

DEDICASES

Je dédie ce mémoire en premier lieu à toute ma famille et en particulier à ma défunte grand-mère YEMA DOUJA qui sans elle je ne serais rien. Je pense aussi à ma fabuleuse Mère REZAL FATIHA qui n'a cessé de me soutenir tout au long de ces deux années passés en Tunisie, à ma bienveillante Tante IHADDADEN WASSYLA qui m'a toujours encouragé avec toute son ardeur. Une dédicace particulière à ma fiancée qui a toujours été à mes côtés et qui m'a aidé de sa précieuse sagesse.

Je dédie ce mémoire à tous mes amis qui ont su me remonter le morale à coups de fou rire incessants, ATEK CHAKIB, BENKHADJA CHAWKI, CHEMLAKH AMAR, FERTIKH ABDELKADER, HARIDI BRAHIM, KASSA AMINE, MAHIA MOHAMED, MELIANI NOUFEL, MICHOU KADER, REDJEL OUSSAMA, ZEDEK MOHAMED AMINE.

Une pensée aussi à mes colocataires qui ont partagé avec moi cette expérience en Tunisie, LARBI KHALIL et LAGGOUNE KHOUDIR. Sans oublier tous mes camarades de l'I.F.I.D Algériens et Tunisiens avec une pensée particulière à LALMAS LOUIZA qui m'a tellement aidé lors de la rédaction de ce mémoire.

Enfin je dédie ce travail à mes camarades de la 34^{ème} promotion qui m'ont accueilli de manière extraordinaire chez eux durant les derniers déplacements à Tunis, à ATHMANI MOUSSA, BADAOUI NOURDINE et CHETTOUT YACINE.

REMERCIEMENTS

Je remercie toutes les personnes ayant contribué à la mise en œuvre de ce mémoire, un grand merci à la directrice de Formation RETOUL FADILA qui n'a jamais résigné à apporter son aide et son assistance lors de mon passage à l'IFID. Ainsi je remercie tout le personnel de la direction de formation qui a présenté une amabilité des plus grandes à mon égard.

Je remercie particulièrement mon encadrant GOUJA REDHOUANE qui ne s'est pas ménagé de patience et de bon conseils.

Je remercie Mr KROURI, mon encadrant à la B.N.A durant mon derniers stage pour sa disponibilité et sa gentillesse, de plus un grand merci à tous le personnel de la Direction des Engagements de la B.N.A qui s'est attaché à mettre à ma disposition les informations nécessaires à l'élaboration de ce mémoire.

Enfin je remercie toute l'équipe de l'IFID ainsi que les enseignants qui n'ont pâtit d'aucun manque de sérieux et de professionnalisme durant ces 24 mois.

LISTE DES FIGURES.....	B
LISTE DES TABLEAUX.....	C
LISTE DES ANNEXES.....	D
INTRODUCTION GENERALE.....	C
CHAPITRE 1 : GENERALITES SUR LE RISQUE DE CREDIT	
SECTION 1 : NOMENCLATURE DES RISQUES BANCAIRES	3
SECTION 2 : RISQUE DE CREDIT ET ALLOCATION DE FONDS PROPRES DANS UN CONTEXTE NORMATIF : LE COMITE DE BALE.....	8
SECTION 3 : LES PARAMETRES D'UN MODEL DE RISQUE DE CREDIT.....	17
CHAPITRE 2 : MODELISATION DU RISQUE DE CREDIT	
SECTION 1 : MESURES DU RISQUE DE CREDIT	26
SECTION 2 : CATEGORIE DES MODELES DE RISQUE DE CREDIT.....	38
SECTION 3 : ANATOMIE DES PRINCIPAUX MODELES DE RISQUE DE CREDIT SUR UN PORTEFEUILLE	40
CHAPITRE 3 : MODELISATION DU RISQUE DE CREDIT PAR LE MODELE CR+ SUR UN PORTEFEUILLE DE PRET	
SECTION 1 : PRESENTATION DE LA BANQUE NATIONALE D'ALGERIE (B.N.A).....	65
SECTION 2 : DETERMINATION DES INTRANTS DU MODELE CREDITRIKS+	66
SECTION 3 : ANALYSE DESCRIPTIVE DES INTRANTS	71
SECTION 4 : IMPLEMENTATION DU MODELE CR+	75
CONCLUSION	85
BIBLIOGRAPHIQUE.....	90

Liste des figures

Figure 1:Exemple d'une transition de notation "A" sur une année.....	22
Figure 2:Pertes Attendue et Inattendue	28
Figure 3:Distribution statistique des pertes de credit	28
Figure 4:Représentation graphique de la VaR	32
Figure 5:Représentation graphique de la VaR et de la Conditional VaR.....	34
Figure 6:VaR de la somme de deux variables aléatoires de Pareto.....	38
Figure 7:Distance au défaut (DD)	45
Figure 8:Mapping des DD aux EDF's pour une maturité donnée.	46
Figure 9:Migration du Rating d'une firme notée BB en fonction de la valeur de son actif	48
Figure 10:Distribution de la valeur de la firme (BB) à 1 an et seuil de migration de rating.....	51
Figure 11:Étapes du processus de modélisation CR+	54
Figure 12:Courbe des taux de défauts annuels moyens selon le rating.....	68
Figure 13:Fréquence des entreprises constituant notre portefeuille selon leurs notations.....	73
Figure 14:Fréquence des entreprises selon leur secteur d'activité	74
Figure 15:Graphique de la fonction de distribution des probabilités de perte	76
Figure 16:Standards de provisionnement "ex ante" selon le modèle CR+.....	77
Figure 17:Évolution du montant du Capital Économique selon le niveau de confiance	80
Figure 18:Évolution de la Value At Risk en fonction du niveau de confiance.....	82
Figure 19:Évolution de l'Expected Shortfall en fonction du niveau de confiance.....	83

Liste des tableaux

Tableau 1:Pondérations selon la nature de l'emprunteur dans l'Approche Standard.....	11
Tableau 2:Taux de défaillance moyen cumulé en %.....	19
Tableau 3:S&P moyenne annuelle des taux de transition en %	21
Tableau 4: Exemple de schématisation du modèle MKMV	47
Tableau 5:Mapping entre prob.transition et prob.seuils de valeur pour une notation BB	49
Tableau 6:Seuils de valeur d'actif d'une firme notée BB	50
Tableau 7:Bilan de la BNA au 31.12.2014	65
Tableau 8 :S&P taux de défaut annuel selon la classe de Rating (%).....	67
Tableau 9: Mesures statistiques des différents taux de défaut selon le Rating	67
Tableau 10:Volatilités des taux de défaut selon la classe de notation	69
Tableau 11:Classe de rating selon CagexRating	70
Tableau 12:Tableau de correspondance entre les Rating CagexRating et S&P.....	70
Tableau 13:Recouvrement moyen selon le type de garantie.....	71
Tableau 14:Echantillon de notre base de données	71
Tableau 15:Interprétation des variables de notre étude.....	72
Tableau 16:Fréquence des entreprises constituant notre portefeuille selon leurs notations	73
Tableau 17:Propriétés statistiques de l'engagement de la banque sur notre portefeuille	74
Tableau 18:Mesures du risque de crédit sur notre portefeuille générées par le modèle cr+	75
Tableau 19:Contribution à la perte attendue par secteur d'activité	78
Tableau 20:Probabilités de défaut annuelles moyennes des institutions financières (%).....	81

Liste des annexes

<i>Annexe 1: Modalites du portefeuille par variables introduit dans le modele CR+</i>	<i>93</i>
<i>Annexe 2: Probabilites et volatilites de defaut allouees au modele de notation cagexrating.....</i>	<i>97</i>
<i>Annexe 3: Variation des taux de defaut selon le secteur.....</i>	<i>97</i>
<i>Annexe 4: Introduction des parametres du modele cr+ sous l'interface rstudio ($\alpha = 0.999$).....</i>	<i>98</i>
<i>Annexe 5: Resultats de la modelisation cr+ sous rstudio a un niveau de confiance de 99.90%...</i>	<i>99</i>
<i>Annexe 6: Instruction pour l'execution de la modelisation cr+ sous rstudio</i>	<i>99</i>
<i>Annexe 8: Resultats de la modelisation a plusieurs niveaux de confiances.....</i>	<i>100</i>
<i>Annexe 7: Cas d'une modelisation avec differents niveaux de confiance.....</i>	<i>100</i>

Introduction générale

Un risque, c'est bel est bien une situation défavorable qu'on ne veut contourner, éviter où sinon quantifier afin de se préparer à ses éventuelles répercussions. Cette notion de risque revient très souvent dans la théorie financière, voire bancaire. En effet la banque est exposée à trois catégories de risques principales, le risque de marché, le risque opérationnel et le risque de crédit qui est sans doute le plus prépondérant pour les banques commerciales du fait du fondement même de leur activité d'intermédiation. De ce fait ces dernières sont dans l'obligation de survie d'administrer, de gérer, de piloter les principaux contours de ce phénomène.

Au cours des dernières années des avancées considérables en la matière de gestion du risque de crédit ont été constatés, et ce dans un contexte de réglementation prudentielle qui va bien au-delà des frontières de chaque état. La réglementation prudentielle de Bâle II a contribué à mettre l'édifice d'une gestion sophistiqué et intelligente du risque de crédit à travers notamment des modèles mathématiques et statistiques de plus en plus complexe mais donnant des résultats concluants.

Il est à savoir que certains des modèles de risque de crédit se sont imposés et sont utilisés de manière massive par les plus grandes banques. Tout d'abord le modèle *CreditMetric* de JP Morgan, publié en 1997. Ce modèle se base sur les probabilités de migration d'une classe de risque à une autre sur une période donnée à travers des seuils d'Actifs. *KMV* corporation, une entité spécialisée dans l'analyse du risque de crédit, racheté par Moody's en 2002, a elle aussi développé un modèle de risque de crédit du nom de *Portfolio Manager*. Ce dernier calcul les probabilité de défaut à partir d'outputs spécifiques au modèle dénommés *EDF* pour "*Expected Default Frequency*". A noter que les deux approches, *CreditMetrics* et *KMV* sont fondés sur le développement de Merton (1974) qui sont à son tour référée aux travaux de Black & Scholes sur le pricing des options (1973).

En 1997, *Credit Suisse First Boston* développe une nouvelle approche actuarielle exclusivement axée sur l'évènement du défaut, les migrations de qualité de crédit étant négligées. Enfin, le cabinet d'audit financière *McKinsey* a établi le modèle *CreditPortfolioView* utilisant une approche multi-factoriel qui modélise le risque de crédit conditionnellement à l'état de facteurs macro-économiques observable à des instant t . La schématisation et la consistance de ces modèles a été rendues publiques et seront présentées au cours de la recherche initiés dans le présent mémoire.

Dès lors l'industrie financière dispose d'outils d'aides à la décision non négligeables dans le domaine du *risk management* or au jour d'aujourd'hui les banques Algérienne ne se sont pas encore ajustés à ces outils, cependant dans un contexte de difficulté économique contrasté par un une diminution importante des rentrés du Trésor, unique actionnaire des banques publiques qui finance à elle seules plus de 90% de l'économie, les ressources se font chers, et une gestion adéquate des risque devient de plus en plus suggéré, voir même impératif. De plus, il est à savoir que la tendance des banques publiques en matière d'engagements, sous instruction du gouvernement pour échapper à la dépendance en hydrocarbures, est le financement à ampleur des P.M.E qui représentent le principal vecteur de richesse et d'employabilité. Ce qui donne une autre justification à l'implémentation d'un modèle efficace de gestion du risque de crédit favorisant un management plus intelligent des risques qu'accepte la banque sur ces financements.

Dès lors, dans un contexte bancaire Algérien, caractérisé par une conjoncture distincte, quel sont les différents cheminements nécessaires à l'élaboration d'un modèle de risque de crédit permettant de statuer, d'évaluer où d'arbitrer sur la quantification du risque sur un portefeuille de prêt ? Evidement répondre à cette problématique revient à déterminer le modèle de risque de crédit parmi les modèles susmentionnés s'adaptant au mieux aux exigences économique financière Algérienne tout en permettant à la Banque d'être au diapason de ce qui se fait en matière de gestion du risque de crédit dans les banques qui ont une certaine avancée dans le domaine.

Dans le cadre la recherche entreprise nous allons adopter une démarche évolutif, plusieurs hypothèses seront formulés, aux quels cas des réponses seront argumentés.

Le premier chapitre traitera de généralités sur le risque de crédit et définira les principaux concepts opportuns à cette science de risque, le second quant à lui sera beaucoup technique et présentera les aspects mathématiques et statistiques ainsi que les résultats escomptés par les différentes modélisations possibles du risques de crédit, enfin nous terminerons par un cas empirique voulant tester en quelque sorte la pertinence des avancements entrepris dans les chapitre précédents.

CHAPITRE 1 :
GENERALITES SUR LE RISQUE DE CREDIT

Introduction

Avant tout il y a lieu de clarifier le concept du risque de crédit, certes le terme est couramment utilisé dans le jargon financier cependant son concept reste nuancé, dès lors une présentation claire et concise sera opérée. Après quoi une classification des principaux types de risques auquel la banque s'expose au jour le jour sera effectuée, ceci aura pour objectif de délimiter en quelque sorte le champ de compréhension du risque de crédit par rapport aux autres types de risques. Ensuite dans la deuxième section, nous aborderons les règles normatives et prudentielles Bâloises qui régissent l'activité d'appréciation du risque de crédit, nous verrons aussi la finalité d'une telle réglementation. Évidemment les ratios les plus importants émanant de ces règles seront abordés. Nous présenterons ensuite les approches internes d'estimation du risque de crédit au sein d'une banque, à savoir l'approche standard, l'approche I.R.B. fondation et l'approche I.R.B. avancée. Enfin la section trois s'intéressera aux paramètres nécessaires à la prise en compte dans un contexte d'élaboration d'un modèle de risque de crédit, en outre la probabilité de défaut (PD), l'Exposition en cas de Défaut (EAD), la Perte en cas de défaut (LGD), la maturité considérée et pour finir nous donnerons une description des matrices de transitions.

SECTION 1 : NOMENCLATURE DES RISQUES BANCAIRES

1.1. Notion de risque

Le risque est lié à la notion d'incertitude (variabilité des gains ou pertes) mais également au fait qu'il implique des conséquences négatives. Ces deux aspects de la notion de risque sont contenus dans les mesures de risque habituellement utilisées, la variabilité étant mesuré par la volatilité, tandis que les conséquences négatives d'un risque sont généralement mesurées par la VaR (Value at Risk).

D'une manière générale, un risque est un événement qui peut affecter négativement la chronique des flux à recevoir par un établissement financier (son compte de résultat, sa valeur actuelle nette, ses états financier)¹.

1.2. Le risque de crédit

Une manière simple d'appréhender le risque de crédit serait de le définir de la sorte: « le risque de crédit est le risque de perte découlant d'évènements de crédit (négatifs), en relation avec la contrepartie² » or nous allons retenir comme axe de travail la définition suivante car plus complète et plus précise et qui dit :

« Le risque de crédit est le risque de perte inhérent au défaut d'un emprunteur par rapport au remboursement de ses dettes (obligations, prêts bancaires, créances commerciales...). Ce risque se décompose en risque de défaut qui intervient en cas de manquement ou retard de la part de l'emprunteur sur le paiement du principal et/ou des intérêts de sa dette, risque sur le taux de recouvrement en cas de défaut, et risque de dégradation de la qualité du portefeuille de crédit³».

1.2.1. Le risque de défaut (Default Risk)

Le risque de défaut est le risque qu'un débiteur devienne incapable d'honorer ses engagements. En outre, le comité de Bâle sur la supervision bancaire juge le défaut comme ayant eu lieu lorsque l'une ou l'autre des deux événements suivants sont constatés⁴ :

¹ V.BRUNEL, « Gestion des risques et risques de crédit », 2009, p.3

² G.CHACKO, A.SJÖMAN, H.MOTOHASHI, V.DESSAIN, Credit derivatives « a Primer on Credit Risk, Modeling and Instruments »

³C.GOURIEROUX, A.TIOMO, Risque de crédit « une approche avancée », ECONOMICA, 2007, p.11.

⁴ Basel Committee on Banking Supervision, International Convergence of Capital Measurement and Capital Standards, 2006, p.100.

- La banque considère qu'un emprunteur quelconque ne pourra probablement pas faire face à ses engagements sans qu'elle ne fasse recours à une action, tel que la réalisation des garanties,

- L'emprunteur est en défaut de paiement (en souffrance) depuis quatre-vingt-dix (90) jours sur l'un de ses crédits. Les découverts seront considérés comme étant en souffrance lorsque le client aura dépassé une limite autorisée ou aura été avisé d'une limite inférieure à l'actuelle.

1.2.2. Le risque sur le taux de recouvrement (Recovery Risk)

Le taux de recouvrement sert à déterminer le pourcentage de la créance qui sera récupéré par la banque à travers notamment des procédures judiciaires, et ce suite au défaut de la contrepartie.

Le taux de recouvrement représente un potentiel de risque pour la banque du fait que :

- La valeur réelle des garanties collectées peuvent varier dans un sens non voulu,
- La lenteur des procédures judiciaires frêne le mécanisme de recouvrement
- La banque ne se positionne pas dans tous les cas au 1^{er} rang des créanciers ce qui donne un caractère incertain quant à la récupération finale du principal et des intérêts
- La technique de subordination des dettes dans certaines entreprises qui émettent des titres de plusieurs classes (Senior, Junior, Mezzanine), qui prévoit le remboursement en cas de défaut, de la dette Mezzanine en subordination de la dette Junior, cette dernière sera elle-même subordonnée au remboursement de la dette Senior (Debt Waterfall).
- Les taux de récupérations obtenus à partir des prix de marché dépendent d'une manière déterminante du cycle économique observé.

1.2.3. Le risque de dégradation de la qualité du crédit (Downgrading Risk)

Le risque de dégradation de la qualité de crédit d'un emprunteur naît des perspectives faites par des investisseurs sur un titre donné détenu par cet emprunteur. Par exemple, une anticipation négative sur l'action d'une société fera baisser la qualité de cette action et entraînera de ce fait la diminution de sa valeur, A la banque dans ce cas d'adopter la politique de provisionnement adéquate. La dégradation de la qualité du crédit peut être précurseur d'un défaut.

1.3. Les autres catégories de risques liés à l'activité de la Banque

En addition du risque de crédit on trouve plusieurs autres catégories de risques scindés en deux groupes, les risques financiers (dont le risque de crédit fait partie) et les risques non financiers.

1.3.1. Les risques financiers

Les risques financiers sont les risques liés aux variations de prix des actifs financiers (actions, obligations, taux de change). On distingue en plus du risque de crédit :

1.3.1.1. *Le risque de Marché*

Le risque de Marché est définie comme le risque de pertes sur les positions du bilan et du hors bilan à la suite de variations des prix de marché⁵, il recouvre :

- Les risques relatifs aux instruments liés aux taux d'intérêt et titres de propriété du portefeuille de négociation ;
- Le risque de change et le risque sur produits de base encourus pour l'ensemble de l'activité du bilan et hors-bilan.

Pour les banques, deux risques de marché méritent particulièrement l'attention : le risque de taux d'intérêt et le risque de change.

Le risque de taux d'intérêt

Il désigne le risque de voir les résultats de la banque affectés négativement par les mouvements de taux d'intérêt. Le risque de taux d'intérêt résulte des écarts d'échéances (échéances finales ou échéances de révision de taux) entre les actifs et les passifs du bilan et du hors bilan.

Selon leurs évolutions, les taux d'intérêts peuvent exercer un impact sur la marge d'intérêt et/ou sur la valeur de la banque (en effet, les fluctuations des taux peuvent par le biais de l'actualisation affecter la valeur actualisée des postes du bilan).

⁵ Idem.

Le risque de change

Le risque de change est lié à l'éventualité de pertes causées par l'évolution des taux de change. Il provient du fait qu'une partie du bilan des banques est libellée en devises.

1.3.1.2. *Le risque de liquidité*

Le risque de liquidité est le risque pour une banque de ne pas pouvoir faire face à ses exigibilités immédiates avec ses liquidités disponibles. Ce risque naît de l'activité de transformation qui consiste à transformer de l'épargne à court terme en prêts à moyen long terme.

1.3.1.3. *Les options cachées*

Ce risque est particulièrement important dans le cas des banques commerciales. Un des exemples les plus courants est celui lié à l'option de remboursement anticipé détenue par de nombreux particuliers qui s'endettent auprès des banques pour acquérir leur résidence. En effet, lorsqu'un client rembourse de façon anticipée son crédit, la banque doit renoncer à toucher les flux d'intérêts qui étaient prévus dans le futur, ce qui constitue un manque à gagner.

1.3.2. Les risques non financiers

Les risques non financiers comprennent :

1.3.2.1. *Le risque de marges (de volume)*

Etant donné que de nombreuses activités bancaires ont des revenus proportionnels au volume d'activité, dans le cas d'une baisse de ce dernier, les revenus engrangés s'en verront diminués.

1.3.2.2. *Les risques réglementaires et légaux*

L'activité bancaire est très réglementée (Banque centrale, Ministère des Finances ... etc), dès lors la banque se doit d'être au diapason des dispositions imposées sous peine d'en courir diverses sanctions.

1.3.2.3. *Le risque opérationnel*

Le risque opérationnel est défini par le Comité de Bâle comme le risque de pertes provenant d'une inadéquation ou d'une défaillance attribuable à des procédures, des personnes, des systèmes internes ou à des événements extérieurs.

La définition exclut les risques stratégiques qui sont souvent associé à des prises de décisions par les managers, tels que le lancement d'un nouveau produit, d'une nouvelle activité, d'une restructuration, d'une fusion, ...etc.

Le risque de réputation est lui aussi exclu de la définition, il correspond à l'impact que peut avoir une erreur de gestion, une erreur opérationnelle, une fraude, et autres sur l'image de la banque. Depuis l'adoption du ratio Mc Donough (Bâle II), les banques se doivent allouer un montant de fonds propre pour les risques opérationnels découlant de leur activité.

1.3.3. Le risque systémique

Le risque systémique est le risque qu'un événement déclenche une perte de confiance dans une partie substantielle du système financier, suffisamment grave pour avoir des répercussions négatives pour l'économie réelle⁶. Il fait référence à des effets de contagion sous forme d'externalités négatives, causant la détresse financière, voire la faillite d'autres institutions.

Dès lors la réglementation prudentielle a désormais deux vocations :

- Micro-prudentielle afin de sécuriser les banques individuellement,
- Macro-prudentielle afin de stabiliser le système bancaire et financier dans son ensemble.

1.4. Mesure et contrôle des risques

La mesure et le contrôle des risques est effectués à différents niveaux au sein d'une banque et est généralement orchestré par le département de gestion des risques. En ce qui concerne le risque de taux et de change la tâche est attribuée à la direction financière. Pour le risque de crédit, les décisions d'octroi de crédit sont prises à partir de différents paliers hiérarchiques selon l'importance et la complexité du dossier, quant au risque de marché, des équipes sont détachées sur place dans les salles de marché au contact des traders, ceci à travers le mécanisme du middle et du back-office. Le risque opérationnel peut être atténué à un niveau de risque acceptable en se dotant d'un système de contrôle interne performant.

Au niveau global de la banque, la gestion des risques est pilotée via une allocation optimale de fonds propres, ajouté à cela, une réglementation bancaire instaurée à un niveau international et

⁶ G10, Report on consolidation in the financial sector, 2001, p.126

adopté par chaque Etat à travers l'autorité de tutelle qui impose un niveau de fonds propre réglementaire.

SECTION 2 : RISQUE DE CREDIT ET ALLOCATION DE FONDS PROPRES DANS UN CONTEXTE NORMATIF : LE COMITE DE BALE

2.1. Le comité de Bâle

Le comité de Bâle sur le contrôle bancaire a été institué en décembre 1974 par les gouverneurs de banques centrales des pays du Groupe des Dix (G10), sous l'appellation de "Comité de Bâle des règles et pratiques de contrôle des opérations bancaires", les membres actuels qui le composent sont des représentants des banques centrales et des autorités de contrôle de 27 pays.

Le Comité de Bâle se réunit régulièrement pour discuter des enjeux liés à la surveillance prudentielle des activités bancaires. Il ne dispose toutefois d'aucune force l'égale en matière de surveillance ou de réglementation, son rôle se limite à établir des normes, à définir des principes, à formuler des recommandations. Il ne produit ni règlement, ni lois. Ce n'est donc qu'indirectement, après transposition (éventuelle) dans les législations nationales, que ces textes auront un impact sur le contrôle effectif des banques.

Les réunions du Comité de Bâle ont habituellement pour cadre la Banque des règlements internationaux (BRI), à Bâle (Suisse), dont les locaux hébergent son Secrétariat permanent.

La création du Comité de Bâle coïncide avec une année de forte turbulence sur le marché des changes, en effet l'année 1974 reste marquée par la faillite retentissante de la banque Herstatt, en Allemagne, qui mit en lumière l'existence d'un risque systémique sur le marché des changes.

2.2. Limites de Bâle I

En 1988, le comité de Bâle publie les premiers accords de Bâle⁷⁷, ensemble de recommandation visant à instaurer un ratio minimal de fonds propres par rapport à l'ensemble des crédits accordés, le ratio Cooke où :

⁷⁷ Comité de Bâle sur le contrôle bancaire, Convergence internationale de la mesure et des normes de fonds propres, Juillet 1988.

$$\frac{\text{Fonds Propres}}{\text{Risque de Crédit}} \geq 8\%$$

Ce dernier fut modifié en 1996 à fin de prendre en considération les risques de marché.

L'accord de Bâle I, modifié et complété par la suite, a permis d'accroître la solidité et la stabilité du système bancaire international et a renforcé l'égalité des conditions de concurrence entre banques internationales. Après son adoption, une progression importante des fonds propres de la quasi-totalité des banques a été observée⁸.

Les autres catégories de risque, dont le risque opérationnel, n'ont pas été traitées de manière explicite. Toutefois, ces risques étaient implicitement pris en compte mais de manière non quantifiée.

Dès lors le ratio de Cooke est devenu obsolète sous l'impulsion de plusieurs facteurs tels que :

- La grande limite du ratio de Cooke est liée à la définition des engagements de crédit, en effet la principale variable prise en compte était le montant du crédit distribué, la qualité de l'emprunteur et par conséquent le risque de crédit qu'il générerait réellement était totalement négligé. Par exemple, un crédit à une entreprise présentant un risque de défaut élevé nécessitait la même charge en capital qu'un crédit à une entreprise de qualité.
- Le concept de Value At Risk (d'abord appliqué au risque de marché, et par la suite au risque de crédit et au risque opérationnel) a engendré un avancement décisif en matière de modèle interne de gestion des risques.
- Bâle I ne prend en compte que le risque de crédit et le risque de marché, or d'autres risques sont des paramètres non négligeables de vulnérabilité, tel que le risque opérationnel, le risque de taux d'intérêt ou le risque de liquidité.
- La seule exigence en fond propre minimum ne pouvait inciter les banques à gérer sainement leurs opérations, d'où la nécessité d'introduire des exigences qualitatives.
- Les banques avaient la possibilité d'arbitrer et d'exploiter les différences entre le véritable risque économique et le risque déterminé par l'accord, en effet sous l'influence dû à l'absence de pondération reflétant le niveau de risque réel, les banques favorisait des stratégies d'expansion du crédit aux emprunteurs risqués (car plus rémunérateur) ou

⁸ A.Sardi, « Bâle II », afiges, 2004, p.14.

faisaient sortir du bilan (titrisation, dérivés de crédit) les encours peu risqués et peu rémunérateur et ce afin d'augmenter la rentabilité du capital. Cela a eu pour conséquence d'augmenter le risque moyen des encours demeurant au bilan sans pour autant que l'allocation en capital augmente. D'où un déphasage de plus en plus important entre le capital réglementaires le capital économiques⁹ requis, c'est fondamentalement ce phénomène que Bâle II tente de corriger, en rapprochant le capital réglementaire du capital économique.

2.3. Bâle II

Les objectifs fondamentaux de Bâle II demeurent inchangés, renforcer la solidité et la stabilité du système bancaire mondial et maintenir l'égalité des conditions de concurrence entre les banques internationales. Cependant au vu des insuffisances relevées dans le premier accord de Bâle, le comité a élaboré un nouvel ensemble de recommandation visant combler les carences du dispositif précédent¹⁰.

Dès lors le nouveau dispositif Bâle II s'appuie sur trois piliers :

2.3.1. PILIER 1 : l'exigence minimale en fonds propres

Le pilier1 donne la possibilité aux banques de déterminer des exigences en capital réglementaire sur le fondement de leurs systèmes internes. Un nouveau ratio appelé « ratio McDonough » a été établie, ce dernier prend en compte les risques de marché et les risques opérationnels, en complément du risque de crédit.

On passe ainsi d'un ratio Cooke à un ratio McDonough où l'exigence en fonds propre sera :

$$\frac{\text{Fonds Propres}}{\text{Risques de Crédits} + \text{Risques de Marché} + \text{Risques Opérationnel}} \geq 8\%$$

Ou plus techniquement :

¹⁰ Comité de Bâle sur le Contrôle bancaire, « Convergence internationale de la mesure et des normes de fonds propres », Juin 2004.

$$\frac{\text{Fonds Propres}}{\text{Exigence en fonds propres pour risques de marché} \times 12.5 + \text{Exigence en fonds propres pour risque opérationnel} \times 12.5 + \text{Actifs pondérés du risque de crédit}^{11}} \geq 8\%$$

Si le ratio reste fixé à 8 %, une ventilation de cette valeur sera exigée de la manière suivante : 75 % des fonds propres seront affectés au risque de crédit, 20 % au risque opérationnel et 5 % au risque de marché.

En ce qui concerne le risque de crédit et dans un contexte de refonte de la pondération des risques, deux approches d'évaluations du risque de crédit sont proposées :

2.3.1.1. Approche standard

Dans cette approche une redéfinition des pondérations des risques des différents actifs et des positions hors bilan est effectuée, et ce afin de mieux appréhender le volet réel des risques, de ce fait les créances sur des entités de qualité verront leur pondération diminuée. En revanche, certains types d'actifs particulièrement risqués pourront être pondérés à plus de 100%.

Le comité prescrit un recours aux ratings externes, en particulier par des agences de notation spécialisée tel que Standard & Poor's, Moody's, Fitch. Ce mécanisme permettrait d'appréhender de manière plus fiable la qualité des différentes expositions au risque de crédit. S'appuyant sur les notations de l'agence Standard & Poor's¹², un résumé des pondérations utilisées selon la nature de l'emprunteur est donné dans le tableau suivant :

Emprunteurs	Evaluation					
	AAA à AA-	A+ à A-	BBB+ à BBB-	BB+ à B-	En dessous de B-	Pas de notation
Souverains	0 %	20 %	50 %	100 %	150 %	100 %
Banques	20 %	50 %	50 à 100 %	100 %	150 %	50 à 150 %
Entreprises	20 %	100 %	100 %	100 %	150 %	100 %

Tableau 1: pondérations selon la nature de l'emprunteur dans l'approche Standard

Source : A.Sardi. 2004. Bâle II. Afges.

