

Dédicaces

A ma chère famille

A Mes amis

A tous les gens qui ont cru en moi

*A tous ceux qui m'ont soutenu tout au long de mon
parcours*

Remerciements

Je tiens à adresser mes vifs remerciements à tous ceux qui ont contribué à l'élaboration du présent mémoire et au bon déroulement de mon stage pratique.

Je remercie particulièrement mon encadrante Mme BENOUDA Olfa pour ses lectures et ses conseils.

Je remercie également le personnel de la Direction des Grandes Entreprises « DGE » et de la Direction des Petites et Moyennes Entreprises « DPME » pour leur disponibilité, leur aide et leur sympathie.

Un grand merci à la directrice de Formation Mme RETOUL Fadila qui n'a jamais résigné à apporter son aide et son assistance lors de mon passage à l'IFID.

Enfin, je remercie toute l'équipe de l'IFID ainsi que les enseignants qui n'ont pas ménagé d'efforts et de professionnalisme durant les 24 mois de formation

SOMMAIRE

SOMMAIRE	I
LISTE DES ABREVIATIONS	II
LISTE DES FIGURES	III
LISTE DES TABLEAUX	IV
INTRODUCTION GENERALE	1
PREMIER CHAPITRE : NOTIONS THEORIQUES SUR LE RISQUE DE CREDIT	5
SECTION 1 : GENERALITES SUR LE RISQUE DU CREDIT.....	5
SECTION 2 : EVOLUTION DES NORMES PRUDENTIELLES RELATIVES AU RISQUE DE CREDIT.....	13
SECTION 3 : NOTIONS ET CONCEPTS RELATIFS A L’EVALUATION DU RISQUE DE CREDIT.	19
DEUXIEME CHAPITRE : MODELISATION DU RISQUE DE CREDIT	28
SECTION 1 : LA MESURE DU RISQUE DE CREDIT AU NIVEAU INDIVIDUEL.	28
SECTION 2 : LA MESURE DU RISQUE DE CREDIT AU NIVEAU DU PORTEFEUILLE.	43
SECTION 3 : LES PRINCIPAUX MODELES DE RISQUE DE CREDIT.....	53
TROISIEME CHAPITRE : MODELISATION DU RISQUE DE CREDIT : APPLICATION SUR UN PORTEFEUILLE DE PRET	72
SECTION 1 : PRESENTATION DE LA STRUCTURE D’ACCUEIL ET SON SYSTEME DE NOTATION INTERNE.....	73
SECTION 2 : PRESENTATION DES PARAMETRES ET BESOINS DE LA MODELISATION.....	76
SECTION 3 : ANALYSE DESCRIPTIVE DE L’ECHANTILLON.....	83
SECTION 4 : MODELISATION DU RISQUE DE CREDIT.....	85
CONCLUSION GENERALE	98
BIBLIOGRAPHIE	100
ANNEXES	102

LISTE DES ABREVIATIONS

BNA : Banque Nationale d'Algérie

BRI : Banque des règlements internationaux

BTPH : secteur de Bâtiment, Travaux Publics et Hydrauliques.

CR : la contribution à la VaR

CR+ : CreditRisk+

DAB : Distributeur automatique de billets.

DM : Modèles de défaut

DPME : Direction de Financement des Petites et Moyenne Entreprises.

EAD : Exposure At Default (L'exposition en cas de défaut)

EDF : Expected Default Frequency.

EL : Expected loss (perte attendue)

ES : Expected Shortfall

GAB : Guichet automatique de banque.

IRB : Internal Ratings Based

LGD : Loss Given Default (La perte en cas de défaut)

MTM : Marked To Market

PD : Probabilité de défaut

PDF : Probability Density Function (fonction de densité des pertes)

PNB : Produit net bancaire

S&P : Standard & Poor's

UL : Expected loss (perte inattendue)

VaR : Value At Risk

LISTE DES FIGURES

Figure 1- 1 : Représentation graphique de la PDF.	24
Figure 2- 1 : profils de risque pour les actionnaires et les créanciers à l'échéance de la dette.....	39
Figure 2- 2 : Principe du back-Testing.	52
Figure 2- 3 : Cadre général de CreditMetrics.	54
Figure 2- 4 : Probabilité de défaut dans le model KMV.	57
Figure 2- 5 : la distribution des pertes du portefeuille.	66
Figure 2- 6 : Effet de la volatilité des taux de défaut sur la PDF.	68
Figure 3- 1 : Courbe des taux de défauts annuels moyens selon le Rating.....	78
Figure 3- 2 : Répartition des entreprises selon leurs notations.	83
Figure 3- 3 : Répartition des entreprises par secteur d'activité.....	84
Figure 3- 4 : Répartition du volume des expositions par classe de risque.	84
Figure 3- 5 : Répartition du volume des expositions par secteur d'activité.....	85
Figure 3- 6 : Fonction de densité des pertes (PDF).	88
Figure 3- 7 : la perte attendue et la VaR des secteurs prépondérants après simulation.	95

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2- 1 : Echelles de notation des agences S&P et Moody's.....	30
Tableau 2- 2 : Comparaison de l'EDF et des autres systèmes de notation.....	59
Tableau 2- 3 : Les probabilités de défaut (suivant une loi de poisson).....	62
Tableau 2- 4 : La distribution de la perte de la première bande (L1 = 20 000 euro).....	63
Tableau 2- 5 : La distribution de la perte de la première bande (L2 =40 000 euro).....	64
Tableau 2- 6 : Distribution de perte du portefeuille (20 000 + 40 000 euro).....	66
Tableau 3- 1 : Chiffres clés sur la Banque Nationale d'Algérie.....	74
Tableau 3- 2 : Classe de rating de CagexRating.....	76
Tableau 3- 3 : S&P taux de défaut annuel selon les classes de rating.....	78
Tableau 3- 4 : statistiques descriptives des taux de défauts annuels globaux par rating.....	79
Tableau 3- 5 : volatilité des taux de défaut.....	79
Tableau 3- 6 : Mapping des taux de défauts moyens et écartypes de S&P et CagexRating.....	80
Tableau 3- 7: structure par terme des taux zéro-coupon.....	81
Tableau 3- 8 : Répartition des entreprises selon leurs notations.....	83
Tableau 3- 9 : Répartition des entreprises par secteur d'activité.....	84
Tableau 3- 10 : Répartition du volume des expositions par classe de risque.....	84
Tableau 3- 11 : Répartition du volume des expositions par secteur d'activité.....	85
Tableau 3- 12 : Extrait du fichier Excel "Portfolio".....	86
Tableau 3- 13 : les taux de défaut et leurs écarts types.....	87
Tableau 3- 14: variances des taux de défaut par secteur générées aléatoirement.....	87
Tableau 3- 15 : Résultats de la modélisation à un niveau de confiance de 99.9%.....	88
Tableau 3- 16: La perte attendue par secteur.....	89
Tableau 3- 17: Le capital économique à différents niveaux de confiance.....	90
Tableau 3- 18 : La VaR à différents niveaux de confiance.....	92
Tableau 3- 19 : Extrait du tableau des contributions à la VaR.....	92
Tableau 3- 20 : l'Expected Shortfall à divers niveaux de confiance.....	93
Tableau 3- 21: la VaR après dégradation de la note du secteur BTPH.....	94
Tableau 3- 22 : la VaR après dégradation de toutes les notes des entreprises.....	96

INTRODUCTION GENERALE

L'environnement financier a connu durant ces dernières décennies plusieurs secousses qui ont fortement menacé son existence et son fonctionnement. Le système bancaire s'est montré très perméable face à cette dérive comme en témoigne la faillite de plusieurs banques (*Continental Illinois* en 1984, les banques texanes à partir de 1985 et *Lehman Brothers* en 2008) et la réapparition de crises financières en moyenne tous les dix ans (le krach boursier en 1987, la crise asiatique en 1997 et la crise des subprimes en 2007). Cela a démontré le rôle néfaste que peut jouer un système bancaire fragile en amplifiant le désordre financier. Les conséquences sont multiples, quoique, tout le monde admette que la cause principale est la concurrence cruelle incitant les banques à se lancer dans une course effrénée aux parts de marché très souvent au détriment du contrôle et de la gestion des risques financiers.

Malgré l'ampleur des risques financiers et les effets tragiques des crises financières qui n'ont jamais cessé de menacer la stabilité de l'environnement bancaire, ce n'est qu'au début des années quatre-vingt-dix que la gestion des risques est devenue effective. A cette période, les banques ont tendance à renforcer leurs fonds propres conformément aux exigences édictées par l'accord de Bâle de 1988, Quelques années plus tard, le comité de Bâle, conscient des limites de son premier accord Bâle I, a exprimé sa volonté de le remanier et instaure un nouveau dispositif Bâle II dont le principe fondateur est de récompenser les meilleures pratiques en matière de mesure et de gestion du risque et de permettre aux banques ayant fait un long parcours dans ce domaine d'utiliser leur propre savoir-faire et leur technique pour évaluer leur risque notamment le risque de crédit.

A l'image de Bâle I et Bâle II, le risque de crédit est devenu le tracas des ingénieurs financiers, ils se sont lancés dans le développement de nouvelles techniques leur permettant de mieux gérer ce risque qui est devenu la préoccupation majeure des banques en raison de son danger désastreux.

En s'inspirant des modèles de marché, plusieurs techniques ont été développées. Il existe actuellement deux principales approches: l'approche structurelle également appelée le modèle de valeurs de la firme développée par Merton (1974), et l'approche par intensité de défaut initiée par Jarrow et Turnbull. De ces deux approches, une multitude de modèles donnant des résultats concluants ont été mis au point. Parmi ces modèles, certains se sont imposés et sont utilisés de manière massive par les plus grandes banques. On citera : le modèle *CreditMetric* de JP Morgan, publié en 1997, il se base sur les probabilités de migration d'une classe de risque à une

autre sur une période donnée, le modèle de KMV corporation qui calcule les probabilités de défaut à partir d'outputs spécifiques de l'*EDF* (*Expected Default Frequency*) et le modèle de *Credit Suisse First Boston* appelé *CreditRisk+* développé en 1997 qui se fonde sur une approche actuarielle exclusivement axée sur l'évènement du défaut.

Aujourd'hui, il est possible de quantifier statistiquement à divers horizons, la probabilité de défaut, la perte attendue et la perte maximale qu'une banque peut courir sur un portefeuille de créances, cette dernière est communément appelée la Value at Risk, à son origine, la méthodologie VaR était appliquée au risque de marché, ensuite elle a été empruntée pour l'évaluation du risque de crédit. Cette mesure est l'une des données les plus importantes à avoir au préalable vu la sensibilité de l'information qu'elle contient. Ainsi, notre but dans ce mémoire est d'élaborer un modèle qui nous permettra de mesurer la VaR.

Toutefois, les banques algériennes ne se sont pas encore ajustées à tous ces outils, puisqu'elles évoluent dans un contexte de difficulté économique contrasté par une diminution importante des rentrés du Trésor, unique actionnaire des banques publiques à l'instar de la Banque Nationale d'Algérie (BNA), il finance réellement à lui seul près de 90% de l'économie, les ressources se font chères, et une gestion adéquate des risques devient de plus en plus suggérée, voire même indispensable. De plus, il est à noter que, sous l'instruction du gouvernement pour échapper à la dépendance en hydrocarbures, la tendance des banques publiques en matière d'engagements est le financement des P.M.E qui représentent le principal vecteur de richesse et d'employabilité, cela 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.

L'ensemble de ces considérations s'est voulu le cadre d'investigation de notre travail, dans cette perpétuelle évolution que connaît l'industrie bancaire à travers le monde et dans le contexte algérien délicat, l'objectif assigné ici est la modélisation du risque de crédit. Nous avons tenté dans le cadre de notre recherche de répondre aux questions suivantes :

- Comment construire un modèle interne de risque de crédit ?
- Quel est le modèle qui s'adapte au mieux aux exigences économique-financières algériennes?
- Comment un tel outil peut-il être appliqué en pratique pour mesurer au mieux le risque de crédit au sein d'une banque algérienne, en particulier la BNA?

Dans le cadre de notre recherche, plusieurs hypothèses seront formulées et argumentées au fur et à mesure.

Pour apporter des éléments de réponse aux interrogations formulées auparavant, nous avons structuré notre travail comme suit :

- Nous commencerons par un premier chapitre consacré à la présentation des généralités sur le risque de crédit, les enjeux de la modélisation, et nous aborderons pour l'occasion l'évolution réglementaire en matière de risque de crédit.
- Le deuxième chapitre traitera les différentes techniques et approches permettant la mesure et la quantification du risque de crédit et on présentera les principaux modèles proposés par l'industrie financière.
- La dernière partie de ce travail, porte sur une étude de cas que nous avons réalisée durant notre stage pratique au sein de la Banque Nationale d'Algérie. Nous exposerons comment une mise en place d'un outil tel que CreditRisk+ peut être réalisée et comment celui-ci peut être utilisé pour mieux appréhender le risque de crédit par l'interprétation des différents résultats.

***PREMIER CHAPITRE : NOTIONS
THEORIQUES SUR LE RISQUE DE CREDIT.***

PREMIER CHAPITRE : NOTIONS THEORIQUES SUR LE RISQUE DE CREDIT.

La banque est un intermédiaire indispensable au fonctionnement d'une économie. C'est une de ses caractéristiques d'être au carrefour de la quasi-totalité des relations économiques. Par ce rôle d'intermédiation, elle collecte des fonds du public et les distribue à ceux qui en ont besoin sous forme de crédit. Cette activité lui fait courir certains risques notamment le risque crédit.

Le risque de crédit est l'un des plus anciens risques auxquels sont confrontées les banques, et il constitue la principale source des pertes financières. Ainsi, ce risque sous les différents traits qu'il révèle se situe au cœur des préoccupations bancaires. Pour une meilleure gestion de cet aléa, une réglementation pertinente a été mise en place.

A ce titre, l'intérêt de ce premier chapitre consiste :

- Tout d'abord à exposer les aspects généraux relatifs au risque crédit.
- Ensuite, dans une deuxième section, à survoler la réglementation bancaire en matière de risque de crédit.
- Au final, nous exposerons quelques concepts relatifs au risque de crédit et à son évaluation et dont la connaissance est nécessaire à la construction d'un modèle.

SECTION 1 : GENERALITES SUR LE RISQUE DU CREDIT.**1. La notion du risque :**

En tapant le mot « risque » dans le moteur de recherche Google la première définition qui ressort est que le risque s'agit d'un obstacle potentiel à la réalisation d'un objectif, il peut être aussi un danger éventuel, plus ou moins prévisible, inhérent à une situation ou à une activité.

En économie, un risque exprime une probabilité statistique de survenance d'un événement non désiré. Le risque lui-même n'a pas de nature, mais renvoie à l'événement auquel il se rattache ; il existe pour les acteurs concernés par l'événement qu'il probabilise.

Dans le domaine bancaire, le Comité de Bâle, organisme participant à la régulation prudentielle du secteur bancaire, définit le risque comme étant l'association de deux éléments : un aléa et une perte potentielle. Si l'aléa ne porte que sur des scénarios positifs, il n'est pas considéré comme du risque. D'autre part, si la perte est certaine, elle n'est plus considérée comme un risque.

D'une manière générale, on retiendra que pour un établissement financier, le risque est un évènement qui peut affecter la chronique des flux à recevoir dans le futur¹, toutefois, on distingue deux types de risques qui constituent le risque total, les risques portant sur un débiteur spécifique et des risques du système entier qui concerne l'ensemble des établissements financiers, on parle de risque spécifique et de risque systémique. Ce dernier est défini comme une perturbation qui affecte gravement le fonctionnement du système et susceptible d'engendrer des faillites en chaîne des agents économiques principalement les banques.

2. Les risques bancaires :

Comme il a été déjà cité, la banque est exposée à une multitude de risques. Ces derniers sont classés selon leur nature, des risques financiers et des risques non financiers.

2.1. Les risques financiers :

Ce sont les risques liés aux variations de prix des actifs financiers. On distingue traditionnellement quatre grands types de risques financiers :

a- Le risque de crédit :

Le risque de crédit peut être défini comme étant le risque de perte découlant d'évènements de crédit (négatifs), en relation avec la contrepartie², c'est le risque qui fait l'objet de notre mémoire, il va être étudié avec plus de détails ci-après.

b- Le risque de marché :

Le risque de Marché est défini comme le risque de pertes sur les positions du bilan et du hors bilan suite aux variations des prix de marché. Les deux risques de marché les plus importants sont : 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 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.

c- Le risque de liquidité :

C'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 V.BRUNEL, « Gestion des risques et risques de crédit », 2009.

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

2.2. Les risques non financiers :

Ce sont les risques qui ont leur origine dans le fonctionnement au quotidien de l'établissement et dans ses processus de gestion. Les risques non financiers comprennent généralement :

a- Le risque opérationnel :

Pour le comité de Bâle, il s'agit du risque de pertes directes ou indirectes d'une inadéquation ou d'une défaillance attribuable à des procédures, personnels, systèmes internes ou événements extérieurs. La définition exclut les risques stratégiques qui sont souvent associés à des prises de décision par les managers.

b- Risque stratégique :

Il est principalement lié aux décisions prises par les responsables bancaires en matière d'orientation de la politique commerciale et de développement.

3. Risque de crédit : Définition et typologie.

L'activité principale d'une banque est l'intermédiation par laquelle elle collecte des dépôts et octroie des crédits à des contreparties. Cependant, cette activité est génératrice de risques variés qui sont de plus en plus importants. Le risque de crédit est à la base de cette activité intermédiation, en effet, il constitue la principale source de profits pour les banques.

