle de valeur de la firme de Merton pour analyser les différentiels de taux observés sur les obligations d'entreprise. Par la suite, la firme a étendu cette approche à d'autres types de crédits et dérivés de crédit après la mise en place de la nouvelle régulation. Parallèlement, elle a introduit dans son modèle de base des effets des notations, et ce, après sa fusion avec l'agence de notation Moody's. Jusqu'à présent, le passage de l'approche de valeur de la firme vers la procédure de calcul de rating de Moody's n'a pas été dévoilé par KMV.

Dans ce qui suit, nous commençons par rappeler la vision KMV du modèle de Merton. Puis nous considérons le moteur de corrélation d'actifs (asset correlation) utilisé par cette firme pour tenir compte des corrélations entre les risques individuels.

1-1- Principe du modèle

Cette approche part de l'hypothèse selon laquelle : une firme s'approche du défaut lorsque la valeur de ses actifs devient inférieure à la valeur comptable de sa dette. En se basant sur une modélisation stochastique de la valeur des actifs, il devient possible de déterminer la probabilité de défaut, d'une part, et d'établir une distribution prévisionnelle de l'écart entre la valeur des actifs et la valeur de la dette. De cette distribution sont directement extraites les probabilités de défaut qui correspondent à la densité de probabilités attachée aux valeurs négatives de la distribution situées au-dessous d'un certain seuil.

Après, en se basant sur une observation historique, les auteurs du modèle ont conclu que le défaut ne survient pas dès que la valeur des actifs franchit à la baisse le seuil de la valeur comptable de la dette, mais à un niveau un peu plus bas, appelé « le seuil de défaut » ou « default point ». Dès lors, il a paru plus pertinent pour KMV d'estimer la distribution de l'écart entre la valeur des actifs et le seuil de défaut. Il en résulte que la densité de probabilité attachée aux valeurs négatives de cet écart est la vraie mesure de la probabilité de défaut.

1-2- L'estimation du modèle

a) Le calcul des probabilités de défaut individuelles

La méthode KMV met l'accent sur l'évolution de la valeur de marché des actifs d'une entreprise et de ses dettes, de ce fait, une firme fait défaut dans le cas où la valeur de marché de ses actifs est insuffisante pour payer ses dettes.

La première étape consiste à évaluer la valeur de marché des actifs et leur volatilité qui sont inobservables. A cette fin, KMV propose d'utiliser la valeur de marché des capitaux propres A_t et leur volatilité $\sigma_{A,t}$ comme approximation de la valeur de marché des actifs et de leur volatilité en s'appuyant sur deux relations:

- Le niveau des fonds propres supposé égal à la valeur d'une option d'achat sur les actifs de la firme ;
- La relation théorique entre la volatilité observable de la valeur des capitaux propres et la volatilité inobservable de la valeur des actifs de la firme.

Ainsi, avec deux équations et deux inconnues, il est possible d'obtenir une solution pour le couple $(A_t, \sigma_{A,t})$.

En effet, la valeur de marché des fonds propres et leur volatilité ne peuvent être considérés observables que pour les entreprises cotées sur le marché. Néanmoins, ce n'est pas le cas pour les entreprises non cotées car ces valeurs de marché ne peuvent pas être directement observables. Pour contourner ce problème, KMV a introduit une version « Private Firm Model » pour ce type d'entreprises. La valeur des fonds propres d'une firme non cotée étant directement déduite à partir de celle des firmes cotées comparables.

Plus exactement, le ratio (EBITDA³¹/fonds propres) est estimé sur les entreprises cotées pour être ensuite appliqué aux entreprises non cotées. KMV reconnaît que cette technique ne fonctionne pas pour certains secteurs où le lien entre EBITDA et les fonds propres est inexistant notamment les institutions financières. Par ailleurs, cette méthode doit être utilisée avec prudence dans la mesure où elle n'a été testée que sur des données nord-américaines. Son efficacité n'a pas été prouvée pour les pays du reste du monde.

b) L'estimation du seuil de défaut

Une fois la valeur des actifs estimée, KMV calcule une distance au défaut nommée DD et présentée comme la distance entre la valeur attendue des actifs à horizon fixé (un an par exemple) et le point de défaut (K). Cette distance est exprimée en termes d'écart-type de la valeur future des actifs σ_A .

La distance au défaut n'est autre qu'un indice de risque individuel. Elle est ensuite exprimée en termes de probabilité de défaut. Laquelle probabilité de défaut se déduit théoriquement par une relation explicite provenant du modèle de Merton.

Cependant, en testant cette probabilité reconstituée, il s'est avéré qu'elle est significativement différente celle observée historiquement. Ceci est dû en grande partie au fait que le modèle de Merton est mal spécifié car il est très simpliste.

Pour pallier à ce problème, le système actuel effectue une correction au fur et à mesure pour se rapprocher des fréquences observées.

³¹ L'Ebitda (Earnings before Interest, Taxes, Depreciation and Amortization) peut être considéré comme un indicateur de la rentabilité économique de la firme. L'Ebitda est proche de la notion d'excédent brut d'exploitation.

c) Le moteur de corrélation

L'originalité du modèle KMV réside dans sa façon d'introduire la corrélation des risques. La démarche repose sur un modèle de Merton écrit pour plusieurs actifs et dans lequel divers facteurs sont responsables à la dépendance entre les risques. Parmi ces facteurs, nous pouvons citer : les facteurs généraux, les facteurs régionaux et les facteurs sectoriels.

En effet, puisque les variables du modèle de valeur de la firme sont latentes, l'écriture factorielle peut être directement introduite sur les rendements des actifs des firmes, et comme ces derniers sont a priori quantitatifs, aussi bien positifs que négatifs, une représentation factorielle linéaire est alors suffisante. De plus, elle peut être estimée de façon directe dès que les valeurs des actifs sont reconstituées. Il s'agit donc d'une analyse factorielle linéaire standard. Nous rappelons les principes avant de discuter la démarche suivie par KMV.

2- Le modèle Credit Metrics de JP Morgan

Le modèle CreditMetrics a été introduit en 1997 par JP Morgan's pour mesurer le risque de crédit et valoriser les portefeuilles d'actifs non négociables tels que les prêts et obligations privées. Son objectif est de permettre aux établissements de crédit non seulement d'estimer leurs pertes potentielles mais aussi d'évaluer la valeur future de leur portefeuille.

En ce sens, il s'agit d'un modèle de transition et non plus de défaut. Dans la suite, nous parlerons donc de probabilité de transition et non plus de probabilité de défaut, le défaut n'étant qu'une des transitions possibles. Cette procédure ne propose pas de technique d'évaluation des probabilités de défaut individuelles puisqu'elle est essentiellement concentrée sur une évaluation des risques au niveau d'un portefeuille. Cela implique que toutes les firmes appartenant à la même classe sont supposées porter le même niveau de risque. En effet, CreditMetrics modélise l'évolution du spread³² de chaque émetteur en supposant que celui-ci dépend du niveau de rating de cet émetteur. Ainsi, deux émissions de même rating, mais d'émetteurs différents, seront supposées avoir le même spread.

La mise en œuvre de la méthode repose sur les étapes suivantes³³ :

³² La prime de risque

³³ CreditMetrics, technical document (avril 1997)

Etape 1 : L'attribution d'une notation à chaque émetteur en fonction de sa solvabilité. Cette notation peut être celle publiée par les agences de « rating » spécialisées comme Standard & Poors, Moody's, Fitch ... ou une notation interne ;

Etape 2 : La détermination d'une matrice de transition de rating. Cette matrice consiste à attribuer pour chaque émetteur, disposant déjà d'une notation, les différents ratings potentiels à un horizon de temps donné, ainsi que les probabilités y associées. Nous pouvons obtenir cette matrice à partir des matrices historiques fournies par les agences de notation, ou à partir d'une estimation statistique. Nous illustrons, dans ce qui suit, un exemple de cette matrice ;

Etape 3 : L'attribution d'une courbe des taux pour chaque type de rating, prenant en compte le risque spécifique de cette catégorie de rating par rapport à un émetteur sans risque de crédit. Cette courbe des taux peut être déterminée à partir d'un panel d'émissions disposant de ce rating ;

2-1- L'objectif du modèle

L'objectif ultime de ce modèle est l'estimation de la variation de la valeur future d'un portefeuille en tenant compte de la modification de la qualité de crédit des contreparties des instruments en portefeuille. De ces variations de la valeur future, il devient possible d'obtenir la distribution des probabilités des valeurs.

2-2- L'estimation de la valeur du portefeuille

La valeur d'un portefeuille, dans un univers déterministe, à une date donnée, est égale à la valeur actualisée de ses flux futurs. Cependant, dans un univers incertain, elle est égale à l'espérance de la valeur des flux futurs actualisés au taux sans risque. Dans un premier temps, la courbe des taux sans risque est supposée constante. De ce fait, l'aléa est entièrement représenté par la distribution de probabilités des flux futurs.

2-3- Le calcul des probabilités à partir de la matrice de transition :

Nous n'avons jusqu'ici abordé que le calcul des valeurs pour l'horizon considéré. Afin d'obtenir la distribution de ces valeurs, les probabilités associées à chacun des états doivent être déterminées.

À partir de l'historique, il est possible de construire une matrice de transition représentant la probabilité du passage de l'état initial i à l'état à l'horizon j . Ainsi ; Standard & Poor's fournit le type de matrice de transition annuelle suivant :

Rating original	AAA	AA	A	BBB	BB	B	CCC	Défaut
AAA	90.81 %	8.33 %	0.68 %	0.06 %	0.12 %	0 %	0 %	0 %
AA	0.7 %	90.65 %	7.79 %	0.64 %	0.06 %	0.14 %	0.02 %	0 %
A	0.09 %	2.27 %	91.05 %	5.52 %	0.74 %	0.26 %	0.01 %	0.06 %
BBB	0.02 %	0.33 %	5.95 %	86.93 %	5.3 %	1.17 %	0.12 %	0.18 %
BB	0.03 %	0.14 %	0.67 %	7.73 %	80.93 %	8.84 %	1 %	1.06 %
B	0 %	0.11 %	0.24 %	0.43 %	6.48 %	83.46 %	4.07 %	5.2 %
CCC	0.22 %	0 %	0.22 %	1.3 %	2.38 %	11.24 %	64.86 %	19.79 %
Défaut	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	100 %

Tableau 2: Matrice de transition fournit par Standard and Poor'. Source: S&P

Cette table de transition s'analyse comme suit, en considérant par exemple la ligne BBB du tableau ci-dessous :

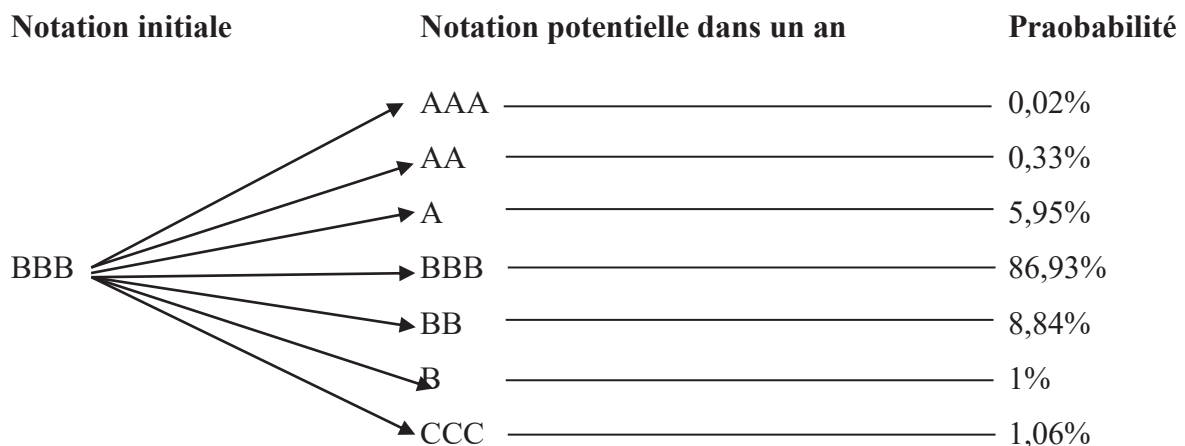


Tableau 3: Analyse de la tables de transition.