Concernant les postes du hors-bilan, le comité prescrit d'introduire le concept de "Equivalent Risque de crédit" destiné à quantifier le risque de crédit émanant de l'hors-bilan.

¹¹ Le mode de calcul du risque de crédit aboutit directement aux risques pondérés.

¹² Les notations utilisées par S&P ont été donné en exemple par le comité de Bâle, cependant d'autres grilles de notations peuvent être utilisées.

Au final les banques n'auront qu'à calculer leur actifs pondérés du risque de crédit (Risk Weighted Assets « R.W.A ») selon la formule suivante :

$$RWA = \sum_{i=1}^N \alpha_i E_i + \sum_{j=1}^M w_j C_j$$

Où :

N : nombre de poste du bilan.

α_i : Pondération du risque de crédit de l'i-ème poste du bilan.

E_i : montant de l'i-ème poste du bilan.

M : nombre de poste du hors-bilan.

w_j : Pondération du risque de crédit du j-ème poste du hors-bilan.

C_j : montant de l'équivalent risque de crédit du j-ème poste du hors-bilan.

2.3.1.2. Approche fondée sur les notations internes (Internal Rating Based « I.R.B »)

L'approche IRB est une approche plus sophistiquée et plus technique visant à permettre aux banques d'instaurer des systèmes de notations internes sur la base de différents paramètres de risques et caractéristiques de pertes. Elle est destinée aux banques de tailles plus importantes qui peuvent investir en technicité. Cependant l'usage des banques de l'approche IRB est tributaire de l'approbation de l'autorité de supervision bancaire.

Dès lors les banques pourront calculer leurs propres estimations du risque de crédit et en déterminer l'exigence en fonds propres pour une exposition donnée.

Pour chaque classe d'actifs couverte par l'approche I.R.B, trois éléments clés interviennent :

- Les paramètres du risque (risk components) (PD, LGD, EAD, M) dont certains sont estimés par la banque et d'autres sont réglementaires ;
- Les fonctions de pondération des risques (risk-weigh functions) (exprimées par des formules ou modèles) sont des moyens par lesquels les facteurs de risque sont transformés en risques pondérés et par conséquent en exigences de fonds propres ;

- Des exigences minimales qui devront être respectées pour permettre à une banque d'utiliser l'approche IRB pour une classe d'actifs.

L'approche IRB est proposée par le comité de Bâle selon deux démarches distinctes :

Approche Fondation : « I.R.B-Fondation »

Dans une approche Fondation les banques n'estiment que la probabilité de défaut (probability of default ou PD), sous démonstration de leur capacité à le faire. Les autres paramètres de risques (LGD, EAD, M) sont fournis par l'autorité de régulation.

Approche Avancée : « I.R.B-Advanced »

L'approche avancée est destinée aux banques ayant démontrés leurs aptitudes à estimer de manière fiable et constante tous les paramètres de risque de crédit. De ce fait, une banque qui voudrait être au plus près de sa réalité tendra vers le choix d'une méthode avancée.

2.3.2. PILIER 2 : processus de surveillance prudentielle

Le pilier 2 repose sur une implication plus accrue des autorités de contrôle sur les banques et ce afin de prévenir la survenance des défaillances, ces autorités auront plus de liberté dans l'établissement de normes face aux banques et pourront demander à ces dernières le respect d'un niveau de fonds propres supérieur à la norme minimale.

De plus chaque banque utilisant ou désirant utiliser un système permanent d'évaluation de ses fonds propres en fonction de ses risques économique, sera confrontée à une examination approfondie de ce système par les autorités compétentes. Cette examination passera d'une part par une validation des méthodes statistiques (Back Testing) utilisées au pilier 1, et d'autre part par un test de validité des fonds propres en cas de crise économique (Stress Testing) en plus d'autre contrôle d'ordre opérationnel.

2.3.3. PILIER 3 : Discipline de marché

Le pilier 3 vise à renforcer la discipline de marché à travers des règles de transparence et d'exhaustivité quant aux informations publiées, de plus une volonté d'uniformisation des pratiques bancaires est établie.

Dès lors, les banques seront tenues de communiquer des informations complètes (tant qualitatives que chiffrées) qui exposeront leurs méthodologies de gestion des risques et d'adéquation du capital.

2.4. Bâle III

Les accords de Bâle III, construit sur la base de Bâle II ont été publiés le 16 décembre 2010 à la suite d'initiatives entreprises à fin de pallier aux défaillances ayant engendré la survenance de la crise financière de 2007, cette dernière ayant mis en cause des insuffisances tant au niveau de la solvabilité qu'au niveau de la liquidité bancaire.

Les accords de Bâle 3 affichent trois principaux objectifs :

2.4.1. Renforcement des fonds propres

En effet, l'application de Bâle III s'accompagnera de certaines mesures visant à renforcer la qualité et la quantité des fonds propres ;

2.4.1.1. Amélioration de la qualité des fonds propres

Qualitativement, la composition des fonds propres a été revue dans le sens d'un durcissement des fonds propres durs afin de renforcer la capacité des banques à absorber les pertes. Les fonds propres sont décomposés en trois catégories :

Le Tier 1 peut être scindé en deux sous catégories : le Core Tier One (Noyau dur) et le Tier 1.

- Le Core Tier 1 : appelé communément « Common Equity » ou fonds propres durs, correspond à l'assiette la plus restrictive des fonds propres (incluant capital et réserves)
- Le Tier 1 : ayant la dénomination de fonds propres de base, inclut le capital, les réserves et certains titres hybrides (obligations convertibles, obligations remboursables en actions, titres subordonnés à durée indéterminée)

La nouvelle réglementation exclue les titres hybrides du Tier 1 (qui sont réintégrés dans le Tier 2) et les participations dans les entreprises à caractère financier et d'assurance au-delà d'un double plafond : 10% du Common Equity de la banque actionnaire et 10% au capital de la société détenue.

Le Tier 2 inclut l'ensemble des fonds propres complémentaire, ce dernier a été harmonisé et incorpore notamment les titres hybrides ne faisant plus partie du Tier 1.

Quant aux fonds propres précédemment alloués au Tier 3, actuellement utilisés pour couvrir les risques de marché, ils seront tout simplement supprimés des fonds propres réglementaires.

Identiquement aux accords de Bâle II, le ratio de solvabilité doit être au minimum égale à 8%, cependant la répartition des fonds propres réglementaire (le numérateur) diffère ;

Bâle II impose actuellement un minimum de fonds propres dur égal à 2%, ceci est révisé à la hausse par le comité de Bâle III (4,5%).

Le ratio minimal de fonds propres Tier 1 sera porté à 6% contre 4% actuellement et sera répartie de la manière suivante : 4,5% de fonds propres durs et 1,5% de titres sans date de maturité et sans incitation au remboursement. Les 2% restant seront alloués sous forme de provisions, titres participatifs, emprunts de très longue durée remboursable seulement à l'initiative de la banque.

2.4.1.2. Augmentation de la quantité des fonds propres

Au ratio de fonds propres, est instauré trois coussins supplémentaire sensés absorber les pertes durant les périodes de crise ;

Un coussin de conservation (Capital conservation buffer) :

Egale 2,5 % et instauré à L'horizon 2019, ce dernier est constitué d'éléments du Core Tier 1, c'est en quelque sorte un matelas destiné à assurer une solvabilité minimum pour les banques en période de récession économique.

Un coussin contra-cyclique (countercyclical buffer)

Compris entre 0% et 2,5%, et se constituant à la demande du régulateur national en période de conjoncture économique favorable à fin de faire face aux chocs économique et d'exercer donc un effet contracyclique. L'application du coussin supplémentaire sera communiquée aux banques douze mois avant sa prise d'effet, sa diminution se fera de manière immédiate pour ne pas pénaliser l'activité d'octroi de crédit.

Un coussin de risque systémique de 2.5 %

Ce coussin de sécurité est destiné aux banques qualifiées de systémiques (Systemically Important Financial Institutions ou SIFIs).

Au final les fonds propres règlementaires d'une banque peuvent atteindre un niveau de 15 % de ses actifs pondérés.

2.4.2. Encadrement de l'effet de levier

Le ratio d'effet de levier est destiné à éviter une situation de surendettement des banques, il s'exprime de la manière suivante :

$$\frac{\text{Fonds propres de base}}{\text{Engagements}^{13}} \geq 3\%$$

2.4.3 L'introduction de nouveaux ratios de liquidité

La crise financière de 2007 a mis en évidence la faiblesse des banques en matière de liquidité dans un contexte de choc soudain, malgré un niveau de fonds propres adéquats. Sur ce, le comité de Bâle a introduit deux ratios à même de permettre aux banques de disposer de suffisamment de liquidité pour faire face à leurs dettes exigibles à vue, et de disposer de ressources de longue durée pour financer leur emplois longs, à l'issue de quoi une banque sera préparé à un choc inopiné.

2.4.3.1. Le liquidity Coverage Ratio (LCR)

Le LCR impose aux banques de détenir en permanence un stock d'actifs liquide leur permettant de faire face à une crise de liquidité. Cette crise de liquidité peut se matérialiser par des retraits massifs de déposants ou des difficultés à accéder aux refinancements à court terme sur le marché interbancaire. Le LCR est de la forme suivante :

$$\frac{\text{Actifs liquides de haute qualité}}{\text{Sorties nettes de trésorerie à 30 jours}^{14}} \geq 100\%$$

A titre d'exemples d'actifs liquides de haute qualité nous pouvons citer les titres d'État liquides sur le marché et éligibles au refinancement en banque centrale, l'encaisse détenue sur le compte central de règlement auprès de la banque centrale, les obligations sur les entreprises privée notées au moins BBB.

2.4.3.2. Le Net Stable Funding Ratio (NSFR)

Ce ratio vise à encadrer la transformation d'échéance en incitant les banques à limiter le financement de crédits à long terme par des ressources courtes.

$$\frac{\text{Ressources stables}}{\text{Besoins de financement stables}} \geq 100\%$$

Le principe du NSFR est simple, disposer de ressources stables (Available Stable Funding "ASF") supérieur au besoin en ressources stables (Required stable funding "RSF")

¹³ Bilan et hors bilan

¹⁴ Les flux entrants sont plafonnés à 75% des flux sortants.

SECTION 3 : LES PARAMETRES D'UN MODEL DE RISQUE DE CREDIT

Sur la base de la conception d'un modèle de risque de crédit, plusieurs paramètres de risque, rattachés à une exposition individuelle ou à un portefeuille d'actifs interviennent ;

3.1. La classification du crédit

A l'issue d'un processus d'évaluation d'un emprunteur donné ou du risque qu'il présente, il sera rattaché à une certaine catégorie de risque selon sa note ou son grade. Les méthodologies couramment utilisées afin d'évaluer un emprunteur sont au nombre de trois ;

3.1.1. L'analyse financière traditionnelle

Faite par des analystes financiers, cette méthodologie consiste à évaluer un emprunteur sur :

- Des informations quantitatives issues des états financiers afin de mesurer la rentabilité, l'endettement, la solvabilité et la liquidité en se référant à des normes de ratios spécifiques ;
- des informations d'ordre qualitatives tel que la qualité du management, l'actionnariat, l'opinion du commissaire au compte ...etc.

A l'issue de quoi une appréciation finale est synthétisée, cette dernière donnera une indication quant à l'acceptation ou au refus du crédit.

3.1.2. L'analyse statistique

L'une des méthodes statistiques les plus connues et les plus utilisées par les banques pour évaluer le risque de crédit d'un emprunteur est la méthode de Scoring.

Le scoring se présente en effet comme un ensemble de méthodes conduisant à un classement d'individus au sein de groupes préalablement définis¹⁵. Les techniques les plus souvent utilisées est l'analyse linéaire discriminante et la régression logit, probit.

D'autres méthodes statistiques peuvent être utilisées tel que les modèles de défaut (Spread or Equity Based Models), nous pouvons citer à titre d'exemple le modèle KMV CreditMonitor.

¹⁵ H.Mathlouthi, « cours de méthodes de scoring », université de Carthage, 2013, p.4

3.1.3. Les méthodes basées sur les prix de marché

Cette méthode est basée sur les prix des actions et les marges de crédit des entreprises émettrices, elle présente l'avantage d'une meilleure identification des changements liés à la situation d'un emprunteur (Downgrading Risk). Selon cette approche, les informations nécessaires à la détermination de la probabilité de défaut sont :

- Les états financiers reflétant le passé ;
- La valeur des actions et l'état d'endettement, qui reflètent les anticipations des investisseurs ;
- Un jugement professionnel sur les perspectives et les risques de l'entreprise.

3.2. La probabilité de Défaut (PD)

3.2.1. Probabilité de défaut sur un an

La probabilité de défaut sur une année est représentée par le nombre de défauts constatés sur une année pour une catégorie de crédit, divisé par le nombre de prêts de cette même catégorie.

3.2.2. Probabilité de défaut moyen sur plusieurs années

La probabilité de défaut sur une année peut inclure des éléments exceptionnels et ne pas refléter le taux de défaut effectif moyen. Il est donc nécessaire de calculer une moyenne sur plusieurs années.

3.2.3. Probabilité de défaut cumulée sur plusieurs années

Lorsqu'un crédit est accordé sur plusieurs années, il est important de savoir quelle est la probabilité que l'emprunteur soit défaillant non seulement sur une année mais sur toute la durée du prêt. La probabilité de défaut cumulée d'un emprunteur à un horizon t , nous donne une indication sur la probabilité que cet emprunteur fasse défaut au cours d'une des t périodes futures.

Une méthode pratique pour appréhender les probabilités de défaut cumulée sur plusieurs années consiste en l'élaboration, au même titre que les agences de rating, de pools ou de cohortes () pour chaque année et en suivre dans le temps les statistiques de défaut.

L'exemple suivant représente un pool constitué par Standard & Poor's sur un horizon de 15 ans¹⁶ :

Années après la formation du pool statique															
Jan.1 RATING	Yr1	Yr2	Yr3	Yr4	Yr5	Yr6	Yr7	Yr8	Yr9	Yr10	Yr11	Yr12	Yr13	Yr14	Yr15
AAA	0.00	0.00	0.03	0.06	0.10	0.17	0.25	0.38	0.43	0.48	0.48	0.48	0.48	0.56	0.67
AA	0.01	0.03	0.08	0.16	0.27	0.39	0.53	0.65	0.75	0.85	0.95	1.06	1.15	1.22	1.30
A	0.05	0.15	0.28	0.44	0.62	0.81	1.03	1.25	1.52	1.82	2.06	2.26	2.43	2.61	2.88
BBB	0.37	0.94	1.52	2.34	3.20	4.02	4.74	5.40	5.9	6.68	7.40	7.97	8.55	9.10	9.77
BB	1.38	4.07	7.16	9.96	12.34	14.65	16.46	18.02	19.60	20.82	21.98	22.79	23.58	23.99	24.51
B	6.20	13.27	19.07	23.45	26.59	29.08	31.41	33.27	34.58	35.87	36.89	37.97	38.95	39.96	41.09
CCC	27.87	36.02	41.79	46.26	50.46	52.17	53.60	54.36	56.16	57.21	58.15	58.95	59.59	60.70	60.70
Inv.G	0.13	0.34	0.57	0.87	1.20	1.52	1.83	2.13	2.41	2.72	3.02	3.26	3.50	3.73	4.03
Spec.G	5.17	10.27	14.81	18.46	21.31	23.67	25.71	27.36	28.83	30.07	31.20	32.09	32.97	33.72	34.52
All rating	1.67	3.36	4.86	6.12	7.14	8.02	8.80	9.47	10.07	10.64	11.17	11.60	12.02	12.40	12.85

Tableau 2:taux de défaillance moyen cumulé en %

Source: Standard & Poor's Risk Solutions CreditPro® 6.2

3.3. L'encours en cas de défaut (Exposition At Default "EAD")

L'EAD est une mesure de l'exposition d'une banque vis-à-vis d'une contrepartie faisant défaut. Pour certains éléments du bilan, l'EAD est connu de manière exacte, sa valeur est égal au montant nominal des encours à la date de calcul. Cependant, la mesure du montant de l'exposition au moment du défaut pour des engagements de financement tel les crédits stand-by, les crédits revolving, nécessite une approximation de l'E.A.D en vue de l'incertitude des tirages futurs, dans ce cas l'EAD peut être estimé en s'appuyant sur des modèles d'évaluation du risque de crédit, où :

$$EAD = \text{montant réellement utilisé} + \text{engagement de financement} \times \text{probabilité de tirage}$$

La probabilité de tirage étant estimée à partir de la structure de la facilité et de la notation de l'emprunteur.

Une autre méthode communément utilisée pour estimer l'E.A.D des crédits optionnels est l'utilisation d'un facteur d'équivalence en crédit (Loan Equivalent Factor).

¹⁶ S&P, rating performance 2002, février 2003, p.7

3.4. La perte en cas de défaut (Loss Given Default "LGD")

La perte en cas de défaut est le pourcentage de la perte sur l'exposition totale, dans le cas où une contrepartie fait défaut. Ainsi, elle est mesurée par le rapport entre la perte subie sur une exposition en cas de défaut d'un emprunteur et le montant de l'exposition au moment du défaut ;

$$LGD = \frac{\text{Montant de la perte au moment du défaut}}{EAD}$$

Par ailleurs, il faut savoir qu'en pratique la date du défaut n'est pas déterminée de manière simple, et ce du fait que le défaut n'est pas le résultat d'un processus unique défini avec certitude.

3.5. L'échéance effective (Maturity "M")

L'échéance effective est définie selon l'accord de Bâle II comme la période résiduelle à l'issue de laquelle une contrepartie aura accompli ses engagements.

Dans le cas d'une opération à remboursement in fine ;

$$M = \text{Date finale} - \text{Date initiale}$$

En revanche, dans le cas de remboursements périodiques la maturité effective sera appréhendée comme une duration ou les facteurs d'actualisations ne sont pas pris en compte¹⁷, M sera égale à :

$$M = \frac{\sum t \cdot CF_t}{\sum CF_t}$$

Où les CF_t représentent les montants dus par l'emprunteur sur les périodes t .

La maturité représente un facteur de réduction de risque non négligeable, dans le cas où la qualité du risque que présente un emprunteur se détériore, plusieurs actions sont possibles si la maturité effective est courte, tel que ne pas renouveler la facilité, réévaluer la tarification du prêt, renforcer les sûretés, ...etc. Dès lors, il est établi qu'un risque sur une créance à court terme est moins important qu'un risque sur créance de long terme sur deux emprunteurs de qualité équivalente. Cependant, une créance à long terme sur un emprunteur de bonne qualité est moins risquée qu'une créance à court terme sur un emprunteur de mauvaise qualité.

¹⁷ Y.Desserprit, « modélisation du risque de crédit et applications RAROC », université Paris-Dauphine, p.38

3.6. Évolution de l'emprunteur (Matrice de transition)

La dégradation de la situation financière de l'emprunteur est mesurée dans un système de notation par le passage dans une catégorie inférieur (down grade) et son amélioration par le passage à une note supérieur (up grade).

Les statistiques de changement de note donnent lieu à l'élaboration d'une matrice de transition. Les matrices de transition mesurent la probabilité d'un changement, ou migration d'une note vers une autre note durant une période donnée. Une matrice de transition, sur un an, permet de mesurer les changements intervenus pour une note particulière entre le début et la fin de l'année.

Le tableau 3 ci-dessous nous donne un exemple d'une matrice de transition moyenne sur une année élaboré par le cabinet de rating (S&P)¹⁸ ;

Rating	AAA	AA	A	BBB	BB	B	CCC	D	N.R
AAA	89.37	6.04	0.44	0.14	0.05	0.00	0.00	0.00	3.97
AA	0.57	87.76	7.30	0.59	0.06	0.11	0.02	0.01	3.58
A	0.05	2.01	87.62	5.37	0.45	0.18	0.04	0.05	4.22
BBB	0.03	0.21	4.15	84.44	4.39	0.89	0.26	0.37	5.26
BB	0.03	0.08	0.40	5.50	76.44	7.14	1.11	1.38	7.92
B	0.00	0.07	0.26	0.36	4.74	74.12	4.37	6.20	9.87
CCC/C	0.09	0.00	0.28	0.56	1.39	8.80	49.72	27.87	11.30

Tableau 3:S&P Moyenne annuelle des taux de transition (en %)

Source: Standard & Poor's Risk Solutions CreditPro® 6.2

Afin de bien expliciter la notion de transition, nous considérons à titre d'exemple une contrepartie notée "A" à une date t. A l'aide de la matrice de transition ci-dessus, la figure 1 présente les scénarii possibles concernant l'évolution de sa notation.

¹⁸ S&P, rating performance 2002, février 2003, p.13.

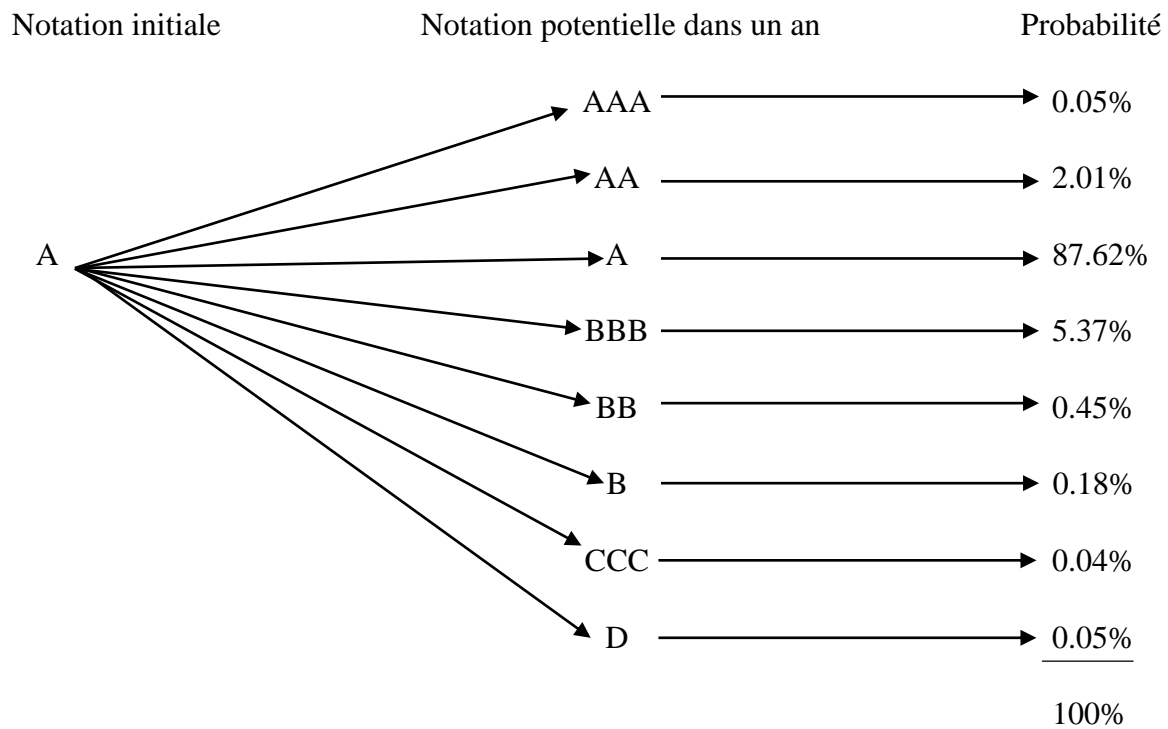


Figure 1: Exemple d'une transition de notation "A" sur une année

Nous pouvons dire à travers la figure 1 qu'une contrepartie notée A présente une probabilité de 87.62% de garder le même rating à la fin de l'année, une probabilité de 2.01% de passer à une catégorie supérieure (up grade) et une probabilité de 5.37% de passer à la catégorie inférieure (downgrade). De la même façon la contrepartie notée A aura une probabilité de défaut égale à 0.05%.

Conclusion

Nous avons définis dans ce chapitre qu'est-ce que le risque de crédit, ses composantes principales ainsi que ses sources. Ceci va nous permettre d'édifier les bases de notre étude. Nous avons aussi vu comment le risque de crédit était appréhendé dans le cadre des réglementations de Bâle, par ordre de technicité croissante. C'est-à-dire en commençant par le calcul de simples ratios tels que le ratio de solvabilité, puis en développant des modèles internes de plus en plus complexes. Ces modèles étant spécifiés selon les trois approche ; Standard, IRB fondation et IRB avancé. Ces approches diffèrent de leur niveau de complexité et de la quantité d'inputs nécessaires à leurs réalisations. En effet l'approche Standard est totalement tributaire des directives instaurées par le régulateur, c'est ce dernier qui fournit à la banque tous les proxys nécessaire à la réalisation du modèle. Dans le cas de l'approche IRB fondation on monte d'un cran, c'est la banque elle-même qui estime les Probabilités de Défaut (PD), à charge de l'autorité de régulation de produire les autres paramètres. Enfin l'approche IRB avancée implique la détermination de tous les paramètres du risque de crédit.

Dans le cadre de ce mémoire nous avons choisis d'opter pour l'approche IRB avancée, certes cette approche nécessite un travail plus consistant cependant elle permet de produire des résultats plus concluant et en conformité avec le niveau de risque réel qu'encours la banque.

CHAPITRE 2 :
MODELISATION DU RISQUE DE CREDIT

Introduction

Dans le chapitre précédent nous nous sommes intéressés aux inputs nécessaires à notre modélisation qui sont les paramètres du risque de crédit or dans ce second chapitre nous nous intéressons aux outputs. En effet la première section sera entièrement dédiée aux mesures du risque de crédits, ces derniers représentent des indicateurs synthétique permettant de quantifier le niveau de risque qu'encours une institution financière sur un portefeuille d'actif selon un niveau de confiance déterminé. En conséquence de quoi ces mesures de risque seront très importantes pour la suite de notre étude car elles nous permettront d'analyser la teneur en risque sur notre portefeuille. Nous en étudierons les différentes propriétés et signification, nous nous poserons alors la question de leur la fiabilité et de leurs cohérence.

La seconde section quant à elle sera consacrée à la définition des différentes catégories de modèle de risque de crédit, ce qui va nous permettre par la suite de nous positionner sur un type de modèle définie selon des critères explicitement énumérés.

Enfin la troisième section qui traitera de l'aspect théorique le plus important de ce mémoire fera écho de l'ossature des principaux modèles de risque de crédits utilisés actuellement par l'industrie financière à travers le monde et qui sont au nombre de quatre : Le modèle Portfolio Manager de Moody's KMV, CreditMetrics de JP Morgan, le modèle CreditPortfolioView de McKinsey et le modèle CreditRisk+ de la banque Credit Suisse First Boston (CSFB). Dès lors nous en décortiquerons les différentes démarches d'implémentation et d'aboutissement que nous extrapolerons par la suite au contexte bancaire Algérien selon la faisabilité et la pertinence en vue d'en choisir un seul que nous appliquerons sur un portefeuille de prêt dans notre partie empirique.

SECTION 1 : MESURES DU RISQUE DE CREDIT

1.1. La perte attendue (EL)

La perte attendue en anglais "Expected Loss" désigne le montant de perte moyenne sur une exposition individuelle ou sur un portefeuille de crédit, évalué par une banque pour un horizon de temps donné. La perte attendue au niveau d'un portefeuille de crédit sera tout simplement égal à la somme des pertes attendues des expositions prises individuellement. Il est à noter qu'en théorie, la perte attendue est couverte par un système de tarification adéquat ainsi que par des provisions.

Pour chaque ligne de crédit, la perte attendue est fonction de la probabilité de défaut (PD), de l'exposition en cas de défaut (EAD) et de la perte en cas de défaut (LGD).

1.1.1. Composante de la perte attendue

Soit un crédit de gré à gré accordé à une entreprise à une date 0. On suppose que le montant du prêt est égal à M et est remboursable à l'échéance T avec un taux d'intérêt r_T .

Dès lors deux perspectives se présentent :

- Soit le débiteur en question ne fait pas défaut et donc la valeur à l'échéance de ce prêt est :
$$V_T = M(1 + r_T)^T$$
- Soit il fait défaut et donc on aura : $V_T = M(1 + r_T)^T R_T$, où R_T correspond au taux de récupération.

A la date initiale, nous ne sommes ni en mesure de prédire le défaut, ni en mesure de connaître de manière précise le taux de récupération R_T .

On pose Z_T une variable dichotomique indicatrice du défaut, elle prend la valeur 1 si il y a défaillance de l'emprunteur, 0 sinon. Et donc on aura :

$$V_T = M(1 + r_T)^T [1 - Z_T(1 - R_T)]$$

Et la valeur attendue sera donc :

$$E_0 V_T = M(1 + r_T)^T [1 - E_0 Z_T(1 - R_T)]$$

Où E_0 désigne l'espérance mathématique calculée à la date de signature du contrat, et la perte attendue est :

$$E_0 L_T = M(1 + r_T)^T E_0 [Z_T(1 - R_T)]$$

$$E_0 L_T = EAD_T E_0(Z_T) E_0[LGD \mid Z_T = 1]$$

$$E_0 L_T = EAD_T PD_T ELGD_T$$

Où

$PD_T = E_0(Z_T) = P_0(Z_T = 1)$ est la probabilité de défaut ;

$ELGD_T$ est le taux de perte anticipé (Expected Loss-Given-Default).

1.2. La perte inattendue (UL)

Comme nous l'avons vu, l'incertitude relative à la perte à l'instant T est exprimée par :

$$L_T = M(1 + r_T)^T Z_T(1 - R_T)$$

Au lieu de considérer la perte moyenne, on peut chercher le niveau de perte maximal correspondant à un seuil α . Ce niveau $L_{0,T}^*(\alpha)$ est tel que :

$$P_0[L_T > L_{0,T}^*(\alpha)] = \alpha$$

Ou de la même manière :

$$P_0[L_T < L_{0,T}^*(\alpha)] = 1 - \alpha$$

Ce qui correspond au quantile à $1-\alpha$ de la loi de la perte L_T évaluée à la date 0.

Ce niveau $L_{0,T}^*(\alpha)$ dépend de la date T à laquelle peut se révéler le défaut et de la date 0 à laquelle est faite la prévision.

Dès lors, la perte inattendue "unexpected loss" représente l'écart entre le niveau de perte maximum au seuil α et la perte attendue, c'est-à-dire : $L_{0,T}^*(\alpha) - E_0 L_T$.