La banque doit impérativement identifier le risque qu'elle encoure, notamment le risque de crédit, et elle doit connaître sa nature. L'étape de l'identification consiste à définir le risque, à présenter ses formes et à identifier les facteurs qui sont à son origine. Cela afin de l'évaluer et de le gérer d'une manière optimale.

Le risque de crédit est défini comme le risque de pertes potentielles liées à l'évolution de la qualité de l'emprunteur. Le risque de crédit s'applique non seulement aux créances inscrites au bilan de la banque, mais aussi à l'ensemble des positions dont la valeur de marché dépend de la qualité du crédit de la contrepartie ou dont le défaut de la contrepartie peut entraîner une perte.

On peut distinguer trois composantes du risque de crédit :

- le risque de défaut ;
- le risque de recouvrement ;
- le risque de dégradation de la qualité du crédit ;

3.1. Le risque de défaut :

Le risque de défaut est le risque qu'un débiteur devient incapable d'honorer ses engagements.

L'agence Moody's Investors Service retient la définition suivante du risque de défaut : « tout manquement ou tout retard sur le paiement du principal ou des intérêts ». Dans une telle situation, les créanciers sont susceptibles d'accuser une perte s'ils ne recouvrent qu'une partie du montant stipulé par le contrat de dette.

Le comité de Bâle juge le défaut comme ayant eu lieu lorsque l'un de ces événements suivants est constaté³ :

- La banque considère qu'un quelconque emprunteur 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.
- L'emprunteur a introduit une procédure de faillite ou une procédure similaire pour se protéger de ses créanciers.

3.2. Le risque sur le taux de recouvrement :

La deuxième composante du risque de crédit provient de l'incertitude pesant sur le taux de recouvrement une fois le défaut survenu. Le taux de recouvrement désigne la partie du montant stipulé par le contrat de dette que la banque est capable de récupérer suite au défaut de la contrepartie.

Le taux de recouvrement peut être une source potentielle de risque pour la banque du fait des éléments suivants :

- La variation de la valeur réelle des garanties collectées vers un sens non voulu;
- La lenteur des procédures judiciaires constituant ainsi un frein pour le mécanisme de recouvrement ;
- 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

³ Basel Committee on Banking Supervision, International Convergence of Capital Measurement and Capital Standards, 2006.

défaut, de la dette Mezzanine en subordination de la dette Junior, cette dernière sera elle-même subordonnée au remboursement de la dette senior.

- La banque ne se positionne pas dans tous les cas au 1er rang des créanciers, ce qui donne un caractère incertain quant à la récupération finale du principal et des intérêts.

3.3. Le risque de dégradation de la qualité du crédit :

Dégradation de la qualité du crédit constitue la troisième source de risque portant sur une dette. Elle est le résultat des prospectives faites par des investisseurs sur un titre donné détenu par un emprunteur. Si la perception de la qualité de cet emprunteur se détériore, la prime de risque accordée par les marchés financiers s'accroît en conséquence. De plus, si l'emprunteur bénéficie d'une note de la part d'une agence de notation, celle-ci est susceptible de se dégrader suite à la perception négative des marchés.

4. Les facteurs du risque de crédit :

Le risque de crédit peut être généré par plusieurs facteurs, on distingue des facteurs internes à l'institution, et d'autres indépendants de celle-ci.

4.1. Les facteurs internes :

Les causes menant du risque de crédit peuvent être internes à la banque et sont parfois difficilement évitables par celle-ci. Deux éléments essentiels sont à considérer : la politique de crédit de l'établissement et les procédures de traitement des dossiers de crédit.

a- La politique de crédit :

Généralement c'est la direction générale, en s'appuyant sur un comité de crédit, qui arrête les grandes directives de la politique de crédit en fixant principalement :

- Les objectifs à atteindre, en adéquation avec le plan stratégique, en matière de clientèle à cibler, des types de crédit, des secteurs à financer et de zones géographiques;
- La tarification des opérations de banque, qui doit être ajustée de façon que les produits générés par le crédit soient en mesure de couvrir les charges engendrées par celui-ci, ainsi que les garanties à prendre ;
- La délégation des pouvoirs décisionnels, qui s'inscrit dans le cadre de la décentralisation de la prise de décision d'octroi de crédits, et visant à déterminer le montant maximum qu'un comité de crédit peut accorder en fonction du risque que représente le crédit.

b- Les procédures de traitement internes :

La banque doit mettre en place des procédures formalisées relatives à l'étude de la demande de financement, le suivi du dossier ainsi que le contrôle interne.

La première étape consiste à étudier le dossier de crédit. Tout d'abord, la récolte des données susceptibles d'apporter les informations sur le client puis leur traitement afin de décider du refus ou de l'accord du prêt et les conditions à appliquer.

Puis l'étape suivante est le suivi du dossier en respectant des démarches précises dans des délais convenus dans le but de pouvoir détecter l'insolvabilité de la contrepartie le plus rapidement possible.

Enfin, il est nécessaire de mettre en place un système de contrôle interne, ce dernier doit aider les organes dirigeants à avoir une vision d'ensemble des risques assumés par leur établissement.

4.2. Les facteurs externes :

Les établissements bancaires évoluent dans un paysage économique international caractérisé par la propagation rapide des crises, ce qui peut générer des facteurs indépendants qui peuvent les rendre plus vulnérables, les facteurs externes du risque de crédit peuvent être classés sur trois niveaux :

a- Le risque individuel

Le risque individuel est lié à l'activité même de l'entreprise cliente (la dimension microéconomique du risque de crédit). Il est fonction de sa situation commerciale ou/et industrielle et de la nature de l'opération à financer (opération d'investissement, d'exploitation, etc.). Ce niveau de risque peut être mesuré par la compétence technique et la moralité des dirigeants. La capacité et la crédibilité du management sont des conditions impératives pour l'octroi d'un crédit.

De ce fait, le banquier pour se forger une opinion sur la qualité du management doit multiplier les visites et les entretiens avec le gestionnaire principal, afin de cerner sa personnalité, sa moralité et son professionnalisme, et ce, pour connaître ses perspectives avant tout octroi de crédits.

b- Le risque sectoriel

Le risque sectoriel est particulièrement sensible à la conjoncture économique d'un secteur d'activité donné. Ce risque se manifeste principalement dans les changements et les évolutions ayant des contraintes et des conséquences sur les conditions d'exploitation commerciale ou/et industrielle de l'activité économique.

Ce risque est difficile à évaluer par la banque, car cette dernière ne dispose pas assez d'expertise dans les domaines de fortes dynamiques concurrentielles, technologiques,...etc.

De ce fait, la banque a tendance à refuser des demandes de crédits pour les entreprises qui évoluent dans des secteurs en difficulté. Cela aura tendance à influencer le banquier dans sa décision d'accord ou de refus du crédit.

c- Le risque global :

Ce niveau de risque concerne toute l'économie dans son ensemble (dimension macroéconomique du risque crédit). Ce type de risque engendre l'insolvabilité de l'emprunteur. Cette situation d'insolvabilité est due à des facteurs externes, les crises politiques et économiques ou les catastrophes naturelles. Ces facteurs sont susceptibles de générer des préjudices importants aux entreprises. En effet, les crises politiques et surtout les crises économiques accroissent le risque de crédit. Les crises économiques sont une source fréquente d'insolvabilité des débiteurs, ce qui ne laisse pas les établissements bancaires indifférents. Face à cette situation, les banques ont tendance à rationner leurs crédits.

5. Les conséquences du risque crédit sur l'activité bancaire :

Les conséquences que peut avoir le risque de crédit sur l'activité de la banque voire même sur tout le système bancaire et financier sont désastreuses.

Parmi les effets qu'une banque peut subir on peut citer :

- La détérioration du résultat de la banque liée aux provisionnements et aux pertes consécutives causées par les non remboursements des créances ;
- La dégradation de la solvabilité de la banque : un risque élevé engendre un niveau élevé de fonds propres servant à sa couverture, ce qui peut remettre en cause sa solvabilité ;
- Un risque systémique : qui correspond au risque que le défaut d'une institution soit contagieux et conduise d'autres institutions à faire défaut. En effet, la publication des mauvaises nouvelles sur la situation d'une institution financière, qui peuvent aller jusqu'à l'annonce de sa faillite, conduit à des réactions en chaîne. La stabilité globale du système financier est compromise dans un tel contexte :
- La dégradation de la relation banque-client : une diminution des résultats de la banque suite au non remboursement de ses créances contraint cette dernière à augmenter ses marges et par conséquent la facturation de ses produits afin de pouvoir absorber une partie de ses pertes. Cependant, une telle augmentation induit l'exclusion d'une partie de clientèle même solvable qui va avoir recours à la concurrence.

Etant donné ces effets destructeurs, la mise en place d'un modèle de mesure et de gestion du risque de crédit est nécessaire.

6. La nécessité d'un modèle de risque de crédit :

Etant le risque de crédit provient du changement de la qualité de la signature d'une contrepartie, les banques et les institutions financières accumulent une grande quantité de risque de crédit : soit directement par l'intermédiaire de leurs portefeuilles de créances, soit indirectement sous la forme de risques de contrepartie dans leurs portefeuilles d'actifs et de produits dérivés.

L'enjeu que représente la modélisation de ce risque est donc très important, car elle permet de quantifier le risque de crédit contenu dans le portefeuille et d'évaluer les instruments financiers exposés au risque de contrepartie. En effet, il est important de pouvoir contrôler le risque de crédit contrepartie par contrepartie, ainsi de l'évaluation de l'exposition au risque vis-à-vis de tout un ensemble présentant des critères semblables, par exemple, par secteur géographique ou d'activité.

De telles pratiques permettent de réduire le risque de concentration. Ainsi, la production de résultats quantitatifs robustes permet alors à l'institution⁴ :

- D'allouer à chaque centre de profit un capital économique adéquat ;
- D'évaluer la performance des centres de profit au regard des risques pris ;
- De fournir des informations fiables sur son intégrité financière aux régulateurs, aux investisseurs et aux agences de notation ;
- De diversifier et réduire le risque en imposant, par exemple, des limites à l'exposition au risque de crédit par contrepartie.

La mise en place de tels processus de gestion du risque correspond aux réglementations prudentielles et aux trois piliers de l'accord de Bâle qui fera l'objet de la prochaine section.

⁴ KURTZ.D & PIGNARD.T « *modélisation du risque de crédit* », Paris7-Paris1, 2006.

SECTION 2 : EVOLUTION DES NORMES PRUDENTIELLES RELATIVES AU RISQUE DE CREDIT.

Le risque de crédit, étant le plus important des risques bancaires, et par conséquent le plus inquiétant, requiert la vigilance de toutes les parties concernées, en particulier les autorités de régulation qui n'ont pas rechigné à l'effort dans le seul but de faire face aux effets désastreux résultant de sa mauvaise gestion.

Cette section a pour objet de présenter la réglementation prudentielle internationale et nationale en matière de risque.

1. Réglementation prudentielle internationale :

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 légale en matière de surveillance ou de réglementation, son rôle se limite à établir des normes, à définir des principes et 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.

1.1. Accord Bâle I :

Le comité de Bâle a instauré en 1988, lors des accords dits « accords Bâle I », un ratio de solvabilité, dit ratio Cooke⁵, qui exige que le montant des fonds propres effectifs des banques s'élève à au moins 8 % du montant de leurs actifs et engagements hors bilan, ces derniers étant pondérés par des coefficients de risques individuels :

Fonds propres effectifs > Fonds propres réglementairement exigés

$$\text{fonds propres réglementaires exigés} = \sum_{i=0}^N (\gamma_i M_i)$$

Avec :

M_i : Mesure le montant des actifs de la classe i ,

γ_i : Le coefficient de pondération qu'il convient d'appliquer aux actifs de cette classe i compte tenu de leur nature,

N : Correspond au nombre de classes imposées par la réglementation.

Cette contrainte réglementaire s'exprime en fait sous la forme d'un ratio de solvabilité, le ratio Cooke, qui rapporte les fonds propres effectifs de la banque au montant de ses actifs pondérés par les coefficients de risque :

$$\text{Ratio cooke} = \frac{\text{fonds propres effectifs}}{\sum_{i=0}^N (\gamma_i M_i)}$$

Cependant, Les autres catégories de risques, 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 :

⁵ Du nom de Peter Cooke, un directeur de la Banque d'Angleterre et fut le premier président du comité de Bâle.

➤ 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 et la qualité de l'emprunteur, 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 (VaR), 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, notamment le risque opérationnel, le risque de taux d'intérêt ou le risque de liquidité.

➤ La seule exigence en fonds propres 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 due à l'absence de pondération reflétant le niveau de risque réel, les banques favorisaient des stratégies d'expansion du crédit aux emprunteurs risqués (car plus rémunérateurs) ou faisaient sortir du bilan (titrisation, dérivés de crédit) les encours peu risqués et peu rémunérateurs 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 réglementaire et le capital économique requis, c'est fondamentalement ce phénomène que Bâle II tente de corriger, en rapprochant le capital réglementaire du capital économique.

Bien que le ratio Cooke ait été considéré comme un bon rempart contre l'instabilité financière, de nombreuses faillites bancaires ont eu lieu dans les années 1990, cela est dû en grande partie au caractère insensible des exigences en fonds propres par rapport au risque effectivement encouru, d'où les accords de Bâle II.

1.2. Accord Bâle II :

Pour pallier les lacunes de Bâle I, le Comité de Bâle propose dès janvier 2001⁶ lors des accords dits « Bâle II » un nouveau ratio de solvabilité, le ratio McDonough⁷.

⁶ La nouvelle réglementation a été approuvée en juin 2004, son texte définitif date de 2005 (BIS, 2005).

⁷ Du nom du président du Comité de Bâle à ce moment-là William McDonough.

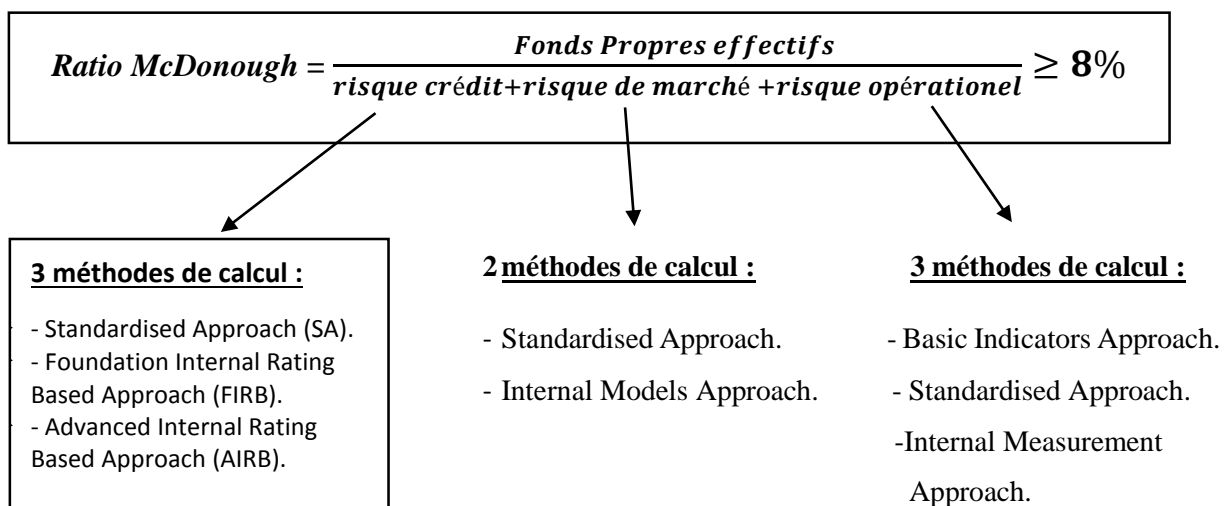
L'accord Bâle II repose sur une philosophie visant à faire converger le capital réglementaire et le capital économique :

- ✓ Fonds propres réglementaires : sont définis par les autorités de contrôle bancaire. Ils comprennent les fonds propres de base, ou tier 1 (essentiellement le capital et les réserves) et les fonds propres complémentaires, ou tier 2 (comprennent les réserves latentes et les réserves de réévaluation, les provisions générales, les titres de financement hybrides ou subordonnés).
- ✓ Fonds propres économiques : sont les fonds propres nécessaires pour faire face aux pertes maximales inattendues engendrées par les différentes activités de la banque. Ils peuvent comprendre, outre les fonds propres réglementaires, d'autres fonds qui ne sont pas reconnus par les autorités de contrôle, mais que la banque estime indispensables pour absorber les pertes.

En outre, le comité de Bale a incité à l'utilisation progressive des méthodes internes les plus avancées en matière de mesure et de gestion des risques de crédit, on retrouve cette ambition dans l'architecture de l'accord qui s'articule autour de trois piliers :

➤ **Le premier pilier** : concerne les exigences en matière de fonds propres. Il impose aux banques un niveau minimal de fonds propres pour couvrir à la fois leurs risques de marché, leurs risques de crédit effectifs et leurs risques opérationnels, cette contrainte est exprimée sous la forme du ratio McDonough qui rapporte les fonds propres effectifs de la banque au montant total de ses actifs pondérés en fonction des risques (RWA : *Risk Weighted Assets*), par similitude avec le ratio Cooke, il doit être supérieur ou égal à 8 %.