100%

La probabilité qu'un émetteur BBB devienne AAA à l'horizon de 1 an est de 0,02 %. Tandis que sa probabilité de rester BBB après cette même période est de 86,93%.

2-4- Les probabilités conditionnelles de défaut

Sous la double hypothèse de stabilité de la matrice et d'indépendance des changements d'état dans le temps, il est possible de déduire, à partir d'une matrice de transition annuelle, des probabilités conditionnelles de défaut ou probabilité « forward ». Ce sont des probabilités de défaut sur un espace de temps futur, sachant que l'émetteur n'a pas encore fait défaut.

3- Le modèle CreditRisk+ de Credit Suisse

3-1- Les objectifs du modèle

Les objectifs principaux de l'approche CR+ sont d'une part la quantification de la perte attendue et d'autre part la détermination du capital économique permettant d'absorber des pertes extrêmes, ou encore la perte inattendue, et d'assurer la solvabilité de la banque. Cela étant possible en faisant appel à une approche économique de la gestion du risque de crédit, communément utilisée par les banques innovantes, qui est la Value-et-Risk ou VaR.

En d'autres termes, la modélisation CR+ repose sur l'estimation par la banque de la fonction de densité des pertes de crédit. Cette fonction permet d'estimer la probabilité que les pertes subies au niveau du portefeuille de risque excèdent un certain seuil, appelé seuil de solvabilité et exprimé sous forme de fractile. De ce fait, un portefeuille paraît d'autant plus risqué que la queue de distribution est longue et épaisse et dans ce cas la banque doit prévoir de mettre en réserve une plus grande quantité de capital.

3-2- Les estimateurs du risque de crédit

Les deux estimateurs sur lesquels se base la mesure du risque de crédit au niveau de portefeuille sont généralement l'espérance de perte et un quantile de perte.

L'espérance de perte étant la perte moyenne attendue sur le portefeuille. Elle est simplement calculée en sommant le produit des pertes potentielles et des probabilités y associées.

Cependant la perte peut se révéler supérieure, ce qui confirme l'utilité de mesurer la Value-at-Risk pour connaître à l'avance le niveau de perte pouvant être supporté dans un scénario défavorable, de faible probabilité d'occurrence. Le calcul s'obtient directement à partir de la distribution.

3-3- La distribution de perte de crédit

Comme mentionné auparavant, l'objectif du CR+ est la détermination de la distribution de pertes dues au risque de crédit, afin d'en déduire l'espérance ainsi que les différents quantiles.

L'intervalle de confiance recommandé par Bâle II est de 99,9 % pour estimer les fonds propres nécessaires à la couverture de la perte inattendue due au risque de crédit. La représentation graphique de la distribution nous permet de visualiser ainsi les éléments nécessaires à l'allocation du capital économique.

Nous indiquons dans le graphe qui suit ces éléments :

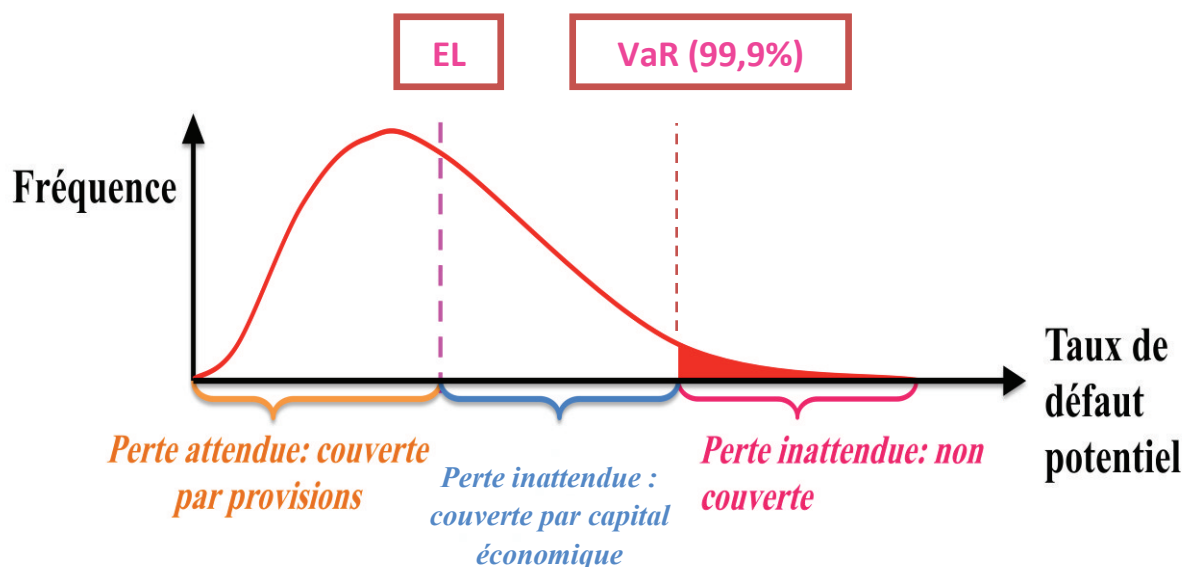


Figure 1 : Distribution des pertes sur un portefeuille de crédit.

3-4- Les hypothèses du modèle

Pour aboutir à la distribution de la probabilité des pertes, il est indispensable, en premier lieu, d'analyser chaque crédit à part et quantifier le risque sur une base individuelle afin de déterminer la probabilité de défaut à un horizon temporel défini. En deuxième lieu, une estimation du taux de recouvrement, c'est-à-dire la valeur de l'actif après le défaut, est également définie pour chaque crédit. Enfin, il devient possible d'agrèger l'ensemble de ces analyses individuelles pour mesurer le risque de crédit du portefeuille dans son ensemble.

➤ L'horizon du risque de crédit :

En pratique, la durée communément utilisée par les banques pour le risque de crédit est l'année. En effet, cela revient à l'hypothèse selon laquelle une banque nécessite au minimum une durée d'une année pour se séparer de ses créances douteuses ou modifier la composition de son bilan. Mais, le choix de cette durée n'a pas de fondement strictement établi. Par contre, le choix de l'horizon de la position est indiscutable puisque, à titre d'exemple, un crédit de 10 ans engage la banque pendant 10 ans.

➤ La modélisation de la corrélation des défauts :

La modélisation CR+ peut se baser sur l'hypothèse de non corrélation des défauts, dans ce cas, les probabilités de défaut sont considérées stables dans le temps ; ou se baser sur l'hypothèse de corrélation des défauts, dans ce cas les probabilités de défaut sont des variables aléatoires continues.

En effet, en pratique il est plus réaliste de considérer la deuxième hypothèse car la corrélation peut résulter de plusieurs facteurs notamment la conjoncture économique. Il devient nécessaire d'introduire les volatilités des probabilités de défaut et l'analyse sectorielle. Ainsi, la corrélation entre deux contreparties sera déterminée à partir des lois de défauts de chaque un d'entre eux et leur décomposition sectorielle.

Conclusion

Ce chapitre a été principalement consacré à la présentation des modèles les plus utilisés en pratique pour faire face au risque de défaut surtout au niveau du portefeuille. D'abord nous avons mis l'accent sur le modèle KMV qui est uniquement conçu pour la gestion de risque de crédit pour les entreprises cotées en bourse. Ensuite, nous avons exposé le modèle Credit Metrics de JP Morgan qui utilise la méthode Value-at-Risk pour la détermination de la perte potentielle ainsi que sa distribution tout en se basant sur les scores des agences de notation et leurs probabilités de transition dans l'horizon. En dernier lieu, nous avons présenté le modèle CreditRisk+ de Credit Suisse Financial Product (CSFP), qui utilise aussi la Value-at-Risk pour déterminer la distribution des pertes mais, contrairement aux deux autres modèles, ne nécessite pas de données observables en bourse en entrée.

Ainsi, la revue de la littérature relative à la gestion du risque crédit nous a permis d'apprécier l'évolution des approches de ce sujet traditionnel de la banque en distinguant deux niveaux d'analyse : le niveau individuel de chaque crédit et le niveau du portefeuille crédit d'une banque.

Cette évolution, qui se nourrit en permanence des développements de l'innovation financière et des techniques statistiques, impose aux banques et aux systèmes financiers en général, de nouveaux défis de qualification de leur appareil de gestion de risque afin de jouer leur rôle de transformation des actifs en toute sécurité, d'une part, et d'assurer leur compétitivité, d'autre part.

Dans ce mémoire, nous nous contenterons d'appliquer le modèle CR+ sur un portefeuille engagements d'une banque. La méthodologie de ce modèle sera exposée avec plus de détails dans le prochain chapitre.

CHAPITRE III

CHAPITRE III : L'APPLICATION DU MODELE CREDITRISK+ SUR UN PORTEFEUILLE CREDIT DE L'ATB

Introduction

La mise en place d'un modèle de risque de crédit vise, en premier lieu, à mesurer les pertes potentielles associées à un scénario défavorable de crédit.

Ensuite, l'objectif recherché étant le calcul des fonds propres alloués à la couverture du risque de crédit. En effet, les nouvelles recommandations des autorités de réglementation incitent les banques à substituer les mesures forfaitaires par une mesure interne dans le but de mieux estimer les provisions et les fonds propres requis pour la couverture des différents types de risque.

Enfin, il s'agit de mettre en place une approche optimale d'allocation de capital entre les différentes activités de la banque qui génèrent le risque de crédit. En effet, la connaissance du rendement de chaque activité et des risques y associés permet conceptuellement d'appliquer la théorie moderne du portefeuille et d'allouer le capital économique à l'ensemble des métiers de la banque.

Dans ce qui suit, avant de modéliser le risque de crédit, nous commençons d'abord, par la présentation de la structure d'accueil et de la base de données.

Section 1 : Présentation de la structure d'accueil

1- L'Arab Tunisian Bank (ATB)

1-1- Historique

L'ATB est une banque commerciale de droit tunisien, créée le 30 juin 1982 par l'intégration de l'agence de Tunis par l'Arab Bank Plc et l'apport de groupes privés tunisiens. Cette composition du capital initial a conduit la banque vers une spécialisation accrue dans l'activité du Corporate. C'est essentiellement au début des années 2000, que la banque a commencé à étendre son activité vers le segment des particuliers. L'objectif étant, de capitaliser sur son savoir-faire Corporate, tout en attaquant agressivement et efficacement l'activité de banque de détail pour en devenir l'un des acteurs majeurs dans le pays.