Au final on aboutit à l'équation suivante :

$$\text{perte maximale au niveau } \alpha = \text{perte attendue} + \text{perte inattendue au niveau } \alpha^{19}$$

¹⁹ C'est cette formule qui sera retenue par le Comité de Bâle II pour le calcul des pertes inattendues

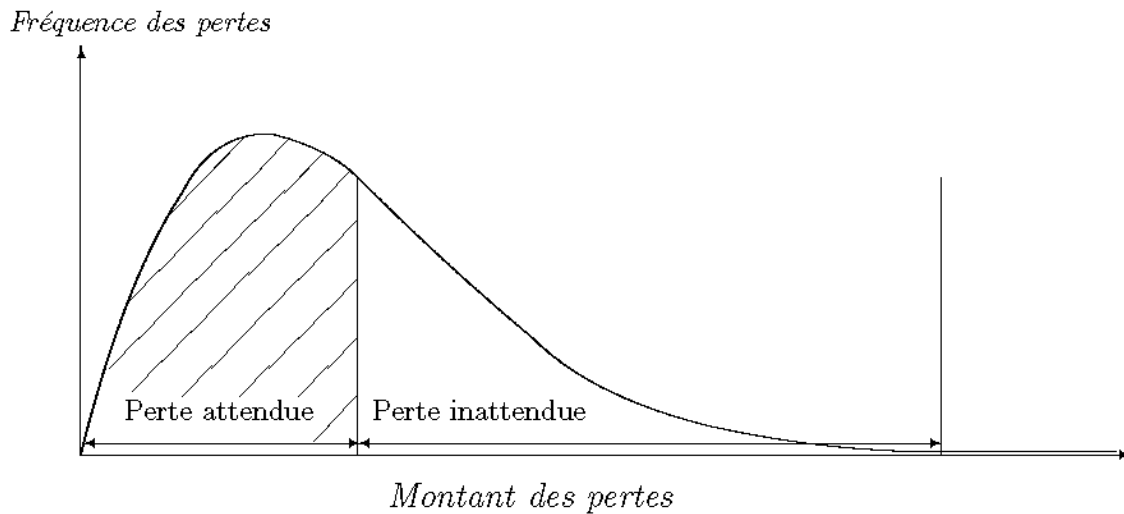


Figure 2: pertes attendue et inattendue

Source : les cahiers du CRIF.

La perte inattendue peut éventuellement être représentée par une mesure de volatilité défavorable des pertes autour de la perte attendue (comme le montre la figure suivante), elle est fonction de la variation de la valeur moyenne attendue. Elle représente véritablement le risque et nécessite une couverture en capital²⁰.

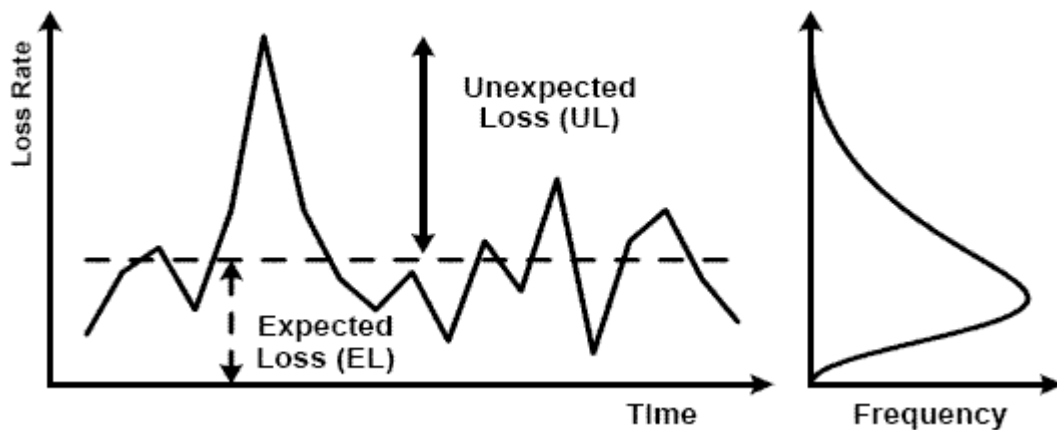


Figure 3: distribution statistique des pertes de crédit

Source : Banque des règlements internationaux B.R.I

²⁰ Thèse de doctorat : Mesure et modélisation du risque systématique d'un portefeuille de crédit aux particuliers, Mathilde Fox, Université Lille, 2006, p.15

Selon cette approche, la perte inattendue pour une ligne de crédit peut se calculer de cette manière (sous une hypothèse d'indépendance entre PD et LGD) :

$$UL_i = \sqrt{PD_{i,T}(1 - PD_{i,T})LGD_{i,T}^2 + PD_{i,T}\sigma_{LGD_{i,T}}^2}$$

Où $\sigma_{LGD_{i,T}}^2$ correspond à la variance de la perte en cas de défaut individuelle à l'horizon T. On voit clairement que la perte inattendue dépend de la PD et du LGD, la PD étant modélisé dans une approche centrée sur le défaut comme suivant une distribution binaire de variance $PD_{i,T}(1 - PD_{i,T})$

1.3. Extension à un portefeuille de prêts

Les développements précédents peuvent être étendus dans le cas où les prêts ont été attribués à plusieurs entreprises ($i = 1, \dots, n$). A titre de simplification, nous supposons que les dates relatives à l'octroi de crédit ainsi que les échéances sont les mêmes pour toutes les entreprises. Les montants des prêts $M_i, i = 1, \dots, n$ et les taux contractuels $r_{i,T}, i = 1, \dots, n$ diffèrent.

On désigne par $Z_{i,T}, R_{i,T}$ respectivement, les survenances de défaut et les taux de récupération.

La valeur du portefeuille de crédit à la date T s'écrit :

$$V_T = \sum_{i=1}^n \left\{ M_i (1 + r_{i,T})^T [(1 - Z_{i,T}(1 - R_{i,T}))] \right\},$$

Et la perte est donnée par :

$$L_T = \sum_{i=1}^n M_i (1 + r_{i,T})^T Z_{i,T} (1 - R_{i,T}).$$

Au final, la perte attendue du portefeuille ;

$$E_0 L_T = \sum_{i=1}^n M_i (1 + r_{i,T})^T E_0 [Z_{i,T} (1 - R_{i,T})]$$

$$E_0 L_T = \sum_{i=1}^n EAD_{i,T} PD_{i,T} ELGD_{i,T}$$

$$= \sum_{i=1}^n E_0 L_{i,T}$$

S'obtient en sommant les pertes attendues de chaque crédit composant le portefeuille.

La perte inattendue quant à elle est définie par ;

$$\begin{aligned}
 P_0[L_T > L_{0,T}^*(\alpha)] &= \alpha \\
 \Leftrightarrow P_0\left[\sum_{i=1}^n L_{i,T} > L_{0,T}^*(\alpha)\right] &= \alpha \\
 \Leftrightarrow P_0\left[\sum_{i=1}^n L_{i,T} < L_{0,T}^*(\alpha)\right] &= 1 - \alpha
 \end{aligned}$$

Elle correspond au quantile à $1 - \alpha$ sur la somme des pertes individuelles. C'est le montant minimal qui permet de couvrir la perte sur un portefeuille de crédit au-delà de la perte attendue dans $1 - \alpha$ % des cas. Une méthode alternative de calcul de la perte inattendue sur un portefeuille en tenant compte des corrélations entre les défauts ou entre les actifs est présentée comme suit :
Considérons le cas de variables aléatoires de type binaires prenant les valeurs 0 et 1, ces valeurs représentent la situation de deux emprunteurs i et j à l'horizon T. Soit P_i la probabilité de défaut de l'emprunteur i et P_j celle de l'emprunteur j . En se référant au théorème de Bayes, les probabilités de défaut conditionnelles sont définies par :

$$P_{i/j} = \frac{P_{ij}}{P_j}, \quad P_{j/i} = \frac{P_{ij}}{P_i}$$

Les probabilités de défaut au niveau individuelles peuvent être calculées en utilisant une méthode de Scoring, cependant la probabilité de défaut jointe P_{ij} doit être estimée.

On aboutit alors au coefficient de corrélation linéaire entre deux emprunteurs égal à :

$$\rho_{ij} = \frac{P_{ij} - P_i P_j}{\sqrt{P_i(1 - P_i)P_j(1 - P_j)}}$$

Dès lors la perte inattendue au niveau d'un portefeuille est égal à :

$$UL_p = \sqrt{\sum_i \sum_j UL_{i,T} UL_{j,T} \rho_{ij}}$$

Il est à noter que la perte inattendue au niveau d'un portefeuille n'est pas égale à la somme des pertes inattendues calculées pour chaque crédit, Cela se justifie par :

- la présence de corrélation entre les défaillances des divers emprunteurs
- une corrélation entre les taux de recouvrement des différents emprunteurs en défauts

Un autre point à souligner est le fait que grâce à une diversification du portefeuille²¹, la perte inattendue totale est inférieure à la somme des pertes inattendues des expositions individuelles qui composent ce portefeuille.

1.4. La Valeur en Risque "VaR"

La valeur en risque, couramment appelée Value-at-Risk, est une mesure qui vise à synthétiser en un seul nombre la perte maximale attendue ou encore la pire perte attendue sur un portefeuille d'actifs financiers, avec un niveau de confiance et un horizon temporel donné (généralement une année). A l'origine appliquée aux risques de marché, elle s'étend également aux risques de crédit, on parle alors de C-VaR pour "Credit VAR".

Comme mentionné plus haut, la VaR est fonction de deux éléments :

- L'horizon temporel T , communément appelé période de détention, "holding period", correspond à la période sur laquelle la variation de valeur du portefeuille est mesurée, sachant que plus l'horizon est long, plus les pertes peuvent être importantes ;
- Le seuil de confiance α qui correspond à la probabilité de ne pas dépasser la VaR. Dans la pratique le seuil de confiance est fixé par les autorités réglementaires à 99%, en d'autre terme la probabilité pour que la perte réalisée soit supérieure à la perte maximale au cours de la période considérée est de 1%, soit théoriquement une période tous les 100 périodes.

Le calcul de la VaR nous permet de répondre à la question suivante : " A quel point la valeur d'un portefeuille peut-elle se détériorer ? "

Statistiquement parlant, la VaR au niveau de confiance α n'est que le quantile d'ordre α de la distribution des pertes, avec un horizon temporel donné. Si X est une variable aléatoire de la perte potentielle sur un portefeuille d'actifs financiers et F_X sa fonction de répartition, on a ;

$$\text{VaR}[X; \alpha] = \inf\{x \in \mathbb{R} : \Pr(X \leq x) \geq \alpha\} = F_X^{-1}(\alpha) = Q(\alpha)$$

²¹ Voir la théorie moderne du portefeuille, H.Markowitz, 1952

Nous pouvons donc être certain qu'avec α % de chances, nous ne perdrons pas plus de " VaR_α " Dinars Algérien sur notre période de détention. Par exemple, la $VAR_{0,999}^{1\text{year}}$ représente le montant de perte irréalisable sur une année avec 99.9% de chance.

La VaR peut être calculée en utilisant deux types de distribution :

- Une distribution de gain, ou la perte est un gain négatif,
- Une distribution de perte, ou le gain est une perte négative (laquelle a été choisie comme approche de référence dans ce présent mémoire). La figure suivante représente une illustration de la VAR sur une distribution de pertes de crédits de type (b)

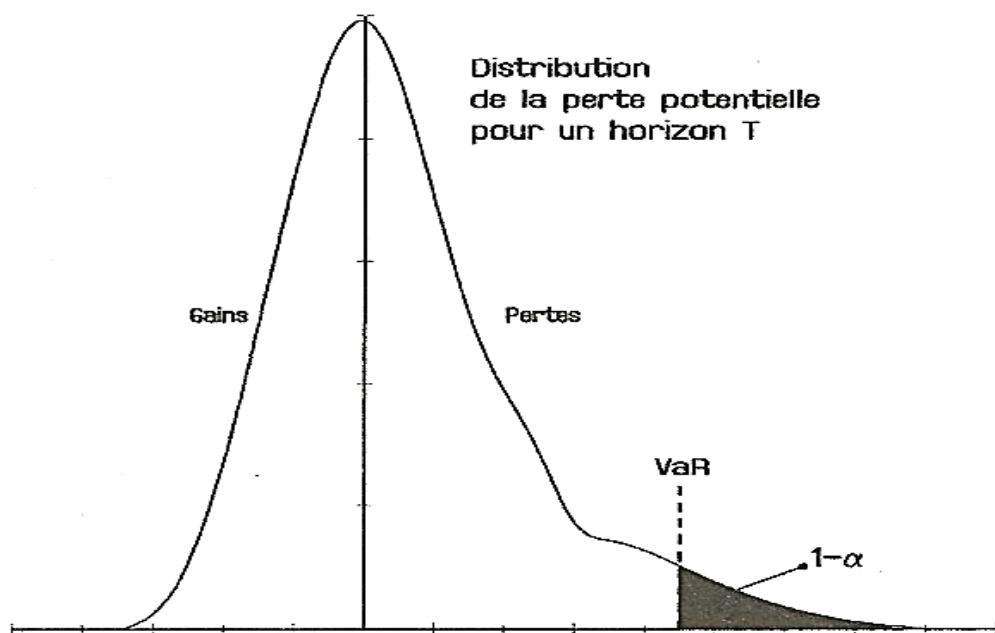


Figure 4: Représentation graphique de la VaR

Source : Thierry RONCALLI (2001), cours ENSAI 3^{ème} année

La VaR présente plusieurs avantages, c'est une mesure synthétisante qui permet d'évaluer le risque maximal d'un portefeuille, le fait de disposer d'un indicateur synthétique nous permet aussi d'effectuer une comparaison entre plusieurs portefeuilles. Ensuite elle présente le bénéfice d'être facile à tester ex-post.

La principale limite de la VaR est qu'elle ne nous donne aucune indication concernant l'importance ou le montant de la perte dans les " $1 - \alpha$ " cas les plus risqués. Afin de pallier à cette insuffisance, nous allons introduire une mesure alternative à la VaR qui est la "Conditional Tail Expectation".

1.5. Conditional Tail Expectation (CTE)²²

C'est une mesure du montant de la perte attendue dans le cas où l'on dépasserait le seuil de la VaR. La Conditional Tail Expectation répond en effet à la question suivante : "dans le cas de la pire dégradation possible de la valeur de notre portefeuille, quelle serait la perte attendue ?".

Statistiquement, elle n'est autre que l'Espérance mathématique des pertes dans les pires $(1 - \alpha)$ cas ;

$$CTE[X; \alpha] = E[X/X > VaR_{\alpha}(X)]$$

Cependant il est à savoir que cette mesure s'appréhende à travers d'autres définitions avec des approches mathématiques différentes, même si elles convergent vers le même principe.

1.5.1. Conditional-VaR (CVaR)

La Conditional-VaR au niveau de probabilité α , notée $CVaR[X; \alpha]$, est la valeur moyenne des pertes qui excèdent la VaR ;

$$\begin{aligned} CVaR[X; \alpha] &= E[X - VaR[X; \alpha] \mid X > VaR[X; \alpha]] \\ &= CTE[X; \alpha] - VaR[X; \alpha] \end{aligned}$$

1.5.2. Expected shortfall (ES)

L'Expected shortfall au niveau de probabilité α , notée $ES[X; \alpha]$, n'est autre que la prime stop-loss (couramment utilisée dans le domaine de la réassurance) dont la rétention est fixée à $VaR[X; \alpha]$;

$$ES[X; \alpha] = E[(X - VaR[X; \alpha])^+]$$

1.5.3. La Tail Value at Risk (Tail-VaR)

La Tail-Var au niveau α , notée $TVAR(X; \alpha)$, est définie comme la moyenne des VaR de niveau supérieur à α tel que ;

$$TVAR(X; \alpha) = \frac{1}{1-\alpha} \int_{\alpha}^1 VaR(X; t) dt$$

²² A.Charpentier, Mesures de risque, université de renne 1, p.11

Il est intéressant de savoir qu'il existe une fonction de répartition \tilde{F}_X , appelée transformée de Hardy-Littlewood de F_X , tel que pour tout α ;

$$\tilde{F}_X^{-1}(\alpha) = \text{TVaR}(X; \alpha)$$

Si on note \tilde{X} une variable aléatoire de fonction de répartition \tilde{F}_X , on a donc

$$\text{TVAR}(X; \alpha) = \text{VaR}(\tilde{X}; \alpha)$$

Donc la Tail-VaR d'un risque X est donc la VaR de la transformée de Hardy Littlewood de X.

Le principal avantage des mesures de risques énumérées ci-dessus, en plus des avantages attribués à la VaR est qu'ils prennent en considération les informations disponibles au niveau de la queue de distribution des pertes. En d'autre terme, si la VaR s'intéressait aux probabilités d'évènements rares et extrêmes, là on s'intéresse à ce qui se passe lorsque ces évènements se produisent effectivement. Comme le montre la figure suivante :

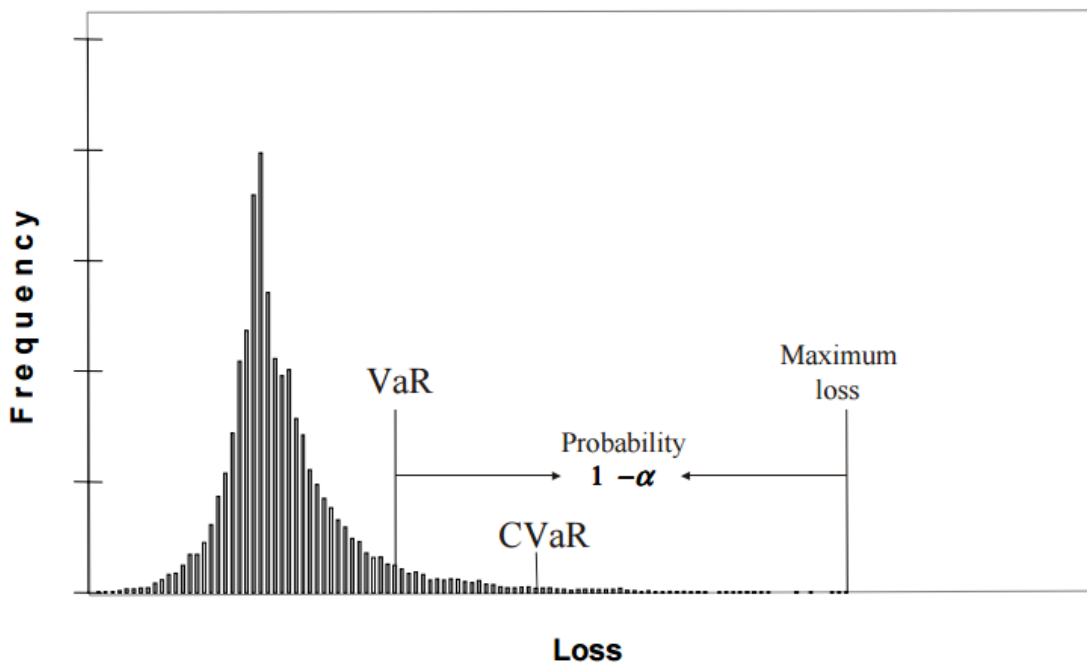


Figure 5: représentation graphique de la VaR et de La Conditional Var

Source: Stan Uryasev, CVaR: Algorithms and Applications

1.6. Le Capital Economique

Le capital économique représente le montant de fonds propres qu'une institution doit allouer à fin de se couvrir des pertes inattendues. Son principal avantage est que c'est une mesure plus appropriée et plus complète du risque que celle fournie par le comité de Bâle, en effet le risque

inattendue pris en compte par les modèles internes de calcul du capital économique est plus exhaustive que les risques concernés par la réglementation. De plus la couverture face aux pertes inattendues ne passe pas forcément par une augmentation du niveau de fonds propres car les fonds propres économiques englobent l'ensemble du dispositif mis en place sur la ligne d'activité concernée. Par exemple, la qualité managériale peut être utilisée comme une couverture face aux pertes inattendues considérées dans la détermination du capital économique.

Un autre avantage à l'actif du capital économique est qu'il prend en compte les corrélations entre les risques micro-économiques et les risques macro-économiques qui pourraient influencer sur la solidité financière du débiteur. Ainsi, la situation géographique, le secteur d'activité de la contrepartie ainsi que l'évolution de la situation économique générale sont autant d'informations incorporés dans la mesure du risque de manière à mieux apprécier les défaillances potentielles des contreparties.

Le capital économique est aussi un outil incontournable de pilotage stratégique au sein d'une banque, en outre il permet d'identifier les activités les plus rentables et donc de gérer de manière optimale les allocations de capital. Ainsi à la différence du capital réglementaire qui vise à assurer une certaine solidité bancaire, le capital économique quant à lui à une vision beaucoup plus mercantile en conditionnant la prise de risque à l'objectif de maximisation des rendements des activités.

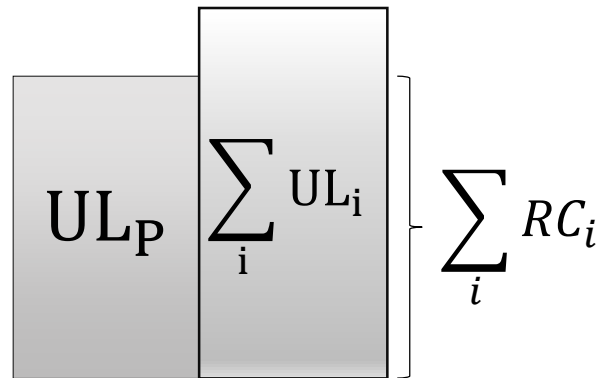
Enfin, une institution financière peut se fixer un objectif en matière de Rating, par exemple AA, dès lors elle se doit de respecter un certain montant de capital économique couvrant les pertes inattendues de tel sorte que sa probabilité de défaut sur un horizon d'une année ne dépasse pas 0.03%²³. Plus l'institution financière sera averse au risque d'insolvabilité, plus elle se fixera un seuil de confiance élevé et plus le montant du capital économique exigé augmentera, pouvant même dépasser le montant des fonds propres réglementaires.

Nous venons de voir que les mesures de risques de crédit définissable par rapport à un seuil de confiance (la VaR, la CTE (ainsi que les mesures associées) et le Capital Economique) génèrent des montants de capital différents selon le seuil de confiance déterminé et c'est logique. La question qui reste en suspens est avec quelle intensité une augmentation du niveau de confiance peut influencer sur le montant de capital à allocation ?

²³ Fitch Ratings, Inc. 2015 Form NRSRO Annual Certification, p.3

1.7. La Contribution au Risque "RC"

Comme mentionné plus haut, sous l'impulsion de l'effet de diversification, la perte inattendue au niveau d'un portefeuille est inférieure à la somme des pertes inattendues sur chaque exposition composant le même portefeuille, soit :



Cela implique que seulement une fraction des pertes inattendues sur les expositions prises individuellement contribue effectivement au risque du portefeuille. D'un point de vue mathématique, la contribution au risque du portefeuille d'une exposition i est donnée par la formule suivante :

$$RC_i = UL_i \frac{\partial UL_p}{\partial UL_i}$$

Ou encore, en prenant compte les corrélations de défaut:

$$RC_i = \frac{UL_i \sum_j UL_j \rho_{ij}}{UL_p}$$

Avec :

$$UL_p = \sum_i RC_i$$

Il est important de s'intéresser à cette contribution du fait qu'elle nous permet de quantifier l'apport d'un actif ou d'un débiteur au risque du portefeuille, ou plus précisément elle nous permet de mesurer la contribution d'une exposition individuelle au capital économique de la banque. C'est aussi une mesure de sensibilité de la perte inattendue du portefeuille par rapport à la perte inattendue d'une exposition. De plus La contribution au risque nous permet de quantifier le

montant du risque de crédit non diversifiable d'une exposition individuelle à l'intérieur du portefeuille.

1.8. Propriétés des mesures du risque de crédit

Selon Denuit et Charpentier (2004), on appelle mesure de risque toute application ρ associant un risque X à un réel $\rho(X) \in \mathbb{R}^+$. Ces derniers se doivent de respecter les propriétés suivantes :

- **Monotonie** : si la probabilité de perte sur un portefeuille est toujours supérieure à celle d'un deuxième alors leurs mesures de risque suivent dans le même sens

$$X \leq Y \Rightarrow \rho(X) \leq \rho(Y)$$

- **Homogénéité** : Le risque double si la taille du portefeuille double

$$\rho(\lambda X) = \lambda \rho(X)$$

- **Invariance par translation** : l'ajout d'une poche d'actif sans risque à un portefeuille risqué ne fait que translater la mesure du risque

$$\rho(X + c) = \rho(X) + c$$

- **Sous-additivité** : cette propriété traduit la notion de diversification : le risque sur un portefeuille est plus faible que la somme des risques individuels.

$$\rho(X + Y) \leq \rho(X) + \rho(Y)$$

Une mesure de risque qui satisfait ces quatre propriétés est *cohérente*. Elle est dite *monétaire* si elle est monotone et invariante par translation.

Conclusion, la VaR n'est pas une mesure de risque cohérente car elle n'est pas sous-additive. Nous pouvons prouver cela à l'aide du contre-exemple suivant :²⁴

Soit X et Y deux variables aléatoires indépendantes de lois de Pareto de paramètre $(2 ; 1)$ et $(2 ; 2)$, alors $\exists \alpha \in]0; 1[$, $VaR_\alpha(X + Y) > VaR_\alpha(X) + VaR_\alpha(Y)$ comme le montre le graphique suivant :

²⁴ P.E.Therond, Mesures et comparaison de risques, I.S.F.A, 2004, p.4.

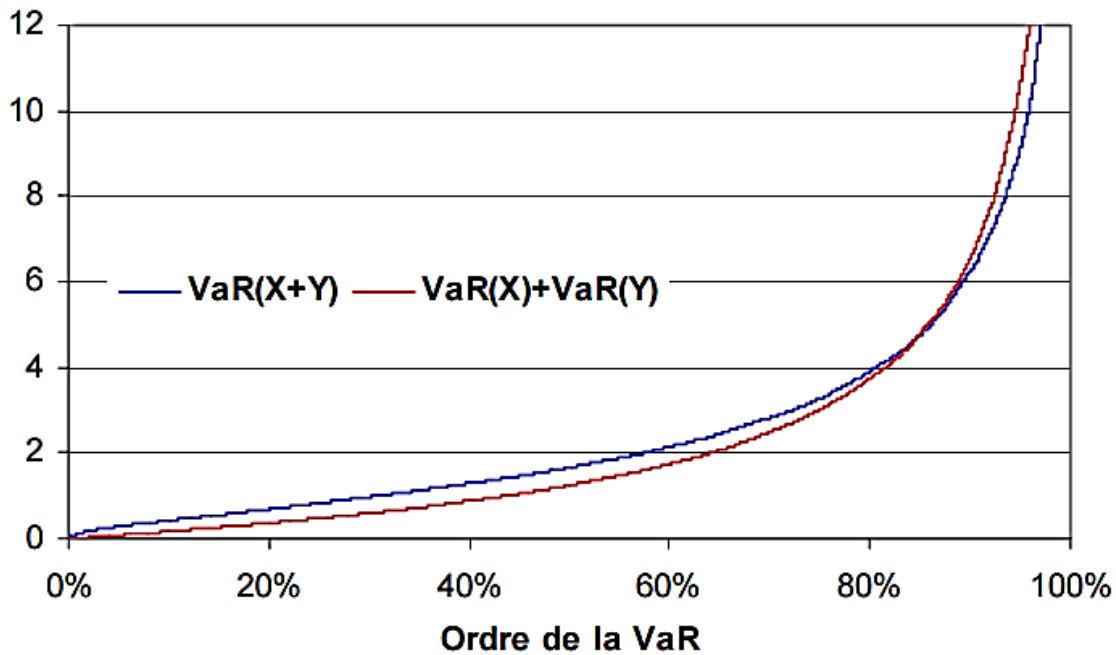


Figure 6: VaR de la somme de deux variables aléatoires de Pareto

Source : P.E. Therond, Mesures et comparaison de risques

En d'autres termes, la VaR d'un portefeuille peut excéder la somme des VaR des actifs contenus dans ce portefeuille. Cette conclusion ne concorde pas avec le principe de diversification. En définitive la VaR n'est pas une mesure fiable du risque de crédit cependant elle reste couramment utilisée par les praticiens pour ces propriétés avantageuses. Notons enfin que la CTE et les mesures associées (CVaR, ES, TVaR) répondent aux principes sus-énumérées et sont donc cohérentes, ce qui en fait des mesures de risques de crédit préférables à la Value At Risk.

SECTION 2 : CATEGORIE DES MODELES DE RISQUE DE CREDIT

2.1. Approches des modèles de risque de crédit

2.1.1. Modèles de défaut (DM)

Le modèle de défaut ne s'intéresse qu'à deux états de la nature : le défaut et l'absence de défaut tout en supposant que la valeur nominale des expositions reste invariante. Ce modèle est compatible avec les valeurs comptables courantes et s'applique à tous les types de crédits. Le modèle de défaut est adapté lorsque le portefeuille de la banque est composé principalement de crédits PME, professionnels et particulier, c'est-à-dire lorsque le montant de ces crédits n'est pas très significatif.

2.1.2. Modèles Marked-to-Market (MTM)

Les modèles MTM s'intéressent aux variations des valeurs de marché des crédits induites par une amélioration ou une dégradation de la qualité de crédit des emprunteurs. Cette variation se matérialise généralement par un changement de rating (scoring) pouvant s'opérer au niveau interne ou externe (agence de notation), cette méthode s'appuie également sur des matrices de transitions de rating.

Les modèles MTM sont d'avantages compatibles avec des comptabilités en valeur de marché et s'imposent dans le cas où le portefeuille de la banque est composé d'emprunteurs notés, généralement c'est des grandes entreprises.

2.2. Typologie des modèles de risques de crédit

2.2.1. Les modèles structurels

Les modèles structurels trouvent leur fondement dans un développement proposée par Merton (1974) qui s'appuie sur les techniques d'évaluations des options élaborées par Black et Scholes (1937), il dicte le fait que le défaut d'une firme intervient dès lors que la valeur de ses actifs ne suffit plus à rembourser ses dettes à l'échéance. Ce type de modèle est appelée structurel car il relie directement le risque de crédit à la structure financière de la firme.

Très développé par l'industrie financière depuis la seconde moitié des années 1990, le principaux modèles structurels utilisés sont le modèle CreditMetrics de JP Morgan et le modèle Portfolio Manager de Moody's KMV.

2.2.2. Les modèles à Intensité de défaut (modèles de forme réduite)

Les modèles à Intensité de défaut ne conditionnent pas l'évènement de défaut à la structure financière de l'entreprise. Il n'est donc pas nécessaire d'estimer les paramètres de la distribution de la valeur des actifs, de même pour la volatilité de ces derniers. Ces modèles supposent que le défaut est imprévisible et est défini comme un processus stochastique appelé intensité de défaut. Le modèle à Intensité de défaut le plus connu à ce jour est sans doute le modèle CreditRisk+.