Le ratio de solvabilité McDonough :



➤ **Deuxième pilier** : précise le processus de surveillance prudentielle. Le régulateur bancaire se réserve le droit de modifier les exigences réglementaires en capital en fonction d'une analyse détaillée de la situation de l'institution. En effet, Le capital économique déterminé par le modèle interne de la banque est différent du capital réglementaire, car celui-ci tient compte des effets de diversification réels du portefeuille, contrairement au capital réglementaire qui suppose des effets de diversification identiques pour toutes les banques, quelle que soit la composition de leur portefeuille. Une solution consisterait alors à laisser les banques utiliser leur propre modèle de risque de crédit pour déterminer les charges en capital réglementaire et le régulateur se charge de valider le modèle.

➤ **Troisième pilier** : définit l'information que les banques doivent publier pour permettre un exercice efficace de la discipline de marché.

1.3. Accord Bâle III :

Dès lors que ces systèmes de gestion des risques de crédit de Bâle II sont effectivement déployés, les établissements de crédit peuvent aller à Bâle III.

Pour le moment, le texte proposé est soumis à consultation, et le régulateur, en l'occurrence la BRI, a prévu toute une série d'études d'impact, afin de calibrer les exigences chiffrées finales.

Mais les objectifs sont bien établis, on peut en citer :

➤ Améliorer la qualité du capital des établissements financiers, chaque banque devra disposer d'un socle minimal de fonds propres cette fois le plus pur possible, en éliminant ce qui n'est pas réellement considéré comme du capital (notamment les titres hybrides, les intérêts minoritaires ou encore des éléments d'impôts différés).

➤ Les contraintes en capital ont également été renforcées de façon drastique pour le risque de marché et la titrisation, les superviseurs de Bâle souhaitent freiner la titrisation sous sa forme complexe.

➤ Les banques doivent constituer un matelas de sécurité en cas de nouvelle crise, avec un "provisionnement prospectif" (constituer des réserves avant que ne se produise l'accident de crédit et non quand il survient).

➤ La création d'un ratio de liquidité, l'un à trente jours, l'autre à un an.

2. Réglementation prudentielle nationale :

Le comité de Bâle a arrêté certaines normes relatives à la gestion du risque crédit, l'Algérie a adopté ces normes en 1991 modifiées et complétées par l'instruction 74/94 du 29 novembre 1994 relative à la fixation des règles prudentielles de gestion des banques et des établissements financiers.

2.1. Les exigences en fonds propres :

Ces exigences sont semblables à celles qui sont arrêtées par l'accord de Bâle de 1988, c'est-à-dire que les fonds propres doivent représenter au minimum 8 % des engagements nets.

Pendant, les pondérations sont différentes et se présentent comme suit:

- Sont pondérés à 100 % les crédits à la clientèle, les crédits au personnel, les titres de participation et placements dans les entreprises non financières et les immobilisations ;
- Sont pondérées à 20 % les créances sur les banques installées à l'étranger ;
- Sont pondérés à 5 % les concours à des banques et établissements financiers installés en Algérie ;
- Les créances sur l'Etat ou assimilées et les dépôts à la Banque d'Algérie et auprès des CCP sont pondérés à 0 %.

2.2. Le ratio de division du risque :

Le souci de la mise en place des normes de division des risques est d'éviter qu'une banque créancière ne rencontre des difficultés financières majeures si un ou plusieurs de ses débiteurs importants font défaut individuellement ou simultanément. La réalisation de cet objectif est basée sur deux normes :

- Une limite individuelle : la banque doit veiller à ce que le montant des risques encourus sur un seul client n'excèdent pas 25% des fonds propres nets de la banque;
- Une limite globale : le montant des crédits encourus sur les bénéficiaires, dont les risques dépassent pour chacun d'eux, 15% des fonds propres nets, n'excède pas 10 fois ses fonds propres nets.

2.3. Le provisionnement des créances :

Les créances sont classées selon leur niveau de risque pour permettre leur provisionnement, on y distingue les créances courantes et les créances classées.

2.3.1. Les créances courantes :

Ce sont les créances dont le recouvrement dans les délais paraît assuré, vu la situation financière saine des débiteurs. Le montant de la provision est de 1 à 3% du montant des créances courantes.

2.3.2. Les créances classées :

- **Les créances à problème potentiel :** ce sont les créances souffrant d'un retard de remboursement « raisonnable » mais dont le recouvrement n'est pas tout à fait compromis. Ce retard raisonnable est défini par l'Instruction entre 3 et 6 mois. Le niveau de provisionnement est de 30%.

- **les créances très risquées :** ce sont les créances accusant un retard de remboursement de 6 mois à 1 an. Le recouvrement de ces créances paraît donc très incertain, elles sont provisionnées à 50%.

- **les créances compromises :** ce sont des créances dont le recouvrement n'est plus envisageable après tous les moyens de recours. Ce sont des pertes définitives pour la banque et sont provisionnées à 100%.

***SECTION 3 : NOTIONS ET CONCEPTS RELATIFS A L'EVALUATION
DU RISQUE DE CREDIT.***

1. La nature de l'événement du crédit :

Comme nous l'avons évoqué dans la définition du risque de crédit, les pertes surviennent suite à deux principales causes : défaut de remboursement et dégradation de la qualité du crédit autrement dit le changement du rating de l'emprunteur.

Les modèles qui s'intéressent à l'évaluation du risque, en considérant comme fait générateur des pertes uniquement le défaut de l'emprunteur, sont dits modèles de défaut (DM).

Ceux qui tentent de prendre en considération tous les événements possibles, c'est-à-dire le défaut de l'emprunteur ainsi que la dégradation de sa qualité, sont appelés modèles MTM (Marked To Market).

1.1. Les modèles de défaut (DM) :

Dans ce type de modèles, on 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. Ils sont donc fondés sur une *approche binaire de défaut*. Cette approche convient pour les

crédits bancaires classiques, car ceux-là ont la vocation de rester dans le portefeuille de la banque jusqu'à l'échéance.

1.2. Les 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. L'approche s'applique principalement aux titres de marché émis par des firmes notées par les grandes agences de rating internationales telles que S&P ou Moody's.

Le choix entre les deux types d'approches est motivé par la nature du portefeuille de la banque, on se réfère souvent à un modèle MTM pour la mesure de risque des « grandes entreprises » faisant l'objet d'une cotation. Un modèle DM s'impose en revanche pour un portefeuille composé de petits crédits : (PME, professionnels, particuliers...etc.) ou tout autre tirage consenti à des emprunteurs ne faisant pas l'objet d'une cotation.

2. Les paramètres du risque de crédit :

Mesurer le risque de crédit revient à déterminer différents paramètres servant à l'estimation des pertes potentielles sur chaque prêt ainsi que les pertes globales sur le portefeuille du crédit.

2.1. La probabilité de défaut (PD) :

La probabilité de défaut mesure le risque qu'une contrepartie ne respecte pas ses engagements à un horizon donné. Sa mesure est souvent accompagnée par la notion de « volatilité » désignant ses perturbations au cours de la période en question. La notion de probabilité de défaut peut être analysée selon deux approches :

a- Une approche binaire : Défaut / Non défaut :

Cette approche suppose l'existence de deux groupes : le groupe des défaillants et celui des non défaillants (sains). A travers des développements mathématiques, on tente de trouver la probabilité qu'un individu donné appartienne au groupe des défaillants.

Bien qu'elle soit la plus adoptée par les banques, cette approche évoque tant de problèmes d'ordre théorique comme la méthode mathématique à utiliser et d'autres d'ordre pratique comme la détermination du critère de défaut parmi les différents événements énoncés par le Comité de Bâle.

b- Une approche graduée : La migration par palier vers le défaut :

Selon cette approche, les contreparties sont d'abord regroupées dans des classes, chacune correspondant à un niveau de risque donné. L'idée consiste à calculer, pour chaque classe, la

probabilité conditionnelle qu'une contrepartie migre vers une autre classe. Les résultats sont donnés sous forme de matrice $n \times (n+1)$ appelée « matrice de transition ».

Dans la pratique les méthodes d'estimation des probabilités de défaut (PD) pouvant être utilisées selon Bâle II doivent s'appuyer sur l'une des trois techniques suivantes :

- L'expertise et les données de défaillances internes.
- Des modèles statistiques de prédiction des défauts.
- Le mapping vers les données externes : il s'agit d'accorder à l'emprunteur non noté par les agences de notation une note équivalente au rating externe qu'il aurait obtenu. Par la suite, la banque peut utiliser les historiques de PD et de migrations déjà observés et publiés par ces agences.

2.2. L'exposition en cas de défaut (EAD : Exposure At Default) :

C'est la valeur effective du montant du crédit détenue par l'emprunteur au moment du défaut. Elle est estimée sur la base des montants des engagements restant dus. La notion d'exposition englobe les encours bilanciaux ainsi qu'une quote-part des engagements hors bilan. L'EAD revêt une double dimension qui couvre les aspects produit et emprunteur.

L'exposition en cas de défaut des crédits standards correspond au montant total des flux contractuels encore dus. De ce fait, elle est fonction du mode de remboursement et d'amortissement.

2.3. La perte en cas de défaut (LGD : Loss Given Default) :

Elle se définit comme la perte économique représentée par la fraction des pertes éventuelles si le défaut survient. Elle se calcule en prenant en compte tous les coûts directs et indirects liés au recouvrement. Cette valeur dépend du type d'instrument de crédit considéré et des garanties offertes.

La LGD peut être mesurée de différentes façons, mais la plus commune consiste à la mesurer en rapportant le total des pertes au montant de l'exposition en cas de défaut (EAD), soit:

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

C'est la mesure la plus courante parce que c'est la plus simple et la plus commode à calculer. Cependant, on fait la distinction entre deux types de dettes :

Alors que pour la dette bancaire non négociable, la LGD proprement dite ou LGD de résolution⁸ (workout LGD en anglais) correspond à la valeur des flux monétaires que le prêteur devrait effectivement récupérer après que le défaut a été constaté. Elle peut être mesurée en termes comptables, auquel cas les charges comptables sont rapportées à la valeur comptable des créances à la date du défaut. Elle peut être mesurée en termes économiques, auquel cas les pertes sont actualisées et rapportées à la même valeur.

La LGD est aussi définie comme le complément à 1 du taux de récupération sur la période de recouvrement (entrée et sortie du défaut). Plus formellement, elle s'écrit comme :

$$LGD = 1 - \frac{(R - C)}{EAD}$$

Avec :

- **EAD** = \sum (capital restant dû + intérêts non courus non échus au moment du défaut + pénalités de retard comptabilisées à la date du déclassement en défaut du client)
- **R** = représente la somme des récupérations actualisées, les récupérations correspondant aux montants remboursés par le client.
- **C** = représente l'ensemble des pénalités, des coûts de récupération, des éventuels tirages additionnels et aggravations de créances intervenant lors du recouvrement, actualisés.

La LGD de résolution est plus difficile à mesurer que la LGD de marché, à la fois parce que le processus de récupération prend du temps, et parce que la récupération peut s'opérer non pas en cash mais sous forme d'actifs ou de titres qui composent les garanties et dont la valeur est par nature incertaine et ne peut réellement être établie qu'au terme du processus de recouvrement. De plus, tous ces flux doivent être actualisés, ce qui pose le problème du choix du taux d'actualisation, ce dernier pouvant créer des écarts importants de LGD.

À partir des travaux existants sur la mesure des taux de récupération, travaux qui concernent principalement les titres émis sur les marchés, on peut distinguer plusieurs facteurs déterminants des écarts entre LGD :

- l'ordre de priorité (Seniority) des créances.
- les garanties,
- le secteur d'activité,
- le cycle économique,

⁸ DIETSCH.M & PETE.J « *Mesure et gestion du risque de crédit dans les institutions financières* », Revue Banque, 2008.

- le droit et la jurisprudence,
- le pouvoir de marché des créanciers,
- et des caractéristiques spécifiques à chaque banque comme la politique interne en matière de recouvrement.

3. Pertes attendues et pertes non attendues :

L'évaluation du risque de crédit vise à apprécier la perte probable attendue d'un portefeuille de crédits sur un horizon donné, cette perte devant être couverte par une provision. La perte effective peut être plus élevée que la perte attendue EL (Expected loss), c'est la raison pour laquelle l'évaluation du risque de crédit vise aussi à apprécier la perte inattendue UL (Expected loss), celle-ci devant être couverte par des fonds propres.

Le risque de crédit est en fait le risque de supporter des pertes non attendues sur le portefeuille à un horizon choisi. La perte attendue en cas de défaut (EL) correspond au montant exposé au défaut (EAD) affecté de la probabilité de défaut (PD) et du taux de perte en cas de défaut (LGD) :

$$EL = PD * EAD * LGD$$

Exemple illustratif :

- un portefeuille de prêt de 1 000,
- qui prévoit que 1 % de ses débiteurs feront défaut,
- qui pense ne récupérer que 50 % de l'encours de chaque prêt défectueux,

Va estimer la perte attendue comme étant égale à :

$$EL = [1000 \times 1 \% \times 50 \%] = 5,$$

Ainsi, si la banque estime que le taux de défaillance n'excédera pas 10 % dans le pire des cas, la perte maximale, qui correspond à la VaR⁹ qu'elle doit s'apprêter à subir, s'élève à :

$$VaR = [1000 \times 10 \% \times 50 \%] = 50.$$

L'écart entre cette perte maximale (VaR) et la perte attendue, soit :

$$UL = VaR - EL = 50 - 5 = 45$$

La (UL) est la perte inattendue qui doit être couverte par les fonds propres, les pertes attendues devant être l'objet de provisions.

⁹ Value at Risk, sera définie et traitée ultérieurement d'une façon détaillée.

La perte étant aléatoire, il convient d'estimer non seulement la perte moyenne attendue (EL), mais aussi la distribution de cette perte. Et c'est cette distribution qui permet de déterminer la perte inattendue (UL).

4. La fonction de densité des pertes (PDF : Probability Density Function) :

La construction de la fonction de densité des pertes (PDF) est la finalité de tous les modèles de mesure de risque de crédit, car c'est de la PDF que les montants de pertes maximums qui correspondent à la VaR, sont extraits à un horizon de temps et à un seuil de confiance donnés.

La distribution de densité des pertes sur les crédits prend une forme particulière, différente d'une distribution normale communément retenue pour le risque de marché. Elle est asymétrique à gauche et présente une queue épaisse comme le montre la (Figure 1-1) ci-dessous, ce qui indique que les pertes les plus probables sont inférieures à la moyenne.

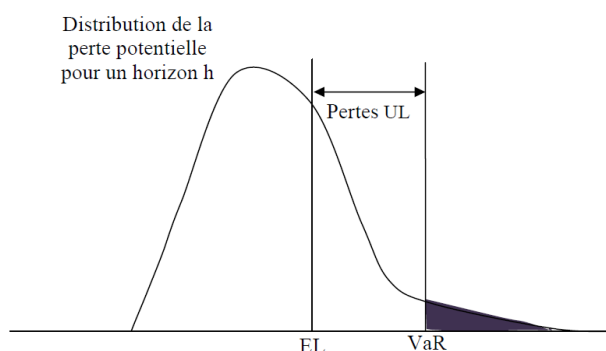


Figure 1- 1 : Représentation graphique de la PDF.

5. L'horizon temporel :

L'un des paramètres clés de la modélisation est le choix d'un horizon temporel. L'horizon souvent retenu est d'un an. C'est ce dernier qui concilie le mieux les pratiques bancaires et les considérations prudentielles. Cependant, le portefeuille de la banque contient généralement des crédits étalés sur des durées supérieures à un an. Il convient donc d'ajuster l'horizon temporel aux échéances (*hold to maturity*), afin de prendre en compte des pertes qui peuvent survenir au-delà d'un an. L'idéal serait d'utiliser la durée du portefeuille.

6. Un niveau de perte acceptable :

Le choix du niveau de perte acceptable par la banque, exprimé par degré de confiance, dépend de plusieurs considérations, à savoir :

- Le degré d'aversion au risque de la banque : si celle-ci est très adverse au risque, elle choisit un degré de confiance élevé de telle sorte que l'estimation des pertes potentielles couvre les pertes induites par le plus grand nombre possible de réalisations des facteurs de risque.

- Des considérations prudentielles : le régulateur peut imposer des degrés de confiance que les banques doivent adopter dans leurs évaluations du risque.

- Le rating ciblé par la banque : celle-ci étant cotée et ayant pour but de décrocher une note de AA (selon S&P), elle choisira alors un quantile égal à 99.97% c'est-à-dire, qu'à un horizon d'un an, la probabilité que ses pertes dépassent ses fonds propres est de 0,03%, ce qui correspond justement à la probabilité de défaut sur un an pour un rating AA.

CONCLUSION :

Dans ce chapitre, nous avons montré que le risque de crédit est un élément inséparable de l'activité de prêt. Ce risque peut aller du simple retard de remboursement à une perte totale de la créance et des intérêts.

Les conséquences du risque de crédit commencent d'abord par un provisionnement qui se transforme en perte en cas de réalisation effective du risque, ainsi les résultats de la banque sont donc affectés, chose qui peut conduire à la dégradation de sa solvabilité et voir à une crise systémique. C'est pour cette raison que les autorités ont mis en place une réglementation que les banques doivent respecter. Cette réglementation oblige donc les banques à maîtriser le risque qu'elles prennent sur leurs contreparties. Pour ce faire, elles doivent tout d'abord l'apprécier afin de le mieux gérer.

Le prochain chapitre va présenter les méthodes de modélisation du risque de crédit.

***DEUXIEME CHAPITRE : MODELISATION
DU RISQUE DE CREDIT.***

DEUXIEME CHAPITRE : MODELISATION DU RISQUE DE CREDIT.