L'ATB a mis en place un programme de transformation approfondie des fondements de la banque. Ses managers ont procédé à la concrétisation de cette transformation en exécutant 4 plans de développement stratégiques triennaux (Système d'information, renforcement de l'offre commerciale, réorganisation de la banque en lignes de métiers et enfin, la digitalisation et l'approche CRM).

Ces plans triennaux ont permis une élévation graduelle des acquis et performances de la banque, la hissant progressivement au-devant du secteur bancaire tunisien.

1-2- Evolution et performances³⁴

Durant les plans de développement stratégiques, l'ATB a affiché un total bilan multiplié par 5,5 et une croissance annuelle moyenne supérieure à la moyenne sectorielle.

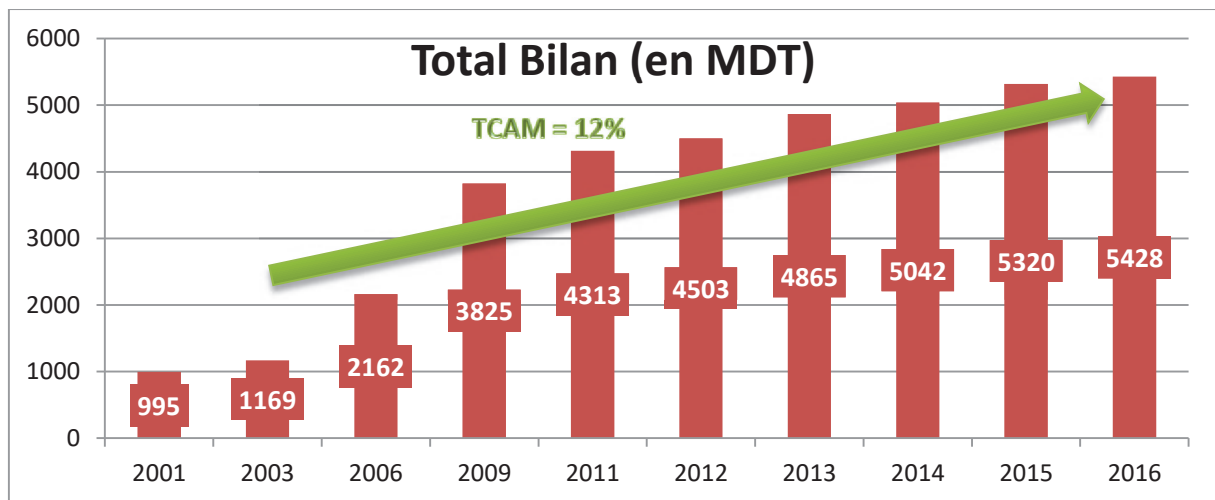


Figure 2 : Evolution du total bilan de l'ATB entre 2001 et 2016

Le total dépôt est multiplié par 5 et une croissance annuelle moyenne supérieure à la moyenne sectorielle. Avec une focalisation sur les dépôts des particuliers, leur part dans le total dépôt de la banque est passé de près de 25% en 2001 à plus de 50% en 2016. Les dépôts d'épargne ont, de leur côté enregistré une croissance annuelle moyenne de 14% et été multipliés par 7,5 entre 2011 et 2016.

³⁴ Magazine « Entreprises », numéro 66, Avril 2017.

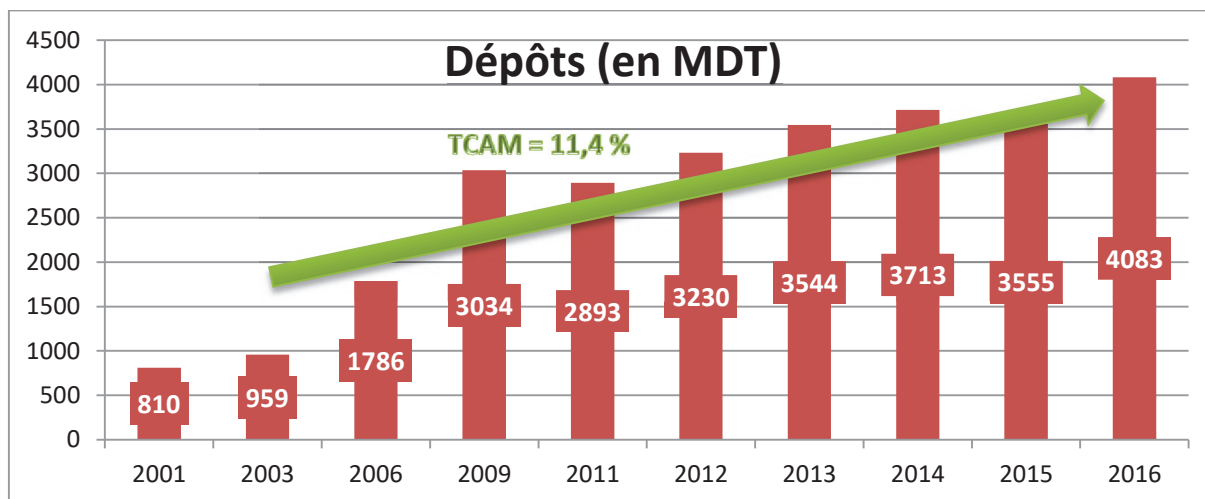


Figure 3 : Evolution du total dépôt de l'ATB entre 2001 et 2016

Le total de créances nettes sur la clientèle est multiplié par 6 et la croissance annuelle moyenne est supérieure à la moyenne sectorielle. Grâce à une politique efficace et proactive de la gestion du risque crédit, l'ATB peut se targuer d'un ratio de créances classées des plus faibles à l'échelle sectorielle avec un taux ne dépassant pas le 7.64% en 2015 contre un taux sectoriel moyen de 16.6%.

Privilégiant la croissance saine, l'ATB a consenti d'énormes efforts de provisionnement contre le risque crédit, le taux de couverture des créances classées a en effet atteint 83,1% en 2015 contre un taux sectoriel moyen ne dépassant pas 57%.

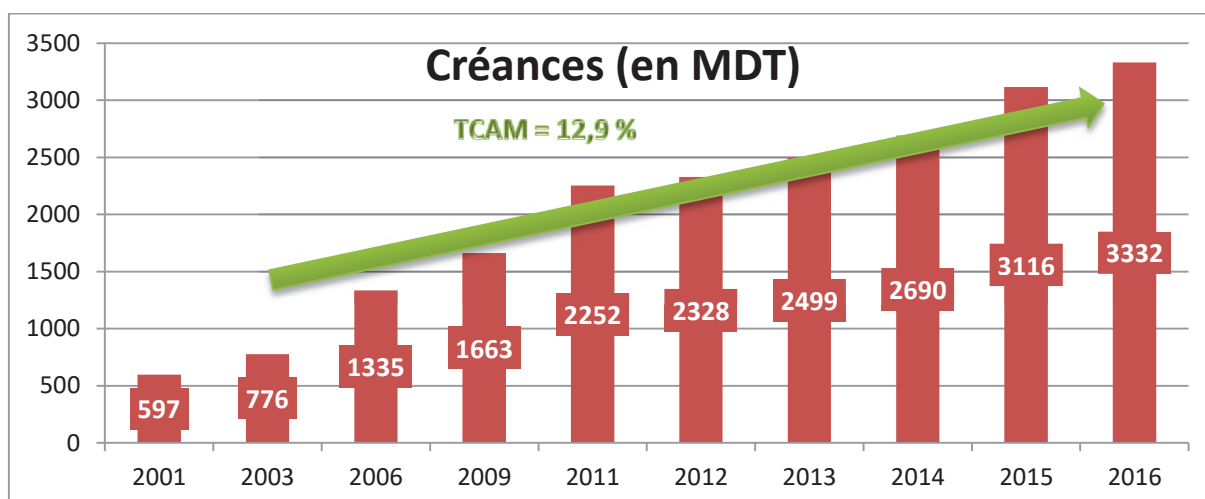


Figure 4 : Evolution du montant des créances de l'ATB entre 2001 et 2016

Ces performances bilancielle sur la période 2001-2016 se sont logiquement répercutées sur les résultats de la banque qui a vu son produit net bancaire croître à une moyenne annuelle de 11,4% passant de 43 Millions TND en 2001 à 217 Millions TND en 2016.

Sur la même période, le résultat net de la banque a été multiplié par 10, passant de 5,3 Millions TND en 2001 à 57,6 Millions TND en 2015.

Le rendement des fonds propres de la banque est passé de son côté de 5,8% en 2001 à 12,2% en 2015.

Consciente de son rôle primordial dans le développement économique national, l'ATB œuvre quotidiennement pour concrétiser ce rôle. En effet, 74,3% de son portefeuille engagements concerne des financements aux entreprises, avec une enveloppe globale de 3,3 Milliards TND au 31/12/2016, enregistrant une croissance de 7,7% par rapport à l'année 2015. 1,3 Milliards de Dinars de cette enveloppe concernent des crédits d'investissement à moyen et long termes. 2 Milliards de TND concernent des engagements à court terme et hors bilan.

Cette implication active dans le financement de l'économie nationale est, en plus, accentuée par un important effort d'investissement direct et indirect à travers un portefeuille titres investissement atteignant 480 Millions TND au 31/12/2016. Ce portefeuille est investi dans divers OPCVM ainsi que dans des fonds dont la gestion est confiée à la filiale ATD SICAR. Le total des fonds gérés par ATD SICAR a atteint 296 Millions TND au 31/12/2016, dont 207 Millions TND sont investis dans 158 projets implantés dans des zones de développement régional ou touchant à des secteurs d'activité prioritaire.

2- La Direction Centrale du « Risk Management » (DCRM)

2-1- L'organisation de la direction

La direction centrale du Risque management est rattachée directement à la direction Générale et est structurée autour de 2 directions et d'une cellule :

- Direction du Risque de Crédit ;
- Direction des Risques Opérationnel et Marché ;
- Cellule sécurité des systèmes d'information et de la continuité d'activité.