SECTION 3 : ANATOMIE DES PRINCIPAUX MODELES DE RISQUE DE CREDIT SUR UN PORTEFEUILLE

3.1. Le modèle de Merton

Le modèle de Merton s'intéresse d'une façon simpliste à la structure financière d'une firme, en effet il suppose que les actionnaires de la compagnie ont choisie de financer leurs actifs par un capital structuré en actions (pure Equity) et en une seule dette matérialisée par une obligation zéro-coupon de valeur facial S_t et d'échéance $T = 1an$.

L'évolution de la valeur A_t des actifs est alors modélisée par un mouvement brownien géométrique :

$$\frac{dA_t}{A_t} = \mu dt + \sigma dW_t$$

- A la date T , si $A_t > S_t$, les actionnaires remboursement leur dettes et il n'y a pas de défaut.
- Tandis que si $A_t \leq S_t$, l'entreprise en question est en défaut et les créanciers reçoivent la valeur de marché de la firme.

Dès lors, en T la valeur de la dette est donnée par :

$$\min(A_T, S_T) = S_T - \max(S_T - A_T, 0),$$

C'est-à-dire la valeur d'une obligation zéro-coupon sans risque de défaut, moins le payoff d'un put Européen sur le sous-jacent A_T de prix d'exercice S_T .

Quant aux actionnaires, à l'échéance T , soit ils ne reçoivent rien (le cas du défaut), soit il ils perçoivent le surplus de valeur de leurs actifs par rapport au nominal de la dette ($A_T - S_T$). Cette analyse montre que la valeur des actions de la firme à la maturité est équivalente au payoff d'un call Européen sur A_T de strike S_T :

$$\max(A_T - S_T, 0).$$

En appliquant les formules de Black Scholes (en hypothèse d'absence d'opportunité d'arbitrage), on évalue la valeur de ces flux à $t = 0$:

Rappel sur le pricing de Black & Schole:

Pour un call de payoff $\max(x - K, 0)$ à maturité T , le prix initial est donné par :

$$x\phi(d1) - Ke^{-rT}\phi(d2)$$

Avec ϕ la fonction de répartition d'une loi normale centrée réduite et r le taux sans risque ;

$$\phi(d) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^d e^{-\frac{y^2}{2}} dy$$

$$d_1 = d_1(x, K) = \frac{\log\left(\frac{x}{K}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$d_2 = d_2(x, K) = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

Et pour un Put de payoff $\max(K - x, 0)$ à maturité T , le prix initial est donné par :

$$Ke^{-rT}\phi(-d_2) - x\phi(-d_1).$$

Donc, la valeur de marché initiale de la dette est donnée par :

$$D_0 = S_T e^{-rT} (1 - \phi(-d_2)) + A_0 \phi(-d_1) ,$$

$$= S_T e^{-rT} \phi(d_2) + A_0 \phi(-d_1)$$

Et pour l'Equity on a :

$$E_0 = A_0 \phi(d_1) - S_T e^{-rT} \phi(d_2) \quad \text{Equation 1}$$

$$\text{Avec : } d_1 = d_1(A_0, S_t) \text{ et } d_2 = d_2(A_0, S_T)$$

Au final, la probabilité de défaut donnée par le modèle est ;

$$P(A_T \leq S_T) = \phi\left(\frac{\log\left(\frac{S_T}{A_0}\right) - \left(r - \frac{\sigma_A^2}{2}\right)T}{\sigma_A\sqrt{T}}\right) = \phi(-d_2)$$

Avec σ_A la volatilité du processus A_t et r le taux d'intérêt sans risque observé sur le marché.

Si la firme en question est cotée en Bourse, E_0 est facilement observée, en outre elle doit satisfaire à l'équation suivante :

$$E_0 = \frac{\sigma_A}{\sigma_E} \phi(d_1) A_0 \quad \text{Equation 2}$$

Où σ_E représentant la volatilité instantanée de l'Equity (observée aussi sur le marché).

Les équations 1 et 2 sont utilisés à fin d'estimer A_0 et σ_A . En effet on a :

$$F(A_0, \sigma_A) = A_0 \Phi(d_1) - S_T e^{-rT} \Phi(d_2) - E_0 = 0$$

$$G(A_0, \sigma_A) = \frac{\sigma_A}{\sigma_E} \Phi(d_1) A_0 - E_0 = 0$$

A_0 et σ_A peuvent être estimés en minimisant la quantité suivante :

$$[F(A_0, \sigma_A)]^2 + [G(A_0, \sigma_A)]^2$$

3.1.1. Limites du Modèle de Merton

Le modèle de Merton présente plusieurs avantages, il est simple mais permet d'obtenir des résultats significatifs, Il met en relief de manière effective le conflit d'intérêt existant entre les actionnaires et les créanciers (Debt Holders) au sein d'une compagnie, de plus il est facile à calculer. Cependant un certain nombre de limites pratiques (en plus de ses hypothèses simplistes) quant à l'application du modèle de Merton coexistent, nous en citons quelques-uns ;

- Ce modèle fait l'hypothèse qu'en cas de faillite les créanciers récupéreront la valeur totale de l'actif de la firme, or dans la réalité les ayant droits privilégiés sont les salariés et l'Etat ;
- La vision du défaut proposée par le modèle est théorique. Il stipule que la firme fait défaut dès que la valeur de ces actifs devient inférieure à la valeur de la dette contractée à la date unique T, en pratique une firme peut faire défaut bien avant cette date ou bien après ;
- le modèle se base sur une structure financière de la firme très basique contrairement à ce qu'on voit dans la réalité ;
- le modèle de Merton suppose une courbe de taux plate (par application du modèle de Black Scholes), ceci peut paraître réaliste sur des maturités courtes mais irréaliste au-delà. De plus seul les obligations zéro coupon sont prises en compte ;
- il n'est pas facile de quantifier la distribution de la valeur des actifs de l'entreprise, d'autant qu'estimer la valeur des actifs de la firme n'est pas suffisant, il faut aussi en évaluer la volatilité ;

Suite à ces restrictions, d'importantes extensions ont vu le jour, Black & Cox (1976) présentent un apport considérable en la matière, en effet ils introduisent la possibilité qu'une firme puisse faire faillite dès que la valeur de ses actifs soit inférieur à la valeur du prêt à tout moment jusqu'à la date d'échéance de la dette. Geske (1977) et Geske & Johnson (1984) étendent le modèle aux

obligations risqués à coupons, par la suite Leland (1994) généralise le modèle structurel de défaut en introduisant l'effet de l'impôt et des coûts de faillite.

3.2. Le modèle Portfolio Manager de Moody's KMV

C'est un modèle qui s'inspire du résonnement de Merton, là aussi un défaut apparaît dès lors que la valeur des actifs (ou ce qui revient au même, le rendu des Actifs ou la richesse générée par ces Actifs) d'une firme devient inférieurs à ses dettes. Dans le cas du modèle MKMV on introduit une notion importante qui est l'EDF's (Expected Default Frequency), cette dernière diffère des probabilités de défauts inférées des catégories de rating, elle représente une estimation des probabilités de défaut dérivés d'un modèle de type Merton.

L'estimation des EDF's passe par 3 principales étapes ;

3.2.1. L'estimation de la valeur de marché et de la volatilité des actifs d'une firme

Le modèle KMV est basée selon l'hypothèse que la valeur des actifs suit une loi log-Normale, c'est-à-dire que $\text{Log}(A_t)$ est distribué selon une distribution Normale. De plus on fait l'hypothèse que la σ_A est stable dans le temps.

Si le passif d'une firme quelconque est évalué selon une approche Mark-to-Market (la valeur des passifs est connue au jour le jour selon son prix de marché), l'estimation de la valeur de marché et de la volatilité du rendu de son actif serait un jeu d'enfant. La valeur de marché de l'actif de la firme serait égale à la somme des valeurs de marché de ses postes de passif, et σ_A s'obtiendrait à travers les données chronologiques des valeurs de l'actif estimé.

En pratique cependant, seule la valeur de l'Equity est observable sur le marché et seulement quelques éléments de passifs sont échangés. L'approche alternative que propose KMV (tirée du développement de Merton) pour l'évaluation des actifs consiste à appliquer les techniques de pricing d'options de Black & Scholes pour estimer la valeur des passifs.

Le modèle KMV suppose aussi que la structure de capital d'une firme quelconque est composée uniquement d'Equity, d'une dette à court terme très liquide, d'une dette à long terme supposée sans échéance et d'actions privilégiées²⁵ convertibles en actions ordinaires. Dès lors à travers ces différentes hypothèses on peut évaluer analytiquement la valeur de l'Equity E et sa volatilité σ_E :

²⁵ Un titre qui combine les caractéristiques des actions ordinaires et des titres d'emprunt à revenu fixe

$$E = f(A, \sigma_A, K, c, r)$$

$$\sigma_E = g(A, \sigma_A, K, c, r) \quad \text{Equation 3}$$

Où K le levier financier, c le montant du coupon moyen payé sur la dette à long terme et r le taux d'intérêt sans risque.

Etant donné que E est directement observable sur le marché, on peut transformer l'équation 3 de tel sorte ;

$$A = h(E, \sigma_A, K, c, r)$$

Pour calibrer le modèle en fonction de σ_A , KMV utilise des techniques d'itérations.

3.2.2. Calcule de la distance au défaut (DD)

Le modèle Portfolio Manager fait une distinction entre le défaut et la faillite, en effet la faillite se présente comme la situation où la firme est en liquidation et où le produit de cette liquidation est versé au créancier selon leurs ordres de priorité. Quant au défaut il survient lorsqu'une firme n'honore pas un paiement d'intérêt et/ou de principal à une échéance précise de la dette.

KMV a observé à travers un échantillon de centaine d'entreprise qu'une firme fait défaut dès que la valeur de son actif atteint un niveau entre la valeur total de son passif et la valeur de sa dette à court terme. Par conséquent, la queue de distribution de la valeur de l'actif en dessous de la valeur total du passif serait une mesure peu fiable de la probabilité de défaut. Ceci pourrait être aggravé par le fait que la distribution des A_t est non-Normale, que les hypothèses concernant la structure de capital de la firme demeurent simplistes, et par l'effet généré par le tirage des lignes de crédits de type revolving qui en cas de difficultés procure le cash nécessaire au respect des engagements de la firme mais qui en contrepartie augmente son passif.

C'est pour cela que KMV introduit une phase intermédiaire avant le calcul des probabilités de défaut, elle calcule un indicateur appelée "distance de défaut (DD) " qui représente la distance entre la valeur attendue de l'actif de l'entreprise et un seuil critique appelé "le point de défaut (DPT)" défini comme la valeur des passifs exigibles, plus la moitié des dettes à long terme, en introduisant les dénominations suivantes :

STD : dettes à court terme

LTD : dettes à long terme

Alors le point de défaut est donné par : $DPT = STD + \frac{1}{2} LTD$

Et donc distance au défaut (DD), représentant la distance entre la valeur attendue de l'actif à l'horizon d'une année $E(A_1)$ et le point de défaut exprimé par rapport à l'écart-type de la volatilité du rendu de l'actif est donné par :

$$DD = \frac{E(A_1) - DPT}{\sigma_A}$$

La figure suivante schématise le mécanisme du développement exposée ci-dessus :

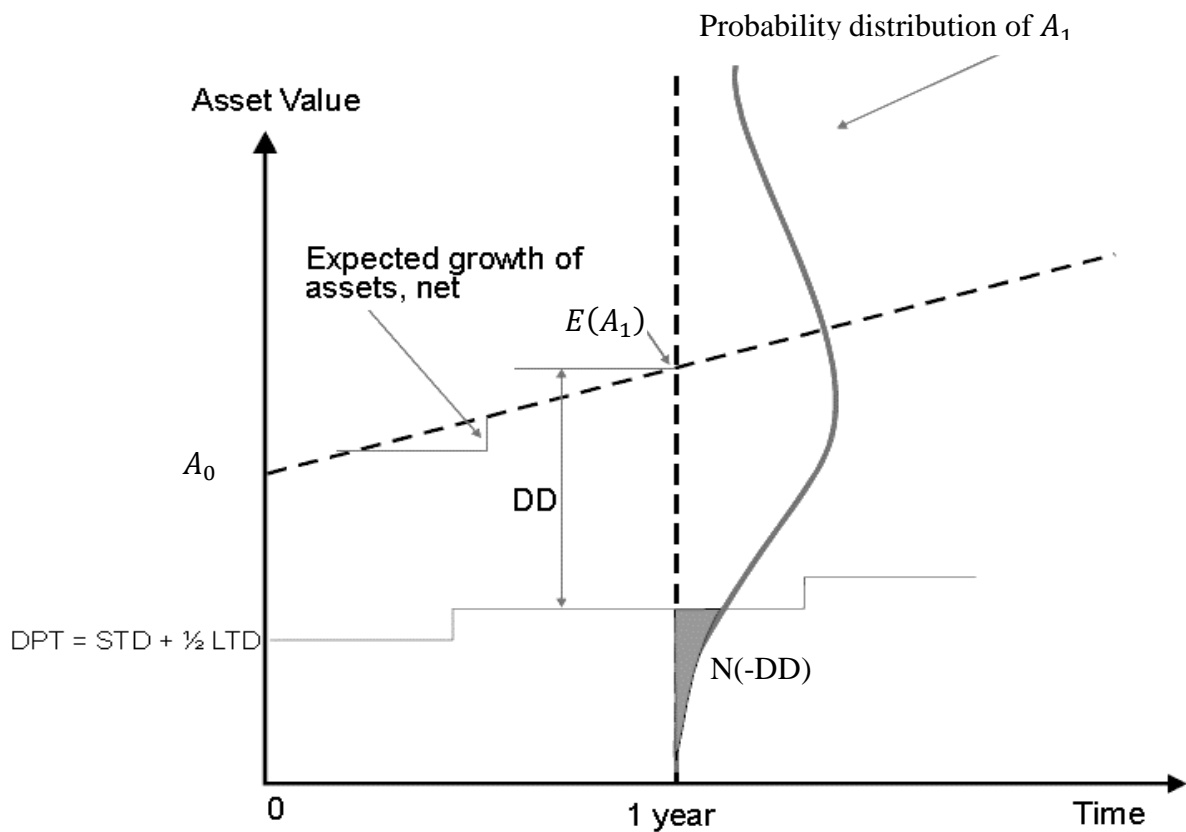


Figure 7:Distance au Défaut (DD)

Source : M.Crouhy et al. Journal of Banking & Finance 24 (2000)

De plus, étant donné que A_t est distribué selon une loi Log-Normale et en adoptant l'analyse apportée par Black & Scholes, la DD peut être exprimée de la manière suivante :

$$DD = \frac{\ln\left(\frac{A_0}{DPT_T}\right) + \left(\mu + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}}$$

Où A_0 la valeur de marché des actifs, DPT_T le point de défaut à l'horizon T, μ la valeur attendue net de l'actif et σ se volatilité annuel.

3.2.3. Détermination des probabilités de défaut à partir de la Distance au défaut

Cette dernière phase consiste à faire correspondre les différentes valeurs des DD aux EDF's. En utilisant des données historiques sur un large échantillon d'entreprises, on arrive à estimer pour chaque horizon temporel la proportion d'entreprise pour une valeur de DD donnée, par exemple DD= 3, qui a fait défaut après 1 an. Cette proportion, dans notre exemple égale à 0.6% (60 bp), représente l'EDF ;

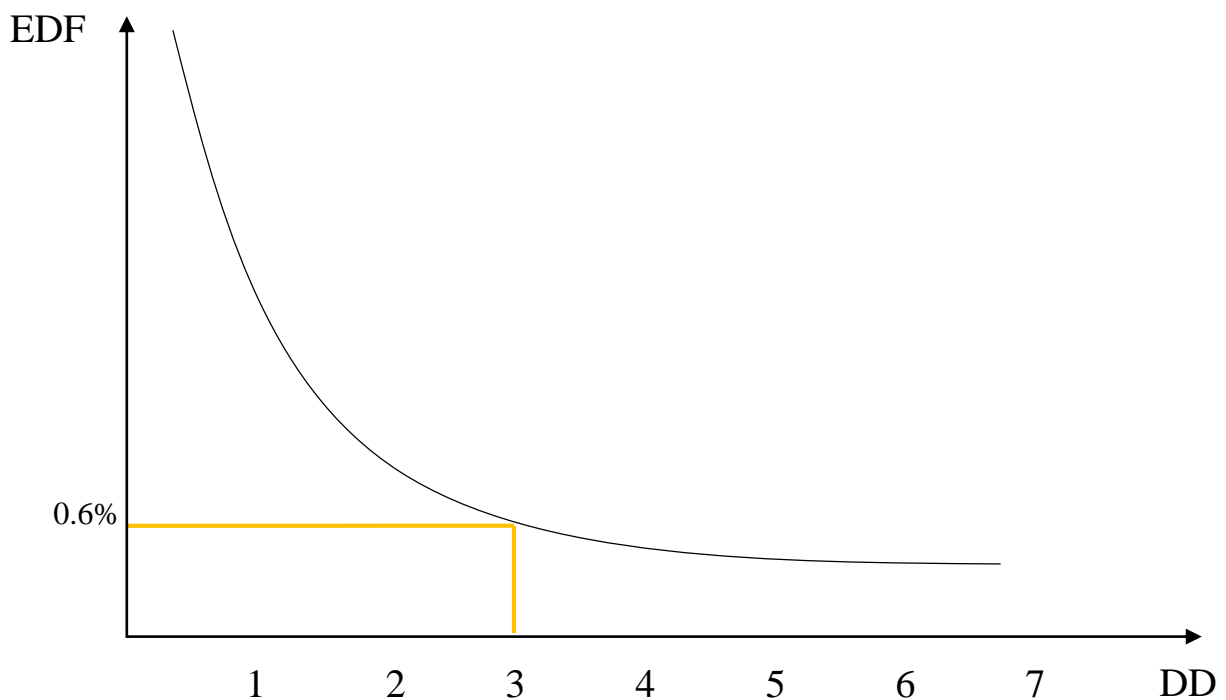


Figure 8: Mapping des DD aux EDF's pour une maturité donnée.

Source : M.Crouhy et al. Journal of Banking & Finance 24 (2000)

Afin de bien encren l'idée sous-jacente du modèle Portfolio Manager de Moody's KMV, prenons considérons l'exemple simple introduit par KMV (le données en \$ sont exprimées en milliards) ;

Soit une firme qui présente les caractéristiques suivantes :

	Novembre 1997	Février 1998
Capitalisation Boursière	7.7 \$	7.3 \$
Valeur comptable du Passif	4.7 \$	4.9 \$
Valeur de marché de l'Actif	12.6 \$	12.2 \$
Volatilité de l'Actif	1.89 \$	2.074\$
Point de Défaut	3.4 \$	3.5 \$
DD	$(12.6 - 3.4) / 1.89 = 4.9$	$(12.2 - 3.5) / 2.074 = 4.2$
EDF	0.06% (6 bp)	0.11% (11 bp)

Tableau 4: Exemple de schématisation du modèle MKMV

Source: M.Crouhy, D.Galai, R.Mark, "A comparative analysis of current credit risk models".

3.3. Le modèle CreditMetrics de JP MORGAN

CreditMetrics est un modèle introduit par J.P.Morgan & Co (aujourd'hui J.P.Morgan Chase & Co) en 1997, il mesure l'incertitude relative à la valeur future d'un portefeuille d'actifs financiers à un horizon temporel donné (en général 1 an), causée par un changement de qualité des actifs composant le portefeuille, en intégrant trois possibilités ; une hausse de qualité "up grades", une baisse de qualité "downgrades", un défaut. CreditMetrics s'applique à la base pour les portefeuilles d'obligations et de prêts qui sont traitées de la même manière²⁶, cependant une extension peut être faite pour différents types d'actifs financier (lettre de crédit par exemple) et de dérivées (swaps, forwards).

Il est évident que la valeur de l'actif d'une compagnie à un instant t (A_t) détermine sa capacité à faire face à ses engagements. Les modèles de Merton et de Moody's KMV mettent en avant l'idée que si la valeur de l'actif d'une firme devient inférieure à un seuil spécifique (le niveau de ses dettes), le défaut de cette dernière est constatée. Cette méthodologie serait suffisante si on se contentait d'approcher la valeur d'un portefeuille en fonction de l'évènement de défaut seulement, or CreditMetrics introduit une nouvelle dimension qu'est la variation de la qualité du portefeuille. Dès lors au lieu de considérer le niveau des dettes comme le seuil de défaut, CreditMetrics fait appels au Ratings.

²⁶ M.Crouhy, D.Galai, R.Mark, "A comparative analysis of current credit risk models", Journal of Banking & Finance 24 (2000), p.62

Soit une série de valeur d'Actifs qui déterminera la "Credit Rating" d'une firme à la fin de la période considérée (à but de simplification, on définit l'horizon 1an). On fait l'hypothèse qu'il existe des niveaux de valeur d'actifs de telle sorte qu'on puisse faire correspondre à chaque A_1 (la valeur de l'Actif dans 1 an) un Rating de même horizon temporel.

En optant pour une notation de type Standard & Poor's, prenons l'exemple d'une firme notée BB²⁷ avec un Actif estimés à 100 millions \$. La figure suivante met en relation la migration du Rating crédit en fonction de A_1 .

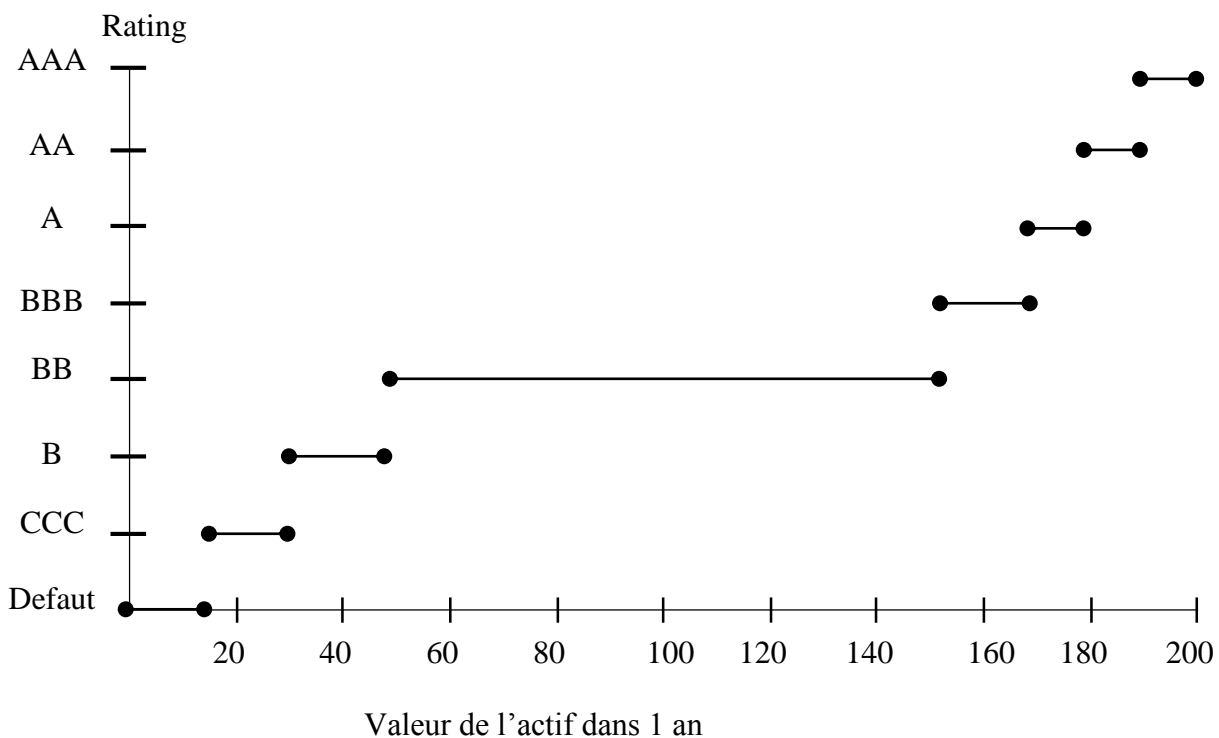


Figure 9: Migration du Rating d'une firme notée BB en fonction de la valeur de son Actif
Source : CreditMetrics™ Technical Document, 1997

Maintenant supposons que les seuils induisant le changement de Rating des différents valeurs d'Actif pour une firme soient connus et notées $Z_{Def}, Z_{CCC}, \dots, Z_{AAA}$. Dès lors nous n'avons qu'à modéliser le changement de valeur de cette Actif à fin de prévoir ses migrations de Rating. Soit R le pourcentage de variation de valeur de l'Actif d'une compagnie, on fait l'hypothèse que R est distribué selon une distribution Normale, de moyenne μ et d'écart type σ . D'après ce qui a été vu plus haut, nous savons que si $R < Z_{Def}$ la firme fait défaut ; si $Z_{Def} < R < Z_{CCC}$, alors la

²⁷ Exemple présenté par CreditMetrics™ Technical Document, 1997, p.86

note de la compagnie sera réévaluée à la baisse à CCC ; si $Z_{CCC} < R < Z_B$, notre compagnie verra sa note réévaluée à la hausse vers B...etc. Dans ce cas, R et Z sont exprimée en pourcentage, par exemple si Z_{Def} était égale à -70%, cela voudrait dire que une dépréciation de 70% de la valeur de l'Actif de la compagnie conduirait à son défaut.

Puisque R Normalien, nous pouvons aisément calculer les probabilités de chaque évènement :

- $Pr\{Default\} = Pr\{R < Z_{Def}\} = \Phi(Z_{Def}/\sigma)$,
- $Pr\{CCC\} = Pr\{Z_{Def} < R < Z_{CCC}\} = \Phi(Z_{CCC}/\sigma) - \Phi(Z_{Def}/\sigma)$,
- $Pr\{B\} = Pr\{Z_{CCC} < R < Z_B\} = \Phi(Z_B/\sigma) - \Phi(Z_{CCC}/\sigma)$,
- $Pr\{AAA\} = Pr\{R > Z_{AA}\} = 1 - \Phi(Z_{AA}/\sigma)$.

Où Φ la fonction de répartition de la loi Normale Centrée réduite.

Sur ce, nous pouvons maintenant établir un mapping entre les probabilités fournies par les seuils de valeur de l'Actif et les probabilités de transitions estimés par Standard & Poor's à travers sa matrice de transition. Reprenons l'exemple précédent, nous avons pour une firme notée BB la correspondance suivante :

Rating	Probabilités de transition S&P	Prabilité des seuils de valeurs (Z)
AAA	0.03	$1 - \Phi(Z_{AA}/\sigma)$
AA	0.14	$\Phi(Z_{AA}/\sigma) - \Phi(Z_A/\sigma)$
A	0.67	$\Phi(Z_A/\sigma) - \Phi(Z_{BBB}/\sigma)$
BBB	7.73	$\Phi(Z_{BBB}/\sigma) - \Phi(Z_{BB}/\sigma)$
BB	80.53	$\Phi(Z_{BB}/\sigma) - \Phi(Z_B/\sigma)$
B	8.84	$\Phi(Z_B/\sigma) - \Phi(Z_{CCC}/\sigma)$
CCC	1.0	$\Phi(Z_{CCC}/\sigma) - \Phi(Z_{Def}/\sigma)$
Default	1.06	$\Phi(Z_{Def}/\sigma)$

Tableau 5: Mapping entre Prob.Transition et Prob.seuils de Valeur pour une notation BB

Selon La correspondance effectuée au niveau du tableau 5, les probabilités de transition élaborées par S&P doivent être égales aux probabilités des seuils de Valeur (Z). Cette affirmation va nous permettre de calculer les seuils de Valeur (Z) en procédant de la sorte :

$$\Phi(Z_{Def}/\sigma) = 1.06 \Rightarrow Z_{Def} = \Phi^{-1}(1.06\%)\sigma$$

$$Z_{Def} = -2.30\sigma$$

Où $\Phi^{-1}(p)$ nous donne le seuil en dessous duquel une variable aléatoire gaussienne est constaté en défaut avec une probabilité p . La méthodologie suivante est répétée pour le calcul des autres seuils de Valeur, ceci en égalisant chaque probabilité de seuil à la probabilité de Transition qui lui correspond. Le tableau 6 nous donne les résultats de ces calculs

$Z_{AA} = 3.43\sigma$
$Z_A = 2.93\sigma$
$Z_{BBB} = 2.39\sigma$
$Z_{BB} = 1.37\sigma$
$Z_B = -1.23\sigma$
$Z_{CCC} = -2.04\sigma$
$Z_{Def} = -2.30\sigma$

Tableau 6:seuils de Valeur d'Actif d'une firme notée BB

La relation entre les seuils de Valeur d'Actif (Z) et les migrations de Ratings pour une firme de notation BB peut être représentée schématiquement par la figure suivante :

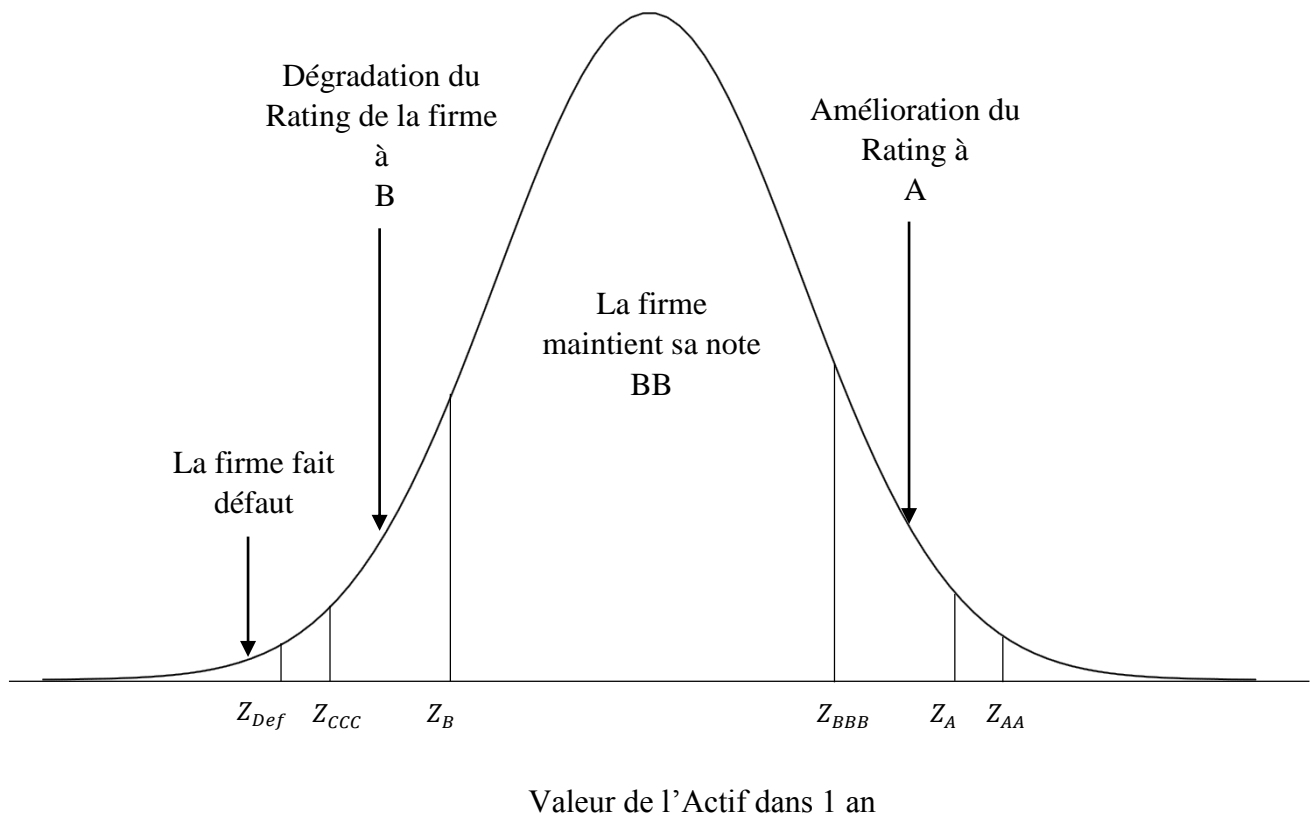


Figure 10: Distribution de la Valeur de la firme (BB) à 1 an et seuil de migration de Rating

Source : CreditMetrics™ Technical Document, 1997

3.4. Le modèle CreditPortfolioView de McKinsey

CreditPortfolioView est un modèle multi-factoriel qui se base sur l'estimation des distributions de probabilités de défaut et de transition pour une catégorie de Rating, un secteur d'activité, une zone géographique définies, conditionnellement aux valeurs prises par des variables macroéconomiques explicatives tel que le taux de chômage, le taux de croissance du PIB, le taux de change, le niveau des dépenses publiques ...etc.²⁸

En effet, CMV part de l'idée que la Probabilité de Défaut et la probabilité de migration de Rating sont liés à l'état de l'économie. Ainsi lorsqu'il y a récession économique, les cas de défaut et de dégradation de qualité de crédit augmentent. Le contraire survient lorsque l'état de l'économie s'améliore. Il est aussi à constater que le modèle s'adapte d'avantage aux économies appartenant

²⁸ M.Crouhy, D.Galai, R.Mark, "A comparative analysis of current credit risk models", Journal of Banking & Finance 24 (2000), p.113

à la catégorie "*speculative grade*", dont la probabilité de défaut a une plus grande sensibilité par rapport au cycle économique, plutôt qu'aux économies catégorisées "*investment grade*".