La modélisation de risque de crédit du risque de crédit passe par deux phases principales. La première consiste à collecter les informations sur les éléments constitutifs du risque de chaque crédit individuel, de les ranger en classes de risque graduelles et déterminer les probabilités de défaut, le montant des expositions et les pertes en cas de défaut de chaque classe.

La seconde phase consiste à modéliser l'incertitude des pertes et à agréger les expositions individuelles pour décrire le risque du portefeuille dans son ensemble. Il convient alors de tenir compte des corrélations entre les risques des différents crédits.

Dans ce chapitre, les méthodologies conduisant à la construction d'un modèle interne du risque de crédit seront décrites, pour y parvenir, nous allons procéder comme suit:

- Tout d'abord, une première section qui traite la première étape de la modélisation qui concerne la mesure du risque de crédit au niveau individuel.
- Puis la deuxième section est consacrée à la mesure du risque de crédit au niveau du portefeuille.
- Et au final une section qui nous exposera les principaux modèles d'évaluation de risque de crédit

SECTION 1 : LA MESURE DU RISQUE DE CREDIT AU NIVEAU INDIVIDUEL.

Après avoir passé en revue les notions et les concepts les plus importants relatifs à la mesure du risque de crédit, nous allons entamer la construction d'un modèle de crédit proprement dite. La section suivante traitera donc le premier volet de la mise en place d'un modèle, à savoir, la mesure du risque de crédit au niveau individuel.

La première étape de construction d'un modèle interne concerne l'évaluation des éléments constitutifs du risque de crédit de chaque crédit figurant dans le portefeuille, cela repose sur la collecte et le traitement des informations relatives à chaque emprunteur.

Elle consiste en premier lieu, à l'affectation des positions individuelles dans un ensemble de classes de risque, en utilisant les différents outils de notation mis à la disposition de la banque.

Puis dans une seconde étape, la mesure de la probabilité que le crédit migre vers une autre classe de risque. Les probabilités retenues à ce stade déterminent très largement la forme de la fonction de densité des pertes et donc la dispersion des pertes potentielles futures sur le

portefeuille, ces pertes étant mesurées habituellement par la VaR de crédit. Cette étape nécessite aussi de mesurer la valeur de l'exposition en cas de défaut (EAD), ajustée aux LGD selon l'appartenance aux différentes classes de risque.

La mesure des EAD et les ajustements requis ont été traités dans la dernière section du chapitre précédent, à présent, cette section traitera les différentes méthodes d'affectation aux classes de risque, ainsi que la détermination des probabilités de défaut avec les différents outils de notation et d'approches existantes.

1. La notation du risque de crédit :

Le rating ou la note est un indicateur synthétique qui évalue le risque inhérent à un prêt ou à un emprunteur. Ces notes peuvent de sources externes fournies par les différentes agences de rating ou d'origine interne grâce aux systèmes de notation établis par la banque elle-même.

1.1. La notation externe :

Certaines banques ne disposent pas de département interne dédié à l'appréciation du risque de non remboursement, elles utilisent alors des méthodes dites d'outsourcing, dont le recours systématique aux agences de notation comme Moody's et Standard and Poor's.

Les agences de notation ont pour rôle essentiel d'évaluer le risque présenté par un émetteur d'instruments financiers et attribuer régulièrement des notes de crédit (ou rating) traduisant la qualité de crédit des titres émis.

Si l'on se réfère à la grille de notations de Moody's, la meilleure note est Aaa, et les obligations de cette catégorie n'ont généralement aucune « chance » de faire défaut. La seconde meilleure note attribuée est Aa, ensuite les notes sont A, Baa, Ba, B et Caa. Les obligations notées Baa et plus sont considérées comme sûres et appartiennent à la catégorie investissement. Les ratings correspondants chez S&P sont AAA, AA, A, BBB, BB, B, CCC.

Les catégories de notes pour les deux agences font l'objet de diverses subdivisions. Par exemple : Aa est divisée en Aa1, Aa2 et Aa3 chez Moody's. De la même façon, AA est divisée en AA+, AA et AA- chez S&P. Seules les catégories Aaa et AAA ne font l'objet d'aucune subdivision.

Le (Tableau 2-1) qui suit reprend les échelles de notation des plus grandes agences de notation internationales, à savoir Moody's et Standard&Poor's :

S&P	Moody's	Interprétation
Investment grade :		
AAA	Aaa	La catégorie la plus élevée
AA	Aa	Catégorie élevée
A	A	Catégorie moyenne supérieure
BBB	Baa	Catégorie moyenne
Speculative grade :		
BB	Ba	La catégorie moyenne inférieure
B	B	Spéculative
CCC	Caa	Position faible
CC	Ca	Fortement spéculative
C	C	De mauvaise qualité, aucun intérêt
D		dans le défaut

Tableau 2- 1 : Echelles de notation des agences S&P et Moody's.

La notation d'un émetteur apporte de l'information sur les probabilités de sa défaillance. Dès lors, un changement de celle-ci va avoir un impact sur le prix des titres cotés émis. En théorie, la notation est une caractéristique d'une obligation, et non d'une entreprise. Cependant, dans de nombreux cas, l'ensemble des titres émis par une société ont la même notation et l'on peut considérer que cette note est celle de l'émetteur.

1.2. La notation interne :

Disposer d'un système interne pour l'évaluation du risque de crédit des clients (entreprises ou particuliers) est une nécessité pour toutes les banques, car les notes publiées par les agences concernent essentiellement des entreprises de grande taille, alors que la plupart des entreprises de taille moyenne ou petite n'ont pas d'obligations émises et cotées sur les marchés financiers, ce qui fait qu'elle ne sont pas notées.

Développer des systèmes de notation internes permet aux banques de faire des économies de fonds propres réglementaires du fait que ces systèmes Internal Ratings Based (IRB) permettent de calculer les charges en capital réglementaire en fonction de la probabilité de défaut de chaque emprunteur. Par contre, dans l'approche standard (usage des notes externes) où les charges en capital réglementaires dépendent de la PD de la classe de risque à laquelle est affecté l'emprunteur.

2. Elaboration des systèmes de notation du risque de crédit :

Les systèmes de notation s'appuient sur deux grands types de méthodes d'évaluation de risque au niveau individuel :

- **Méthodes qualitatives :** la plus commune de ces méthodes est bien les systèmes experts qui s'appliquent plutôt aux grands risques (risque corporate) relevant de la banque d'investissement en raison de la nature principale de la nature qualitative de l'information traitée.

- **Méthodes quantitatives :** ces méthodes reposent généralement sur des techniques d'analyses statistiques, la plus répandue de ces techniques est le crédit scoring. Elles s'appliquent plutôt à la large clientèle PME /PMI, ainsi que les professionnels et les particuliers relevant des banques de détail.

Le choix de la méthodologie dépend de la nature du portefeuille considéré et donc le type de clientèle. Néanmoins, quelle que soit la méthodologie adoptée, elle doit être validée par des opérations de vérification du pouvoir explicatif et prédictif.

2.1. Les systèmes experts :

Les systèmes experts sont des logiciels développés pour conduire des analyses financières en utilisant une base de connaissances composée de règles d'analyse financière. Il s'agit alors de modéliser les expertises c'est-à-dire d'établir un ensemble de règles permettant de reproduire le raisonnement et/ou le jugement des meilleurs experts.

Ces règles sont déterminées, en interrogeant les experts et les responsables crédits sur leurs pratiques, en confrontant leurs avis et en leur demandant de valider collectivement les règles de décision émergeant de ces discussions et confrontations. Les règles ainsi définies constituent, après informatisation un outil de détection précoce des défaillances des emprunteurs, en évaluant leurs caractéristiques de risque et leurs attribuant une note. Parmi les systèmes d'experts, on trouve :

- La méthode des ratios fondée sur l'analyse financière.
- La méthode anglo-saxonne dite des « **5C** » (*Capital, Character, Collateral, Capacity, Conditions*).

2.2. Le Credit Scoring :

Le *Credit Scoring* a vu le jour suite aux travaux pionniers de BEAVER (1966) et d'ALTMAN (1968). C'est une technique statistique qui vise à associer à chaque demande de crédit une note proportionnelle à la probabilité de défaillance de l'emprunteur. Il s'agit de hiérarchiser les demandes de crédit par classes de risques, chaque classe correspondant à une

probabilité de défaillance. La construction d'un score repose sur l'étude des corrélations existant entre un certain nombre de critères socio-économiques qui caractérisent l'emprunteur, et la probabilité de défaillance de ce dernier c'est-à-dire trouver les facteurs de risque qui déterminent la probabilité de défaut d'un emprunteur, et de mesurer la contribution relative de chaque facteur au risque de défaut.

Cette technique est fondée sur l'observation et l'analyse d'un nombre élevé de dossiers de crédit passés, dont on a pu apprécier l'ensemble de la vie et donc connaître le risque final. Etablir un score suppose donc l'existence d'une information suffisante et de nature à être traitée selon des méthodes d'analyse des données.

3. L'apport de la théorie financière dans la mesure du risque de crédit :

Durant ces trois dernières décennies, des modèles de mesure du risque de crédit ont été développés. Ils sont fondés sur les développements récents de la théorie financière ou de la théorie de l'assurance pour lesquels l'utilisation de données des marchés financiers s'avère nécessaire. C'est pourquoi ces modèles s'appliquent principalement aux grandes entreprises cotées.

3.1. La Value at Risk (VaR) :

Le développement des marchés organisés du crédit et la forte progression d'échanges de dérivés de crédit donnent la possibilité aux banques de réaménager dynamiquement leurs portefeuilles et ainsi d'optimiser le couple rendement / risque. Pour cela, il est nécessaire de construire un modèle interne de pilotage du risque de crédit qui est la Value at Risk.

3.1.1. Origine de la value at Risk (VaR):

La VaR est apparue le jour où le Président de la JP Morgan Bank (banque américaine fondée en 1828), Denis Weatherstone, a demandé un rapport journalier résumant l'exposition de la banque aux facteurs de marché et estimant la perte maximale potentielle dans les prochaines 24 heures.

La VaR a ainsi été introduite dans le système interne de la banque afin de fournir une mesure globale des risques et d'estimer les pertes à un horizon donné.

Calculée et mise en exergue la première fois par la JP Morgan, la VaR n'a cessé de se répandre notamment dans les banques. La vulgarisation de ce nouveau concept est principalement due à trois facteurs :

- En octobre 1994, la banque américaine dévoile sa méthodologie de calcul de la VaR (RiskMetrics™) et la met gratuitement sur internet ;

- En janvier 1996, le Comité de Bâle adopte l'amendement "Risques de marché" qui laisse aux banques la latitude de choisir entre le modèle standard et leurs propres modèles pour le calcul des fonds propres réglementaires ;
- En 1997, aux Etats-Unis, la Securities and Exchange Commission (la SEC), préoccupée des risques cachés derrière les instruments hors bilan, a émis des règles de communication relatives aux produits dérivés. La VaR a été au cœur de ces règles et c'est d'ailleurs la raison pour laquelle les rapports annuels de Microsoft et bien d'autres grandes sociétés présentent maintenant des calculs de la VaR.

La value at Risk a réellement fait autorité en matière de mesure de risque après la convergence des différentes méthodes initiées par d'autres banques telles la *Charisma de Chase Manhattan* et *db-analysi* de la *Deutsche Bank* vers la méthodologie Risk Metrics désormais une référence incontournable.

3.1.2. Définition de la VaR :

« La value at Risk est une estimation de la perte potentielle (exprimée dans une unité monétaire) qui peut résulter de la détention d'un portefeuille de produits financiers sur une période donnée (un jour, une semaine, etc.), avec un niveau de confiance choisi à priori (95%, 99%, etc.) dans des conditions défavorables de fluctuation des marchés ». ¹⁰

La VaR est ainsi, une mesure statistique du risque qui permet de quantifier la perte possible sur une position avec une certaine probabilité.

Pour le risque crédit la VaR est définie comme étant la perte maximale sur un crédit à un horizon donné avec un certain degré de confiance. Trois modèles sont déjà testés pour la gestion du portefeuille des crédits, il s'agit de :

- CreditMetrics de JP Morgan ;
- Portfolio manager avec KMV ;
- CreditRisk avec le Crédit Suisse.

3.1.3. Les paramètres de la VaR :

La détermination de la VaR dépend de trois paramètres :

a- La distribution de pertes et profits du portefeuille :

¹⁰ N. GAUSSEL, J. LEGRAS, F. LONGIN, R. RABEMANANJARA, Au-delà de la VaR, Quants n° 37, Recherche et Innovation, CCF.

L'idéal serait d'avoir une distribution normale entièrement caractérisée par sa moyenne et sa variance, c'est d'ailleurs l'hypothèse qu'on fait pour calculer la VaR selon certaines approches, cette hypothèse reste cependant sujette à de fortes critiques.

b- Le niveau de confiance :

Le niveau de confiance dépend bien entendu de l'aversion au risque du propriétaire du portefeuille ; plus ce seuil est important plus la VaR sera élevée. Le Comité de Bâle impose dans son accord de 1998 un seuil de confiance de 99%.

c- La période de temps :

C'est l'horizon auquel on désire mesurer la VaR. Il diffère selon l'activité de l'entreprise, la nature du portefeuille et les données générales du marché (liquidité, importance du marché financier, etc.).

La réglementation impose un horizon de 10 jours ouvrables (soit deux semaines), une période jugée suffisante pour une banque pour liquider une position.

3.1.4. Les usages de la VaR :

Destinée à l'origine à se substituer aux mesures forfaitaires des risques, la VaR est devenue l'objet d'un triple enjeu :

a- La VaR et la mesure globalisée des risques :

Disposer en temps réel ou au moins quotidiennement d'une mesure globalisée des risques est une information précieuse dont il faudrait disposer à tout prix pour un meilleur pilotage de l'entreprise. La VaR le permet grâce à la quantification des risques qu'elle apporte à travers ses différentes méthodes d'estimation.

b- La VaR : outil d'allocation des fonds propres :

La VaR permet de mesurer les exigences en fonds propres et ce grâce à la mesure globale des risques encourus par les banques.

c- La VaR et le Corporate Governance :

L'utilisation de modèles internes basés sur la VaR permet de mieux gouverner l'entreprise. En effet, les actionnaires mandatent des dirigeants pour gérer leurs fonds. Un actionnaire rationnel est très averse au risque, il veut en fait être informé de tout ce qui est susceptible d'altérer sa richesse. La VaR par la masse importante d'information qu'elle véhicule en un seul chiffre, constitue par excellence le premier signal aux yeux d'un actionnaire.

3.1.5. Méthodologie de calcul de la VaR :

Calculer la VaR est un processus à plusieurs étapes. Celles-ci peuvent être résumées comme suit :

a- La constitution de la base de données :

Pour mieux se projeter dans l'avenir, il faut bien connaître le passé. La connaissance approfondie du passé nécessite bien entendu la constitution d'une base de données sur l'évolution des marchés.

Le calcul de la VaR se base sur des prévisions du comportement des facteurs déterminant la valeur du portefeuille de l'institution, au travers d'une estimation économétrique des paramètres du modèle construit. Or, il demeure très difficile, voire impossible, de se prononcer sur l'avenir des facteurs de risque sans avoir préalablement observé leur historique.

Ainsi, disposer d'une base de données historique est d'ores et déjà plus qu'indispensable.

Mais encore faut-il qu'elle soit riche (plusieurs variables), longue (d'une taille suffisante) et suivie quotidiennement (mise à jour).

b- L'hypothèse de normalité et le choix des paramètres de la VaR :

Cette étape consiste :

- En la détermination de la loi de l'évolution des valeurs du portefeuille. Idéalement, il faudrait une distribution simple et qui correspond aux observations empiriques, mais cela est difficilement applicable dans la réalité, c'est pour cela que la loi normale est la plus utilisée dans le calcul de la VaR.
- Le choix des paramètres de la VaR (l'horizon du risque et le seuil de confiance) tel que défini précédemment.

c- Le choix de la méthode de calcul :

Pour estimer la VaR, il existe plusieurs méthodes allant des plus simples jusqu'aux méthodes complexes faisant appel à des développements mathématiques soutenus. Les trois méthodes les plus répandues sont : l'approche paramétrique, l'approche de simulation historique et l'approche de simulations Monte Carlo.

✓ **L'approche paramétrique ou variances covariances :** L'approche de variances covariances suppose que la loi jointe des facteurs de risque peut être approchée par une loi théorique à priori dont l'expression mathématique dépend d'un nombre réduit de paramètres. On utilise alors les propriétés de cette loi théorique pour estimer le quantile de la distribution empirique et donc la VaR d'une position à un niveau de confiance donné.

La finalité de cette méthode est donc d'évaluer le risque issu de l'évolution future des facteurs de risque en s'appuyant sur des hypothèses jugées être susceptibles de bien décrire l'historique de ces variables de marché.

✓ **L'approche de simulation historique** : Dans cette approche, la distribution des variations futures des facteurs de risque est assimilée à celle observée sur une période passée. Donc, les variations passées sont utilisées pour réévaluer le portefeuille et simuler ses pertes et profits (P&L). La VaR est ensuite obtenue en lisant le quantile approprié sur l'histogramme des pertes et profits simulés du portefeuille.

Ainsi, sur une série de 500 P&L quotidiens, la VaR à un jour à 99% est égale à la cinquième plus grande perte observée sur l'histogramme. Le principe fondamental de l'approche du test historique consiste à utiliser la distribution passée réelle des facteurs de risque auxquels le portefeuille est soumis et d'appliquer les mouvements dans les prix et taux passés à la composition actuelle du portefeuille.