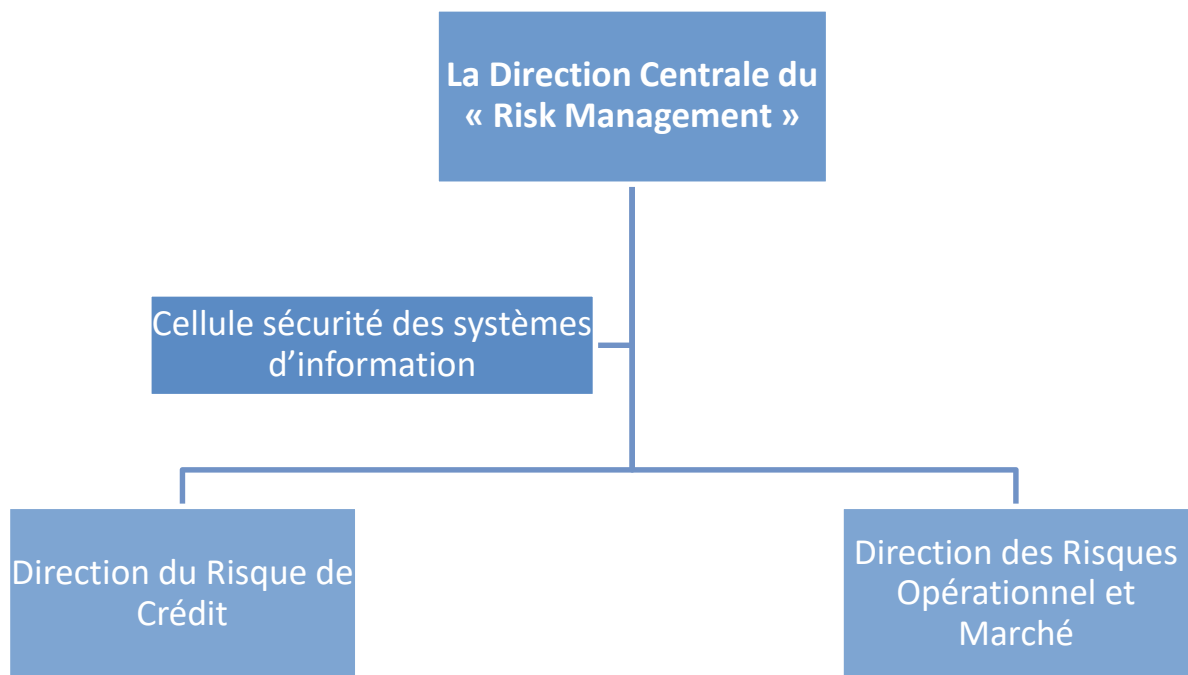


Figure 5: Organigramme de la Direction Centrale du « Risk Management »

2-2- Les objectifs

- Permettre à la banque de maîtriser ses risques par le développement et la mise en place des moyens et outils adéquats afin d'identifier, analyser, évaluer, traiter et surveiller les risques.
- Aider la Direction Générale dans la prise de décision en matière du choix des stratégies de traitement des risques.
- Elaborer la politique générale de gestion des risques de la banque.
- Développer les indicateurs de suivi de l'évolution des risques encourus par la banque.
- S'assurer de l'efficacité du système de contrôle interne de la banque à travers la mise en place de méthodes et d'outils garantissant une gestion saine des risques.
- Inculquer et diffuser la culture de risque au personnel de la banque.
- S'assurer de développement des solutions pour faire face aux éventuelles crises susceptibles d'affecter l'activité de la banque.
- S'assurer que la banque dispose des systèmes d'information fiables présentant un niveau de sécurité (SSI) adéquat.
- Construire le plan de continuité d'activité de la banque (PCA) et s'assurer, régulièrement, de son efficacité.

- Elaborer le « reporting » destiné à la Direction Générale et au Comité des Risques.
- Assurer une veille en matière de gestion des risques en ce qui concerne la réglementation en vigueur et les standards internationaux.

2-3- Les attributions :

- Elaborer les politiques de gestion des risques de crédit, de marché et opérationnels et mettre en place les techniques et les méthodes d'évaluation de ces risques : les indicateurs clés, les procédures etc.
- Contribuer à définir la politique de sécurité des systèmes d'information (PSSI) de la banque.
- Elaborer le plan de continuité d'activité (PCA) de la banque et les procédures de reprise des activités en cas d'arrêt de fonctionnement du système d'information (panne, sinistre, perte de données, indisponibilité des applications...).
- Assurer la mise en place, le suivi et la maintenance du Plan de Continuité informatique de la Banque.
- Revoir périodiquement les politiques de gestion et les paramètres clés des risques en coordination avec les structures et entités concernés par ces risques.
- Assurer une veille pour s'informer sur les nouveautés et les recherches dans les domaines d'identification, d'analyse, dévaluation, de traitement et de surveillance des risques.
- Identifier et évaluer, au préalable, les risques liés aux nouveaux produits ainsi qu'à la modification de ceux existant.
- S'assurer avant l'adoption de nouvelles procédures et la mise en place de nouveaux processus ou systèmes de leur adéquation avec les politiques de gestion des risques et que tout les risques y afférents ont été identifiés et que les contrôles nécessaires ont été conçus eu égard l'appétence pour les risques de la banque.
- S'assurer et en informer la Direction Générale, d'une manière régulière, du respect de la réglementation en vigueur en matière des risques.
- Effectuer, périodiquement, des simulations de crises.
- Mettre en place des procédures d'alerte interne pour réagir au plus vite en cas de problème (étude de marché, normes sectorielles,...).
- Fournir un soutien aux efforts d la banque pour la mise en place des exigences de l'accord de Bale II relatives aux risques de crédit, de marché et opérationnels.

- S'assurer que l'activité de la banque est conduite en matière de gestion des risques conformément à ses politiques et stratégies.
- Elaborer avec la Direction Centrale des Ressources Humaines et des Services Administratifs (DCRH &SA) les plans et les programmes de formation permettant aux employés de la banque de disposer des compétences nécessaires en matière de contrôle interne et de gestion des risques et en assurer le suivi.
- Etre destinataire des rapports des missions de l'audit interne, d'inspection, des enquêtes, de la Direction de la Conformité, des commissaires aux comptes ainsi que toute mission d'audit externe afin d'identifier et d'analyser les risques liés aux domaines objets de ces rapports.
- S'assurer de l'existence et de l'efficacité des outils de suivi des décisions du Comité Supérieur du Risque Opérationnel (CSRO) en matière des risques opérationnels ainsi que des décisions du comité ALCO en matière de maîtrise des risques des marchés.
- Communiquer périodiquement à la Direction Générale et au Comité des risques des rapports concernant l'adéquation entre le niveau des risques encourus et les politiques de gestion des risques eu égard l'appétence pour les risques, afin de prendre les décisions qui s'imposent.
- Elaborer le « reporting » périodiquement à l'attention de la Direction Générale du Comité des Risques.

Section 2 : Présentation du portefeuille

1- Exploration des données

L'objectif de ce chapitre est la modélisation du risque de crédit par le modèle credit risk + élaboré par Crédit Suisse. Lequel modèle permet à la banque de déterminer le capital économique nécessaire à couvrir les pertes inattendues. Pour cette finalité, nous avons considéré un portefeuille de **7470** prêts que l'ATB a consenti aux différents segments d'entreprises de différents secteurs d'activités à la date du **31 juin 2017**. Cette date a été prise comme date de référence.

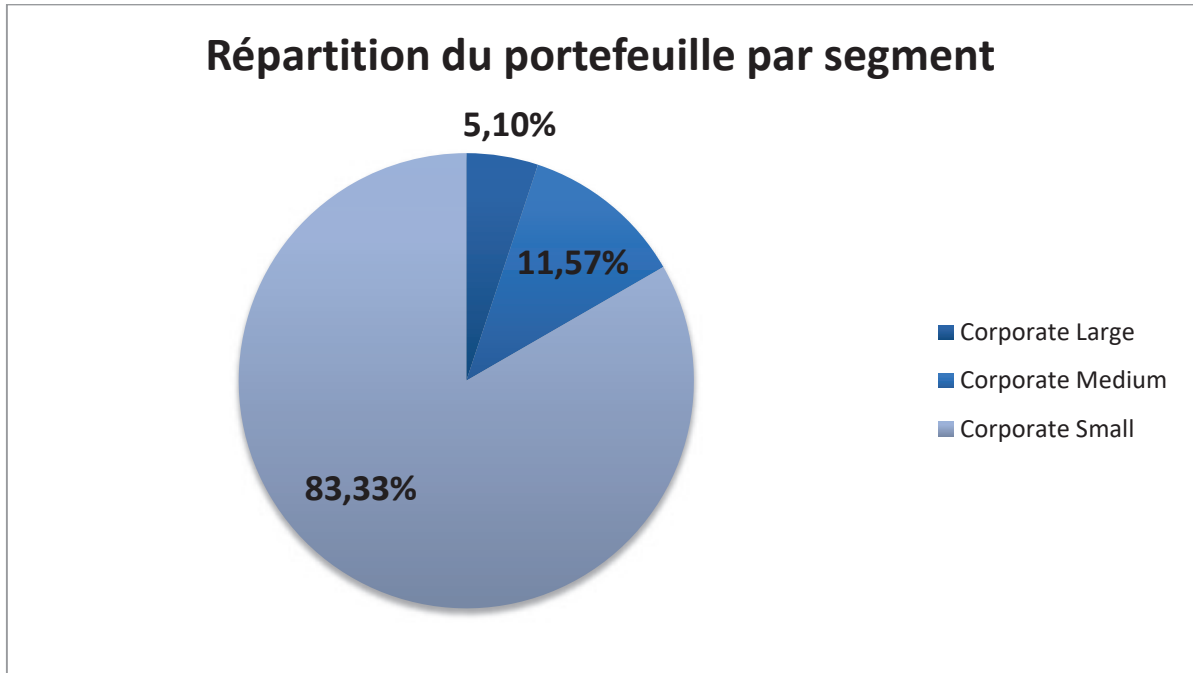


Figure 6: Répartition du portefeuille engagements de l'ATB par segment.

Les engagements composant l'échantillon sont répartis en 5 classes de risque (de 0 à 4) selon les critères adoptés par la Banque Centrale de Tunisie. La classe 5 correspond aux créances en contentieux détenues sur des entreprises insolvables, en faillite ou faisant l'objet de procédures judiciaires de liquidation.

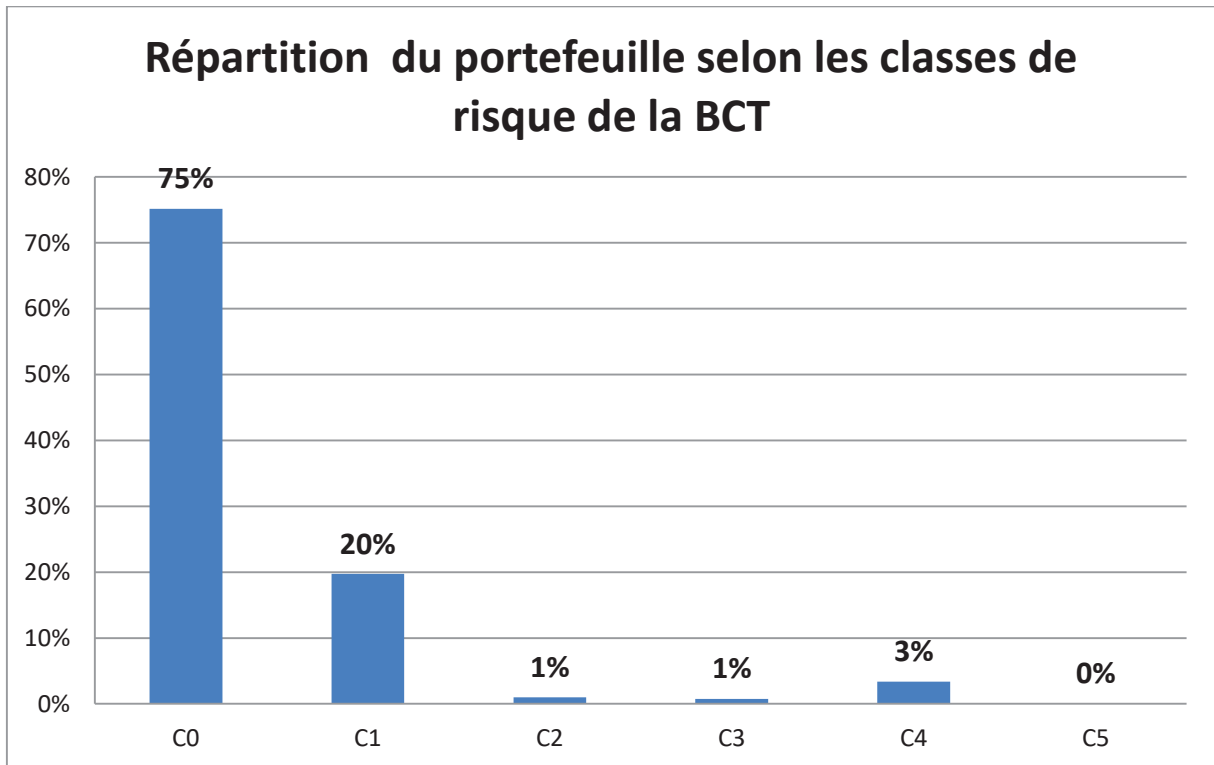


Figure 7: Répartition du portefeuille engagements de l'ATB selon les classes de risque de la BCT.