La fonction *logit* est utilisée pour modéliser les probabilités de défaut, la variable indépendante étant représentée par un index macroéconomique (composée de plusieurs de facteurs économiques), donc ;

$$P_{j,t} = \frac{1}{1 + e^{-Y_{j,t}}}$$

Où $P_{j,t}$ est la probabilité de défaut conditionnel à une date t , correspondant à une zone géographique/secteur d'activité j , et $Y_{j,t}$ l'index macroéconomique mentionné plus haut. Ce dernier est déterminé par le model multi-factoriel suivant :

$$Y_{j,t} = \beta_{j,0} + \beta_{j,1}X_{j,1,t} + \beta_{j,2}X_{j,2,t} + \dots + \beta_{j,m}X_{j,m,t} + v_{j,t}$$

Où :

$Y_{j,t}$ représente la valeur de l'index à une date t pour la j ème zone géographique/secteur d'activité,

$\beta_j = (\beta_{j,0}, \beta_{j,1}, \beta_{j,2}, \dots, \beta_{j,m})$, les coefficients à estimer pour la j ème zone géographique/secteur d'activité,

$X_{j,t} = (X_{j,1,t}, X_{j,2,t}, \dots, X_{j,m,t})$, les valeurs des différentes variables macroéconomiques composant l'index, pour la j ème zone géographique/secteur d'activité, à une date t .

Et $v_{j,t}$, les résidus (termes d'erreur) supposés être identiquement indépendamment distribués, et suivant une distribution Normale ;

$$v_{j,t} \sim N(0, \sigma_j), \quad \text{et} \quad v_t \sim N(0, \Sigma_v)$$

Où v_t désigne le vecteur de l'index des innovations $v_{j,t}$, et Σ_v la matrice variance covariance ($j \times j$) de l'index des innovations.

On commence d'abord par spécifier les variables macroéconomiques pour chaque zone géographique. Lorsque les informations disponibles sont d'une certaine consistance le modèle peut être ajusté en fonction des secteurs d'activités. Dès lors, les probabilités de défaut $P_{j,t}$, et la valeur de l'index $Y_{j,t}$ sont définie pour chaque niveau du couple zone géographique/secteur d'activité, et les coefficients β_j sont ajustés en conséquences.

De plus, on fait l'hypothèse que les variables macroéconomiques suivent un modèle autorégressif d'ordre 2 (AR2) univarié :

$$X_{j,i,t} = \gamma_{j,i,0} + \gamma_{j,i,1}X_{j,i,t-1} + \gamma_{j,i,2}X_{j,i,t-2} + e_{j,i,t}$$

Où :

$X_{j,i,t-1}$, $X_{j,i,t-2}$ désignent la valeur des variables macroéconomiques $X_{j,i,t}$ en $t - 1$ et $t - 2$

$\gamma_j = (\gamma_{j,i,0}, \gamma_{j,i,1}, \gamma_{j,i,2})$, est le vecteur des coefficients à estimer

$e_{j,i,t}$, le terme d'erreur, indépendant et identiquement distribué avec ;

$$e_{j,i,t} \sim N(0, \sigma_{e_{j,i,t}}), \quad \text{et} \quad e_t \sim N(0, \Sigma_e)$$

Où e_t est le vecteur des termes d'erreur $e_{j,i,t}$ de la $(j \times i)$ équation AR(2), et Σ_e désigne la matrice variance covariance d'ordre $(j \times i)(j \times i)$ des termes d'erreur e_t .

Afin de simuler la probabilité de défaut attaché à une zone géographique et à un secteur d'activité, le modèle CreditportfolioView entame trois phases :

La première phase par la résolution du système d'équation suivant :

$$\left[\begin{array}{l} P_{j,t} = \frac{1}{1 + e^{-Y_{j,t}}} , \\ Y_{j,t} = \beta_{j,0} + \beta_{j,1}X_{j,1,t} + \beta_{j,2}X_{j,2,t} + \dots + \beta_{j,m}X_{j,m,t} + v_{j,t} , \\ X_{j,i,t} = \gamma_{j,i,0} + \gamma_{j,i,1}X_{j,i,t-1} + \gamma_{j,i,2}X_{j,i,t-2} + e_{j,i,t} , \end{array} \right.$$

$$\text{Avec } E_t = \begin{bmatrix} v_t \\ e_t \end{bmatrix} \sim N(0, \Sigma), \quad \text{où } \Sigma = \begin{bmatrix} \Sigma_v & \Sigma_{v,e} \\ \Sigma_{e,v} & \Sigma_e \end{bmatrix},$$

$\Sigma_{v,e}$ et $\Sigma_{e,v}$ désignant la matrice de corrélation croisée.

La deuxième phase consistera à utiliser la décomposition de Cholesky pour la matrice Σ , de telle sorte que ;

$$\Sigma = AA',$$

dès lors un vecteur de variables aléatoire $Z_t \sim N(0, I)$ est générée, chaque composante de ce vecteur suivant une loi Normale Centré réduite $N(0,1)$, à fin aboutir au calcul suivant :

$$E_t = A'Z_t,$$

Où E_t est le vecteur des termes d'erreurs $v_{j,t}$ et $e_{j,i,t}$.

Enfin au travers le de la troisième et dernière phase nous allons extraire les valeurs de $Y_{j,t}$ et $P_{j,t}$ correspondantes aux réalisations des termes d'erreur.

3.5. CreditRisk+

Le modèle CreditRisk+ de Crédit Suisse Financial Products est un modèle analytique utilisant une approche dite actuarielle pour déterminer la distribution de perte sur un portefeuille de crédit. Tout comme KMV, CR+ est un modèle de défaut pur, il ne modélise que le risque de défaut, le risque de dégradation de la qualité d'un prêt n'étant pas pris en compte, cependant à l'instar de KMV le risque de défaut ne dépend pas de la structure financière de la firme. CreditRisk+ utilise quatre type de donnée en Input :

- L'exposition ;
- Les taux de défaut ;
- La volatilité des taux de défaut ;
- Les taux de recouvrement²⁹ .

La distribution des pertes sur un portefeuille est obtenue en deux phases, comme l'indique la figure suivante :

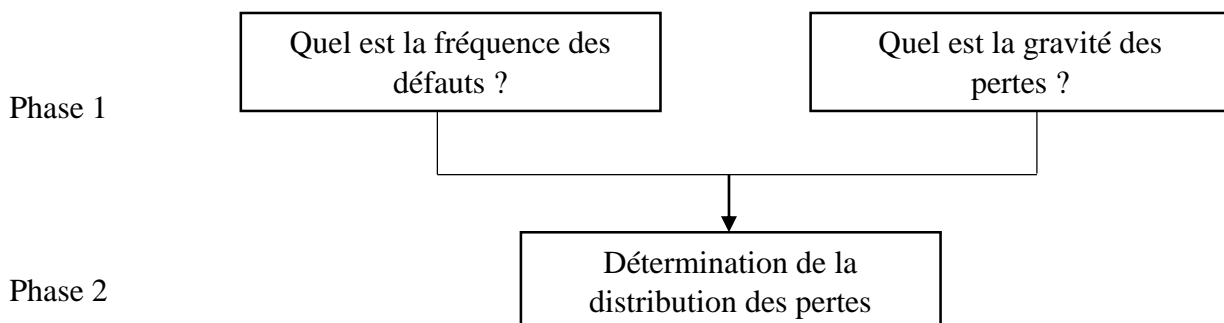


Figure 11:Etapes du processus de modélisation CR+

Source: CreditRisk+ a credit risk management framework

²⁹ Une analyse par secteur nécessitera des taux de défaut par secteur ainsi que la volatilité de ces taux de défaut comme Input supplémentaire.

CR+ n'émet aucune hypothèse sur les causes de défaut, ou bien un débiteur A fait défaut avec une probabilité P_A ou bien il ne fait pas défaut avec une probabilité $1 - P_A$. Néanmoins le modèle s'inspirant de la théorie de l'assurance dommage ou IARD émet les hypothèses suivantes :

- Pour un nombre important de crédit, chaque crédit est supposé avoir une faible probabilité de défaut,
- Pour un crédit donné, la probabilité de défaut sur une période déterminée, soit par exemple 1 mois, est la même pour chaque autre mois ;
- le nombre de défaut est supposé indépendant d'une période temporelle à une autre.

En vue de ces hypothèses, la loi de Poisson convient à la distribution de probabilité du nombre de défaut sur une période donnée (période qu'on va fixer à 1 an) avec :

$$P(n \text{ défauts}) = \frac{\mu^n e^{-\mu}}{n!} \quad \text{pour } n = 0, 1, 2, \dots,$$

Où μ représente le nombre de défauts attendus à l'horizon 1 an, sachant $\mu = \sum_A P_A$.

Le nombre de défaut annuel n est une variable stochastique de moyenne μ et d'écart type $\sqrt{\mu}$. La distribution de Poisson présente l'avantage de n'être spécifiée qu'à travers un seul paramètre μ . Si par exemple, $\mu = 3$ alors la probabilité de ne pas faire de défaut dans 1 an serait de :

$$P(0 \text{ défaut}) = \frac{3^0 e^{-3}}{0!} = 0.05 = 5\%$$

Et la probabilité d'avoir exactement 3 défauts serait égal à :

$$P(3 \text{ défaut}) = \frac{3^3 e^{-3}}{3!} = 0.224 = 22.4\%$$

Dans le cas où une firme fait défaut, la banque subit une perte égale au montant de son exposition vis-à-vis de la firme, moins un montant récupéré par une procédure de recouvrement. Dans le modèle CreditRisk+, les montants des différentes expositions sont ajusté par un taux de recouvrement anticipé, à fin de calculer la perte en cas de défaut (LGD). Ces expositions ajustés sont exogènes au modèle et indépendants du risque de marché et du risque de dégradation de la qualité du crédit.

Afin d'aboutir à la distribution des pertes dans le portefeuille, les LGD sont réparties en "*bandes d'exposition*" exprimés en multiple d'un montant choisi arbitrairement noté L , le niveau d'exposition de chaque bande (toujours en multiple d'un certain montant) est approximé à

l'entier le plus proche, ceci a pour effet d'introduire une approximation aux calculs mais permet de réduire la quantité de données nécessaires. Nous allons détailler cela en parallèle d'un exemple³⁰.

Soit les notations suivantes pour un débiteur A .

	Notations
Débiteur	A
Exposition de la banque vis-à-vis de A	L_A
Probabilité de défaut de A	P_A
La perte attendue de A	$\lambda_A = L_A \times P_A$

Supposons qu'une banque détient un portefeuille de prêt avec 500 contreparties, les expositions varient de 50 000\$ à 1 millions\$.

Chaque bande j ($j = 1, \dots, m$, avec $m = 10$) a une exposition commune $v_j = 100\,000\$ \times j$.

On fixe comme unité d'Exposition la valeur $L = 100\,000 \$$.

Rappelons que CR+ admet que :

$$\text{Exposition} = \text{montant du crédit} \times \text{taux de perte en cas de défaut}$$

Le tableau suivant montre le travail de modelage des montants des expositions en différentes bandes pour 6 débiteurs ;

³⁰ M.Crouhy, D.Galai, R.Mark, "A comparative analysis of current credit risk models", Journal of Banking & Finance 24 (2000), p.110

Débiteur A	Exposition (LGD) L_A	Exposition (en 100 000\$) \bar{v}_j	Exposition arrondie (en 100 000\$) v_j	Bande j
1	150 000	1.5	2	2
2	460 000	4.6	5	5
3	435 000	4.35	5	5
4	370 000	3.7	4	4
5	190 000	1.9	2	2
6	480 000	4.8	5	5

Dès lors CR+ considère chaque bande comme un portefeuille indépendant, à qui nous introduisons les notations suivantes :

	Notations
L'Exposition commune dans la bande j en unité de L	v_j
La perte attendue dans la bande j en unité de L	ε_j
Le nombre de défaut attendu dans la bande j	μ_j

Notons ε_A la perte attendue pour le débiteur A en unité de L ;

$$\varepsilon_A = \frac{\lambda_A}{L}$$

Donc la perte attendue sur une période d'une année dans la bande j , ε_j exprimée en unité de L n'est autre que la somme des pertes attendues ε_A de tous les débiteurs appartenant à la bande j ;

$$\varepsilon_j = \sum_{A:v_A=v_j} \varepsilon_A$$

De plus, par définition, on a ;

$$\varepsilon_j = v_j \times \mu_j$$

En conséquence de quoi,

$$\mu_j = \frac{\varepsilon_j}{v_j}$$

Donc le nombre attendu de défaut par an dans la bande j est égal à :

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

En reprenons l'exemple précédent, le tableau suivant nous fournit les résultats des calculs présentés ci-dessus :

Bande j	Nombre de débiteur	ε_j	μ_j
1	30	1.5	1.5
2	40	8	4
3	50	6	2
4	70	25.2	6.3
5	100	35	7
6	60	14.4	2.4
7	50	38.5	5.5
8	40	19.2	2.4
9	40	25.2	2.8
10	20	4	0.4

Pour obtenir la distribution de pertes pour tout le portefeuille on procède de la manière suivante :

Etape1 : Détermination de la fonction génératrice des probabilités pour chaque bande

Il a été établi que chaque bande est considérée comme un portefeuille d'exposition indépendant. La fonction génératrice des probabilités pour les pertes en unité de L , pour une bande j est désignée par :

$$G_j(z) = \sum_{n=0}^{\infty} P(\text{pertes} = nL)z^n = \sum_{n=0}^{\infty} P(n \text{ défauts})z^{nv_j},$$

Nous avons admis que le nombre de défaut suit une distribution de poisson, en remplaçant on a :

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

Etape2 : Détermination de la fonction génératrice des probabilités pour les pertes sur tout le portefeuille

Etant donné que les bandes composant notre portefeuille sont indépendantes les unes des autres, la fonction génératrice des probabilités pour les pertes sur tout le portefeuille n'est autre que le produit des fonctions génératrice de probabilités des bandes du portefeuille :

$$G(z) = \prod_{i=1}^m G_i(z) = \prod_{i=1}^m e^{-\mu_i + \mu_i z^{v_i}} = e^{-\sum_{j=1}^m \mu_j + \sum_{j=1}^m \mu_j z^{v_j}}$$

Où $\mu = \sum_{j=1}^m \mu_j$, le nombre attendu de défaut sur tout le portefeuille

Il est à noter que $G(z)$, pour une utilité ultérieure, peut-être retraité de la manière suivante :

En introduisant le polynôme $P(z)$, avec :

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

La fonction génératrice des probabilités des pertes pour tout le portefeuille peut être exprimée comme suit :

$$G(z) = e^{\mu(P(z)-1)} = F(P(z))$$

Cette écriture mathématique exprime la composition de deux sources d'incertitude émanant respectivement du caractère aléatoire de la distribution de Poisson pour les fréquences de défaut, et de la variabilité des montants des expositions dans le portefeuille.

On remarque que $G(z)$ ne dépend que de deux sources de données, les différents niveaux d'expositions des bandes composants le portefeuille, v , et la perte attendue sur chaque bande ε . Par conséquent, la modélisation de la distribution des pertes sur un portefeuille de crédit à l'aide du modèle CreditRisk+ ne nécessite que très peu de données.

Etape3 : Détermination de la distribution des pertes du portefeuille

Soit n un nombre entier, on donne A_n la probabilité de la perte exprimée en nL (en n unité). En effectuant un développement limité de *Taylor* pour $G(z)$, on obtient :

$$G(z) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{n!} \left. \frac{d^n G(z)}{dz^n} \right|_{z=0} z^n$$

Nous avons vu que :

$$G(z) = \sum_{n=0}^{\infty} P(\text{pertes} = nL) z^n$$

On aboutit à :

$$A_n = p(\text{pertes en } nL) = \left. \frac{1}{n!} \frac{d^n G(z)}{dz^n} \right|_{z=0}$$

En développant ce résultat à l'aide de la formule de Leibnitz's, et après différentes transformations, on obtient la relation de récurrence suivante :

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

Cette relation nous permet d'effectuer un calcul rapide de la distribution des pertes sur notre portefeuille. On introduit la formule ci-dessous pour le calcul du premier terme, correspondant à la probabilité de ne subir aucune perte sur notre portefeuille ;

$$A_0 = G(0) = F(P(0)) = e^{-\mu} = e^{-\sum_{j=1}^m \frac{\varepsilon_j}{v_j}}$$

Enfin il est à préciser que CR+ propose différentes extensions du modèle de Base qui ne prend en considération qu'un seul facteur (l'évènement de défaut), sur une période d'un an, en outre :

- CreditRisk+ peut être modélisé sur plusieurs périodes, où chaque exposition a une maturité individuelle correspondante à la maturité du prêt ;
- On peut aussi introduire un caractère variable aux taux de défaut, qui seront influencés par différents facteurs individuels tels que la zone géographique et le secteur d'activité. Chaque facteur, k , est représenté par une variable aléatoire, X_k , où X_k est le nombre de défauts dans chaque zone géographique ou secteur d'activité, distribué suivant une distribution *Gamma*. On admet alors que la moyenne des taux de défaut pour chaque débiteur est une fonction linéaire de ces facteurs spécifiques, X_k . Ces derniers sont supposés par la suite indépendants.

Compte tenu des propriétés de chaque modèle de risque de crédit développés ci-dessus, et en vue de la quantité de données qu'ils nécessitent, nous avons opté dans le cadre de notre partie empirique pour l'utilisation du modèle CREDITRISK+. D'une part ce modèle s'adapte excellemment bien aux portefeuilles de prêts car il considère exclusivement l'évènement de défaut et néglige le phénomène de migration de la qualité de crédit (c'est un modèle à Intensité de Défaut). Dans ce sens c'est le modèle le plus pertinent pour une banque commerciale activant dans le secteur du financement des entreprises avec un système de Rating peu développé voire inexistant. De plus il ne nécessite aucune donnée observable en Bourse et en vue de l'état embryonnaire de la Bourse d'Alger, ça ne peut être qu'une bonne chose. En définitive c'est un modèle qui s'adapte assez bien au contexte financier Algérien où les prémices d'un développement de modèles de risque de crédit sont de minces consistances.

CONCLUSION

Nous avons vu dans ce chapitre les différentes significations dégagées par les mesures du risque de crédit, chaque mesure répond en effet à une préoccupation particulière. Par exemple la Value At Risk nous indique à un niveau de confiance fixé la perte maximale pouvant être subi sur une période temporel donné. Cependant nous nous interrogeons sur les mécanismes complémentaires qui permettent effectivement de corriger ou d'atténuer le risque compte tenu des informations apportés par ces mesures de risques. Ces mécanismes ayant pour finalité de contribuer à la solvabilité et la solidité financière de la banque.

Nous avons aussi spécifié les conditions de cohérence d'une mesure de risque de crédit à savoir, la Monotonie, l'Homogénéité, l'Invariance par translation et la Sous-additivité, et nous avons conclue sur le fait que la VaR n'était pas une mesure de risque de crédit cohérente du fait de sa non sous-additivité, dès lors l'utilisation de la CTE et de ses mesures associés serait préférable car répondant au principe de cohérence.

Ensuite nous nous somme interrogé sur l'impact réel d'une augmentation du niveau de confiance sur les résultats escomptés des mesures du risque de crédit qui sont tributaire de ce niveau de confiance. De plus nous avons énoncé le fait qu'une Banque visant un objectif de Rating particulier définira un niveau de confiance correspondant au Rating voulu, ce dernier sera dérivé des matrices de transitions élaborées par les grandes Agences de Notation.

Enfin nous avons présenté les modèles de risques de crédit les plus répondu dans l'industrie financière tout en décidant d'opter pour le modèle CreditRisk + de Credit Suisse pour l'utiliser comme outil de modélisation dans notre travail empirique. Ce choix est lié principalement à l'adéquation de ce modèle à des exigences conjoncturelles liées au marché Bancaire Algérien.

CHAPITRE 3 :

*MODELISATION DU RISQUE DE CREDIT PAR LE
MODELE CR+ SUR UN PORTEFEUILLE DE PRET*

Introduction

Dans le chapitre précédent nous avons opté pour le modèle CreditRisk + en vue de ses principales qualités, ce dernier sera utilisé afin de modéliser le risque de crédit sur un portefeuille de 186 PME. Ce portefeuille a été extrait de la Direction de Financement des Petites et Moyenne Entreprises (DPME) de la Banque Nationale d'Algérie (B.N.A), de surcroit une brève description de la banque en question sera effectuée. Le faible nombre d'entreprises composant le portefeuille est justifié par la récente implémentation du système de notation des entreprises, CagexRating, ceci dit les mêmes démarches que ceux illustré dans le chapitre suivant restent valables pour des portefeuilles assujettis à une quantité beaucoup plus importante d'entreprises, voire pour tout le portefeuille de la banque. Il est à noter que les engagements sur ces entreprises sont hors revolving, en effet ce type de tirage nécessite une modélisation particulière tenant compte des probabilités de tirage.

Dans le chapitre suivant nous allons en premier définir les inputs nécessaires au modèle CR+, ces derniers seront soit disponible au niveau interne, soit estimés par des sources externes tels que les plus grandes agences de Rating, à savoir Standard & Poor's et Fitch.

En second lieu nous allons utiliser une analyse statistique de type descriptive afin d'extraire les principales caractéristiques de notre portefeuille. Au préalable chaque variable sera dûment spécifiée. Enfin la troisième section sera dédiée à la modélisation CR + sur notre portefeuille, dès lors les résultats de la modélisation représentés par les différentes mesures de risques seront énoncés distinctement avec un développement étendu de la signification qu'apporte chaque résultat. Pour arriver à ces résultats nous avons décidé d'utiliser le logiciel open source R, ce choix a été motivé par les atouts que confère ce dernier, en effet R est totalement gratuit et facilement disponible, de plus c'est un logiciel basé sur des commandes, ou CLI (Command Line Interface), permettant d'enchaîner différentes instructions donnant plus de libertés à l'utilisateur, enfin c'est un logiciel complet où la quasi-totalité des méthodes statistiques sont déjà implémentées via des ajouts de libraires de programmes gratuits (packages).

Au final les résultats obtenus à travers les mesures du risque seront accompagnés des différentes marges de manœuvres à la portée des managers de la banque qui contribueront in fine et de manière effective à la réduction du risque de crédit.

SECTION 1 : PRESENTATION DE LA BANQUE NATIONALE D'ALGERIE (B.N.A)

La Banque Nationale d'Algérie est la première banque commerciale Algérienne, créée le 13 juin 1966, elle exerçait alors toutes les activités d'une banque universelle avec une spécialisation pour l'industrie et l'agriculture. Ce n'est qu'en 1982 suite à une restructuration interne que la B.N.A cède son portefeuille agricole et rural au profit de la Banque Algérienne de Développement Rural (B.A.D.R) fraîchement établie. Suite à diverses refontes entamées par l'Etat dans le secteur économique et financier, notamment au travers de la loi n°88-01 de janvier 1988 et la loi n°90-10 du 14 avril 1990, la B.N.A s'est autonomisée en S.P.A indépendante du Trésor public et fut la première banque à obtenir son statut de banque commerciale par le conseil de la monnaie et du crédit en 1995. Aujourd'hui, avec une expérience de près de 50 ans, la B.N.A est devenue une institution incontournable dans la place financière et bancaire Algérienne, en termes de financement des entreprises et de mise à disposition de produits bancaires à la clientèle avec plus de 209 agences répartis sur le territoire national. Afin de déterminer le montant de l'engagement global de la BNA nous nous sommes référés au bilan au 31 décembre 2014, les chiffres sont indiqués en milliers de D.A :

Actif	déc-14
Caisse, banque centrale, trésor public, centre de chèques postaux	318 233 779,00
Actifs financiers détenus à des fins de transaction	212,00
Actifs financiers disponibles à la vente	230 569 742,00
Prêts et créances sur les institutions financières	55 145 087,00
Prêts et créances sur la clientèle	1 831 665 625,00
Actifs financiers détenus jusqu'à l'échéance	14 032 319,00
Impôts courants-Actif	12 678 581,00
Impôts différés-Actif	643 381,00
Autres actifs	39 924 437,00
Comptes de régularisation	77 806 314,00
Participations dans les filiales, les co-entreprises ou les entités Associées	17 467 981,00
Immeubles de placement	0,00
Immobilisations nettes corporelles	22 190 068,00
Immobilisations incorporelles nettes	261 760,00
Ecart d'acquisition	0,00
TOTAL DE L'ACTIF	2 620 619 286,00

Tableau 7: Bilan de la BNA au 31.12.2014

On remarque d'après le poste concerné que le montant du total engagement de la B.N.A est de l'ordre de 1, 831, 665, 625, 000 D.A, ce qui est des plus considérables. A noter que ce montant est tiré vers la hausse par l'encours de plusieurs grandes entreprises publiques tel que SONELGAZ et AIR ALGERIE d'ont la B.N.A jouit de la quasi exclusivité d'affaire.

En parallèle, le montant de l'engagement total de la B.N.A pour les PME sur des crédits moyen long terme dans le cadre de l'exercice 2014 est évalué à 25, 998, 000, 000 D.A, en régression par rapport à l'exercice précédent de 7.67%.

SECTION 2 : DETERMINATION DES INTRANTS DU MODELE CREDITRIKS+

2.1. Détermination des taux de défaut moyen par Rating

Le tableau suivant est fournie par le cabinet S&P, qui a examiné les taux de défaut de 14568 entreprises aux Etats Unis, en Europe et dans des pays émergents, de 1981 à 2014, selon les différents rating attribué à chaque entreprise. Nous allons étudier cette base de donnée à fin d'en tirer les principales propriétés. Les taux de défaut y sont exprimés en pourcentage et Il y a sept échelles de Rating : AAA, AA, A, BBB, BB, B et CCC/C.

Années	AAA	AA	A	BBB	BB	B	CCC/C
1981	0	0	0	0	0	2,27	0
1982	0	0	0,21	0,34	4,22	3,13	21,43
1983	0	0	0	0,32	1,16	4,58	6,67
1984	0	0	0	0,66	1,14	3,41	25
1985	0	0	0	0	1,48	6,47	15,38
1986	0	0	0,18	0,33	1,31	8,36	23,08
1987	0	0	0	0	0,38	3,08	12,28
1988	0	0	0	0	1,05	3,63	20,37
1989	0	0	0,18	0,6	0,72	3,38	33,33
1990	0	0	0	0,58	3,57	8,56	31,25
1991	0	0	0	0,55	1,69	13,84	33,87
1992	0	0	0	0	0	6,99	30,19
1993	0	0	0	0	0,7	2,62	13,33
1994	0	0	0,14	0	0,28	3,08	16,67
1995	0	0	0	0,17	0,99	4,58	28
1996	0	0	0	0	0,45	2,91	8
1997	0	0	0	0,25	0,19	3,51	12
1998	0	0	0	0,41	0,82	4,63	42,86
1999	0	0,17	0,18	0,2	0,95	7,29	33,33
2000	0	0	0,27	0,37	1,15	7,67	35,96

2001	0	0	0,27	0,34	2,94	11,52	45,45
2002	0	0	0	1,02	2,88	8,2	44,44
2003	0	0	0	0,23	0,58	4,06	32,7
2004	0	0	0,08	0	0,43	1,45	16,18
2005	0	0	0	0,07	0,31	1,74	9,09
2006	0	0	0	0	0,3	0,82	13,33
2007	0	0	0	0	0,2	0,25	15,24
2008	0	0,38	0,39	0,49	0,81	4,08	27
2009	0	0	0,22	0,55	0,75	10,92	49,46
2010	0	0	0	0	0,58	0,85	22,73
2011	0	0	0	0,07	0	1,66	16,42
2012	0	0	0	0	0,3	1,56	27,33
2013	0	0	0	0	0,09	1,63	24,18
2014	0	0	0	0	0	0,77	17,03

Tableau 8 : S&P taux de défaut annuel selon la classe de Rating (%)

Source: S&P, 2014 Annual Global Corporate Default Study and Rating Transitions

La fonction *summary* de R nous permet d'afficher les principaux quantiles ainsi que la moyenne de chaque variable, le tableau suivant en est la représentation :

	AAA	AA	A	BBB	BB	B	CCC/C
Minimum	0	0	0	0	0	0,250	0
1 ^{er} Quartile	0	0	0	0	0,3000	1,873	15,28
Médiane	0	0	0	0,1200	0,7100	3,460	22,91
Moyenne	0	0,01618	0,06235	0,2221	0,9535	4,515	23,63
3 ^{ème} Quartile	0	0	0,12500	0,3625	1,1475	6,860	32,34
Maximum	0	0,38	0,39000	1,0200	4,2200	13,840	49,46
Mode	0	0	0	0	0	4,58	33,33

Tableau 9: Mesures statistiques des différents taux de défaut selon le Rating

Source: S&P Ratings Services, 2014 Annual Global Corporate Default Study and Rating Transition

La première chose qui ressort du tableau ci-dessus, est le fait qu'on ne constate aucun défaut chez les entreprises notée AAA durant toute la période d'observation. On remarque aussi que plus les

notations des entreprises est faible plus les taux de défaut moyens sont importants, passant de 0% pour les entreprises AAA à 23.63% pour les entreprises CCC/C.