✓ **L'approche de simulations Monte Carlo** : L'approche de simulations Monte Carlo consiste, comme son nom l'indique, à simuler par un générateur aléatoire approprié des variations conjointes des facteurs de risque en grand nombre, puis à calculer pour chaque variation les P&L correspondants. L'estimation de la VaR par cette approche consiste à choisir une distribution pour les variations jointes des facteurs de risque, ce choix devra bien entendu être validé par des tests statistiques adéquats. À partir du modèle choisi, on simule un grand nombre de scénarios futurs avec un ordinateur. Les résultats de l'application de ces différentes simulations à la composition actuelle du portefeuille sont ensuite utilisés pour estimer la distribution des P&L hypothétiques du dit portefeuille. La VaR est enfin déterminée de la même manière que l'approche historique mais à partir de l'échantillon simulé.

3.1.6. Avantages et limites de la VaR :

a- Avantage : La VaR recèle d'innombrables avantages avec lesquels elle a su attirer de nombreux utilisateurs :

- Elle permet de transformer toute l'information relative aux risques en un chiffre unique, simple et compréhensible par tous.
- Elle tient compte des corrélations entre les actifs et permet ainsi de bénéficier d'une quantification des impacts de la diversification et des coûts de la concentration des risques.
- La VaR permet aussi une gestion optimale des fonds propres. En effet, elle est utilisée pour déterminer l'exigence minimale des fonds propres, elle est à même de définir une meilleure allocation de ces ressources en constituant un modèle de capital axé sur des limites et en perspective avec les objectifs stratégiques de l'entreprise.

- Elle permet d'assurer la transparence (système de communication) et la liquidité du marché en stimulant les actions de couverture. Cet outil permet également d'accroître la concurrence et par conséquent de diminuer les coûts de transactions (par une présence plus confirmée sur le marché financier).
- La mise en œuvre d'une méthodologie VaR permet également de répondre aux besoins internes de l'entreprise surtout celui d'informer les actionnaires. La VaR permet ainsi d'établir de meilleurs rapports actionnaires/dirigeants.

b- Les limites de la VaR :

Dès son apparition, la VaR a été fortement critiquée vu les limites qu'elle présente, parmi celles-ci on peut citer :

- Les hypothèses simplificatrices ne reflètent pas la réalité :
 - Les marchés ne sont pas normaux : la distribution de probabilité de la variable perte est souvent supposée gaussienne, ce que l'observation de la réalité dément puisqu'un examen plus attentif des distributions du marché révèle leur déviation remarquable par rapport à l'idéal mathématique de la loi normale.
 - La volatilité n'est pas constante : elle change avec les cycles de marché. Or, la VaR ne prend pas en compte ces cycles qui montrent que le risque est plus important pendant les crises que pendant les périodes calmes.
- La mesure de la VaR ne tient pas compte des corrélations entre marchés financiers (risque systémique ou de contagion), d'où la nécessité de soumettre les estimations de la VaR à des contraintes exogènes par rapport au modèle.
- L'accumulation des données historiques est essentielle et pourtant elle engendre des biais statistiques que les économètres ne peuvent pas toujours apprivoiser (problème de multi colinéarité des données). De tels problèmes biaisent l'estimation des paramètres et impacte en conséquence la qualité de la prévision.
- Le calcul de la VaR dépend de la loi utilisée et les résultats diffèrent selon la méthode choisie. Ainsi, pour un même portefeuille, on peut trouver des VaR différentes à cause de l'utilisation de paramètres divergents ce qui rend la comparaison d'autant plus difficile. La VaR peut dès lors être qualifiée de mesure subjective.

Les limites de la VaR sont assez nombreuses. Cependant, elles ne doivent en aucun cas occulter l'utilité de ce concept.

3.2. L'approche structurelle :

L'approche structurelle¹¹ du risque de crédit a vu le jour suite aux travaux de Merton (1974), qui sont fondés sur la théorie d'évaluation des options développée par Black & Scholes (1973). Elle représente le défaut comme un processus endogène lié à la structure de financière d'une firme d'où une possibilité de faire défaut se manifeste lorsque le prix des actifs se trouve en dessous d'un certain seuil, qui est situé à proximité inférieure de la valeur des dettes.

3.2.1. Le raisonnement de l'approche :

Soit A la valeur des actifs de la firme. Ces actifs sont financés par émission d'actions E et de dette (obligations zéro coupon)¹², d'échéance T , de valeur faciale L et de valeur de marché D .

Actif	Passif
Actif (A)	Fonds propres (action) (E)
	Dettes (obligation) (B)

Le risque de crédit apparaît dès lors qu'à l'échéance de la dette la valeur des actifs de la firme est susceptible de devenir inférieure à la valeur faciale de cette dette ($A_t < L_t$).

Quelle est, à l'échéance, la position de l'investisseur ayant acquis les obligations ?

- Si la valeur de la firme est supérieure à la valeur faciale de la dette ($A_t > L_t$), il récupère cette valeur faciale, qui correspond au montant maximum qu'il peut obtenir.
- Par contre, si la valeur de la firme est inférieure à la valeur faciale de la dette ($A_t < L_t$), et malgré son rang de priorité sur les actionnaires, le créancier obligataire ne récupère que la valeur résiduelle de la firme, qui peut éventuellement être nulle (ce qui équivaut à un taux de recouvrement nul).

En utilisant le cadre d'analyse des options et leur profil de risque à échéance, la position de l'investisseur obligataire est donc similaire à celle d'un vendeur d'option de vente (put) sur la valeur des actifs de la firme dont le prix d'exercice est égal à la valeur faciale de la dette.

La valeur de marché de la dette à l'échéance est ainsi égale soit à la valeur faciale de cette dette (si $A_t > L_t$), soit à la valeur résiduelle de la firme (si $A_t < L_t$).

Pour l'actionnaire, la problématique est inversée : si la firme est en défaut, il ne récupère rien. Par contre, dès que la valeur de la firme dépasse la valeur faciale de la dette ($A_t > L_t$), sa richesse augmente avec la valeur de l'actif de la firme. Sa position est donc équivalente à celle

¹¹ Le modèle est appelé modèle structurel car il relie le risque de crédit à la structure du capital de la firme

¹² Ce qui évite de devoir intégrer des flux intermédiaires de paiement d'intérêts.

d'un acheteur d'option d'achat (call) sur la valeur de l'actif de la firme dont le prix d'exercice est égal à la valeur nominale de la dette.

La (Figure 2-1) illustre l'analogie développée ci-haut :

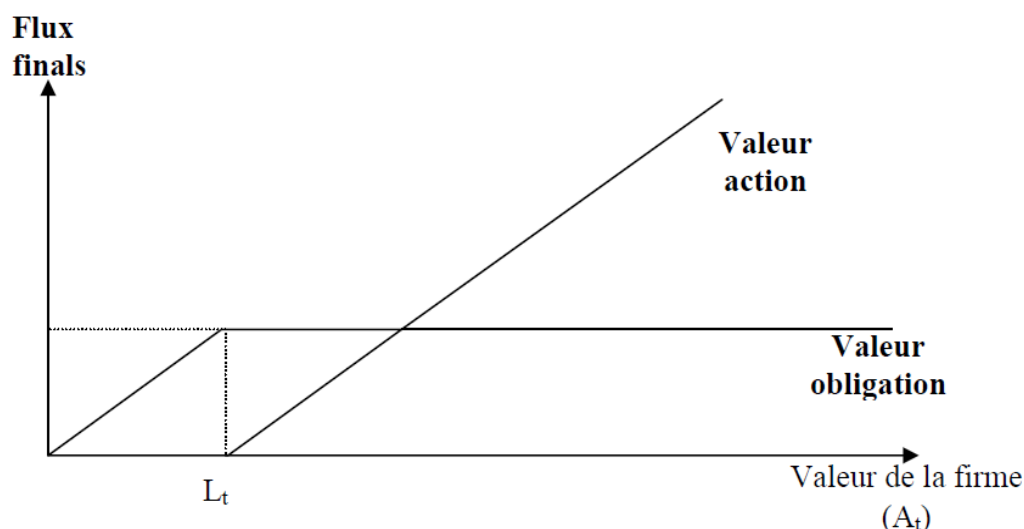


Figure 2- 1 : profils de risque pour les actionnaires et les créanciers à l'échéance de la dette.

D'où la conclusion qu'on peut utiliser le modèle de valorisation des options (Black et Scholes – Merton) pour déterminer la valeur des fonds propres de la société, celle-ci dépend dans ce modèle de la volatilité et du levier des dettes, soit :

$$E = f(A, \sigma_A, r, L, t)$$

Avec :

A= valeur des actifs.

σ_A = la volatilité des actifs de l'entreprise.

r = le taux sans risque,

L = le montant de la dette dû à l'horizon choisi (intérêts et principal),

t = la maturité de l'option.

3.2.2. Modèle de Merton (1974) :

Merton a développé son modèle sous des hypothèses inspirées de celles sous-jacentes au modèle de valorisation des options de Black & Scholes :

- Il n'y a ni coûts de transaction, ni taxes, ni problèmes d'indivisibilité des actifs ;
- Il existe un marché où on peut emprunter et prêter au même taux d'intérêt ;
- La vente à découvert des actifs est permise ;

- Le théorème de Modigliani-Miller, selon lequel la valeur de la firme est indépendante de sa structure financière est appliqué. Cela implique que si A est la valeur de la firme $A=E+D$ où E est la valeur de marché des actions et D la valeur de marché de la dette ;
- La courbe des taux est plate et connue d'avance ;
- Il n'y a pas de distribution de dividendes pendant la période ;
- La dynamique de la valeur de la firme est décrite par un processus Brownien géométrique c'est-à-dire suivant l'équation différentielle stochastique (EDS) suivante :

$$\frac{d A_t}{A_t} = \mu_A d_t + \sigma_A dB_t \quad (\mu, \sigma > 0)$$

Avec :

μ_A : Est le taux de rendement instantané ;

σ_A : Est l'écart type instantané des rendements de la firme ;

B_t : Est un mouvement brownien standard.

On admet également l'hypothèse de complétude suivante : il existe une classe d'actifs permettant de répliquer les cash-flows futurs de la firme.

On peut donc appliquer la formule d'évaluation des options de Black & Scholes pour donner une formule d'évaluation de la dette, en prenant en compte l'éventualité que la firme fasse défaut :

$$D_t = A_t N(-d_1) + B(t, T) LN(d_2)$$

Où :

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{A_t}{L}\right) + \left(r + \frac{\sigma_A^2}{2}\right)(T - t)}{\sigma_A \sqrt{T - t}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma_A \sqrt{T - t}$$

Il est à noter que pour l'application de cette formule, il faut passer par l'approximation de A_t (valeur marchande des actifs de la firme) et de σ_A (volatilité des actifs). En effet, ces valeurs n'étant pas directement observable on les relie à E_t (capitalisation boursière) et σ_E (volatilité du cours) que l'on peut déterminer à partir des données boursières :

$$\sigma_A = f(\sigma_E)$$

3.2.3. Limites de l'approche :

- L'hypothèse de Merton, selon laquelle le défaut ne peut intervenir qu'à l'échéance, est trop restrictive : représenter l'évolution de la valeur de la firme par un processus de diffusion ne permet pas d'intégrer la possibilité d'une chute brutale de sa valeur, et donc la probabilité estimée de défaut à court terme devient négligeable.
- L'approche n'est applicable que sur les entreprises pour lesquelles on dispose des informations du marché financier, c'est-à-dire les sociétés cotées, ce qui limite son champ d'application.
- La notion de valeur de la firme est difficile à cerner, car il faut prendre en compte des éléments immatériels comme les marques, le capital humain...etc. qui sont non quantifiables.
- Le modèle ne distingue pas entre les différentes natures de la dette.

3.3. L'approche de forme réduite ou mesure du risque par les spreads :

Ce type d'approche a été développé, pour résoudre les difficultés des modèles de Merton, ainsi que pour tarifier les produits dérivés de crédit, son rôle majeur est de partager le taux d'intérêt nécessaire pour le financement d'une contrepartie entre le taux sans risque et une prime de risque appelée « *spread* ». Ce dernier incorpore diverses informations sur la qualité de l'emprunteur, ainsi que la liquidité de la transaction sous-jacente ou plus générale du marché, donc les spreads sont considérés comme des données de départ d'où sont extraits les autres paramètres.

Contrairement aux modèles structurels, ceux relevant de l'approche réduite ne conditionnent pas explicitement le défaut à la valeur de la firme (il n'y a pas de cause précise au défaut) et il n'est ainsi pas nécessaire d'estimer des paramètres de valeur de la firme pour résoudre ces modèles. Une autre différence importante est le degré de prévisibilité du défaut : la date de défaut est une variable aléatoire et donc totalement imprévisible, ce qui n'est pas le cas dans les modèles structurels. Enfin, en permettant à la probabilité de défaut de varier dans le temps et de dépendre du niveau des taux d'intérêt, ces modèles à forme réduite reflètent les deux caractéristiques essentielles des défauts (probabilité de survenance et taux de recouvrement).

Pourquoi le spread de crédit devrait correspondre au risque de crédit ? :

En formalisant l'approche « réduite », le lien entre le spread de crédit et le risque de perte peut être exprimé de la façon suivante :

Soient, pour un titre quelconque, p la probabilité de défaut et μ le taux de recouvrement en cas de défaut. Le prix d'un titre étant égal à la valeur actuelle des flux futurs anticipés, le

prix d'un titre zéro coupon de nominal B sera égal à la valeur actualisée V du montant espéré à l'échéance M :

$$M = p \cdot \mu \cdot B + (1-p) B = [1 - p(1 - \mu)] B$$

Par ailleurs, le taux de rendement r requis par un investisseur risque neutre doit être le même pour un actif sans risque et un actif risqué. D'où, en raisonnant, par souci de simplification, sur un titre à une période, et en posant : V est le prix du zéro coupon un an et y son taux spot, on a :

$$V = \frac{B}{1+y} = \frac{M}{1+r} = \frac{[1-p(1-M)]B}{1+y}$$

On en déduit le spread :

$$y-r = \frac{p(1-M)(1+r)}{[1-p(1-M)]}$$

On remarque que le spread est fonction à la fois de la perte anticipée (probabilité de défaut et taux de recouvrement en cas de défaut) et du niveau du taux d'intérêt sans risque.

Pour étudier un titre à plusieurs périodes, on définit p_i la probabilité de défaut marginale de l'année i (ou le taux de défaut marginal) et μ_i le taux de recouvrement marginal de l'année i .

Le taux de défaut moyen cumulé jusqu'à l'année t est alors égal à :

$$p_t = 1 - \prod_{i=1}^t (1 - p_i)$$

Puisque le spread est coté en pourcentage l'an, on calcule une probabilité (un taux) de défaut annuel moyen p et une perte marginale l_i :

$$p_t = 1 - [1 - p_t]^{1/t} \quad \text{et} \quad l_i = p_i (1 - \mu_i)$$

La perte anticipée est donc la perte moyenne cumulée jusqu'à l'année t :

$$L_t = 1 - \prod_{i=1}^t (1 - l_i)$$

Et la perte moyenne annuelle anticipée :

$$L_t = 1 - [1 - L_t]^{1/t}$$

Le spread de crédit est alors égal à :

$$y-r = \frac{p(1-M)(1+r)}{[1-p(1-M)]}$$

Avec $\mu = 1 - l$ et y et r les taux spots correspondants à la maturité des titres zéro coupon utilisés.

L'avantage de ce type d'approche est qu'elle fournit un modèle d'évaluation d'une obligation risquée (et donc du spread de taux) à priori assez simple : il suffit de connaître le prix d'une obligation sans risque de même maturité, la probabilité de défaut et le taux de recouvrement. Le prix de l'obligation sans risque est observé sur le marché et le taux de recouvrement peut être estimé à l'aide de données historiques pour des obligations similaires (données fournies par les agences de notation internationales) et pour différentes notations.

La difficulté réside dans l'estimation de la probabilité de défaut, qui ne doit pas être la probabilité de défaut historique mais la probabilité de défaut risque neutre. La probabilité de défaut ajustée de telle sorte que l'espérance de rendement de tous les titres (risqués et non risqués) soit la même est égale au taux sans risque. Cette probabilité peut être interprétée comme une probabilité ajustée par une prime de risque de défaut versée à l'investisseur. Cette prime correspond à l'écart de prix entre un titre sans risque et un titre risqué divisé par la perte anticipée, soit :

$$\text{Prime} = [V_G - V_{Ci}] / [V_i(1 - \mu_i)p_i]$$

Avec :

V_G prix de l'actif sans risque

V_{Ci} prix de l'actif risqué de rating i

μ_i taux de recouvrement pour le rating i

p_i probabilité historique de défaut.

Il est alors possible d'estimer la probabilité ajustée en multipliant la probabilité historique par cette prime de risque. (Jarrow, Lando et Turnbull 1997).

Il convient néanmoins de souligner que l'approche en termes de modèles à forme réduite à une limite. En effet, ces modèles ignorent le risque systématique d'un portefeuille obligataire (c'est-à-dire que les défauts des différentes firmes sont corrélés et coïncident avec les retournements de conjoncture).

SECTION 2 : LA MESURE DU RISQUE DE CREDIT AU NIVEAU DU PORTEFEUILLE.