Cette figure montre la répartition du montant global des engagements selon les différentes classes de risque. Nous constatons que le portefeuille est globalement sain car la classe 0 présente la part la plus importante avec une proportion 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 ce qui indique que les retards de remboursement se situent rarement entre 90 et 360 jours.

Nous pouvons aussi classer notre portefeuille en fonction de la qualité des engagements en adoptant la notion de défaut au sens tunisien qui permet de distinguer entre : créances saines (C0, C1, C2, C3) et créances accrochées (C4,C5).

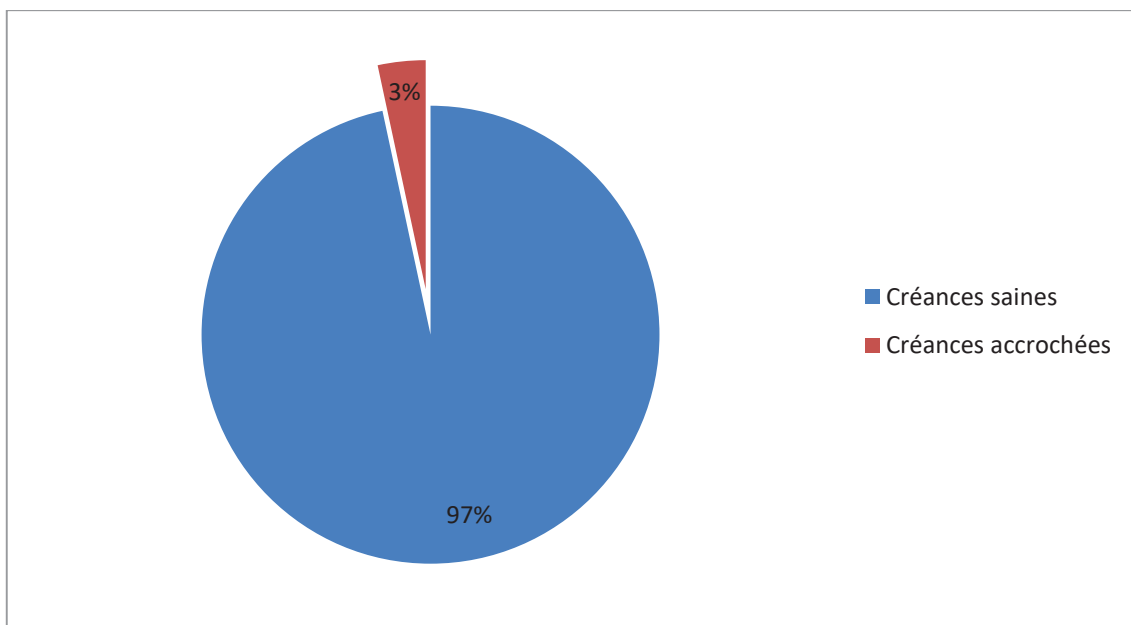


Figure 8: Répartition du portefeuille engagements de l'ATB selon la qualité des créances.

Le montant de créances classées de ce portefeuille de crédits représente seulement 3 % du montant global. Ce taux est largement en deçà de moyenne sectorielle du secteur bancaire tunisien où les créances accrochées dépassent les 20% surtout pendant les dernières années. Les créances saines représentent, quant à elle, 97% du montant global du crédit. Cela témoigne encore une fois que la banque adopte une bonne politique de sélection des dossiers.

Les données relatives à ces engagements ont été extraites de la base de données centrale du département « risk management ».

Notre base de données contient les informations suivantes :

- Le segment ;
- L'activité ;
- Le montant du total engagement octroyé ;
- Le montant de la garantie
- La classe de risque de la BCT ;
- Le montant des provisions ;
- Le montant des agios réservés.

2- Les statistiques descriptives

Dans le but de mieux visualiser le portefeuille de crédit constituant l'échantillon, nous présenterons dans ce qui suit les statistiques descriptives relatives aux encours des engagements du portefeuille :

Caractéristiques	Valeurs au 31 / 6 / 2017 (en mDT)
Montant global	2 183 351
Moyenne	323
Ecart-type	1 496
Maximum	55 000
Minimum	1
Nombre	7470

Tableau 4: Caractéristiques statistiques du portefeuille crédit

A partir de ce tableau, nous remarquons que l'engagement moyen est de **323 mDT**. La valeur de l'écart-type est de l'ordre de **1 496 mDT** ce qui indique une grande dispersion autour de la moyenne. Cette valeur est attendue du moment où le seuil minimum choisi est de 1 mDT contre une créance maximale de **55 000 mDT**. Quant au total des encours engagements, il a atteint un montant de **2 183 351 mDT** au 31/06/2017 et pour un nombre annuel de **7470** crédits.

3- Les dispositions relatives à l'attribution des paramètres de risque

A partir des informations dont nous disposons, nous avons pu calculer les 3 composantes nécessaires au calcul du risque de crédit, à savoir :

2.1.La probabilité de défaut (PD)

Elle permet d'apprécier le risque que la banque prend sur un client ou un segment de client en analysant essentiellement le secteur d'activité, la qualité de management, la qualité de l'information financière, et l'autonomie financière de l'entreprise. Cette probabilité de défaut a été obtenue directement par le système de notation de la banque. En effet, la note accordée permet de définir la probabilité de défaut pour chaque relation.

Notre portefeuille comporte 10 classes de notation interne (1,2,3,4,5,6,7,8,9,10) alors que la classification BCT ne définit que 5 classes de risque (0,1,2,3,4). Alors, pour faire correspondre ces deux éléments, nous avons aboutit à regrouper les classes de rating au niveau du portefeuille comme suit :

Notation de l'ATB	Classification de la BCT
1,2	C0 : Créances courantes
3,4	C1 : Créances nécessitant un suivi particulier
5,6	C2 : Créances incertaines
7,8	C3 : Créances préoccupantes
9,10	C4 : Créances compromises

Tableau 5: Correspondance entre les notations internes et les classes de risque de la BCT.

Le tableau suivant récapitule la probabilité de défaut annuelle pour chaque classe de risque à partir de l'année 2012 jusqu'à l'année 2016 :

Classe	2012	2013	2014	2015	2016	Moyenne	Ecart type
C0	4.3%	4.1%	3.8%	3.7%	3.5%	5.31%	0.24%
C1	10.1%	5.1%	6.8%	6.1%	5.2 %	11.29%	2.05%
C2	13.1%	13%	17.3%	18.7%	17.5%	27.02%	2.67%
C3	45%	38.8%	37.7%	35%	34.1%	38.12%	4.30%

Tableau 6 : Probabilités de défaut.

Nous avons adopté la probabilité de défaut moyenne des 5 dernières années comme input pour le modèle Credit Risk +. En plus, nous n'avons considéré que les probabilités de défauts relatives aux créances vivantes dans le portefeuille, c'est-à-dire les créances qui ne sont pas compromises.

En effet, dans cette étude, nous n'avons pas pris la définition bâloise de défaut selon laquelle un emprunteur est considéré en défaut de paiement s'il dépasse 90 jours de retard sur l'un de ses crédits. Laquelle définition apparaît très restrictive.

Nous avons plutôt adopté la définition tunisienne qui considère un emprunteur en défaut s'il dépasse 360 jours de retard de remboursement. Il apparaît donc que le défaut selon Bâle II concerne les classes 2,3 et 4, alors que d'après la conception tunisienne le défaut ne concerne que la classe 4.

Ainsi, selon la conception du défaut adapté au contexte tunisien, les créances vivantes sont celles appartenant aux classes de risque suivantes : C0, C1, C2, C3.

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

Classe	Moyenne
C0	5.31%
C1	11.29%
C2	27.02%
C3	38.12%

Tableau 7 : Probabilité de défaut annuelles

2.2.L'exposition en cas défaut (EAD)

D'une manière générale, l'exposition en cas de défaut représente le montant dû par la contrepartie au moment où elle fera défaut sur un engagement donné et à un horizon fixé. Nous avons estimé cette exposition comme suit :

$$EAD = \text{Capital Restant dû} + \text{Montant impayé}$$

2.3.La perte en cas de défaut (LGD)

Exprimée en pourcentage, elle correspond au taux de perte constaté en cas de défaillance. Mathématiquement, c'est le complémentaire du taux de recouvrement à l'unité.

$$LGD = (1 - \text{taux de recouvrement})$$

Le taux de recouvrement correspond au pourcentage du montant qui pourra être récupéré en cas de défaut de la contrepartie et dépend principalement des suretés réelles ou personnelles présentées par l'emprunteur.

$$\text{Taux de recouvrement} = \frac{\text{Garanties admises}}{\text{Engagement}}$$

Cela prend en considération le fait que la présence de garanties et des agios réservés permet de réduire la perte de la banque s'il y a défaut.

Il est à noter que nous avons appliqué une décote sur les garanties de 45%, c'est-à-dire, nous supposons qu'en cas de défaut, la banque ne peut récupérer que 55% du montant de la garantie.

Ainsi, ces 3 paramètres, bien qu'indispensables pour la détermination de la perte attendue, servent aussi comme inputs pour le modèle CR+.

Section 3 : La modélisation du risque de crédit

1- La méthodologie du modèle CreditRisk+³⁵

Etape 1 : Décomposition du portefeuille crédit en tranches

Le modèle CR+ est un modèle de défaut qui utilise une approche actuarielle. Il procède à une décomposition du portefeuille en bandes. Chaque bande est considérée comme un portefeuille distinct qui regroupe des crédits dont les expositions s'approchent de sa valeur moyenne.