Ce qu'on peut aussi voir, c'est que le maximum de taux de défaut pour chaque catégorie de Rating a été observé entre 2008 et 2009, correspondant à la période de crise financière et économique mondiale déclenché par la crise des "subprime" aux Etats-Unis.

Le graphiques suivant obtenu à partir de la fonction *plot* de R nous renseigne sur la tendance globale des taux de défaut en fonction des catégories de Rating ;

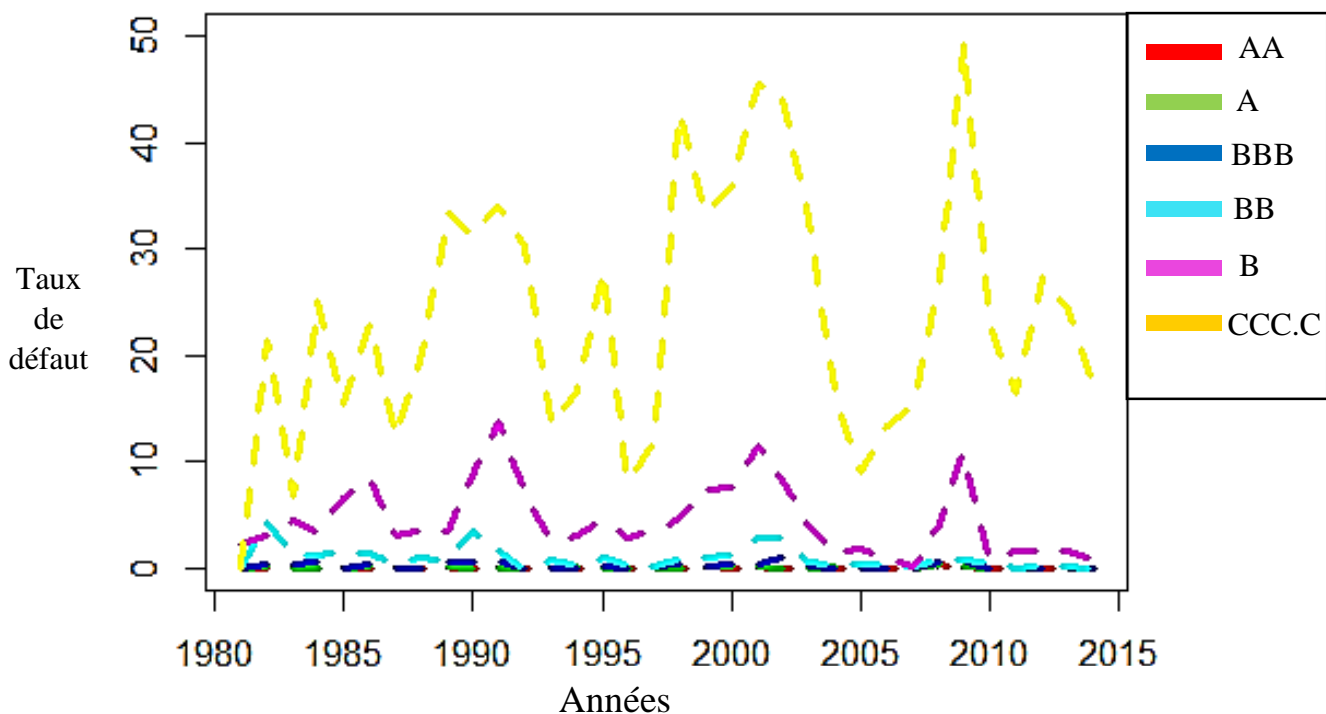


Figure 12: Courbe des taux de défauts annuels moyens selon le Rating.

D'après ce graphiques on remarque distinctement que les fluctuations des taux de défaut commencent à se ressentir dès qu'on se positionne sur des Rating de moindre qualité, cette fluctuation s'accroît sensiblement à partir de la classe BB. On voit que les entreprises de niveau de Rating B et à plus grande échelle CCC/C pâtissent de taux de défaut nettement plus importants, à contrario des autres catégories de Rating qui restent relativement stable, exception peut être faite pour la catégorie BB qui connaît à des périodes distinctes de légères hausse de défauts.

2.2. Estimation de la volatilité des taux de défaut

On veut estimer la variabilité des taux de défaut par rapport à la moyenne, la fonction $s.d$ de R nous permet d'afficher les valeurs suivantes :

RATING	ECART TYPE des Taux de Défauts (%)
AAA	0,00
AA	0,07
A	0,11
BBB	0,26
BB	1,03
B	3,36
CCC/C	12,00

Tableau 10: Volatilités des taux de défaut selon la classe de notation

On constate que plus la qualité du "credit Rating" est faible, plus la volatilité de défaut est importante, ce qui représente un facteur de risque supplémentaire. Avec un minimum de 0 pour les entreprises notées AAA, et un maximum de 12,00 % pour les entités notées CCC/C. Là aussi on voit clairement que la variabilité des taux de défaut augmente de manière significative dès qu'on atteint le Rating BB.

D'après ces constats, on peut dire que notre base de données se compose de deux grands pôles de risque : Les entreprises notées AAA, AA, A, BBB, qui sont peu risqué et qui présente l'avantage d'une certaine stabilité à travers le temps. Et les entreprises notées BB, B, CCC/C, ou le risque est présent de manière significatif, avec des taux de défauts moyens d'ampleurs, ainsi qu'une variabilité de taux de défaut non négligeable voire importante.

Au regards de ces résultats, nous pouvons affirmer que les méthodes de notations de credit effectué sur les entreprises à fin de capter leur aptitude à honorer leur engagement, ont gagné une forte légitimité au cours des ces années.

2.3. Détermination des taux de défaut et de leur volatilité dans le cas de notre portefeuille

2.3.1. Présentation du modèle de Scoring "CagexRating"

Le modèle CagexRating comme son nom l'indique, a été élaboré par la CAGEX, Compagnie Algérienne d'Assurance et de Garantie des Exportations, dans le contexte des réglementations axées sur le risque de crédit, énoncées par Bale II et relayé par la Banque d'Algérie. Ce modèle a été récemment implémenté au niveau des banques publiques activant dans le financement des entreprises. C'est un modèle de risque de crédit qui se fonde sur une analyse discriminante afin d'évaluer la solvabilité de chaque entreprise sur la base d'un ensemble de données d'ordre quantitatives et qualitatives. Le modèle génère un score qui permettra de positionner les différentes entreprises en classes de risques, ces dernières sont échelonnées sur une notation allant de 1 jusqu'à 7, de la classe la moins risquée à la plus risquée, comme le montre le tableau suivant :

Classes de Rating	Niveaux de Risque de crédit
1	Excellent
2	Très bien
3	Bien
4	Modéré
5	Acceptable
6	Elevé
7	Très Elevé

Tableau 11: Classe de rating selon CagexRating

2.3.2. Mapping entre les catégories de Rating S&P et Cagex

En effectuant une simple correspondance entre les classes de Rating énumérés par S&P et ceux de la Cagex, et en reliant les taux de défaut ainsi que les volatilités du taux de défaut, on obtient :

CagexRating	S&P	T.D Moyen (%)	Ecart-type TD (%)
1	AAA	0,000	0,00
2	AA	0,016	0,07
3	A	0,062	0,11
4	BBB	0,220	0,26
5	BB	0,950	1,03
6	B	4,510	3,36
7	CCC/C	23,630	12,00

Tableau 12: Tableau de correspondance entre les Rating CagexRating et S&P

2.4. Estimation du LGD

Nous avons vu plus haut que dans l’approche CreditRisk+ chaque exposition est exprimée en pourcentage du Loss Given Default, cette dernière unité représente le pourcentage de la perte potentielle net du recouvrement probable à travers des procédures judiciaires. En l’absence de données consistants concernant les procédures de recouvrements et d’estimation du LGD, nous nous référerons sur des taux de recouvrement utilisés lors d’un précédent mémoire portant sur le même sujet³¹ :

Types de garanties	Recouvrement moyen (%)
Garantie Personnelle	81,6
Garantie Financière	67,0
Hypothèque	46,0
Nantissement de bons de caisse	32,4
Nantissement de marchés publics ou facture	31,2
Garantie Bancaire	18,7

Tableau 13:recouvrement moyen selon le type de garantie.

Ces taux de recouvrements seront appliqués aux différents types de garanties à fin d’en dériver l’LGD, dans le cas d’une exposition avec plusieurs types de garanties, un taux de recouvrement pondéré sera calculé.

SECTION 3 : ANALYSE DESCRIPTIVE DES INTRANTS

3.1. Présentation de la base de données

Notre base de données est constituée d’un portefeuille de 186 P.M.E, en la mesure de 5 variables. Nous en affichons les 5 premières lignes :

Cpnumber	CPname	exposure	lgd	maturity	rating	S1	S2	S3	S4	S5	S6
1	NAME 1	9260000	0.34	365	1	1	0	0	0	0	0
2	NAME 2	95992881	0.40	365	2	1	0	0	0	0	0
3	NAME 3	9260000	0.37	365	2	1	0	0	0	0	0
4	NAME 4	109093088	0.22	365	1	1	0	0	0	0	0
5	NAME 5	10989344	0.25	365	2	1	0	0	0	0	0

Tableau 14:Echantillon de notre base de données

³¹ A.DAHACHE, Modélisation du Risque de Crédit, Ecole supérieure de Banque d’Alger, 2009, p.99

Afin de décrire les variables considérées dans notre étude, le tableau ci-dessous nous donne une description de chaque variable :

Variabes	Description de la variable	Types de variables
CPnumero	Variable désignant la numérotation des entreprises (nécessaire à la modélisation CR+)	Qualitative ordinale
CPname	Variable désignant le nom de chaque entreprise (nécessaire à la modélisation CR+)	Qualitative ordinale
<i>exposure</i>	Montant en D.A de l'engagement de la banque (hors découvert et hors engagement par signature)	Quantitative continue
<i>lgd</i>	Pourcentage du LGD	quantitative continue
<i>maturity</i>	Désigne l'horizon temporel pris en compte dans la modélisation	qualitative nominale
<i>Rating</i>	Désigne la notation de chaque entreprise	Qualitative ordinale
S1	Prend la valeur 1 si l'entreprise appartient au secteur de la pharmacie et parapharmacie, 0 sinon	Dichotomique
S2	Prend la valeur 1 si l'entreprise appartient au secteur de la chimie et du plastique, 0 sinon	Dichotomique
S3	Prend la valeur 1 si l'entreprise appartient au secteur des travaux publics, 0 sinon	Dichotomique
S4	Prend la valeur 1 si l'entreprise appartient au secteur de l'industrie agroalimentaire, 0 sinon	Dichotomique
S5	Prend la valeur 1 si l'entreprise appartient au secteur de l'hôtellerie, 0 sinon	Dichotomique
S6	Prend la valeur 1 si l'entreprise appartient au secteur des services, 0 sinon	Dichotomique

Tableau 15: Interprétation des variables de notre étude

La variable *Rating* contient les notations des 186 entreprises. La variable *Exposure* nous donne le montant en dinars des encours hors découvert et hors engagement par signature de la banque vis-à-vis de chaque entreprise. Les variables S1, S2, S3, S4, S5 et S6 nous renseignent sur les secteurs d'activité concernés où se répartissent les P.M.E dans notre portefeuille, c'est-à-dire : pharmacie et parapharmacie, chimie et plastique, travaux publics, industrie agroalimentaire, hôtellerie et services. Enfin la variable *lgd* représente le pourcentage de perte potentiel sur chaque entreprise, estimée à partir des taux de recouvrement moyen appliqués sur chaque type de garantie.

3.2. Analyse descriptive du portefeuille

Nous allons tout d'abord nous intéresser à la répartition de nos 186 P.M.E selon leurs notes, nous utilisons la fonction *table*, R produit les résultats suivant :

NOTE	1	2	3	4	5	6	7
niveau de risque	Excellent	Très bon	Bon	Modéré	Acceptable	Elevé	Très Elevé
Fréquence	64.52%	19.89%	7.53%	2.15%	3.76%	1.08%	1.08%

Tableau 16:Fréquence des entreprises constituant notre portefeuille selon leur Notations

Ce qui ressort de ces informations, c'est que la grande majorité des entreprises constituant notre portefeuille bénéficie d'un rating très avantageux. En effet plus de 84% des PME présentent un niveau de risque des plus appréciables. On remarque aussi que les entreprises à risques sont minoritaires dans notre portefeuille et ne dépasse guère les 5%. Enfin, en ce qui concerne les entreprises avec un niveau de risque bon, modéré et acceptable, elle représentent 13.44% de notre portefeuille. Au final, nous pouvons conclure qu'à priori notre portefeuille est excellentement bien réparti et que le niveau de risque y émanant est très faible.

fréquence des entreprises selon leurs notation

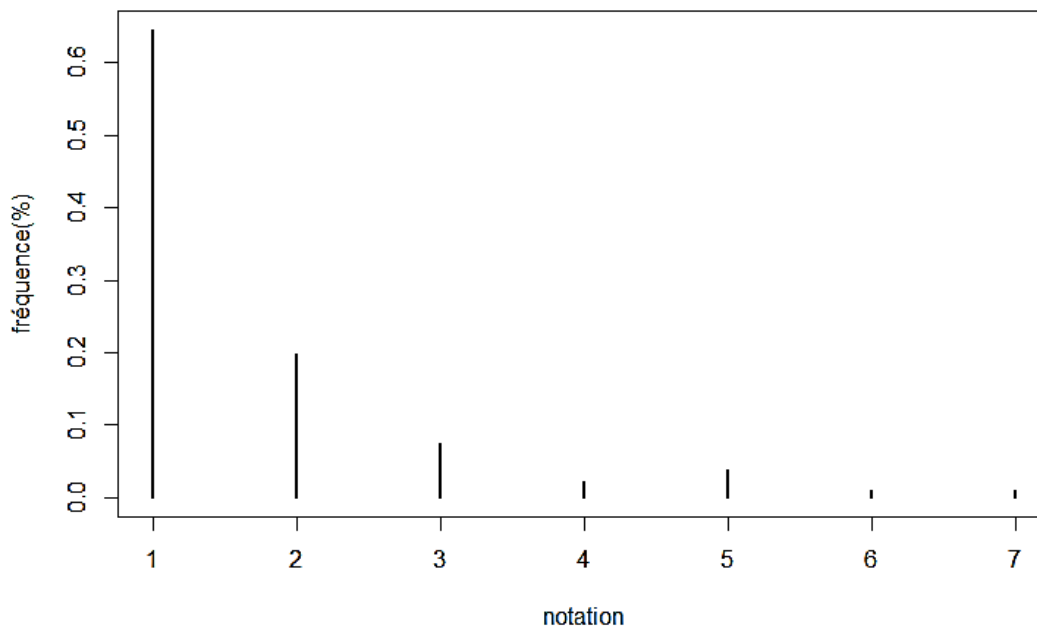


Figure 13:Fréquence des entreprises constituant notre portefeuille selon leurs Notations

Intéressons-nous dès à présent à la distribution dans notre portefeuille du montant des expositions. En utilisons la fonction *summary* de R nous obtenons les résultats suivants :

	Min	1er Quartile	Mediane	Moyenne	3ème Quartile	Max
Montant de l'encours (D.A)	9, 260, 000	9, 260, 000	30, 770, 000	43, 640, 000	74, 900, 000	118, 401, 382

Tableau 17: Propriétés statistiques de l'engagement de la banque sur notre portefeuille

On voit d'après le tableau ci-dessus que le montant maximum des engagements de la banque sur notre portefeuille est de 118, 401, 382 DA et que le montant minimum d'engagement équivaut à 9, 260,000 DA. On note aussi que la banque a une exposition moyenne sur le portefeuille de 43, 640, 00 DA. Mais aussi, d'après les quartiles, on peut dire que 75% des montants des expositions sont supérieur à 9, 260,000 DA, que 50% de ces derniers sont supérieurs à 30, 744,000 DA et réciproquement inférieur. Enfin 25 % des montants des engagements ont une valeur supérieure à 74, 900,000 DA. A savoir que le montant global de l'engagement de la banque pour les 186 P.M.E représentant notre portefeuille vaut 8, 116, 516, 975 DA.

Enfin nous nous intéressons sur la répartition des P.M.E selon le secteur d'activité, en utilisant la fonction graphique *barplot* de R, ce dernier nous renvoie le diagramme en tuyaux suivant :

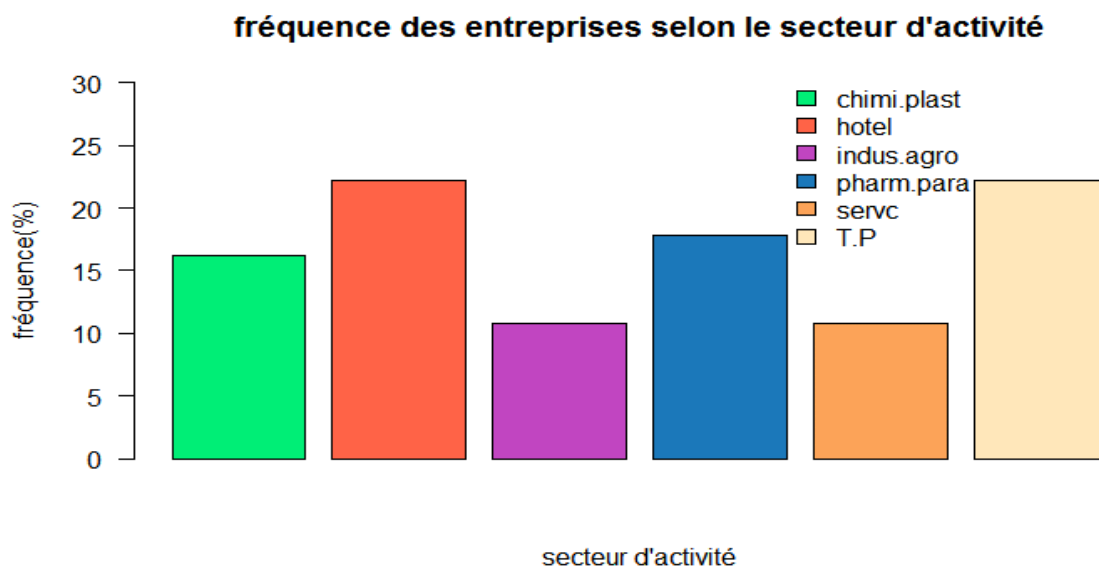


Figure 14:Fréquence des entreprises selon leurs secteur d'activité

On remarque que notre portefeuille est composé principalement d'entreprise activant dans les secteurs de l'Hôtellerie et des Travaux Publics. Le secteur de la pharmacie et de la

parapharmacie vient en second, vient ensuite l'activité chimique et plastique et en dernier lieu l'industrie agroalimentaire et les services.

SECTION 4 : IMPLEMENTATION DU MODELE CR+

Pour aboutir aux différentes mesures du risque de crédit à l'aide du modèle CREDITRISK+, nous utilisons le package 'crp.CSFP : CreditRisk+ Portfolio Model' téléchargeable à partir du site internet du CRAN (*Comprehensive R Archive Network*)³². Ce package permet de modéliser le risque de crédit au niveau d'un portefeuille de titres en se basant sur l'approche CR+. A souci de compréhension pour le lecteur, un document consultatif est fournie en association avec le package. Ce document en format *Portable Document Format*, communément appelé PDF dicte de manière très précise les commandes nécessaires pour aboutir aux résultats escomptés.

Il est à signaler que le modèle CR+ pour une modélisation sectorielle nécessite l'intégration de la variance des taux de défaillance selon les secteurs d'activité cependant en l'absence de ces information empiriques nous avons générer des valeurs aléatoire comprises entre 0 et 2 comme préconisé dans le document consultatif du package en cas d'absence de ces inputs.

Etant donné que les standards internationaux recommandent un seuil de confiance de 99.90%, nous avons décidé de fixer les valeurs des différentes mesures du risque de crédit à ce seuil. Le logiciel R à un niveau de confiance de 99.90% nous affiche la valeur émanant des mesures du risque de crédit présentés dans le tableau suivant ;

Mesures du risque sur le portefeuille	Montants (D.A)	% de l'engagement Total
Perte attendue	9, 090, 554	0.11
Capital Economique	91, 909, 446	1.13
VaR	101, 000, 000	1.24
Expected Shortfall	115, 348, 962	1.42
Ecart-type de la perte	14, 823, 235	0.18
Total engagement	8, 116, 516, 975	100

Tableau 18: Mesures du risque de crédit sur notre portefeuille générées par le modèle CR+

Le logiciel R nous affiche aussi le graphique de la fonction de distribution des probabilités de perte communément appelé *probability distributing function (PDF)* :

³² <https://cran.r-project.org/>

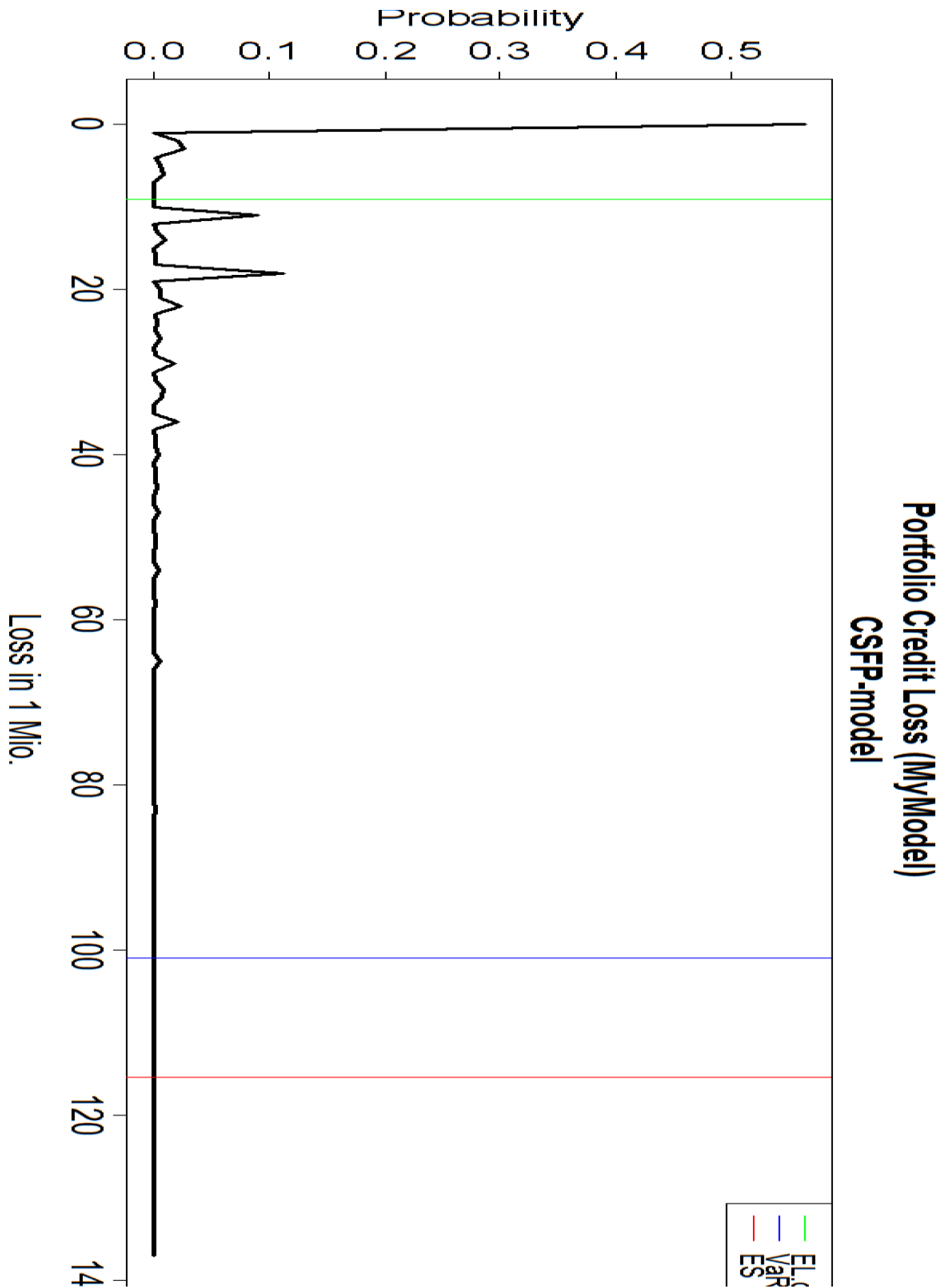


Figure 15: Graphique de la fonction de distribution des probabilités de perte

4.1. La Perte attendue

Les résultats sont clairs, la perte attendue sur notre portefeuille à un horizon d'une année est de 9, 090, 554 D.A soit 0.11 % du total engagement sur le même portefeuille. La perte attendue est une mesure très importante car c'est le point de départ d'une méthode de provisionnement *ex ante*. En effet, en général le provisionnement se fait *ex post* selon les différentes classes de risques établies par la Banque d'Algérie, et qui se réfèrent sur des horizons de retards d'échéances plus ou moins longues selon la classe de risque. Cependant il est établi qu'un provisionnement additionnel *ex ante* donnerait d'avantage d'information et de sécurité en rapport avec le portefeuille de prêt considéré. A cet effet, CreditRisk+ considère la perte attendue comme le montant annuel de la provision *ex ante* sur le portefeuille de crédit, elle est plus couramment connu sous la dénomination *ACP*, pour *Annual Credit Provision*. Dès lors il peut être utile de calculer fréquemment l'ACP afin de tenir compte d'un éventuel changement de qualité sur notre portefeuille.

Certes l'ACP représente la perte attendue sur notre portefeuille, cependant comme l'expérience l'a montré les pertes peuvent être nettement supérieures à l'Expected Loss. C'est pour cela que CR+ a introduit l'ICR pour *Incremental Credit Reserve*. C'est la provision nécessaire à l'absorption d'un éventuel débordement sur la Perte Attendue. Enfin l'*ICR Cap* est un montant de provision alloué à des situations de pertes extrêmes, il est généralement définie comme le 99^{ème} centile de la distribution de perte. La figure suivant synthétise ce que nous venons d'énoncer :

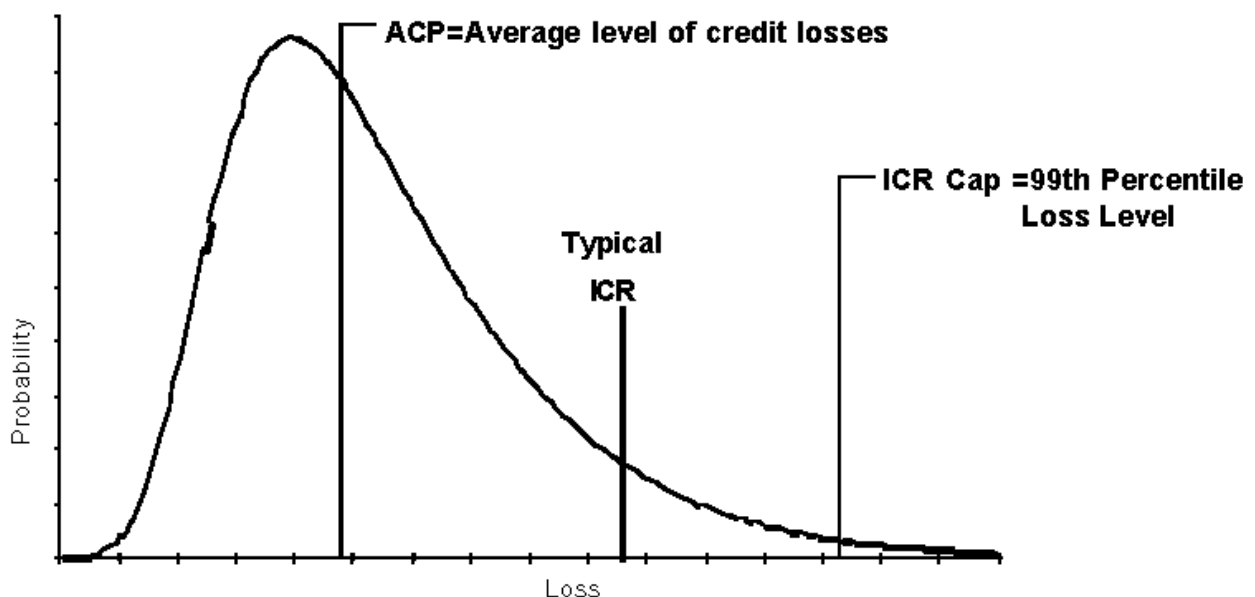


Figure 16: Standards de provisionnement "ex ante" selon le modèle CR+

De plus, le risk manager est à même de calculer les provisions nécessaires par secteur d'activité, en utilisant la fonction *loss.k* du package, R calcul le montant des pertes attendues par secteur d'activité, on obtient :

Secteur d'activité	Perte attendue	Perte attendue (%)
Pharmaceutique et Parapharmacie	275, 381.5	3,03
Chimie et Plastique	962, 868.3	10,59
Travaux Publics	181, 840.2	02,00
Industrie Agroalimentaire	435, 835.4	04,79
Hôtelleries	4, 637, 620.8	51,02
Services	2, 612, 076.7	28,73

Tableau 19: Contribution à la Perte Attendue par secteur d'activité

On remarque que le secteur de l'Hôtellerie est le secteur d'activité le plus gourmand en provision avec un montant égal à 4, 637, 620.8 D.A soit 51,02% du total de l'ACP. Suit le secteur des Services avec 2, 612, 076 D.A de provision, 28,73 % du total de l'ACP. Vient en troisième position le secteur de la Chimie et du Plastique avec pas moins de 962, 868.3 D.A. Le secteur de l'industrie agroalimentaire vient en quatrième position en termes de contribution à la provision. Enfin le secteur Pharmaceutique et Parapharmaceutique et le secteur des Travaux Publics représentent les secteurs d'activités les moins consommateurs en ACP. Ces données seront utiles à l'analyste crédit et aux décideurs de la banque à fin d'avoir une vision globale sur la quotité de perte attendue selon chaque secteur d'activité. Il est clair que les secteurs les moins consommateurs en provisions seront favorisés en matière de financement, avec par exemple une augmentation des flux d'engagement avec les entreprises appartenant à ce secteur. A contrario les branches les plus consommatrices de provisions se verront instaurer des limites de financement en plafonnant par exemple leur engagement à un certain montant maximum, les possibilités d'actions sont nombreuses. Enfin au regard de cela, une politique de tarification peut être adaptée, avec un rabais du taux d'intérêt pour les secteurs les moins consommateurs en ACP et un réajustement à la hausse pour les secteurs les plus consommateurs.