La construction d'un modèle de portefeuille suppose d'abord de disposer de l'information sur le risque de crédit au niveau individuel. Autrement dit, elle passe par le développement d'un système interne de notation, comme on l'a vu dans la section précédente.

L'idée fondamentale de l'approche de portefeuille est que l'incertitude des pertes est liée au caractère volatil des probabilités de défaut et des pertes en cas de défaut. Celles-ci sont en réalité des variables aléatoires. Leur valeur dépend de la réalisation de facteurs de risque spécifiques à chaque emprunteur et de facteurs de risque systématiques (macroéconomiques, sectoriels ou géographiques) communs à une ou plusieurs classes d'emprunteurs. Ce sont ces facteurs qui écartent les taux de défaut de leurs moyennes historiques et expliquent les migrations sachant que, selon la théorie du portefeuille, le risque spécifique est neutralisé par la diversification. Le risque du portefeuille de crédits provient donc principalement du risque systématique.

C'est dans ce contexte qu'on va procéder à la construction de la distribution des pertes globales et par conséquent la détermination du capital économique qui n'est autre que la différence entre la perte maximale déterminée à un seuil de confiance choisi et les pertes moyennes ou attendues.

Et comme toute tentative de modélisation, elle doit être soumise à des tests pour prouver sa qualité et sa robustesse vu le point stratégique qu'elle occupe au sein de la banque, son objectif le plus absolu étant d'offrir un moyen de mesure du risque et donc le moyen de le limiter ou d'y faire face.

1. Modélisation de la probabilité de défaut¹³ :

La distribution des pertes d'un portefeuille de crédit dépend d'un jeu de facteurs de risque, ainsi les paramètres du crédit (PD, LGD et EAD) sont considérés comme variables conditionnelles à ces facteurs. Dans un horizon d'un an, un emprunteur peut changer de classe de risque ou faire défaut carrément, la PD joue alors un rôle majeur dans la modélisation du risque de crédit.

L'idée sous-jacente à tous les modèles de mesure de risque de crédit est que la PD varie en fonction des facteurs de risque soit des facteurs propres à l'emprunteur (facteurs spécifiques) ou des facteurs communs à tous les emprunteurs (facteurs systématiques).

Ces facteurs étant des variables aléatoires, les PD le sont aussi, c'est pourquoi les probabilités de défaut ou les transitions entre classes de risque ne sont pas stables dans le temps.

Pour modéliser l'incertitude des PD, les modèles ont recours à différentes approches, mais la plus répandue de toutes est celle associée aux modèles structurels. Elle consiste à supposer que les PD instantanées sont déterminées par plusieurs variables latentes (voir formule (3.1)).

¹³ Adapté de DIETSCH, M&PETEY, J « *Mesure et gestion du risque de crédit dans les institutions financières* », Revue Banque, 2008.

L'objet de la modélisation de la probabilité de défaut consiste à établir un lien fonctionnel entre cette PD et les facteurs de risque communs des emprunteurs. Cette modélisation s'avère aussi nécessaire pour la détermination des corrélations entre défauts, vu qu'elles ne sont pas observables directement. Cependant, il est à noter qu'il existe deux formes de probabilités de défaut :

- Probabilité non conditionnelle.
- Probabilité conditionnelle.

La probabilité de défaut non conditionnelle est la probabilité de défaut sur un horizon de temps donné, construite à partir des séries historiques de défaut, à partir de ces séries, on calcule les taux de défaut moyens pour chaque classe de risque et leurs volatilités. C'est une probabilité stationnaire (à long terme).

La probabilité de défaut conditionnelle est la probabilité de défaut qui dépend de la réalisation des facteurs de risque, autrement dit, les probabilités de défaut sont conditionnées par un jeu de facteurs. Cette relation fonctionnelle entre facteurs de risque et probabilités de défaut s'écrit d'une manière générale comme suit :

Soit un emprunteur i :

$$p_i(X) = p_i(X_1, X_2, \dots, X_n) \quad (3.1)$$

Où $p(X)$ est la probabilité de défaut conditionnelle de l'emprunteur et les X_1, X_2, \dots, X_n sont les vecteurs des différents facteurs de risque.

C'est à travers la dépendance des PD par rapport aux mêmes facteurs que le risque systématique est modélisé, celui-ci est le risque majeur auquel est confronté le portefeuille, car il n'est pas diversifiable, contrairement au risque lié aux facteurs spécifiques qui est en principe diversifiable.

Ainsi, une évolution favorable des facteurs de risque éloigne les emprunteurs du défaut, et inversement, une réalisation défavorable de ces facteurs augmente la probabilité de défaut.

2. La dépendance entre les défauts et les corrélations :

Pour évaluer le risque de crédit au niveau du portefeuille, on ne se contente pas des calculs des probabilités de défaut et les taux de récupération individuels, ces données se révèlent insuffisantes pour déterminer la distribution de perte du portefeuille. Pour obtenir une distribution complète et la plus précise qui soit, il faut agréger les pertes, tout en prenant en compte les dépendances existantes entre les actifs qui composent le portefeuille.

La corrélation jouit d'un statut privilégié dans l'appréciation du risque au niveau du portefeuille, car elle conditionne les pertes maximales auxquelles est exposée une banque à un horizon donné. Cependant, son usage est fondé sur l'hypothèse fondamentale des rendements normalement distribués. Dès que cette hypothèse n'est pas vérifiée, comme c'est le cas avec le risque de crédit, les corrélations doivent être interprétées avec beaucoup de précautions.

2.1. Les différentes formes de corrélation :

La variation de la valeur d'un portefeuille résulte des réalisations de différents événements affectant chaque crédit, ainsi que des corrélations entre tous ces événements. Rappelons que les événements de crédit sont : le défaut (mesuré par la PD) et la perte en cas de défaut (LGD), celle-ci dépendant elle-même du taux de récupération en cas de défaut et du montant de l'exposition au moment du défaut (EAD). En conséquence, ce sont trois catégories de corrélations qu'il faut en théorie prendre en compte :

- les corrélations entre défauts pour un modèle (DM), les corrélations entre migrations pour un modèle MTM ;
- les corrélations entre LGD (les taux de récupération) ;
- les corrélations entre les défauts ou les migrations et les LGD.

Pour la corrélation entre défaut et LGD, celle-ci est due : D'une part, au fait que l'emprunteur en situation financière difficile (proche du défaut) augmente, s'il en a la possibilité, le niveau d'utilisation de ses lignes. D'autre part, la valeur des garanties, qui sont un élément déterminant du taux de récupération, n'est pas indépendante du défaut. En effet, la valeur de bon nombre de garanties dépend, de manière plus ou moins directe, de la valeur des actifs de l'emprunteur et ces garanties perdent par conséquent une grande partie de leur valeur en cas de défaut.

Cependant, en raison de l'absence ou du caractère incomplet des données disponibles, les hypothèses suivantes sont souvent retenues :

- H 1 : les pertes conditionnelles au défaut sont indépendantes entre emprunteurs.
- H 2 : les pertes en cas de défaut (LGD) sont indépendantes du défaut lui-même.

En conséquence, les seules corrélations à estimer sont celles entre les défauts ou migrations.

2.2. Mesure des corrélations :

La notion de corrélation peut être utilisée selon deux approches : approche dynamique et approche statique. Au niveau de l'approche statique, de façon traditionnelle, on mesure la corrélation linéaire.

a- Approche statique :

D'une manière générale la corrélation linéaire entre les défauts qui sont des événements discrets pour deux emprunteurs se calcule comme suit :

Considérons les deux variables aléatoires X et Y des variables binaires qui prennent les valeurs, 0 et 1 et représentent la situation de deux emprunteurs i et j, défaut et non défaut respectivement. p_i est la probabilité de défaut de i, p_j est la probabilité de défaut de j, p_{ij} est la probabilité jointe, les probabilités de défaut conditionnelles sont définies par (théorème de Bayes) :

$$p_{i/j} = \frac{p_{ij}}{p_j} \quad p_{j/i} = \frac{p_{ij}}{p_i}$$

La corrélation linéaire est alors :

$$p_{ij} = \frac{p_{ij} - p_i p_j}{\sqrt{p_i(1-p_i)p_j(1-p_j)}}$$

Les probabilités individuelles sont déterminées à partir des systèmes de notation, les probabilités jointes quant à elles, sont estimées.

b- Approche dynamique :

La corrélation linéaire ne peut pas tout dire à propos de la structure de dépendance des risques, ce qui a incité le développement de nouvelles alternatives à la corrélation.

En effet, d'autres méthodes permettant de révéler les dépendances complexes ont été développées. C'est le cas des corrélations de rang que définissent notamment des corrélations de fonctions de distribution marginale d'une fonction de distribution jointe de variable aléatoire¹⁴.

Au-delà de l'approche statique, la notion de corrélation peut être appréhendée dans le temps. Il existe en effet, trois types de corrélation dynamique :

- la corrélation de qualité de crédit : elle est basée sur les données historiques. C'est le cas de CreditMetrics qui se base sur les corrélations entre rendements et actifs.

¹⁴ Elles permettent de sortir de la limite des corrélations linéaires, mais elle est difficile à manipuler.

- la corrélation de défaut, il existe deux approches : une approche fondée sur les modèles structurels et une autre sur les modèles stochastiques avec saut. La seconde méthode est difficile à mettre en œuvre et est plutôt utilisée dans le cadre de dérivés de crédit ;
- la corrélation entre défauts et variables d'état.

Par ailleurs, le lien entre corrélation et période d'observation a également été évoqué. L'on établit ainsi la notion de corrélation de survie. Elle généralise la période d'observation d'un an à plus d'une année.

La mise en œuvre de corrélation entre secteurs d'activité nécessite des données microéconomiques sur les entreprises en fonction du secteur d'activité. Ce genre de donnée n'existe dans aucune base de données fiable et représentative dans notre environnement. La prise en compte de la corrélation n'est donc pas envisageable à ce jour et doit être interprétée avec beaucoup de prudence.

3. La construction de la fonction de densité des pertes (PDF) :

Après avoir passé en revue, les différents mécanismes de la dynamique de défaut d'un emprunteur pris isolément, et d'autre part, les formes de corrélation de défaut identifiables entre plusieurs crédits, nous pouvons à présent procéder à la construction de distribution de perte globale d'un portefeuille de crédits sur l'horizon retenu. En effet, la PDF est l'output final de tout modèle de risque de crédit, celle-ci nous permettra de calculer aisément un nombre d'indicateurs qui reflètent le niveau de risque de crédit pris sur le portefeuille dans sa globalité. Le capital économique, étant le principal indicateur de risque à l'heure actuelle, fera l'objet d'un traitement détaillé.

3.1. Définition :

La distribution de perte d'un portefeuille de crédit, à un horizon de temps choisi, correspond à une courbe qui relie la fréquence de perte de crédit à l'intensité du niveau de celle-ci.

La PDF d'un portefeuille de crédits présente la particularité de ne pas être de type normal. En effet, celle-ci est fortement asymétrique (coefficient d'asymétrie¹⁵ positif) et leptokurtique¹⁶ (coefficient d'aplatissement supérieur à 1). (Figure 1-1).

¹⁵ Mesuré par le moment d'ordre trois de la distribution.

¹⁶ Mesuré par le moment d'ordre quatre(4) de la distribution, il mesure l'épaisseur de la queue de distribution.

3.2. Les principes de construction de la fonction de densité des pertes :

Quelle que soit la méthodologie adoptée pour la construction de la PDF, le principe reste le même, et consiste à déterminer conjointement la répartition de fin de période des emprunteurs au sein des classes de risque et la variation de la valeur de chaque crédit en fonction de la classe de risque dans laquelle il se trouve. La perte totale s'obtient alors, compte tenu de l'hypothèse d'indépendance des migrations conditionnelles, par simple agrégation des positions individuelles. Pour un modèle de défaut, il suffit de déterminer le nombre de défauts dans chaque classe pour chaque réalisation des facteurs de risque et la perte relative à chaque défaut.

Les corrélations entre événements de crédit interviennent à travers le fait que les variations des valeurs individuelles (y compris en cas de défaut) dépendent directement de la réalisation des facteurs de risque et sont donc étroitement liées les unes aux autres.

Deux options peuvent être retenues pour la construction de la fonction de densité des pertes, une méthode de type analytique (rencontrée dans le modèle CreditRisk+) et une méthode fondée sur la simulation type Monte Carlo (rencontrée dans les modèles CreditMetrics et KMV).

3.2.1. L'approche analytique :

Cette méthode consiste à imposer « *à priori* » une forme connue de la famille des distributions non normales aux éléments constitutifs de la PDF, en l'occurrence la distribution des défauts et des expositions, et qui est susceptible d'approximer la distribution. Ici aussi, on trouve deux optiques :

➤ **L'approche descendante :** Elle consiste à retenir pour la distribution de perte du portefeuille, une loi susceptible de rendre compte, une fois ajustée de l'asymétrie et de la queue épaisse de la distribution de perte. Les lois candidates pour une telle approche sont les lois du type bêta ou normales inverses. Le problème de cette démarche est de savoir une fois retenue, à quel niveau de perte commencer.

➤ **L'approche ascendante :** Elle s'oppose à la démarche précédente, la perte du portefeuille résulte des pertes potentielles de chacune des facilités le constituant. Cette démarche est utilisée par Crédit Suisse First Boston (CSFB) dans son modèle CreditRisk +, en effet ce modèle, assimile la probabilité d'occurrence du défaut à une loi de poisson. Le portefeuille est scindé en sous portefeuilles indépendants caractérisés par une exposition commune à la perte globale anticipée sur chaque tranche, le nombre de défauts anticipés sur la tranche et les taux moyens de défaut par secteur suivent une loi gamma.

3.2.2. L'approche par simulation :

Cette approche consiste à construire une distribution empirique des pertes en utilisant une simulation de type Monte-Carlo¹⁷, cependant pour qu'une telle méthode puisse être utilisée, on doit disposer d'un modèle explicatif du défaut¹⁸. Ainsi, le modèle CreditMetrics, qui recourt à la simulation pour la construction de la PDF, fait l'hypothèse que les migrations sont entièrement expliquées par la variation de valeur des actifs de l'entreprise, mesurée de façon approchée par son cours boursier, ceux-ci aussi supposés être normalement¹⁹ distribués, de ce fait, des scénarios des valeurs des actions des emprunteurs (entreprises) peuvent être générés. Ces scénarios sont traduits en transitions entre classes de risque et donc directement en valeurs du portefeuille. L'ensemble des valeurs obtenues est ensuite ordonné pour construire la distribution empirique de la valeur future du portefeuille de crédit. Cette distribution empirique retrace clairement l'asymétrie à gauche et présente un aplatissement positif. (Figure 1-1). En général, les deux approches donnent des résultats plus ou moins distincts à cause de la différence qui existe entre leur méthodologie, ce qui explique les divergences entre elles.

3.3. Le Capital Economique :

Le capital économique se définit comme les fonds propres nécessaires à une banque pour absorber les pertes sur un horizon temporel donné et pour un seuil de confiance prédéfini. En d'autres termes, le capital économique est le coussin de sécurité contre les pertes non attendues. Il protège de l'insolvabilité avec une probabilité donnée, celle-ci dépend de l'objectif de la banque. Par exemple, l'objectif standard d'une grande banque internationale consiste à conserver une notation de crédit AA, le risque de défaut des entreprises notées AA est de 0.03% environ, ce qui amène le seuil de confiance de cette grande banque à 99.97%.

On constate d'après cette définition, que le concept de "capital économique" renvoie à celui de "portefeuille" : le capital économique est mesuré au niveau d'un portefeuille et son calcul suppose la construction préalable de la distribution de perte du portefeuille.

Les Fonds propres sont nécessaires pour couvrir les pertes non attendues, ces dernières sont définies comme la différence entre les pertes actuelles et les pertes attendues. En effet, les pertes

¹⁷ C'est un outil mathématique puissant utilisé pour toutes sortes d'applications professionnelles, et pour la résolution de beaucoup de problèmes : du calcul du nombre π à l'évaluation des produits dérivés les plus complexes. Cette technique porte le nom de Monte Carlo en hommage aux jeux de hasard pratiqués dans les casinos monégasques.

¹⁸ Un modèle qui identifie les variables explicatives de défaut.

¹⁹ La loi normale multivariée.

attendues doivent être provisionnées, et seules les pertes inattendues doivent être couvertes par des fonds propres.

Donc, si la banque notée AA estime ses pertes moyennes à 1% de ses encours des prêts par an, la perte dans le scénario le plus pessimiste (VaR) au seuil de confiance choisi de 99.97 %, est estimée à 5% des encours. Le capital économique requis pour 100 € de prêt dans ce cas-là est de 4 €. Pour le calcul du capital économique associé au risque de crédit, la banque peut adopter un modèle conditionnel ou non conditionnel, dans le cas d'un modèle conditionnel, les pertes attendues et non attendues tiennent compte des conditions économiques en vigueur, dans le cas non conditionnel par contre, ces pertes sont calculées sous l'hypothèse de conditions économiques moyennes. Il est primordial que le capital économique soit calculé de manière cohérente, si les pertes attendues sont conditionnelles (respectivement non conditionnelles), les pertes non attendues devraient l'être aussi.

4. La validation des modèles de risque de crédit : Back-Testing et le Stress-Testing:

Les modèles de mesure de risque ont tous l'objectif de la détermination de la PDF sur laquelle sont extraits plusieurs indicateurs nous renseignant sur les pertes potentielles supportées sur le portefeuille au seuil de confiance choisi. Etant donné l'importance de ces prévisions, il est nécessaire de s'assurer de leur qualité et de leur relative stabilité.