En effet, l'objectif final est de quantifier le risque de perte d'un portefeuille. Or, un même niveau de perte peut être obtenu par un seul défaut de taille importante aussi bien que pour de nombreux petits défauts. Cette constatation a incité CSFP³⁶ à regrouper les expositions contenues dans un portefeuille par tranche d'exposition. Ceci a pour effet de réduire considérablement le nombre de données à l'entrée pour l'implémentation.

³⁵ CreditRisk+ (A Credit Risk Management Framework), document technique (1997)

³⁶ Credit Suisse Financial Product

Plus les tranches d'expositions seront nombreuses et étroites en comparaison avec l'exposition moyenne du portefeuille, plus cette approximation est légitime. Ainsi, ces approximations seront utiles sans pour autant modifier significativement les résultats.

Nous adoptons les notations suivantes :

Référence	Notation
Contrepartie	A
Exposition	L_A
Probabilité de défaut	P_A
Pertes attendues	λ_A

Tableau 8: Notations de la modélisation.

Etape 2 : Calcul du nombre de défaut par tranche

Dans une deuxième étape, le modèle va s'intéresser au calcul des pertes à l'intérieur de chaque bande. Ainsi, une probabilité moyenne de défaut va être attribuée à chaque portefeuille.

Dans cette étude, nous adoptons un modèle CR+ simplifié dans lequel la volatilité des probabilités de défaut n'est pas prise en compte.

Cependant, la probabilité individuelle de défaut p est souvent faible, si bien qu'il est préférable de l'approximer à une loi de Poisson de paramètre μ . Cette approximation suit la démarche du modèle « CreditRisk+ » du groupe Credit Suisse First Boston dans sa spécification la plus simple. La distribution de probabilité des défauts est alors de la forme :

$$P(n \text{ défauts}) = \frac{e^{-\mu} \mu^n}{n!}$$

Le paramètre μ est l'unique inconnu du modèle, il ne dépend ni du nombre d'expositions présents dans le portefeuille ni des probabilités individuelles de défaut de chaque relation. Il est à noter, qu'une loi de poisson de paramètre μ a pour moyenne μ et pour écart-type $\sqrt{\mu}$ et n renseigne sur le nombre de défauts.

L'exposition et les pertes attendues sont exprimées en L , qui représente une unité arbitraire choisie, si bien que pour chaque émetteur A , on définit ε_A et v_A de la manière suivante :

$$L_A = v_A * L$$

Et

$$\lambda_A = \varepsilon_A * L$$

Par la suite, nous suivons une étape intermédiaire et indispensable qui consiste à arrondir v_A à l'entier le plus proche. Cela permet de réduire le nombre des valeurs d'expositions v_A d'un gros portefeuille à un nombre relativement petit. Le portefeuille se retrouve alors divisé en m tranches d'exposition, indexée par j , ce qui revient à ne retenir que les notations suivantes :

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

Tableau 9 : Notations retenues pour le CR+.

De plus, ces trois variables sont reliées par la relation suivante :

$$\varepsilon_j = \mu_j * v_j$$

Donc

$$\mu_j = \frac{\varepsilon_j}{v_j} = \sum_{A|v_A=v_j} \frac{\varepsilon_A}{v_A}$$

Nous utiliserons aussi par la suite

$$\mu = \sum_{j=1}^m \mu_j = \sum_{j=1}^m \frac{\varepsilon_j}{v_j}$$

Etape 3 : Calcul de la distribution des pertes par tranche

La distribution des pertes agrégées est définie par la fonction génératrice suivante :

$$G(z) = \sum_{n=1}^{\infty} p(\text{Pertes agrégées} = n * L) * z^n$$

Ensuite, dans le but de faire intervenir le fait que les titres ont été regroupés par niveau d'exposition, et que les tranches sont indépendantes entre elles, nous recourons à l'écriture :

$$G(z) = \prod_{j=1}^m G_j(z)$$

Nous considérons alors chaque tranche comme un portefeuille à part entière, et nous appliquons le résultat suivant où nous notons D_j la variable aléatoire rendant compte du nombre de défaut à survenir dans la tranche j .

$$G_j(z) = \sum_{n=0}^{\infty} P(D_j = n) * z^{nv_j} = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{e^{-\mu_j} \mu_j^n}{n!} z^{nv_j} = \exp(-\mu_j + \mu_j z^{v_j})$$

Et donc, en revenant au portefeuille global

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

C'est la formule recherchée qui nous renseigne sur la distribution des risques crédits du portefeuille.

Nous remarquons que si on pose $P(z)$ le polynôme

$$P(z) = \frac{1}{\mu} \sum_{j=1}^m \mu_j z^{v_j} = \frac{\sum_{j=1}^m \left(\frac{\varepsilon_j}{v_j}\right) z^{v_j}}{\sum_{j=1}^m \left(\frac{\varepsilon_j}{v_j}\right)}$$

La fonction génératrice des pertes agrégées se présente alors sous la forme

$$G(z) = \exp(\mu * (P(z) - 1)) = F(P(z))$$

$G(z)$ s'exprime alors comme la composée de deux sources d'incertitudes : la loi de poisson du nombre de défauts et la variabilité des montants d'exposition. On remarque également qu'elle ne dépend que de deux types de données v et ε . Ainsi, la connaissance des différentes tailles d'exposition et les pertes attendues pour chaque taille s'avèrent les seules entées nécessaires à la mesure du risque crédit d'un portefeuille.

Toutefois, la dernière expression de la fonction génératrice n'est pas très maniable et ne nous renseigne pas explicitement sur la distribution des pertes. Aussi, on est amené à déterminer les probabilités associées à une perte de $n * L$ par un autre algorithme. En effet, d'après l'expression de la perte agrégée définie au début de ce paragraphe, nous obtenons :

$$P(\text{Pertes agrégées} = n * L) = \frac{1}{n!} \frac{d^n(G)}{dz^n}(0) = A_n$$

Ensuite, la formule de Leibnitz sera appliquée successivement pour obtenir une formule de récurrence qui permet de calculer A_n :

$$\left\{ \begin{array}{l} A_0 = G(0) = \exp\left(-\sum_{j=1}^m \frac{\varepsilon_j}{v_j}\right) A_n = \exp(-\mu) = \exp\left(-\sum_{j=1}^m \frac{\varepsilon_j}{v_j}\right) \\ A_n = \sum_{j|v_j \leq n} \frac{\varepsilon_j}{n} A_{n-v_j} \end{array} \right.$$

Ainsi A_n renseignent sur la probabilité de perdre $n * L$ avec L le niveau de perte standard. Nous pouvons déduire ces termes A_n à partir la relation de récurrence implantée dans le logiciel MATLAB. Les couples $(n ; A_n)$ permettent alors de définir la distribution des pertes pour le portefeuille de crédit considéré. Ayant obtenu cette distribution, nous pouvons, par la suite, opter au calcul de certaines mesures de risque comme la Value-at-Risk (VaR) et l'Expected Shortfall (ES).

2- Les résultats de la modélisation

2.1. La distribution des pertes

En suivant la démarche présentée précédemment, le portefeuille doit être schématisé en tranches d'expositions exprimées en unité de L. A titre d'exemple, en choisissant $L = 100\ 000$ dinars, une exposition de **1500000** dinars est égale à $1,5 * L$ et donc $v_j =$ **entier supérieur de 1,5 = 2**. Il apparaît donc qu'avec un $L = 100\ 000$ dinars, la bande $v_j = 2$ regroupe toutes les expositions nettes de recouvrement appartenant au segment d'exposition]100 000 ; 200 000 TND]. Le processus d'arrondi permet ainsi de diviser le portefeuille en bandes et diminue considérablement le nombre de calcul à opérer.

Quant au choix de L, même s'il est arbitraire, il doit être fait judicieusement de telle sorte que chaque bande de créances ait des caractéristiques d'expositions homogènes en un nombre minimum de crédit, surtout pour les petites expositions. En prenant en considération cette remarque, nous faisons le choix pour le reste de l'étude, d'une perte standard L telle que :

$$L = 100\ 000 \text{ dinars}$$

Ainsi toutes les expositions v_j et les pertes attendues ε_j seront exprimées en unités de L, c'est-à-dire ayant comme unité de mesure 100 000 dinars.

Dans le tableau suivant, nous fournissons un exemple concret :

Secteur d'activité	Exposition v_j	Exposition exprimée en L	Arrondi sup de v_j	Probabilité de défaut	Perte attendue ε_j	Perte attendue exprimée en L
Service	55 000 000	550	550	5.31%	2920500	29.205
Service	30 314 037	303.140	304	5.31%	1609675	16.097
Industrie	21 645 201	216.452	217	5.31%	1149360	11.494
Service	21 188 714	211.887	212	5.31%	1125120	11.251
Industrie	20 287 864	202.878	203	5.31%	1077285	10.773
Commerce	17 944 316	179.443	180	5.31%	952843	9.528
Industrie	17 672 380	176.723	177	5.31%	938403	9.384
Service	16 202 690	162.026	163	5.31%	860362	8.604
Commerce	15 311 741	153.117	154	5.31%	813053	8.131
Industrie	14 624 748	146.247	147	5.31%	776574	7.766

Tableau 10 : Extrait des Expositions et pertes attendues exprimés en L.

Après, à l'aide du tableau croisé dynamique sur Excel, nous regroupons les expositions en tranches de façon à obtenir une homogénéité intra-groupe. Le portefeuille se retrouve alors divisé en $m=550$ tranches d'exposition indexées par j comme présenté dans le tableau ci-dessous :

v_j en L	0	1	2	3	4	5	6	7
ε_j en L	0	316.0741	40.1632	30.9384	24.6744	20.12	18.2598	22.2348
μ_j	μ_0 $= \exp - \sum_{j=1}^m \frac{\varepsilon_j}{v_j}$								

Tableau 11 : Extrait des variables introduites comme inputs dans l'algorithme MATLAB de CR+.