Et on peut aller encore plus loin, nous pouvons déterminer le montant de provision *ex ante* pour chaque entreprise composant notre portefeuille. La fonction *PL.crp* de notre package permet

d'afficher les montants des pertes potentielles pour chaque entreprise, ces montants représentent la perte possible net du montant recouvrable. De plus nous savons que :

$$EL = Perte Potentielle \times Taux de défaut attendu$$

Dès lors on obtient facilement les pertes attendues associées à chaque entreprise, et de là on arrive à détecter les entreprises qui nécessitent le provisionnement le plus important. Là aussi le Risk Manager pourra agir, en effet en désignant les entreprises dont la contribution à l'ACP est élevée, il sera en mesure de justifier l'exigence de garantie supplémentaire. Aussi, une tarification à la hausse pour ces PME en fonction de leur niveau de contribution à l'ACP sera fortement suggérée. De plus il sera en mesure d'alerter les responsables de ces PME quant à leurs fortes pertes attendues car une perte attendue importante peut être causée par un faible niveau de rating. Dans ce cas une restructuration de l'entreprise sera profitable pour les deux parties.

4.2. Le Capital Economique

Nous avons vu plus haut que le montant de provision nécessaire selon qu'on se positionne au niveau d'un portefeuille, d'un secteur ou d'une entreprise. Cependant cette provision ne couvre que la perte attendue. La banque se doit de considérer d'éventuels niveaux de pertes supérieures à l'Expected Loss qui sont de nature imprévues. Elle doit donc allouer un capital à ces pertes dites inattendues. Ce capital est désigné comme le Capital Economique du portefeuille. C'est en quelque sorte la réserve en capitaux propres dont la banque doit se doter afin de garantir à un certain niveau sa solvabilité en cas de fortes pertes.

Dans notre cas le montant du Capital Economique à allouer à un niveau de 99.90% sur une période de détention annuelle équivaut à 91, 909, 446 D.A, ce chiffre représente le montant de fonds propres que la banque doit allouer à la couverture des pertes inattendues. Ce montant pourra être comparé au montant des fonds propres réglementaire ou bien comparé d'années en années pour évaluer l'évolution du risque émanant de l'activité de crédit de la banque.

Il est aussi possible aussi d'identifier les principales sources de risques dans notre portefeuille, c'est les contributions des différentes sous catégories de notre portefeuille au Capital Economique, ces contributions devront être couvertes par des fonds propres. C'est exactement ce qu'on a appelé au deuxième chapitre du présent mémoire : la Contribution au Risque (RC). Elle peut être définie selon le secteur d'activité, la zone géographique, et même au niveau individuelle. Nous pouvons donc détecter les sources de risque sur notre portefeuille, ce qui peut être très utile pour les décideurs de la banque, sachant que les fonds propres représentent l'apport des actionnaires, ces

derniers exigent un rendement sur cet apport, c'est donc des ressources chères à la banque. Le fait de détecter les entreprises ayant la contribution au risque la plus importante, de les analyser en fonction de leur nature d'activité, de leur zone géographique, leur degrés de dépendance à l'importation...etc., facilite considérablement la politique de diversification au sein du portefeuille et permet de faire face au risque de concentration.

Il est à noter que plus le niveau de confiance pris en compte dans notre modélisation est élevé, plus le montant du Capital Economique requis croît. Le tableau et le graphique suivant en font état :

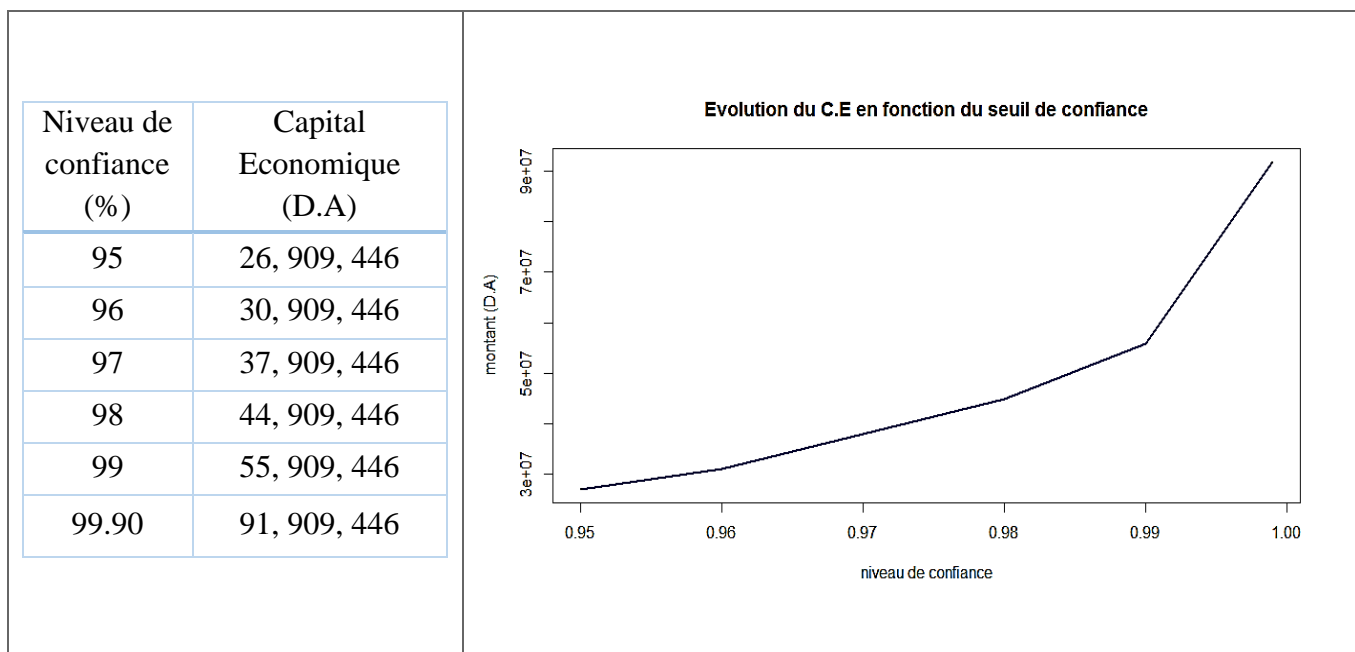


Figure 17:Evolution du montant du Capital Economique selon le niveau de confiance

On voit clairement que le montant du capital économique croît de manière exponentielle en fonction de l'augmentation du niveau de confiance. Cet accroissement est considérablement accentué lors de l'évolution d'un seuil de 99 % à un seuil de 99.90%.

En matière de Rating, si notre banque sur ce portefeuille vise une notation appréciable, disons par exemple A, elle devra se fixer un seuil de confiance égal à 0.93 %, correspondant à une probabilité de défaut égal à 0.07 %, comme le montre le tableau 20³³, et doit donc de justifier d'un montant de 24, 909, 446 D.A de fonds propres destiné à la couverture de son risque économique.

³³ Fitch Ratings, Inc. 2015 Form NRSRO Annual Certification, p.3

%	D
AAA	0.15
AA	0.04
A	0.10
BBB	0.17
BB	1.16
B	0.93
CCC/C	16.91

Tableau 20: Probabilité de Défaut annuelles moyennes des Institutions Financières (%)

Source : Fitch

4.3. La Value At Risk

Comme vu précédemment nous avons choisi un niveau de confiance de 99.90%, ce choix est loin d'être arbitraire et vise à assurer un maximum de sécurité. Cependant comme vu plus haut il a l'inconvénient de mobiliser une importante quantité en capital comparativement à des degrés de confiance moindres. A ce seuil de sécurité, le modèle CreditRisk + nous donne la valeur suivante : $Var_{99,90\%} = 101,000,000$ D.A. C'est l'équivalent de 1,24% du total engagement sur notre portefeuille. Donc nous sommes sûrs à 99.90% que le niveau de perte maximal sur notre portefeuille dans un horizon temporel d'une année n'excèdera pas le montant de 101,000,000 D.A. En d'autres termes il y a 0.1% de chance que la perte subie sur notre portefeuille dans un horizon d'une année dépasse les 101,000,000 D.A.

Comme pour le cas du Capital Economique, la Value At Risk croît aussi de manière exponentielle en fonction du degré de confiance fixé, avec notamment un accroissement d'ampleur dès qu'on passe du seuil de 99% au seuil de 99.99%, comme le montre la figure suivante :

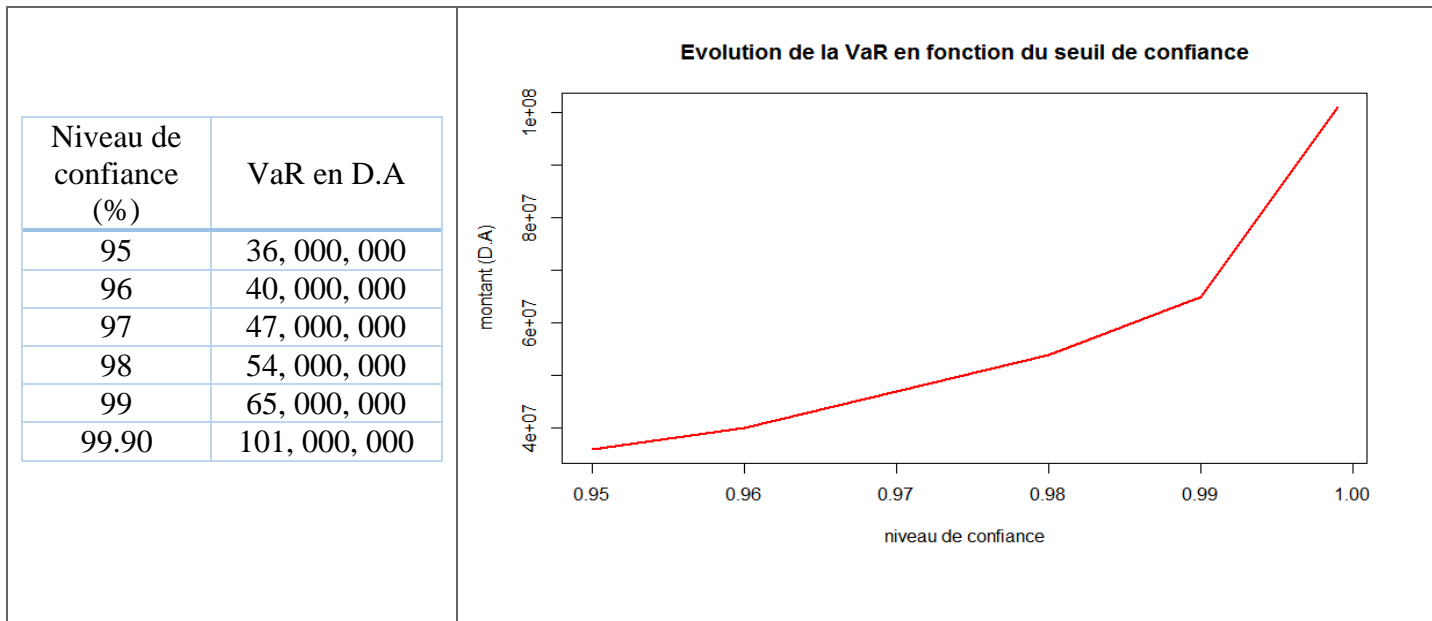


Figure 18: Evolution de la Value At Risk en fonction du niveau de confiance

4.4. L’Expected Shortfall

Nous avons vu que la VaR définissait une perte maximale ne pouvant être excédée avec un seuil de confiance α . Dans le cas de l’Expected Shortfall on s’intéresse à ce qui se passe dans les $(1 - \alpha)$ cas restant. En effet l’Expected Shortfall sur un horizon temporel t , à niveau α , évalue la perte attendue en supposant que la perte soit supérieure à la VaR. Dans le cas de notre portefeuille, composé de 186 PME rappelons le, avec un montant d’exposition total de 8, 116, 516, 975 D.A, l’Expected Shortfall sur une année, au niveau de confiance 99,90% est égale à 115, 348, 962 D.A soit 1.42 % du total de notre engagement. Donc 115, 348, 962 D.A représente le montant attendue de la perte dans 1 an, à supposer que celle-ci excède notre Value At Risk.

Dans ce cas aussi, on remarque que l’E.S suit la même évolution exponentielle du Capital Economique et de la VaR lorsqu’on augmente le niveau de confiance comme le montre la figure 19. Au final on conclue sur le fait que les mesures du risque de crédit qui sont le Capital Economique, la Value At Risk et l’Expected Shortfall suivent une évolution parallèle en fonction des niveaux de confiance appliqués, et qu’une modification aussi marginale soit elle de ce dernier induit des variations importantes en montants.

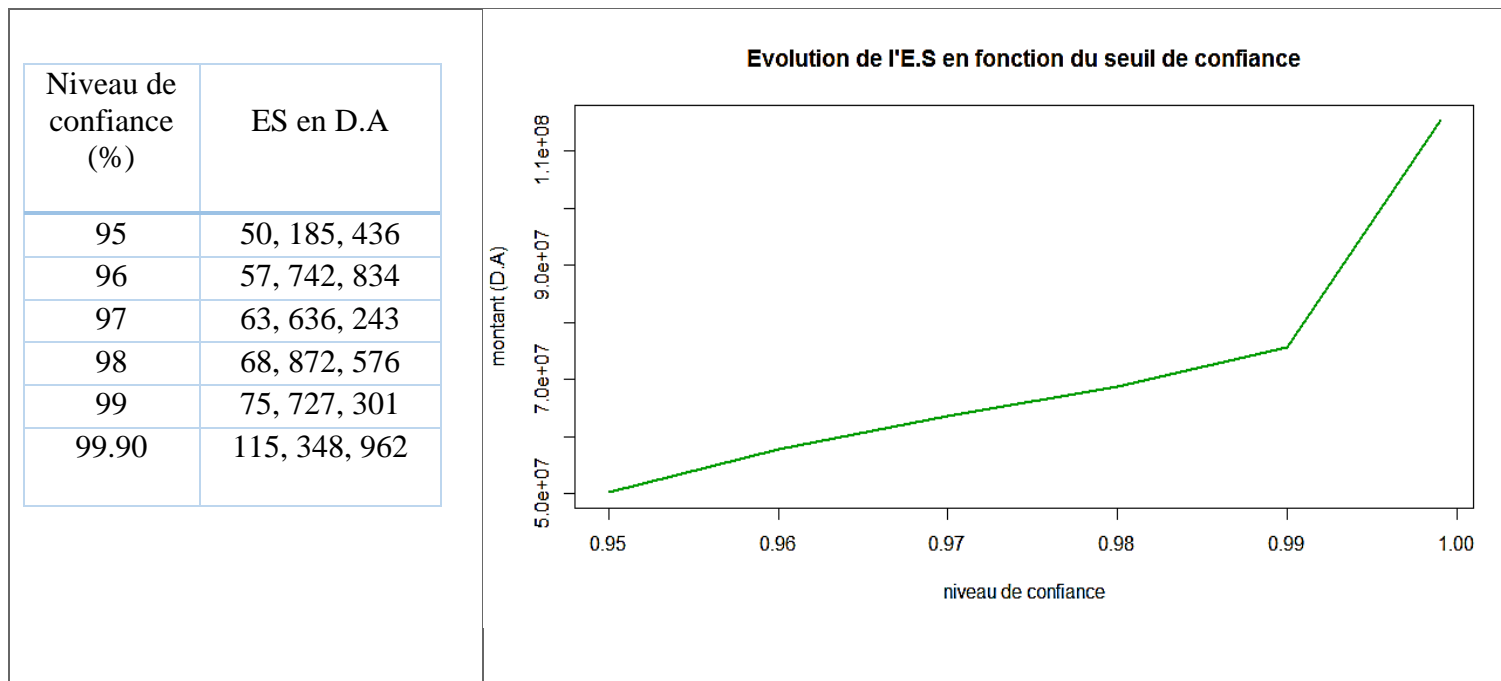


Figure 19: Evolution de l'Expected Shortfall en fonction du niveau de confiance

4.5. L'Ecart-type de la perte

L'écart-type est une mesure qui sert à apprécier la volatilité de la perte émanant d'un portefeuille sur un horizon t . En désignant (EL ; volatilité) comme un couple d'indicateurs sur notre portefeuille, nous pouvons assimiler cela au couple (Rendement ; volatilité) de la théorie moderne du portefeuille. En ce sens il est admis qu'un effet de diversification permettrait d'optimiser notre portefeuille. De plus, tandis que l'Ecart-type est couramment utilisé pour caractériser la volatilité d'une distribution de type Normal, dans le cas de distributions asymétriques il est moins pertinent³⁴.

Dans notre cas on obtient le couple d'indicateurs (9, 090, 554 ; 14, 823, 235), on dira donc que sur notre portefeuille, avec un horizon d'un an, on s'attend à subir une perte moyenne de 9, 090, 554 D.A avec une volatilité possible de 14, 823, 235 D.A.

Une information supplémentaire et non des moins pertinentes que fournit la modélisation CR+ est l'estimation de l'ampleur du risque systématique et spécifique au sein du portefeuille. Ce faisant en introduisant dans le modèle les informations sur les secteurs d'activités, nous sommes en

³⁴ M.Gundlach, F.Lehrbass, CreditRisk+ in the Banking Industry, 2003, p.14.

mesure de déterminer le niveau de risque diversifiable, exclusif aux caractéristiques propres aux entreprises, et le niveau de risque non spécifique, systématique à des facteurs particulier liés à tel ou tel secteur d'activité. En utilisant la fonction *sigma_square_syst* et *sigma_square_div* on obtient :

$$\sigma_{syst}^2 = 3,54894 \text{ E}+13 \text{ et } \sigma_{div}^2 = 1,842389 \text{ E}+14$$

Avec :

$$\sigma_{perte}^2 = \sigma_{syst}^2 + \sigma_{div}^2$$

Donc le montant du risque systématique sur notre portefeuille dans un horizon de 365 jours est égal à 5, 957, 298 DA et le montant du risque diversifiable équivaut à 13, 573, 462 DA. Alors nous pouvons dire d'une manière globale que le risque spécifique, c'est-à-dire diversifiable émanant de notre portefeuille est nettement supérieur au risque systémique. Au final ceci représente un véritable outil de décision pour les gestionnaires de la banque, en effet la contribution au risque systématique de chaque secteur voire de chaque entreprise pourra être déterminée. Ceci va permettre au risk manager d'anticiper d'éventuels risques de concentration sur le portefeuille et donc d'agir en conséquence. L'action la plus efficace et la plus utilisé consistera sans doute en l'instauration de limites de financement³⁵.

³⁵ CREDITRISK+, A Credit Risk Management Framework, CREDIT SUISSE FIRST BOSTON.

Conclusion

Au terme de ce chapitre, nous avons utilisé le modèle CreditRisk+ afin d'aboutir aux mesures du risque de crédit tant nécessaire à l'appréciation de ce dernier or au préalable de cela nous avons estimé les différents inputs nécessaires à la modélisation CR+. En effet nous avons calculé les taux de défaillance moyens des entreprises selon leur Rating, nous avons ensuite calculé leurs volatilités. Ceci nous a permis de correspondre les taux de défaut calculés selon une échelle de notation de type Standard & Poor's aux différentes catégories de notation définies par le système de notation CagexRating. Dès lors nous avons estimé l'LGD à l'aide de différents taux de recouvrement moyen collectés dans le cadre d'une étude précédente, ensuite nous avons défini la période de rétention des actifs à une année. Par la suite, et à l'aide d'une analyse descriptive du portefeuille, nous avons remarqué que ce dernier était excellemment bien répartis en terme de niveau de risque et que le niveau des engagements était relativement moyen tout en notant une prédominance d'entreprises activant dans le secteur de l'hôtellerie et des travaux publics.

Les différents paramètres du modèle dûment spécifiés nous avons pu constituer notre base de données que nous avons intégrée par la suite dans le logiciel R afin aboutir aux résultats suivant :

- une Perte Attendue annuelle globale devant être couverte en provisions et en marge d'intérêts d'un montant de 9, 090, 554 D.A, avec un écart possible de 14, 823, 235 D.A.
- Sur la perte Attendue, nous avons pu démontrer que le secteur Hôtelier y contribuait grandement, à hauteur de plus de 50%.
- un montant de Capital Economique équivalent à la Perte Inattendue possible à un seuil de 99.90% et absorbé par des fonds propres égal à 91, 909, 446 D.A,
- une Value At Risk traduisant la dégradation maximale possible de la valeur du portefeuille à niveau de 99.90% égal à 101, 000, 000 D.A,
- enfin un Expected Shortfall exprimant la Perte Attendue dans le cas où la perte excéderait la Value at Risk de l'ordre de 115, 348, 962D.A.

Nous avons aussi pu avancer qu'un changement marginal et minime du niveau de confiance entraînait un accroissement exponentiel en montant.

Enfin les marges de manœuvres possibles en conséquence des résultats ci-dessus, destinés à réduire le risque de crédit et assignées aux managers de la banque ont pu être spécifiées, en conséquence de quoi nous pouvons dire que ces actions contribuent effectivement à l'amélioration et au maintien de la solvabilité bancaire par rapport à ses engagements

Conclusion Générale

Au travers de la recherche initiée nous avons voulu apporter une plus value dans le domaine bancaire en mettant à débat une méthodologie nouvelle de gestion du risque de crédit. Cette dernière utilisée à bon escient aura vocation d'anticiper les résultantes d'un risque liés à l'activité même d'une banque. C'est admis la banque est une usine à risque, elle a vocation à commercer de l'argent en prenant des risques mais parallèlement à cela elle se doit de maîtriser ces risques et ce du fait de l'implication systématique de toute une société dans ses ressources, ménages, entreprises, institutions ...etc. De ce fait contribuer à la sauvegarde et au maintien de la pérenité et de la solvabilité d'une banque ne peut être qu'un objectif noble.

Pour y parvenir nous avons proposé de décrire les différents cheminements nécessaires à l'établissement d'un modèle de risque de crédit efficient dans ses résultats, ce dernier implémenté de manière globale et exhaustive aurait un impact des plus bénéfiques sur la maîtrise du risque de crédit de la banque et de sûr-croît sur ses résultats.

Dans le cadre de cette problématique nous avons tout d'abord édifier le fondement de notre étude en mettant à profit une richesse bibliographique sur le sujet dans la définition et l'explicitation des principaux concepts et contours du risque de crédit. Dès lors et sur une plateforme mathématique nous avons listé les principaux modèles de risque de crédit utilisés par les professionnels de la banque ainsi que les points de convergences de ces modèles, en outre les mesures du risque de crédit.

De suite nous avons choisi le modèle le plus convenable à l'état de l'économie bancaire Algérienne, c'est le modèle CREDITRISK+, en effet ce modèle est axé principalement sur l'événement du défaut, il est donc parfaitement adapté aux banques activant dans le domaine du financement de PME ayant un système de notation interne peu développé, de plus il n'est tributaire que de peu de source de donnée et ce sans que les résultats générés n'en soient affectés. Evidemment nous avons consacré une étude consistante sur les résultantes de cette modélisation, A cet effet les mesures du risque de crédits qui sont la Perte Attendue, la Perte Inattendue, la Value At Risk, le Capital Economique, la contribution au risque, l'Expected Shortfall ont été définies mathématiquement et conceptuellement. Dès lors nous avons introduit une interrogation quant à la pertinence réelle de ces mesures de risques caractérisées par leurs cohérences, cette cohérence est conditionnée à la viabilité des propriétés qui sont la Monotonie, l'Homogénéité, l'Invariance par translation et la Sous additivité, nous en avons conclu que la VaR n'était pas

une mesure de risque de crédit cohérente car ne répondant pas à la propriété de sous additivité en rajoutant l'information que c'était la raison principal d'une préférence des praticiens pour l'Expected Shortfall, elle répondant aux principes de cohérence.

De suites nous nous sommes attachés à l'estimations des paramètres nécessaire à l'application de la modélisation CR+, les taux de défauts, la volatilité de ces taux de défaut, le Loss Given Default (LGD) sont autant de paramètres nécessaires que nous avons déterminés. Après quoi nous avons exécuté notre modélisation sur un portefeuille de 186 PME caractérisant un total engagement de 8, 116, 516, 975 D.A. En ayant défini au préalable une période de rétention d'une année et un niveau de confiance de l'ordre 99,90% prescrit par les recommandation internationale en matière de gestion du risque de crédit, différents résultats ont pu être analysé.

Tout d'abord sur notre portefeuille il s'est avéré que le montant de la perte annuelle attendue était de l'ordre 9, 090, 554 D.A, cette résultante nous a permis d'établir les prémices d'un système de provisionnement plus dynamique et à exécution ex ante, ce mode de provisionnement présente en effet divers avantage, en outre il permet de déterminer le montant de provisions nécessaire à chaque entreprise dès l'entrée en relation, de plus cette méthode de provisionnement permet de détecter les secteurs d'activités et les entreprises avec la contribution la plus importante à la perte attendue, cette information va être utile au risque manager qui pourra alors soit plafonner le volume d'affaire avec les entités les plus gourmandes en provisions, soit tarifier en conséquence.

Par la suite un montant de Capital Economique identifié comme une portion des fonds propres allouée à l'absorption des Pertes Inattendue fut généré, ce montant est de l'ordre de 91, 909, 446 D.A. Nous avons aussi dit que ce dernier pouvait être échelonné par secteur d'activités et par entreprises à fin de détecter les principales sources de risque sur le portefeuille, la connaissance de ce dernier point permettra au risk manager d'agir en actionnant notamment une procédure de diversification permettant d'alléger l'apport en risque de certaines catégories d'entreprise à fin de pallier à ce qu'on appelle communément le risque de concentration.

La Value At Risk désignant la perte maximum possible sur le portefeuille à un niveau de confiance de 99,90 % est égal à 101, 000, 000 D.A soit 1,24 % du total engagement sur notre portefeuille, tandis que l'Espérance Mathématique de la perte dans le cas où celle-ci dépasse la valeur de la VaR dans 0,1 % des cas exprimé en Expected Shortfall équivalait à 115, 348, 962 D.A soit 1,42% du total engagement sur le portefeuille considéré.

Selon le degré de confiance fixé pour l'estimation du Capital Economique, de la VaR et de l'Expected Shortfall nous avons démontré qu'une augmentation aussi insignifiante soit elle du

niveau de confiance entraînait un accroissement des plus importants en montants. L'accroissement le plus considérable fut constaté lors du passage d'un niveau de confiance de 99,00 % à un niveau de 99,90 %.

En ce qui concerne l'Ecart-Type de la perte qui mesure la volatilité possible de la Perte Attendue, il s'établissait à 14, 823, 235 D.A. Cependant nous avons énoncé qu'en conséquence du caractère fortement asymétrique et leptokurtique de la distribution des pertes de crédit, l'Ecart-Type de la perte n'était pas une mesure de risque pertinente et on préférera utiliser la Perte Inattendue comme principale indicateur de la volatilité sur la Perte Attendue.

Enfin nous avons estimé grâce à la modélisation CR+ le niveau de risque systématique et le niveau de risque diversifiable sur notre portefeuille, les résultats sont sans équivoque le niveau de risque spécifique, qui est de surcroît diversifiable, est nettement supérieur au risque systématique liés principalement à des paramètres sectorielles introduit dans le modèle. De ce fait nous avons attiré l'attention sur le potentiel de gain en risque matérialisé par le niveau de risque diversifiable grâce notamment une politique de diversification efficace. De plus nous avons aussi émis le principe selon lequel une détection des entités avec la contribution la plus importante au risque systémique permettait de se prémunir de ce genre de risque en ayant recours à un système de plafonnement des engagements.

Au final et en vue des apports de ces résultats comme possibilités d'actions ayant pour finalité le management de manière efficiente du risque de crédit, nous avons conclu que la méthodologie poursuivie et ses résultats participerait à plus grande échelle à une économie de ressources conséquentes pour la banque et au maintien effective de sa solvabilité.

Cependant ce travail reste ponctué par des limites liés au temps et à la quantité de données collecté, en effet un tel dispositif donnerait des résultats des plus efficaces avec un travail continu élaboré par une équipe dédié et sur un horizon temporel beaucoup plus long, de plus la faible quantité de données à notre disposition nous a considérablement limité en termes de résultats. En effet des extensions significatives peuvent être réalisées, on pense notamment à l'estimation des contributions à chaque mesure de risque pour chaque exposition et l'élaboration d'un système de stress-testing en simulant différents scenarii possibles en temps de crises.

En outre des recommandations peuvent être introduites dans le cadre du présent mémoire, premièrement des formations en techniques de modélisation du risque de crédit devraient être programmées au profit du personnel chargé de la gestion du risque, deuxièmes une politique de collecte de données plus organisée devrait être opérée, on pense notamment à l'établissement

d'une fiche informatique détaillant le montant recouvré après procédure judiciaire sur chaque garantie prise individuellement et pas de manière globale afin de calculer un taux de recouvrement moyen pour chaque type de garantie, ensuite la constitution d'une équipe dédiée à la recherche de solutions similaires devrait être constituée avec des réunions hebdomadaires portant sur les réalisations et le pourcentage d'atteinte des objectifs, enfin un système de rating interne plus élaboré et propre à la Banque Nationale d'Algérie serait préférable, cet objectif reste à la portée de la banque qui a vu différents travaux de recherches sur ce sujet réalisés par son effectif durant ces dernières années.

Bibliographique

Ouvrages

CHACKO.G, SJÖMAN.A, MOTOHASHI.H, DESSAIN.V, Credit derivatives "a Primer on Credit Risk, Modeling and Instruments", 2006.

DE MICHEAUX.P.L, DROUILHET.R, LIQUET.B, Le logiciel R : Maîtriser le langage, Effectuer des analyses statistiques, Springer, 2011.