Chaque modélisation ne peut être parfaite, en effet, ce n'est qu'une représentation approchée de la réalité, elle doit donc faire l'objet d'une mesure permanente de sa performance, lors de sa construction ainsi que son fonctionnement. Pour ce faire, on a recours à plusieurs méthodes et tests d'évaluation du pouvoir prédictif des modèles, dans une première phase on doit procéder à des opérations de *Back-testing des modèles*, puis aux opérations de *stress-testing* dans une deuxième phase.

4.1. Le Back-Testing :

« Le back-testing est un ensemble de procédures statistiques dont le but est de vérifier que les pertes réelles observées ex post sont en adéquation avec les pertes prévues. Cela implique de comparer systématiquement l'historique des prévisions de la Value-at-Risk aux pertes réellement observées dans le portefeuille »²⁰ selon les modèles, le Back-testing peut prendre des formes différentes. Il s'agit, par exemple, de vérifier que le pourcentage de défauts par tranche de risque ne s'écarte pas du pourcentage prévu. Il s'agit aussi de s'assurer que le nombre

²⁰ JORION,P. « *Financial Risk Manager Handbook* » 4è édition, Wiley, 2007.

de dépassements de la limite fixée par la VaR au cours du temps ne dépasse pas un certain seuil, comme illustré sur la (Figure 2-2)²¹ suivante :

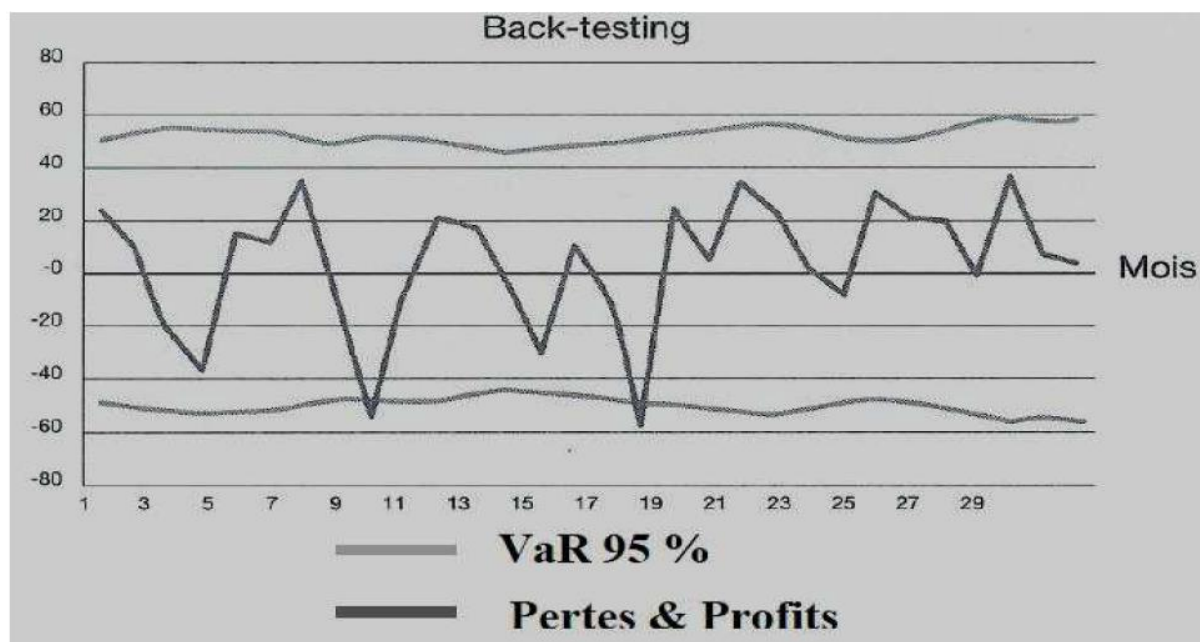


Figure 2- 2: Principe du back-Testing.

On voit sur le graphique ci-dessus que la VaR est dépassée deux (2) mois sur trente (30), c'est-à-dire dans 7% des cas. On tend donc à rejeter ce modèle en raison de cette défaillance des prévisions. Le back testing est rendu délicat en matière de crédit, du fait de l'horizon temporel. En effet, l'horizon de prévision retenu par les banques est en général de un (1) an, donc pour pouvoir procéder à des vérifications, les données doivent couvrir plusieurs cycles, cela leur impose de disposer de plusieurs dizaines d'observations annuelles.

4.2. Le stress testing :

C'est un outil permettant de réaliser des simulations de crises utilisées pour appréhender l'exposition du portefeuille de la banque à une crise financière. Contrairement à la VaR, elles doivent répondre à la question : « Quel est le montant de la perte auquel la banque doit faire face lors de la prochaine crise si le portefeuille ne change pas »²²

L'objectif des stress-testing est de vérifier la robustesse des modèles dans des situations extrêmes ou de crise. Pour ce faire, il existe deux grandes familles de stress-testing, des méthodes dites objectives et des méthodes dites subjectives. Le premier type utilise les faits historiques, c'est-à-dire ceux qui se sont réellement passés pour construire les scénarios, alors

²¹ DIETSCH, M & PETEY, J « *Mesure et gestion du risque de crédit dans les institutions financières* », Revue Banque, 2008

²² RONCALLI .T, « *Gestion des risques financiers* », ECONOMICA, 2004.

que le second type est basé sur des hypothèses sur les crises potentielles futures et donc ne fait pas référence aux événements passés.

Les stress-testing sont donc une suite de questions²³, que doit se poser l'établissement financier sur son risque. En effet, un programme de simulation de crise doit être en mesure de répondre aux questions suivantes :

- Quels sont les pires scénarios pour l'institution ?
- Quelles seront les pertes si le scénario X se produit ?
- Que pouvons-nous faire pour limiter les pertes si un tel scénario se produit ?

Les mêmes difficultés rencontrées en matière de crédit, liées à la l'impossibilité de disposer de séries temporelles longues se posent pour les stress-testing. C'est pourquoi aujourd'hui on s'oriente vers des tests utilisant des coupes instantanées (cross-section) et reposant sur des techniques économétriques de ré échantillonnage et de bootstrapping des tests plutôt que des données longitudinales et des méthodes fondées sur l'économétrie des séries.

SECTION 3 : LES PRINCIPAUX MODELES DE RISQUE DE CREDIT.

Au cours de la section précédente nous avons tenté de présenter les méthodologies conduisant à la construction de la distribution des pertes globales sur un portefeuille de crédit. En effet cette tâche se révèle compliquée vu que le calcul des premiers moments de la distribution est insuffisant pour la détermination de la volatilité des pertes, puisque cette distribution n'est pas normale, ce qui a montré que l'utilisation de la VaR n'est pas si évident que dans la gestion du risque de marché.

La construction de la distribution des pertes globales ne peut s'opérer, si les interactions entre les composants du portefeuille ne sont pas prises en compte, là aussi tous les modèles essaient bel et bien d'intégrer les effets de ces corrélations. Dans ce qui suit nous présenterons les principaux modèles de risque de crédit.

1. Le modèle CreditMetrics :

Développé en 1997 par JP Morgan en partenariat avec plusieurs autres banques et sociétés, CreditMetrics⁵³ est le premier modèle de risque de crédit introduit dans l'industrie bancaire à la suite de l'introduction du modèle RiskMetrics sur les risques de marché.

Le CreditMetrics est un outil destiné à évaluer le risque d'un portefeuille dû aux changements de valeur de la dette ou autres titres qui sont causés par des variations de la qualité

²³ DUNBAR.N & IRVING.R, « This is the Way the World Ends », Risk, 11, December 1998.

de crédit de l'emprunteur. Il est important de mentionner que ces variations de qualité de ces emprunts ne sont pas déterminées uniquement par des événements liés au défaut de l'entreprise, comme le retard des paiements, le non-paiement, la faillite, des difficultés financières nécessitant une renégociation de la dette, etc. Mais également aux fluctuations (appréciations ou détériorations) de la cote de crédit de la firme, CreditMetrics est donc un modèle MTM (Market to Market). De plus, le modèle estime la valeur à risque (VaR), la volatilité de la valeur et non uniquement les pertes espérées. Évidemment, tous les calculs sont faits dans un contexte de portefeuille ce qui implique deux aspects :

- Les risques des différents emprunteurs sont établis sur une base équivalente et agrégés pour être traités de manière homogène.
- Les corrélations entre les différents emprunteurs sont prises en compte, permettant ainsi de bénéficier des effets de la diversification ou de subir le coût de la concentration.

Il est à noter que le modèle traite de manière similaire les crédits bancaires et les obligations. Le cadre général de CreditMetrics est résumé sur la figure 2-3, qui montre que la construction de ce modèle passe par deux grandes étapes :

- La mesure de la VaR au niveau individuel.
- La mesure de la VaR du portefeuille dans son ensemble en tenant compte des diverses corrélations.

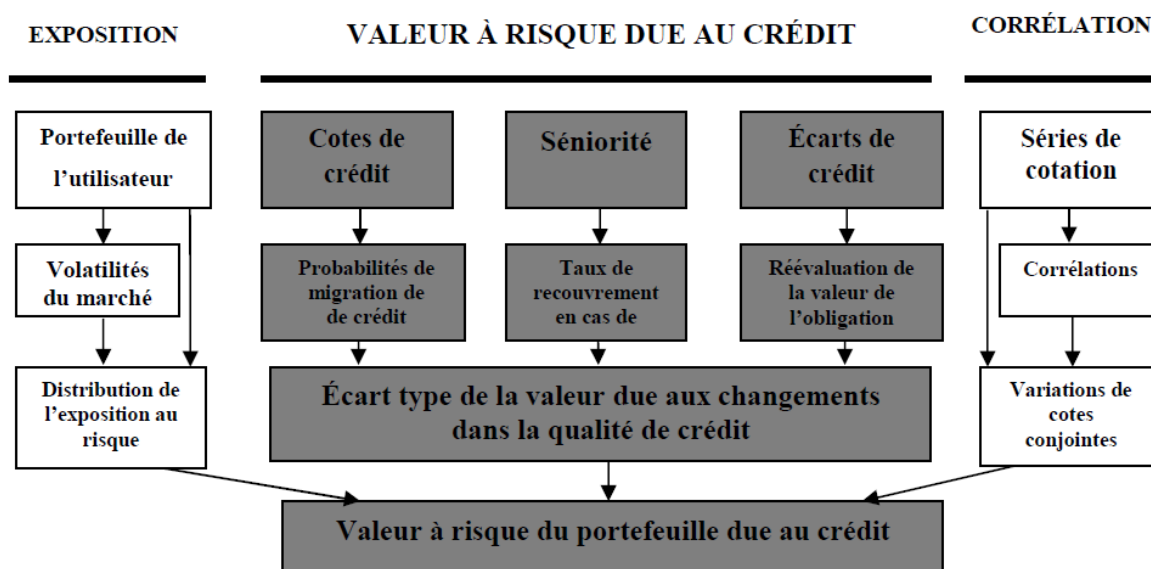


Figure 2- 3²⁴ : Cadre général de CreditMetrics.

²⁴ Source : CreditMetrics, « Technical document », JP Morgan, 1997

1.1.Méthodologie du modèle :

Essentiellement concentrée sur une évaluation des risques au niveau d'un portefeuille, la procédure ne propose pas de technique d'évaluation des probabilités de défaut individuelles. En pratique, l'évaluation des probabilités de transition se fait au niveau des classes de risque (rating) et non au niveau individuel, ce qui implique que toutes les firmes d'une même classe sont supposées porter le même risque.

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

Etape 1 : Une note est attribuée à chaque émetteur (ou émission) en fonction de sa solvabilité présumée. Cette notation peut être celle publiée par les agences spécialisées ou une notation interne ;

Etape 2 : On détermine une matrice de transition de rating. Cette matrice consiste à donner pour un émetteur auquel on a attribué un rating actuel, les différents ratings potentiels à un horizon donné avec la probabilité de migration de la note initiale à chacune des notes potentielles. Cette matrice peut être obtenue à partir des données historiques fournies par les agences de notation ou par estimation statistique ;

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

Etapes 4 : A chaque émetteur (ou émission), on attribue un taux de recouvrement en cas de faillite. Ce taux de recouvrement est celui que donnera le liquidateur aux créanciers de la société en cas de faillite. Afin de prendre en compte le caractère spécifique de chaque émission et en particulier les garanties associées, il peut être plus judicieux d'attribuer un taux de recouvrement par émission plutôt que par émetteur.

Etape 5 : La dernière étape consiste en l'estimation de la VaR, pour ce faire, CreditMetrics utilise l'approche fondée sur la simulation Monte-Carlo en générant des scénarios de valeurs des titres faisant partie du portefeuille. Ces scénarios sont traduits en transitions vers des classes de risque et donc directement en valeurs du portefeuille. La distribution empirique de la valeur future du portefeuille de la banque est ensuite construite sur la base des résultats obtenus.

1.2. Avantage et limites du modèle CreditMetrics :

Selon Gupton²⁵, les bénéfices de CreditMetrics sont plusieurs, le modèle peut quantifier le risque de crédit agrégé, identifier les sources de risque et donc mesurer le risque spécifique à chaque situation de crédit.

Le modèle peut identifier le risque maximal acceptable ainsi que le montant du capital économique que l'institution financière doit conserver en cas de pertes non anticipées.

La méthode permet d'avoir des rendements plus élevés pour un même niveau de risque ou permet de réduire le risque pour le même rendement et donc améliore l'aspect rendement-risque de portefeuille.

L'inconvénient majeur que présente CreditMetrics, vient du fait que les ratings et les probabilités de transition sont basés sur les moyennes historiques des fréquences de défauts et de changements de rating, et d'autre part les chiffres de la matrice de transition sont difficiles à estimer, en se basant sur des données relativement fiables sur les États-Unis, mais les chiffres sont moins pertinents pour les autres pays.

2. Le Modèle de KMV :

La société KMV²⁶ propose un modèle d'évaluation du risque de crédit basé sur la valeur de la firme, le portfolio Manager occupe une place très importante de nos jours.

Contrairement à CreditMetrics, KMV n'utilise pas les données statistiques de Moody's ou de Standard & Poor's pour trouver les probabilités de défaut, celui-ci offre une méthode spécialisée « Credit Monitor » qui identifie de façon périodique les probabilités de défaut, en effet ce modèle repose sur une modélisation stochastique de la valeur des actifs, qui permet d'établir une distribution de l'écart entre la valeur des actifs et la valeur de la dette. Les probabilités de défaut sont directement extraites de la *Expected Default Frequency* (EDF), qui est donc construite en appliquant le modèle de Merton sur les sociétés.

L'EDF est fonction du capital de l'entreprise, de la rentabilité de ses actifs et de la valeur courante de son actif. Elle peut être vue comme une notation cardinale au lieu des notations ordinales conventionnelles proposées par les agences de notation.

L'idée sous-jacente à cette modélisation est illustrée par le graphique suivant :

²⁵ Greg M. Gupton, était initiateur concepteur et gestionnaire du modèle CreditMetrics, de la société Morgan Guaranty Trust paru le 02/02/1997.

²⁶ KMV est la propriété de KMV Corporation. Cette société a été fondée en 1989 par Stephen KEALHOFER, John McQUOWN et Oldrich VASICEK.

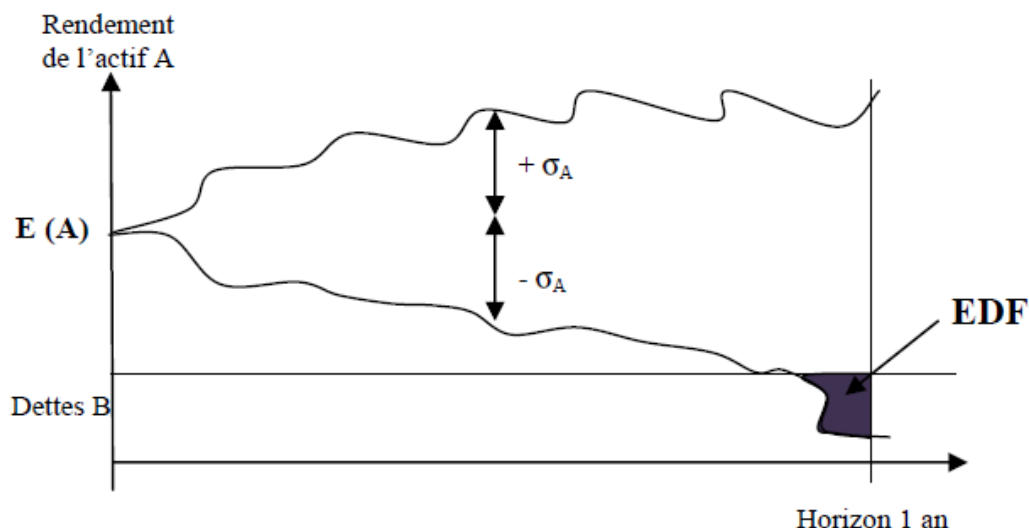


Figure 2- 4 : Probabilité de défaut dans le model KMV.

Partant d'un niveau initial de A en début de période, la valeur des actifs à l'horizon du modèle (un an sur le graphique) varie entre $(A + \sigma_A)$ et $(A - \sigma_A)$

Le calcul de l'EDF se fait en trois phases :

Première étape : Estimation de la valeur de marché et de la volatilité des actifs de la société.