Ensuite, la fonction de récurrence de CR+ a été implémentée sur le logiciel MATLAB. Ce modèle associe à chaque montant $n * L$ une probabilité d'occurrence d'une perte égale à ce montant. Nous obtenons alors comme output, le couple de variables $(n ; A_n)$. Cela permet de définir la distribution des pertes pour le portefeuille considéré ainsi que le graphique de cette distribution prévisionnelle. Un extrait des outputs et le graphique seront présentés comme suit :

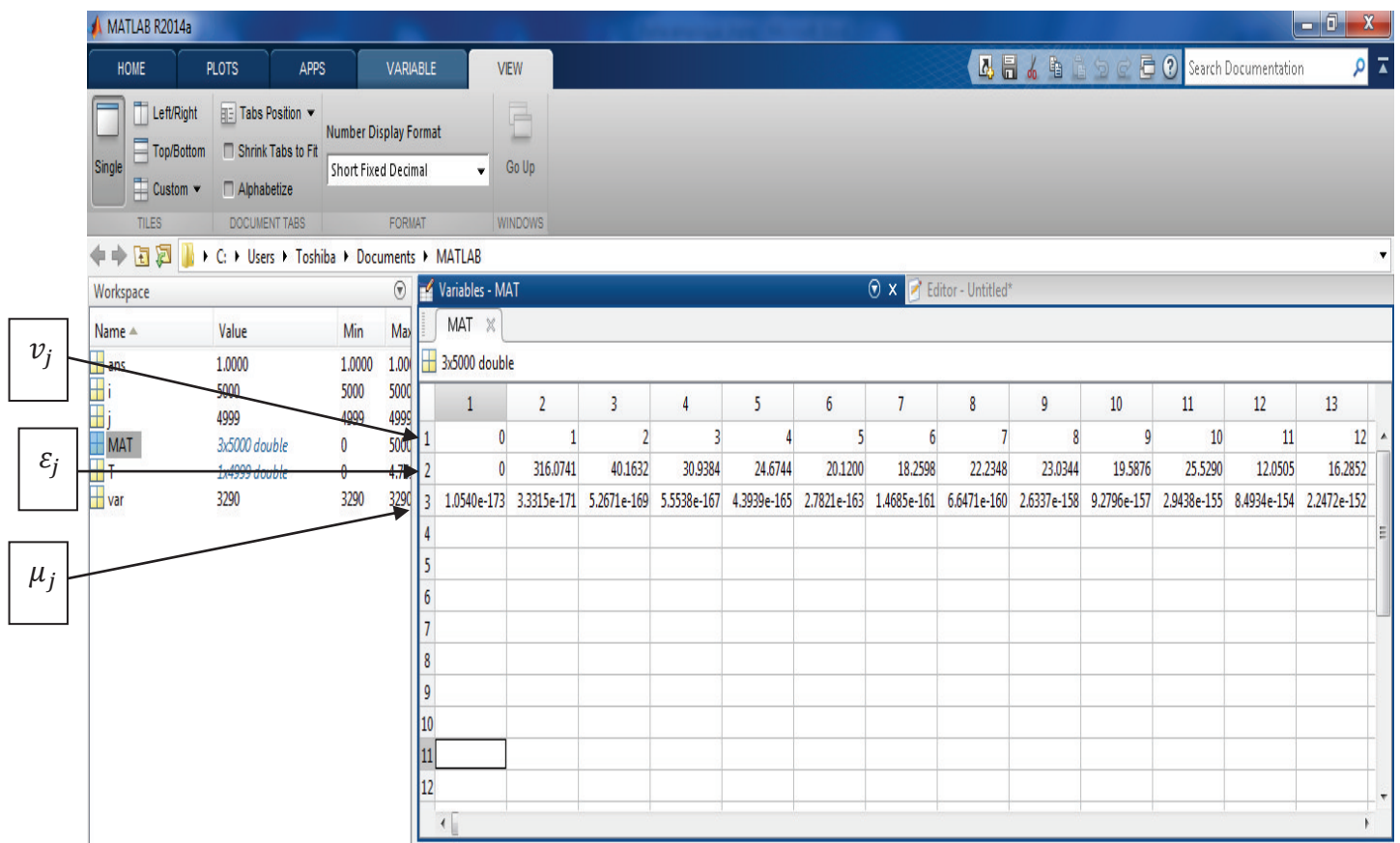


Figure 9 : Output de la fonction de récurrence implémentée sur MATLAB.

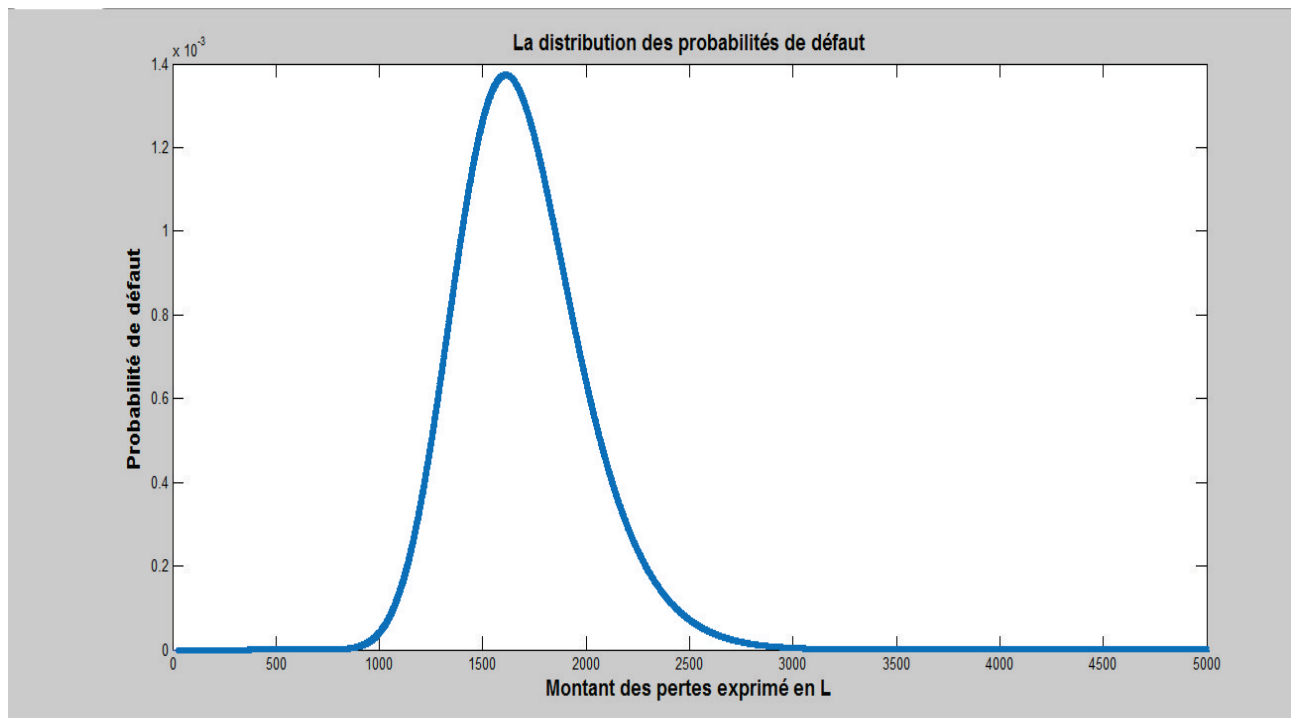


Figure 10 : Distribution prévisionnelle des pertes

D'après cette figure, il est clair que la distribution des probabilités de défaut ne suit pas une loi normale ; elle est asymétrique, et la queue de distribution est épaisse du côté droit. Cela s'interprète de la manière suivante : il existe une forte probabilité de perdre beaucoup d'argent, et une faible probabilité d'avoir des gains relativement faibles.

Dans ces conditions, l'écart-type de la distribution est une mesure de risque assez mal adaptée, car symétrique. Une mesure plus adaptée est celle des quantiles, c'est-à-dire la mesure de la VaR à différents seuils.

Le tableau suivant donne les coefficients d'asymétrie (moment d'ordre 3) et d'aplatissement (moment d'ordre 4) de la distribution des probabilités de perte, en plus des moments d'ordre 1 et 2.

Mean	0.0002
Ecart-Type	0.000389
Skewness	1.9485
Kurtosis	5.4044
Jarque-Bera	1
$\chi^2(2)$	0,5

Tableau 12 : Statistique descriptives de la distribution prévisionnelle des pertes

Ainsi, le Skewness (moment d'ordre 3) est positif cela témoigne que la distribution est décalée à gauche de la médiane, et donc une queue de distribution étalée vers la droite. Quant au Kurtosis (moment d'ordre 4), étant donné que sa valeur est supérieure à celle de la loi normale (où le Kurtosis est égal à 3) nous pouvons confirmer que la distribution est plutôt pointue en sa moyenne et a une queue de distribution épaisse (*fat tail*).

En outre, l'utilisation du test de normalité de Jarque-Bera renforce le résultat selon lequel, les pertes ne suivent pas une loi normale, du moment où, la valeur du test égale à 1 est supérieure à la statistique calculée $\chi^2(2)$ qui est égale à 0,5.

2.2. La Value-at-Risque

Rappelons maintenant que l'objectif ultime du modèle CR+ est le calcul de la Value-at-Risk (VaR). Pour un seuil de confiance égal à α , Cette mesure est définie comme suit :

$$P(L \leq VaR_\alpha) = \alpha$$

Avec L désignant la perte (Loss).

Nous retenons le seuil exigé par Bâle II qui est 99,90% mais nous la calculons aussi pour d'autres seuils.

Ci après, nous trouvons le tableau des quantiles qui donne la valeur de la VaR à différents niveaux de confiance :

Niveau de confiance	VaR en L	VaR en m DT
50%	1664	166 400 000
60%	1741	174 100 000
90%	2097	209 700 000
95%	2243	224 300 000
97.50%	2380	238 000 000
99%	2549	254 900 000
99.90%	2936	293 600 000
99.99%	3290	329 000 000

Tableau 13 : Tableau des quantiles.

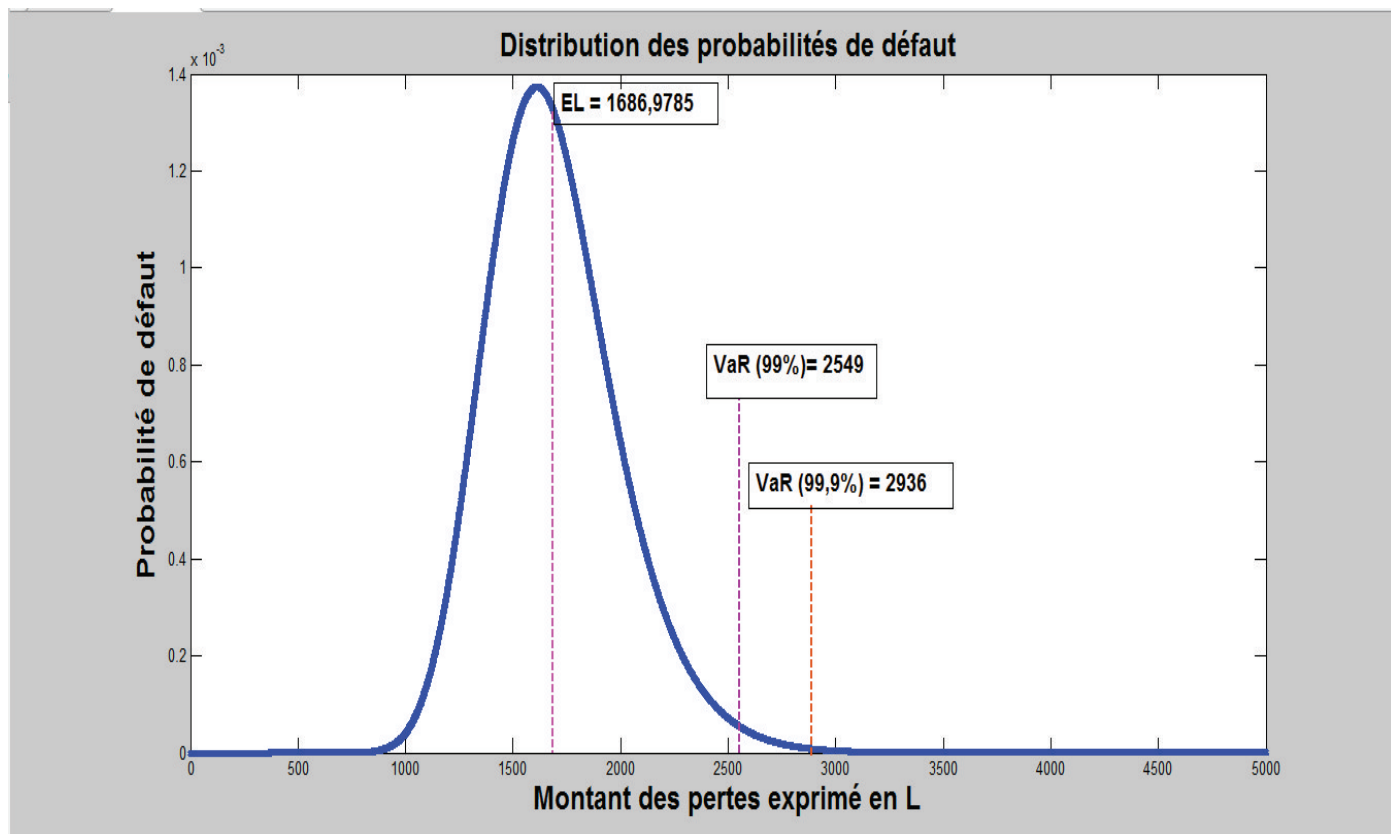


Figure 11 : Distribution des pertes et quantiles pour différents seuils

De la table des quantiles, nous pouvons extraire la VaR à 99,90% pour un an:

$$\mathbf{VaR \text{ portefeuille} = 2\,936\,000 \text{ DT}}$$

La perte attendue du portefeuille, ou encore la perte moyenne est calculée de la manière suivante :

$$EL \text{ portefeuille} = \sum_{i=1}^n EL_i$$

avec

$$EL_i = EAD_i * PD_i * LGD_i$$

Ainsi

$$EL \text{ portefeuille} = 168\,697\,580 \text{ DT}$$

La banque a donc intérêt à constituer des provisions à hauteur de **168 697 580 DT** dont **162 555 769 DT** ont été effectivement constituées. Ainsi le niveau de provisions de la banque est quasiment conforme aux normes internationales. Si la banque veut s'ajuster encore elle doit soit constituer de nouvelles provisions d'un montant de **6 141 811 DT** ou bien répercuter ce montant dans ses marges à travers la tarification.

Nous remarquons aussi que la perte attendue (**168 697 580 DT**) est presque équivalente au 6^{ème} décile de la distribution des pertes (**174 100 000 DT**). Ce qui est conforme avec la recommandation de Bâle II. Laquelle recommandation stipule de calculer la perte attendue comme le quantile vérifiant que la probabilité de la perte n'excède pas 60%.

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

A ce stade, il est devenu possible de calculer le montant du capital économique. Celui-ci représente le montant de la perte inattendue du portefeuille. Il nous suffit de soustraire le montant de la perte attendue de la VaR :

$$UL = VaR(99,9\%) - EL$$

$$UL \text{ portefeuille} = 293\,600\,000 - 168\,697\,580$$

$$UL \text{ portefeuille} = 124\,902\,420 \text{ DT}$$

Ainsi pour couvrir la perte inattendue née de son activité de crédit accordé aux « Corporate », la banque doit constituer des fonds propres pour un montant de **124 902 420 DT**.

Conclusion

L'objectif de la mise en œuvre du modèle CR+ est de déterminer le montant de perte en cas de défaut du portefeuille crédit, à la différence des autres modèles tels que Credit Metrics et KMV qui estiment relativement la probabilité de modification de la notation et de changement de « spread ». Le montant est obtenu en segmentant les expositions en différentes tranches. Nous avons adopté l'hypothèse selon laquelle les corrélations des probabilités de défaut sont absentes. Ainsi nous avons obtenus la distribution de pertes et nous avons calculé pour différents niveaux de confiances la valeur de la VaR. De cette valeur, nous avons retranché le montant de la perte attendue qui est couverte par des provisions, afin de quantifier le coût en capital de notre portefeuille de crédits. Ainsi la perte au-delà de la VaR peut demeurer non couverte.

Nous avons considéré jusqu'ici le portefeuille de crédit dont les probabilités de défaut sont connues et fixes. Cependant, ces probabilités sont sujettes à une variabilité non négligeable. Cela peut être traité dans des travaux ultérieurs.

Il est à noter aussi que cette étude peut être complétée par une approche optimale d'allocation de capital appelée « Risk Adjusted Return On Capital » ou RAROC. Cette mesure de performance, permet aux banques de mieux faire face aux pertes inattendues (De Servigny et al. (2010)).

En effet, la connaissance du rendement de chaque activité et des risques associés permet conceptuellement d'appliquer la théorie moderne du portefeuille et d'allouer le capital économique à l'ensemble des métiers de la banque. Cependant, nous n'avons pas pu disposer des données nécessaires à son calcul, notamment la base qui affecte à chaque type d'engagement le revenu qu'il génère en termes d'intérêts et de commissions.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

L'objectif de ce travail était de présenter un modèle de risque crédit plus adapté que les approches traditionnelles qui se contentent de mesurer le risque individuel relatif à chaque contrepartie à part.

Nous avons, donc, considéré un portefeuille bancaire de 6760 engagements octroyés aux entreprises de différents secteurs d'activité et différents segments, pour appliquer la méthodologie CreditRisk+ développée par « Credit Suisse First Boston ».

Tout d'abord, nous avons procédé à l'estimation des différents paramètres de risque. Les probabilités de défaut (PD) ont été extraites à partir du système de notation de la banque et nous avons adopté l'hypothèse selon laquelle ces probabilités sont stables au cours du temps. L'exposition en cas de défaut (EAD) a été estimée comme étant le capital restant dû de l'engagement majoré par le montant de l'impayé. La perte en cas de défaut (LGD), quant à elle, correspond au complémentaire du taux de recouvrement. Lequel taux est obtenu en rapportant le montant de la garantie après décote par rapport au montant de l'engagement. Nous avons supposé un taux de décote de 45 % vu que notre base ne spécifie pas la nature des différents types de sûreté.

A ce niveau, nous avons pu obtenir le montant que la banque doit provisionner qui n'est autre que le montant de la perte attendue. Le résultat obtenu étant conforme avec la recommandation de Bâle II qui stipule de calculer la perte attendue comme le quantile vérifiant que la probabilité de la perte n'excède pas 60%. Ensuite, après avoir segmenté les différentes expositions en tranches homogènes, nous avons implémenté la fonction de récurrence de CreditRisk+ sur MATLAB. Le résultat obtenu étant la distribution des pertes potentielles.

A partir de cette distribution, nous avons calculé la Value-at-Risk en introduisant sa formule sur le logiciel MATLAB, et ce pour différents niveaux de confiance. Mais, pour s'aligner avec les recommandations du comité de Bâle, nous n'avons retenu que la VaR au seuil de 99,9%. De cette valeur, nous avons retranché le montant de la perte attendue, afin de déterminer le montant du capital économique de notre portefeuille de crédits.

A la lumière de cette étude, la banque est en mesure de faire face non seulement aux pertes attendues mais également aux pertes inattendues conformément à la réglementation internationale en matière de gestion du risque de crédit.

Jusque-là, nous n'avons considéré que le portefeuille de crédit dont les probabilités de défaut sont connues et fixes. Cependant, ces probabilités sont sujettes à une variabilité non négligeable. Cela peut être traité dans des travaux ultérieurs. En outre, cette étude peut être complétée par une approche optimale d'allocation de capital appelée « Risk Adjusted Return On Capital » ou RAROC. Cette mesure de performance, permet aux banques de mettre en regard la rentabilité réelle d'une opération avec le risque qui lui est associé.

Enfin, il faut garder à l'esprit qu'aucun modèle mathématique ne peut prédire sans erreurs le futur. C'est à l'établissement de crédit lui-même de prendre la décision finale quant au choix de la mesure de risque appropriée pour faire la couverture nécessaire.

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

Altman, E.I., **1968**, « Financial Ratios, Discriminant Analysis, and the Prediction of Corporate Bankruptcy », *Journal of Finance*, Vol. 23, No. 4, p. 589-609.

Bâle II : article 414, avril 2003

Bank for International Settlements. Bâle III : dispositif international de mesure, de normalisation et de surveillance du risque de liquidité. Décembre 2010.

Beaver, W.H., **1967**, « Financial Ratios as Predictors of Failure », *Journal of Accounting Research*, Vol. 4, p. 71-111.

Bessis J., **1995**, «Gestion des risques et gestion Actif-Passif des banques », *Edition Dalloz*.

Bruyère, R., **2004**, Laurens, J. Mustier, J. « Les produits dérivés de crédit » (2e édition), Paris : *Economica*,

Cohen, E., **2016**. « Dictionnaire de gestion ». Ed La découverte.Paris.1997.P308. France: RB édition, DL.

Creditmetrics, technical document (avril 1997)

De servigny, a. et Zelenko, I., **2010**. « Le risque de crédit face à la crise ». Paris : *DUNOD*,

Desjardins, J., **2005**. « L'analyse de régression logistique ». *Tutorial in quantitative methods for psychology*, 1(1), 35-41.

Dietsch M, Petey J.,**2003**, « Mesure et gestion du risque de crédit dans les institutions financières », *Revue banque édition*.

Dumontier, P. Dupre, D. et Martin, C., **2008**, « Gestion et contrôle des risques bancaires : l'apport des IFRS et de Bâle II ». Paris : *Revue Banque Edition*,

Drand, D., **1941**. «Risk Elements in Consumer Instalment Financing». *National Bureau of Economic Research*.

Feldman, R., **1997**. "Small business loans, small Banks and Big Change in Technology called credit scoring". *Federal Reserve Bank of Minneapolis*, The Region, 19-25.

Jorion Philippe, **2004**. « Credit Risk Management », *University of California at Irvine*.

Kharoubi, C., & Thomas, P. **2016**. «Analyse du risque de crédit: banque & marchés». Paris.

Malhotra, R. & Malhotra, D. K., **2003**, «Evaluating consumer loans using Neural Networks». *Omega the International Journal of Management Science*, 31, 2, 83-96.

Matoussi H., Krichene A, **2010**. « la prévention du risque de défaut dans les banques tunisiennes. Analyse comparative entre les méthodes linéaires classiques et les méthodes de l'intelligence artificielle : les réseaux de neurones artificiels. Crises et nouvelles problématiques de la Valeur », Nice, France.

Roncalli, T., **2001**. « Introduction à la Gestion des Risques ». Cours ENSAI de 3ème année, *Groupe de Recherche Opérationnelle Crédit Lyonnais*.

Roncalli, T., **2009**. « La gestion des risques financiers », Collection Gestion. Série Politique générale, finance et marketing. *Economica*

Sustersic, M., Mramor, D., et Zupan J., **2009**. « Consumer credit scoring models with limited data. Expert Systems with Applications », 36, 3, 4736-4744.

Tiesset M., Aspachs, O., et , NIER E., **2005**, «Liquidity, Banking Regulation and the Macroeconomy: Evidence on bank liquidity holdings from a panel of UK-resident banks», *Mimeo*, 126.

Cours:

Cours de Monsieur Radhouane Gouja.

Sites web:

WWW.bis.org

WWW.wikipedia.com