DIETSCH.M, PETEY.J, Mesure et gestion du risque de crédit dans institutions financières, Revue Banque, 2008.

GOURIEROUX.C, TIOMO.A, Risque de crédit « une approche avancée », ECONOMICA, 2007.

GUNDLACH.M, LEHRBASS.F, CreditRisk+ in the Banking Industry, Springer Finance, 2004.

LÖEFFLE.G, POSCH.P.N, Credit Risk Modeling using Excel and VBA, 2011.

SARDI.A, Bâle II, AFGES, 2004.

Verboomen.A, De Bel.L, Bale II et le Risque de Crédit Principes et Règles de Calcul, LARCIER, 2011.

Articles et Publications

Basel Committee on Banking Supervision, International Convergence of Capital Measurement and Capital Standards, 2006.

CHARPENTIER.A, Mesures de risque, université de renne 1.

CREDIT SUISSE FIRST BOSTON, CREDITRISK+ A Credit Risk Management Framework, 1997.

CREDITMETRICS™ Technical Document, 1997.

CROUHY.M, GALAI.D, MARK.R, "A comparative analysis of current credit risk models", Journal of Banking & Finance 24, 2000.

DIAZ.D, GEMMILL.G, A Sytematic Comparison of Two Approaches to Measuring Credit Risk: CreditMetrics versus CreditRisk+.

FITCH RATINGS, Inc. 2015 Form NRSRO Annual Certification, 2014.

G10, Report on consolidation in the financial sector, International Monetary Fund, 2001.

JOSIANE.E, FOTSO.G, Evaluation du risque de crédit dans les portefeuilles de la Banque de France, ENSAE, 2008.

KOCISOVA.K, MISANKOVA.M, Determination of Credit Risk by the use of CREDITRISK+ Model.

LEROUX.S, Mc BRIDE.A, PARIS.R, Risque de crédit, vente de protection d'une firme sur elle-même, 2007.

MATHLOUTHI.H, « cours de méthodes de scoring », université de Carthage, 2013.

S&P, rating performance 2002, 2003.

TASCHE.D, Capital Allocation with CreditRisk+.

THEROND.P, Mesures et comparaison de risque, IFSA, 2005.

Thèses et Mémoires

DAHACHE.A, Modélisation du Risque de Crédit, Ecole supérieure de Banque d'Alger, 2009.

DESSERPRIT.Y, "modélisation du risque de crédit et applications RAROC", université Paris-Dauphine.

FOX.M, Thèse de doctorat : Mesure et modélisation du risque systématique d'un portefeuille de crédit aux particuliers, Université Lille, 2006.

Référence audiovisuel

Massive Open Online Courses (MOOC): An Introduction to Credit Risk Management, Delft University of Technology, 2015.

ANNEXE

Annexe 1: Modalités du portefeuille par variables introduit dans le modèle CR+

CPnumber	CPname	exposure	lgd	maturity	rating	S1	S2	S3	S4	S5	S6
1	NAME 1	9260000	0.34	365	1	1	0	0	0	0	0
2	NAME 2	95992881	0.40	365	2	1	0	0	0	0	0
3	NAME 3	9260000	0.37	365	2	1	0	0	0	0	0
4	NAME 4	109093088	0.22	365	1	1	0	0	0	0	0
5	NAME 5	10989344	0.25	365	2	1	0	0	0	0	0
6	NAME 6	31479590	0.68	365	1	1	0	0	0	0	0
7	NAME 7	9260000	0.22	365	2	1	0	0	0	0	0
8	NAME 8	113907927	0.54	365	2	1	0	0	0	0	0
9	NAME 9	14810295	0.72	365	1	1	0	0	0	0	0
10	NAME 10	19044572	0.18	365	2	1	0	0	0	0	0
11	NAME 11	9260000	0.19	365	1	1	0	0	0	0	0
12	NAME 12	38881830	0.30	365	2	1	0	0	0	0	0
13	NAME 13	107182900	0.49	365	1	1	0	0	0	0	0
14	NAME 14	9260000	0.31	365	2	1	0	0	0	0	0
15	NAME 15	9260000	0.35	365	6	1	0	0	0	0	0
16	NAME 16	46830550	0.54	365	1	1	0	0	0	0	0
17	NAME 17	50536268	0.69	365	2	1	0	0	0	0	0
18	NAME 18	9260000	0.18	365	1	1	0	0	0	0	0
19	NAME 19	9260000	0.18	365	1	1	0	0	0	0	0
20	NAME 20	53943393	0.28	365	2	1	0	0	0	0	0
21	NAME 21	105767167	0.39	365	1	0	1	0	0	0	0
22	NAME 22	9260000	0.35	365	2	0	1	0	0	0	0
23	NAME 23	60791318	0.48	365	1	0	1	0	0	0	0
24	NAME 24	81681101	0.18	365	1	0	1	0	0	0	0
25	NAME 25	69588160	0.38	365	5	0	1	0	0	0	0
26	NAME 26	9260000	0.44	365	2	0	1	0	0	0	0
27	NAME 27	9260000	0.30	365	1	0	1	0	0	0	0
28	NAME 28	94861678	0.68	365	5	0	1	0	0	0	0
29	NAME 29	9260000	0.68	365	1	0	0	1	0	0	0
30	NAME 30	9260000	0.68	365	1	0	0	1	0	0	0
31	NAME 31	9260000	0.68	365	1	0	0	1	0	0	0
32	NAME 32	79630812	0.68	365	2	0	0	1	0	0	0
33	NAME 33	11995435	0.68	365	2	0	0	1	0	0	0
34	NAME 34	9260000	0.68	365	1	0	0	1	0	0	0
35	NAME 35	88988397	0.68	365	1	0	0	1	0	0	0
36	NAME 36	43396491	0.68	365	1	0	0	1	0	0	0
37	NAME 37	36621274	0.68	365	1	0	0	1	0	0	0
38	NAME 38	14535015	0.68	365	1	0	0	1	0	0	0
39	NAME 39	9260000	0.68	365	1	0	0	1	0	0	0
40	NAME 40	110356878	0.68	365	1	0	0	1	0	0	0
41	NAME 41	36081982	0.68	365	1	0	0	1	0	0	0
42	NAME 42	9260000	0.68	365	2	0	0	1	0	0	0
43	NAME 43	57042007	0.68	365	1	0	0	1	0	0	0
44	NAME 44	65718046	0.68	365	1	0	0	1	0	0	0
45	NAME 45	87445512	0.68	365	1	0	0	1	0	0	0
46	NAME 46	9260000	0.68	365	5	0	0	1	0	0	0
47	NAME 47	97518669	0.68	365	1	0	0	1	0	0	0
48	NAME 48	18264509	0.68	365	1	0	0	1	0	0	0
49	NAME 49	9260000	0.68	365	1	0	0	1	0	0	0

50	NAME 50	113144192	0.68	365	1	0	0	1	0	0	0
51	NAME 51	9260000	0.68	365	1	0	0	1	0	0	0
52	NAME 52	79401080	0.68	365	1	0	0	1	0	0	0
53	NAME 53	110469462	0.68	365	3	0	0	1	0	0	0
54	NAME 54	81719091	0.36	365	1	0	0	1	0	0	0
55	NAME 55	10712426	0.18	365	2	0	0	1	0	0	0
56	NAME 56	60402952	0.68	365	1	0	0	1	0	0	0
57	NAME 57	21399407	0.59	365	1	0	0	0	1	0	0
58	NAME 58	41317547	0.24	365	1	0	0	0	1	0	0
59	NAME 59	9260000	0.41	365	1	0	0	0	1	0	0
60	NAME 60	9260000	0.68	365	1	0	0	0	1	0	0
61	NAME 61	98542312	0.18	365	1	0	0	0	1	0	0
62	NAME 62	9260000	0.54	365	1	0	0	0	1	0	0
63	NAME 63	112564383	0.33	365	1	0	0	0	1	0	0
64	NAME 64	9260000	0.24	365	1	0	0	0	0	1	0
65	NAME 65	17938593	0.30	365	1	0	0	0	0	1	0
66	NAME 66	9260000	0.54	365	1	0	0	0	0	1	0
67	NAME 67	62635261	0.18	365	3	0	0	0	0	1	0
68	NAME 68	85258642	0.54	365	3	0	0	0	0	1	0
69	NAME 69	78675266	0.54	365	3	0	0	0	0	1	0
70	NAME 70	39947127	0.54	365	3	0	0	0	0	1	0
71	NAME 71	89092567	0.54	365	3	0	0	0	0	1	0
72	NAME 72	37399548	0.54	365	3	0	0	0	0	1	0
73	NAME 73	9260000	0.18	365	3	0	0	0	0	1	0
74	NAME 74	18916345	0.31	365	1	0	0	0	0	1	0
75	NAME 75	102101382	0.54	365	2	0	0	0	0	1	0
76	NAME 76	23387547	0.34	365	2	0	0	0	0	1	0
77	NAME 77	9260000	0.18	365	2	0	0	0	0	1	0
78	NAME 78	113523322	0.57	365	1	0	0	0	0	1	0
79	NAME 79	117434122	0.57	365	2	0	0	0	0	1	0
80	NAME 80	77820069	0.18	365	2	0	0	0	0	1	0
81	NAME 81	21826234	0.68	365	1	0	0	0	0	1	0
82	NAME 82	9260000	0.24	365	2	0	0	0	0	1	0
83	NAME 83	27907019	0.41	365	2	0	0	0	0	1	0
84	NAME 84	10875503	0.68	365	2	0	0	0	0	1	0
85	NAME 85	29768248	0.18	365	2	0	0	0	0	1	0
86	NAME 86	39059890	0.54	365	2	0	0	0	0	1	0
87	NAME 87	17348944	0.33	365	1	0	0	0	0	1	0
88	NAME 88	59219864	0.24	365	2	0	0	0	0	1	0
89	NAME 89	9260000	0.30	365	2	0	0	1	0	0	0
90	NAME 90	49010787	0.54	365	1	0	1	0	0	0	0
91	NAME 91	9260000	0.18	365	1	0	0	1	0	0	0
92	NAME 92	85918357	0.54	365	1	0	1	0	0	0	0
93	NAME 93	63293996	0.54	365	1	0	0	1	0	0	0
94	NAME 94	17622499	0.54	365	1	0	0	1	0	0	0
95	NAME 95	66001012	0.54	365	3	0	0	1	0	0	0
96	NAME 96	52111223	0.54	365	3	0	0	1	0	0	0
97	NAME 97	43384640	0.54	365	3	0	0	1	0	0	0
98	NAME 98	9260000	0.54	365	1	1	0	0	0	0	0
99	NAME 99	9260000	0.54	365	1	0	1	0	0	0	0
100	NAME 100	69194605	0.54	365	1	0	1	0	0	0	0
101	NAME 101	9260000	0.54	365	1	1	0	0	0	0	0

102	NAME 102	37657633	0.18	365	2	0	0	1	0	0	0
103	NAME 103	9260000	0.31	365	2	0	1	0	0	0	0
104	NAME 104	9260000	0.54	365	2	0	1	0	0	0	0
105	NAME 105	47547293	0.34	365	1	0	0	1	0	0	0
106	NAME 106	9260000	0.18	365	2	0	0	0	0	1	0
107	NAME 107	15165330	0.68	365	1	0	0	0	0	1	0
108	NAME 108	23678232	0.68	365	1	0	0	0	1	0	0
109	NAME 109	84836600	0.68	365	1	0	1	0	0	0	0
110	NAME 110	9260000	0.68	365	3	0	0	1	0	0	0
111	NAME 111	68781814	0.68	365	3	0	0	0	1	0	0
112	NAME 112	66592266	0.68	365	1	0	0	0	1	0	0
113	NAME 113	61967717	0.68	365	3	0	0	0	1	0	0
114	NAME 114	105860948	0.68	365	1	0	0	0	1	0	0
115	NAME 115	55918652	0.68	365	1	0	0	1	0	0	0
116	NAME 116	89636004	0.68	365	1	0	0	0	1	0	0
117	NAME 117	9260000	0.36	365	2	0	0	0	1	0	0
118	NAME 118	9260000	0.18	365	1	0	0	0	1	0	0
119	NAME 119	31305396	0.68	365	1	0	0	1	0	0	0
120	NAME 120	11668848	0.59	365	1	1	0	0	0	0	0
121	NAME 121	25402848	0.24	365	4	0	1	0	0	0	0
122	NAME 122	49682791	0.41	365	4	0	0	0	1	0	0
123	NAME 123	83824703	0.68	365	1	0	1	0	0	0	0
124	NAME 124	9260000	0.18	365	4	0	0	1	0	0	0
125	NAME 125	9260000	0.54	365	1	0	0	0	1	0	0
126	NAME 126	79553602	0.72	365	1	0	1	0	0	0	0
127	NAME 127	25873368	0.18	365	1	1	0	0	0	0	0
128	NAME 128	76570365	0.19	365	4	0	0	0	1	0	0
129	NAME 129	105490949	0.30	365	5	0	0	0	1	0	0
130	NAME 130	9260000	0.49	365	1	1	0	0	0	0	0
131	NAME 131	34469142	0.31	365	5	1	0	0	0	0	0
132	NAME 132	14379635	0.35	365	5	0	0	0	0	1	0
133	NAME 133	69872312	0.54	365	1	1	0	0	0	0	0
134	NAME 134	97750489	0.69	365	1	0	1	0	0	0	0
135	NAME 135	9260000	0.18	365	6	0	1	0	0	0	0
136	NAME 136	99509940	0.18	365	1	0	0	0	1	0	0
137	NAME 137	79573072	0.28	365	1	0	0	0	0	1	0
138	NAME 138	46498004	0.39	365	1	0	0	1	0	0	0
139	NAME 139	51904983	0.35	365	7	0	0	0	0	1	0
140	NAME 140	110655848	0.48	365	1	0	1	0	0	0	0
141	NAME 141	25932164	0.18	365	1	0	0	0	0	1	0
142	NAME 142	9260000	0.38	365	2	0	0	0	0	1	0
143	NAME 143	9260000	0.44	365	1	0	1	0	0	0	0
144	NAME 144	35368879	0.40	365	5	0	0	0	0	1	0
145	NAME 145	53583384	0.37	365	1	0	0	0	0	1	0
146	NAME 146	53719429	0.22	365	1	0	1	0	0	0	0
147	NAME 147	9260000	0.25	365	1	0	0	0	0	1	0
148	NAME 148	59147235	0.68	365	1	0	0	0	0	1	0
149	NAME 149	9260000	0.22	365	1	0	1	0	0	0	0
150	NAME 150	48906786	0.54	365	1	1	0	0	0	0	0
151	NAME 151	26912521	0.72	365	1	0	0	0	0	1	0
152	NAME 152	9260000	0.18	365	1	1	0	0	0	0	0
153	NAME 153	9260000	0.19	365	1	1	0	0	0	0	0

154	NAME 154	15470902	0.30	365	1	0	0	0	0	1	0
155	NAME 155	9260000	0.49	365	1	0	1	0	0	0	0
156	NAME 156	77938001	0.31	365	1	1	0	0	0	0	0
157	NAME 157	16639824	0.35	365	1	1	0	0	0	0	0
158	NAME 158	98130006	0.24	365	1	0	0	0	0	1	0
159	NAME 159	105108081	0.41	365	2	0	1	0	0	0	0
160	NAME 160	9260000	0.68	365	1	0	1	0	0	0	0
161	NAME 161	9260000	0.18	365	1	0	0	0	0	1	0
162	NAME 162	100447521	0.54	365	1	0	1	0	0	0	0
163	NAME 163	21960112	0.33	365	1	1	0	0	0	0	0
164	NAME 164	82952653	0.24	365	1	0	1	0	0	0	0
165	NAME 165	115995065	0.30	365	1	0	0	0	0	1	0
166	NAME 166	45214844	0.54	365	1	0	1	0	0	0	0
167	NAME 167	26496551	0.18	365	1	0	0	0	0	0	1
168	NAME 168	22848849	0.54	365	1	0	0	0	0	0	1
169	NAME 169	9260000	0.54	365	1	0	0	0	0	0	1
170	NAME 170	37405278	0.54	365	1	0	0	0	0	0	1
171	NAME 171	9260000	0.34	365	1	0	0	0	0	0	1
172	NAME 172	19216545	0.18	365	1	0	0	0	0	0	1
173	NAME 173	118401382	0.57	365	1	0	0	0	0	0	1
174	NAME 174	23383387	0.57	365	1	0	0	0	0	0	1
175	NAME 175	9260000	0.18	365	1	0	0	0	0	0	1
176	NAME 176	113494882	0.68	365	2	0	0	0	0	0	1
177	NAME 177	117395482	0.24	365	1	0	0	0	0	0	1
178	NAME 178	77794319	0.41	365	1	0	0	0	0	0	1
179	NAME 179	22220234	0.36	365	1	0	0	0	0	0	1
180	NAME 180	9260000	0.37	365	1	0	0	0	0	0	1
181	NAME 181	27907173	0.39	365	7	0	0	0	0	0	1
182	NAME 182	11212753	0.37	365	1	0	0	0	0	0	1
183	NAME 183	30227348	0.35	365	1	0	0	0	0	0	1
184	NAME 184	39123360	0.35	365	2	0	0	0	0	0	1
185	NAME 185	17226344	0.37	365	1	0	0	0	0	0	1
186	NAME 186	59224344	0.37	365	1	0	0	0	0	0	1

Annexe 2: Probabilités et volatilités de défaut allouées au modèle de notation CagexRating

RATING	PD (%)	SD (%)
1	0.00	0.00
2	0.01618	0.070583
3	0.06235	0.107508
4	0.2221	0.262999
5	0.9535	1.027441
6	4.515	3.361741
7	23.63	12.00178

Annexe 3: Variance des taux de défaut selon le secteur

	var
1	0.7528188
2	0.4535053
3	0.1375411
4	1.7533711
5	0.1134648
6	0.166698

Annexe 4: Introduction des paramètres du modèle CR+ sous l'interface Rstudio ($\alpha = 0.999$)

The screenshot displays the RStudio environment with the following components:

- Environment:** Shows the loaded package 'R: CreditRisk+ Portfolio Model'.
- Data:** Lists variables: 'pd_sector_...' (6 obs. of 1 variable), 'portfolio_...' (186 obs. of 12 variables), and 'rating_pd' (7 obs. of 3 variables).
- Files:** Shows the package file 'crp.CSFP-package (crp.CSFP)'.
- Console:** Contains the R command:


```
> MyModel=init(portfolio = portfolio.csv, rating.scale = rating_p
d, sec.var = pd_sector_var.csv, loss.unit = 1000000,alpha = 0,999
,alpha.max = 0.999,PLOT.PDF = TRUE)
CreditRisk+ portfolio model
Copyright (C) 2011 Dr. Matthias Fischer, Kevin Jakob & Stefa
n Kolb

This program is free software; you can redistribute it and/or
modify it under the terms of the GNU General Public License
version 2 as published by the Free Software Foundation.

This program is distributed in the hope that it will be usefu
l,
but WITHOUT ANY WARRANTY; without even the implied warranty o
f
MERCHANTABILITY or FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. See the
```
- Package Documentation:**
 - Description:** Modelling credit risks based on the concept of "CreditRisk+", First Bo: "CreditRisk+ in the Banking Industry", Gundlach & Lehrbass, Springer
 - Details:** The package provides the opportunity to analyze a given credit portfoli numbers, that can be calculated are the expected loss, standard devia shortfall on any confidence level, as well as risk contributions to them (i.e. the loss distribution) are achieved by an analytical approach. Ther assumptions are necessary. So please make yourself familiar with the "CreditRisk+", First Boston Financial Products, 1997, before using it.
 - Package:** crp.CSFP
 - Type:** Package
 - Version:** 2.0.1
 - Date:** 2015-07-10
 - License:** GPL-2?
 - Imports:** methods, MASS, utils, graphics

Annexe 6: Instruction pour l'exécution de la modélisation CR+ sous Rstudio

The screenshot shows the RStudio interface. On the left, a data table is displayed with columns: Cnumber, CName, exposure, lgd, maturity, rating, S1, S2, S3, S4, S5, S6. The table contains 8 rows of data. The console shows the command `m=crp.CSFP(MyModel)`. On the right, the 'Data' pane lists variables: `pd_sector_...` (6 obs. of 1 variable), `portfolio_...` (186 obs. of 12 variables), and `rating_pd` (7 obs. of 3 variables). The 'Packages' pane shows the 'crp.CSFP' package documentation, including a description of the CreditRisk+ Portfolio Model and its details.

Annexe 5: Résultats de la modélisation CR+ sous Rstudio à un niveau de confiance de 99.90%

The screenshot shows the RStudio interface with calculation results in the console and a plot of Portfolio Credit Loss. The console output includes:

```

Calculation completed...
Calculating portfolio statistics...
CR+ portfolio expected loss: 9.09 Mio.
Expected loss difference: -15.07 Thd.
CR+ Exceedance Probability of the expected loss: 0.372343
CR+ portfolio standard deviation: 14.75 Mio.
CR+ portfolio Value-at-risk(0.999): 101 Mio.
CR+ portfolio economic capital(0.999): 91.91 Mio.
CR+ portfolio Expected shortfall(0.999): 115.35 Mio.
CR+ portfolio mean expected loss exceedance: 23.88 Mio.
Calculating VaR and ES contributions...
CR+ Expected shortfall TAU( 0.9974508 ): 100.76 Mio.
Scale Factor for TAU 1.00235
Sum Check VaR: OK
Sum Check ES: OK
Done....
    
```

The plot, titled 'Portfolio Credit Loss (MyModel) CSFP-model', shows the probability distribution of credit loss in 1 Mio. The x-axis ranges from 0 to 140, and the y-axis (Probability) ranges from 0.0 to 0.5. Three vertical lines indicate key risk metrics: EL.crp (green line at ~9.09), VaR (blue line at 101), and ES (red line at 115.35). The distribution is highly right-skewed, with a peak near zero and a long tail extending towards higher loss values.

Annexe 8: Cas d'une modélisation avec différents niveaux de confiance

The screenshot shows the RStudio interface with the following components:

- Environment:** Shows the loaded data: `pd_sector...` (6 obs. of 1 variable), `portfolio...` (186 obs. of 12 variables), and `rating_pd` (7 obs. of 3 variables).
- Console:** Contains the R code for installing the package:


```
> MyMode2=init(portfolio = portfolio.csv, rating.scale = rating_p
d, sec.var = pd_sector_var.csv, loss.unit = 1000000, alpha=c(0.95
,0.96,0.97,0.98,0.99,0.999),alpha.max = 0.999,PLOT.PDF = TRUE)
CreditRisk+ portfolio model
Copyright (C) 2011 Dr. Matthias Fischer, Kevin Jakob & Stefa
n Kolb

This program is free software; you can redistribute it and/or
modify it under the terms of the GNU General Public License
version 2 as published by the Free Software Foundation.

This program is distributed in the hope that it will be usefu
l,
but WITHOUT ANY WARRANTY; without even the implied warranty o
f
MERCHANTABILITY or FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. See the
GNU General Public License for more details.
```
- Viewer:** Displays the documentation for the `CRP` package, including a description of the credit risk model and details about the package version (2.0.1) and license (GPL-2).

Annexe 7: Résultats de la modélisation à plusieurs niveaux de confiances

The screenshot displays the RStudio interface with the following components:

- Environment:** Same data as in Annexe 8.
- Console:** Shows the output of the `CRP` model simulation:


```
CR+ portfolio Value-at-risk(0.99): 65 Mio.
CR+ portfolio Value-at-risk(0.999): 101 Mio.
CR+ portfolio economic capital(0.95): 27 Mio.
CR+ portfolio economic capital(0.96): 31 Mio.
CR+ portfolio economic capital(0.97): 38 Mio.
CR+ portfolio economic capital(0.98): 45 Mio.
CR+ portfolio economic capital(0.99): 56 Mio.
CR+ portfolio economic capital(0.999): 92 Mio.
CR+ portfolio Expected shortfall(0.95): 50.19 Mio.
CR+ portfolio Expected shortfall(0.96): 57.74 Mio.
CR+ portfolio Expected shortfall(0.97): 63.64 Mio.
CR+ portfolio Expected shortfall(0.98): 68.87 Mio.
CR+ portfolio Expected shortfall(0.99): 75.73 Mio.
CR+ portfolio Expected shortfall(0.999): 115.35 Mio.
CR+ portfolio mean expected loss exceedance: 23.88 Mio.
You dont want to calculate the Risk contributions otherwise set a
ttribute calc.rc=TRUE!
```
- Viewer:** Displays a plot titled "Portfolio Credit Loss (MyModel) CSFP-model". The plot shows the probability distribution of credit loss in 1 Mio. The x-axis ranges from 0 to 100, and the y-axis (Probability) ranges from 0.0 to 0.5. Three vertical lines indicate the Value-at-Risk (VaR) at different confidence levels: EL.crp (green), VaR (blue), and ES (red).

Table des matières

<i>LISTE DES FIGURES</i>	B
<i>LISTE DES TABLEAUX</i>	C
<i>LISTE DES ANNEXES</i>	D
INTRODUCTION GENERALE.....	E
<i>CHAPITRE 1</i> :.....	1
<i>GENERALITES SUR LE RISQUE DE CREDIT</i>	1
INTRODUCTION.....	2
SECTION 1 : NOMENCLATURE DES RISQUES BANCAIRES	3
1.1. Notion de risque	3
1.2. Le risque de crédit	3
1.2.1. Le risque de défaut (Default Risk)	3
1.2.2. Le risque sur le taux de recouvrement (Recovery Risk)	4
1.2.3. Le risque de dégradation de la qualité du crédit (Downgrading Risk).....	4
1.3. Les autres catégories de risques liés à l’activité de la Banque.....	5
1.3.1. Les risques financiers	5
1.3.2. Les risques non financiers	6
1.3.3. Le risque systémique	7
1.4. Mesure et contrôle des risques	7
SECTION 2 : RISQUE DE CREDIT ET ALLOCATION DE FONDS PROPRES DANS UN CONTEXTE NORMATIF : LE COMITE DE BALE.....	8
2.1. Le comité de Bâle.....	8
2.2. Limites de Bâle I	8
2.3. Bâle II.....	10
2.3.1. PILIER 1 : l’exigence minimale en fonds propres	10
2.3.2. PILIER 2 : processus de surveillance prudentielle.....	13
2.3.3. PILIER 3 : Discipline de marché	13
2.4. Bâle III.....	14

2.4.1. Renforcement des fonds propres	14
2.4.2. Encadrement de l'effet de levier	15
2.4.3. L'introduction de nouveaux ratios de liquidité	16
SECTION 3 : LES PARAMETRES D'UN MODEL DE RISQUE DE CREDIT.....	17
3.1. La classification du crédit	17
3.1.1. L'analyse financière traditionnelle.....	17
3.1.2. L'analyse statistique	17
3.1.3. Les méthodes basées sur les prix de marché	18
3.2. La probabilité de Défaut (PD)	18
3.2.1. Probabilité de défaut sur un an	18
3.2.2. Probabilité de défaut moyen sur plusieurs années	18
3.2.3. Probabilité de défaut cumulée sur plusieurs années	18
3.3. L'encours en cas de défaut (Exposition At Default "EAD").....	19
3.4. La perte en cas de défaut (Loss Given Default "LGD").....	20
3.5. L'échéance effective (Maturity "M").....	20
3.6. Évolution de l'emprunteur (Matrice de transition)	21
CONCLUSION	23
CHAPITRE 2 : MODELISATION DU RISQUE DE CREDIT	24
INTRODUCTION.....	25
SECTION 1 : MESURES DU RISQUE DE CREDIT	26
1.1. La perte attendue (EL).....	26
1.1.1. Composante de la perte attendue.....	26
1.2. La perte inattendue (UL)	27
1.3. Extension à un portefeuille de prêts	29
1.4. La Valeur en Risque "VaR"	31
1.5. Conditional Tail Expectation (CTE)	33
1.5.1. Conditional-VaR (CVaR).....	33
1.5.2. Expected shortfall (ES)	33
1.5.3. La Tail Value at Risk (Tail-VaR).....	33
1.6. Le Capital Economique	34

1.7.	La Contribution au Risque "RC"	36
1.8.	Propriétés des mesures du risque de crédit.....	37
SECTION 2 : CATEGORIE DES MODELES DE RISQUE DE CREDIT		38
2.1.	Approches des modèles de risque de crédit.....	38
2.1.1.	Modèles de défaut (DM)	38
2.1.2.	Modèles Marked-to-Market (MTM)	39
2.2.	Typologie des modèles de risques de crédit.....	39
2.2.1.	Les modèles structurels	39
2.2.2.	Les modèles à Intensité de défaut (modèles de forme réduite)	39
SECTION 3 : ANATOMIE DES PRINCIPAUX MODELES DE RISQUE DE CREDIT SUR UN PORTEFEUILLE		40
3.1.	Le modèle de Merton	40
3.1.1.	Limites du Modèle de Merton	42
3.2.	Le modèle Portfolio Manager de Moody's KMV	43
3.2.1.	L'estimation de la valeur de marché et de la volatilité des actifs d'une firme.....	43
3.2.2.	Calcul de la distance au défaut (DD).....	44
3.2.3.	Détermination des probabilités de défaut à partir de la Distance au défaut.....	46
3.3.	Le modèle CreditMetrics de JP MORGAN	47
3.4.	Le modèle CreditPortfolioView de McKinsey.....	51
3.5.	CreditRisk+	54
CONCLUSION		62
<i>CHAPITRE 3 : MODELISATION DU RISQUE DE CREDIT PAR LE MODELE CR+ SUR UN PORTEFEUILLE DE PRET.....</i>		63
INTRODUCTION.....		64
SECTION 1 : PRESENTATION DE LA BANQUE NATIONALE D'ALGERIE		65
SECTION 2 : DETERMINATION DES INTRANTS DU MODELE CREDITRIKS+		66
2.1.	Détermination des taux de défaut moyen par Rating	66
2.2.	Estimation de la volatilité des taux de défaut.....	69
2.3.	Détermination des taux de défaut et de leur volatilité dans notre portefeuille.....	70
2.3.1.	Présentation du modèle de Scoring "CagexRating"	70

2.3.2. Mapping entre les catégories de Rating S&P et Cagex.....	70
2.4. Estimation du LGD	71
SECTION 3 : ANALYSE DESCRIPTIVE DES INTRANTS	71
3.1. Présentation de la base de données	71
3.2. Analyse descriptive du portefeuille.....	73
SECTION 4 : IMPLEMENTATION DU MODELE CR+	75
4.1. La Perte attendue	77
4.2. Le Capital Economique.....	79
4.3. La Value At Risk.....	81
4.4. L'Expected Shortfall	82
4.5. L'Ecart-type de la perte.....	83
CONCLUSION	85
Conclusion Générale	86
BIBLIOGRAPHIQUE	90
ANNEXE	92