Pour la plupart des sociétés, seule la valeur de leurs actions est observable. De plus une partie de leurs dettes est refinancée. Une approche afin d'évaluer ces actifs consiste à appliquer le modèle de pricing des options à la valeur du passif. Pour rendre son modèle plus souple, KMV fait l'hypothèse que le capital de l'entreprise n'est composé que d'actions, de dettes à court-terme que l'on considère équivalentes à du cash, de dettes à long-terme qui sont supposées être perpétuelles et convertibles.

La valeur du capital V_E et sa volatilité σ_E sont alors solution de :

$$\begin{cases} V_E = f(V_A, \sigma_A, K, c, r) \\ \sigma_E = f(V_A, \sigma_A, K, c, r) \end{cases}$$

Avec K le ratio d'endettement, c le coupon moyen pour le long terme, et r le taux sans risque.

Deuxième étape : Calcul de la distance au défaut (DD).

KMV suppose qu'une société fait défaut lorsque la valeur de ses actifs est strictement plus petite que la valeur de ses dettes. Ainsi, afin de savoir à quelle distance une société se trouve du point de défaut, KMV calcule DD. C'est la distance par unité de risque entre la moyenne de la valeur de l'actif et le seuil critique, le point de défaut, donné par le passif. DD est donc définie comme suit :

Distance au défaut (DD) est la distance entre la valeur attendue de l'actif dans un an, $E(V_1)$ et le point de défaut, DPT le tout exprimé en unité de risque :

$$DD = \frac{E(V_1) - DPT}{\sigma_A}$$

Illustration :

On a une entreprise qui présente les caractéristiques suivantes :

Actif : $V_0 = 1000$
 Taux de croissance attendu par an est de 20% } → Valeur de l'actif dans un an est de :
 $V_0(1.20) = 1200$

Volatilité annualisée de l'actif est de 100

On obtient ainsi :

$$DD = \frac{1200 - 1800}{100} = 100$$

On a remarqué que la DD décroît en période de récession où le taux de défaut est élevé et croît pendant les périodes de prospérité caractérisées par un taux de défaut plutôt bas.

Troisième étape : Calcul de l'EDF grâce à la DD en utilisant une base de données des défauts :

Historiquement, parmi toutes les sociétés possédant une DD de 4, disons 5000, 20 ont été en défaut un an plus tard.

L'EDF de notre exemple précédent est donc :

$$EDF_{1an} = \frac{20}{5000} = 0.004 = 0.4\% \text{ ou } 40pd \text{ (points de base)}$$

Cette EDF correspond à une notation Standard & Poor's BB+, comme le montre le tableau suivant qui nous donne les correspondances entre les différentes agences de notation.

EDF (<i>pb</i>)	S&P	Moody's
2-4	≥ AA	≥Aa2
4-10	AA/A	A1
10-19	A/BBB+	Baa1
19-40	BBB+/BBB-	Baa3
40-72	BBB-/BB	Ba1
72-101	BB/BB-	Ba3
101-143	BB-/B+	B1
143-202	B+/B	B2
202-345	B/B-	B2

Tableau 2- 2 : Comparaison de l'EDF et des autres systèmes de notation.

KMV peut alors construire sa matrice de transition. Elle classe les sociétés par groupe de notation. Par exemple, toutes les sociétés ayant une EDF inférieure à 2 *bp* seront mises dans le groupe AAA, puis celles ayant une EDF comprise entre 3 et 6 dans un groupe AA, ainsi de suite. Grâce à leurs historiques de changement des EDF, KMV peut produire une matrice de transition similaire à celle de CreditMetrics. Cependant les probabilités de rester dans une même classe pour la matrice de KMV sont entre le tiers et la moitié des probabilités des matrices de transitions des agences de notations. Ces différences peuvent avoir des impacts considérables pour le calcul de la VaR.

L'intérêt de cette approche d'une part vient du fait qu'elle repose sur des fondements théoriques et d'autre part, elle peut s'appliquer à n'importe quelle entreprise cotée, même étendue sur les entreprises non cotées, pourvu que l'on possède des informations sur les changements de la valeur de leurs actions.

Toutefois, un obstacle pratique dans l'utilisation de ces modèles se manifeste par la complexité de la structure du capital d'une société, puisqu'elle comprend plusieurs types de dettes à échéances différentes.

3. CREDITRISK+ :

CreditRisk + a vu le jour en 1998, un modèle proposé par le Crédit Suisse Financial Products (CSFP). Il utilise l'approche actuarielle, contrairement à CreditMetrics, CreditRisk + est un modèle de défaut (DM), se focalisant sur les pertes attendues et inattendues et néglige la perte de valeur due aux changements de notation.

CreditRisk + exploite des techniques utilisées couramment dans le monde de l'assurance, en effet, le modèle considère que :

- La probabilité qu'un crédit fasse défaut est très faible ;
- Les occurrences des défauts sont des événements indépendants ;

Le nombre de défaut dans un portefeuille suit une loi binomiale ayant pour paramètres, le nombre de crédits en portefeuille (N) et la probabilité de défaut (p), cette loi peut être approchée par une loi de poisson ayant pour paramètre le nombre moyen de défauts (μ), qui correspond simplement au nombre de crédits multiplié par la probabilité de défaillance (Np) ;

En plus de l'incertitude sur le nombre de défauts, le modèle considère une autre source d'incertitude qui est relative aux montants des pertes sur les crédits qui doit être modélisée. On recourt à la distribution des probabilités courantes des expositions des contreparties avec ajustement en utilisant les taux de recouvrement adéquats.

Ainsi, la combinaison de la distribution du nombre de défauts et l'importance des pertes détermine la distribution des pertes globales du portefeuille.

Une complication supplémentaire vient de la variabilité des taux de défaut, donc aux deux sources d'incertitudes citées ci haut, à savoir, le nombre de défaut et les montants des pertes. Une troisième source d'incertitude s'ajoute, c'est les taux de défaut moyens, ces derniers varient en fonction du cycle.

De ce qui précède, on déduit que les paramètres nécessaires comme inputs au modèle CreditRisk + sont :

- Les expositions en cas de défaut (EAD) ;
- Les taux de défaut ;
- La volatilité des taux de défaut ;
- Le taux de recouvrement permettant le calcul des pertes en cas de défaut (LGD).

3.1. Méthodologie du modèle :

La procédure de CreditRisk + comprend trois étapes :

- L'estimation de la fréquence de défaut ;
- L'appréciation de l'ampleur de la perte en cas de défaut ;
- L'évaluation de la distribution des pertes pour l'ensemble du portefeuille ;

❖ l'évènement de défaut :

Une des particularités de CreditRisk + est son absence d'explications ou tout du moins d'hypothèses sur les causes de défaillance des emprunteurs. Les défauts ont lieu suite à une

séquence d'événements telle qu'il est impossible de prédire le moment de leur arrivée et le nombre total des emprunteurs qui feront défaut.

CreditRisk + définit une variable indicatrice de Bernoulli I_i représentant l'événement de défaut du titre i ($i = 1, 2, \dots, N$) d'un portefeuille de N titres avec risque de défaut sur un horizon T tel que :

$$I_i = \begin{cases} 1, & \text{Si le titre } i \text{ fait défaut sur l'horizon } T \\ 0, & \text{Sinon} \end{cases}$$

Supposons maintenant qu'une institution financière ait « N » contreparties et que la probabilité de défaut de chacune de ces contreparties à l'horizon T soit notée p . Le nombre espéré de défauts, noté μ , pour l'ensemble du portefeuille est égal à « Np ». Sous les hypothèses précédemment abordées : la probabilité qu'il y ait « n » défauts s'écrit, grâce à la distribution de Poisson, comme :

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

Ainsi, le nombre de défauts annuels n , est une variable stochastique de moyenne μ et de volatilité $\sqrt{\mu}$. A titre d'exemple :

Posons $\mu = 2$, la probabilité d'absence de défaut l'année suivante est :

$$P(0 \text{ défaut}) = \frac{2^0 e^{-2}}{0!} = 0.1353 = 13.53\%$$

Et la probabilité qu'il y ait 2 défauts est :

$$P(2 \text{ défaut}) = \frac{2^2 e^{-2}}{2!} = 0.2706 = 27.06\%$$

❖ la distribution des pertes :

Pour l'estimation de la perte en cas de défaut, les expositions sont ajustées aux taux de recouvrement empiriques pour chaque emprunteur dans le but de calculer le montant de la perte réelle en cas de défaut.

Pour la construction de la distribution des pertes, la banque décompose son portefeuille en bandes qui regroupent des crédits selon la taille et par conséquent les expositions, chaque bande est considérée comme un portefeuille distinct, dont lequel chaque défaillance induit une perte égale à l'exposition moyenne de la bande, l'avantage de cette procédure est de réduire les données à introduire dans le modèle.

Illustration :

Dans notre exemple, on va adopter cette notation :

	Notation
Exposition	L
Probabilité de défaut	P
Perte attendue	$\Lambda=L*P$
Perte inattendue	$\tilde{\Lambda}$

Dans ce cas d'étude, la banque décompose son portefeuille en bandes comme suit, la première bande regroupe les crédits dont l'exposition est proche d'un montant moyen de $L_1 = 20\ 000$ €, la seconde bande ceux dont l'exposition est proche de $L_2 = 40\ 000$ €, la troisième bande ceux dont l'exposition est proche $L_3 = 60\ 000$ €, et comme on l'a dit précédemment chaque bande est considérée comme un portefeuille à part.

Première étape : Calcul de la répartition des pertes à l'intérieur de la première bande ;

Supposons que la banque identifie 100 prêts à l'intérieur de ce portefeuille (bande) dont la probabilité moyenne de défaut est de 3% ($\mu=0.03$), ce taux de perte incertain suit une loi de poisson, par conséquent, l'écart type du portefeuille de crédit est égal à la racine carrée de la moyenne $\sigma = \sqrt{0.03} = 0.173$

Donc en appliquant la formule de la loi de Poisson, on peut calculer qu'il ait dans cette bande 0, 1, 2défaut, les probabilités sont données par le tableau suivant :

Nombre de défauts	Probabilité (pour $\mu=3$)	Probabilité cumulée
0	0.050	0.050
1	0.149	0.119
2	0.224	0.423
3	0.224	0.647
4	0.168	0.815
5	0.101	0.916
6	0.050	0.966
7	0.022	0.988
8	0.008	0.996
9	0.003	0.999
10	0.001	1

Tableau 2- 3 : Les probabilités de défaut (suivant une loi de poisson).

Du tableau 2-3 on peut déduire que :

- La probabilité qu'il ait 1 défaut dans ce portefeuille est égale à 15 %.

- Et aussi avec les probabilités cumulées pour chaque nombre de défaut, on observe donc qu'il y a moins de 1% de chance que plus de 8 défauts se produisent dans cette bande (probabilités cumulées au niveau de 8 défaut = 0.996).

❖ **Calcul de la perte attendue et la perte inattendue :**

Dans la mesure où l'on suppose un montant uniforme dans chaque bande, on peut aisément calculer la distribution des pertes à l'intérieur de chaque bande, connaissant le nombre de défauts moyen par bande, on peut représenter la distribution des pertes dans cette dernière, en choisissant un quantile, on détermine, la valeur de la perte future en fonction du nombre de défauts et de l'exposition moyenne à l'intérieur de chaque bande.

La perte attendue sur la première bande est donc la moyenne, soit 3% qui représente trois défauts sur cent crédits, soit $\Lambda_1 = 20\ 000\ € \times 3 = 60\ 000\ €$.

La perte inattendue correspondant à un intervalle de confiance de 99 %, soit approximativement huit défauts : $20\ 000\ € \times 8 = 160\ 000\ €$.

La perte inattendue relative au seuil de confiance de 99 %, est égale à $\tilde{\Lambda}_1 = 160\ 000\ € - 60\ 000\ € = 100\ 000\ €$.

La perte attendue $\Lambda_1 = 60\ 000\ €$ doit être couverte par des provisions.

La perte inattendue $\tilde{\Lambda}_1 = 100\ 000\ €$ (160 000 (perte inattendue) - 60 000 (perte attendue)) doit être couverte par des fonds propres.

La distribution de perte de la première bande (L1=20 000 €) est donnée par le tableau suivant :

Nombre de défauts	Probabilité (pour $\mu=3$)	Perte en €	Probabilité cumulée
0	0.050	0	0.050
1	0.149	20000	0.119
2	0.224	40000	0.423
3	0.224	60000	0.647
4	0.168	80000	0.815
5	0.101	100000	0.916
6	0.050	120000	0.966
7	0.022	140000	0.988
8	0.008	160000	0.996
9	0.003	180000	0.999
10	0.001	200000	1

Tableau 2- 4 : La distribution de la perte de la première bande (L1 = 20 000 euro).

Cette analyse peut être répétée pour toutes les autres bandes, et les pertes sont ensuite agrégées sur l'ensemble du portefeuille de la manière suivante :

Dans notre exemple, la deuxième bande de perte correspond à une moyenne de $L_2 = 40\ 000$ €, et contient également 100 prêts avec une moyenne historique de taux de défaut égale aussi à $\mu = 3\%$.

Sur cette fourchette, la perte attendue est $\Lambda_2 = 40\ 000\ € \times 3 = 120\ 000\ €$.

La perte inattendue avec un seuil de confiance de 99% est approximativement :

$$40\ 000\ € \times 8 = 320\ 000\ €.$$

La perte inattendue relative est donc égale à $\tilde{\Lambda}_2 = 320\ 000 - 120\ 000 = 200\ 000\ €$.

La distribution de perte de la deuxième bande ($L_2 = 40\ 000\ €$) est donnée par le tableau suivant:

Nombre de défauts	Probabilité (pour $\mu=3$)	Perte en €	Probabilité cumulée
0	0.050	0	0.050
1	0.149	40000	0.119
2	0.224	80000	0.423
3	0.224	120000	0.647
4	0.168	160000	0.815
5	0.101	200000	0.916
6	0.050	240000	0.966
7	0.022	280000	0.988
8	0.008	320000	0.996
9	0.003	360000	0.999
10	0.001	400000	1

Tableau 2- 5 : la distribution de la perte de la première bande ($L_2 = 40\ 000$ euro)

Deuxième étape : Calcul de la répartition des pertes à l'intérieur du portefeuille ;

Considérons maintenant le portefeuille constitué des prêts appartenant à la première ($L_1 = 20\ 000\ €$) et à la deuxième bande ($L_2 = 40\ 000\ €$).

Quelle est la distribution de perte de ce portefeuille ? Le calcul se fait comme suite :

- Pour chaque montant M de perte du portefeuille, de 0 à 600 000 €, montant maximum de perte de ce portefeuille, correspondant à : 10 défauts sur la bande L_1 , c'est-à-dire 200 000 € et 10 défauts sur la bande L_2 , représentant un montant de perte de 400 000 €. On détermine

le nombre de défauts de chaque bande tel que la somme des pertes des bandes corresponde au montant M. Ainsi,

- Le montant 20 000 € correspond à 1 défaut de L_1 et 0 défaut de L_2 .
 - pour le montant 40 000 €, il y a 2 cas, soit 2 défauts de L_1 et 0 défaut de L_2 , soit 0 défaut de L_1 et 1 défaut de L_2 .
- Dans chacun des cas, on multiplie la probabilité associée au nombre de défauts sur L_1 par celle associée au nombre de défauts sur L_2 : ainsi,
- pour le montant de 40 000 € de perte du portefeuille, le cas 2 défauts sur L_1 , 0 défaut sur L_2 donne une probabilité de $P_1 = 0,224 \times 0,05 = 0,0112$; le cas 0 défaut sur L_1 , 1 défaut sur L_2 donne une probabilité de $P_2 = 0,05 \times 0,149 = 0,00745$.
- Pour chaque montant, on fait la somme des probabilités ainsi calculées pour chaque cas : ainsi, la probabilité que la perte du portefeuille soit de 40 000 € est égale à $P = 0,0112 + 0,00745 = 0,01865$.

À partir des probabilités de perte calculées comme décrit ci-dessus, on trouve les probabilités cumulées permettant d'aboutir au tableau suivant de distribution de perte du portefeuille.

Perte en €	Probabilité (pour $\mu=3$)	Probabilité cumulée
0	0.2%	0.2%
20000	0.7%	1.0%
40000	1.8%	2.8%
60000	3.3%	6.1%
80000	5.2%	11.3%
100000	7.1%	18.4%
120000	8.8%	27.2%
140000	9.8%	37.0%
160000	10.3%	47.3%
180000	10.0%	57.2%
200000	9.2%	66.4%
220000	8.0%	74.4%
240000	6.6%	81.0%
260000	5.2%	86.2%
280000	3.9%	90.1%
300000	2.9%	93.0%
320000	2.0%	95.0%

340000	1.3%	96.3%
360000	2.5%	98.8%
380000	0.6%	99.4%
400000	0.4%	99.7%
420000	0.2%	100.0%

Tableau 2- 6 : Distribution de perte du portefeuille (20 000 + 40 000 euro).

Pour ce portefeuille comprenant les deux bandes, $L_1 = 20\ 000\ €$ et $L_2 = 40\ 000\ €$:

La perte attendue est égale à l'espérance mathématique du nombre de défauts, qui peut être calculée à partir de la distribution des pertes avec la formule :

$$\sum (\text{produits des pertes et leurs probabilités associées})$$

Ainsi Le calcul dans notre cas est :

$$\sum (0 \times 0.2\%, 20000 \times 0.7\%, 40000 \times 1.8\% \dots)$$

On trouve, comme montant de la perte attendue, approximativement $\Lambda = 182\ 380\ €$.

La perte inattendue au seuil de 99 % est approximativement de 380 000 €.

La perte inattendue relative au seuil de confiance de 99% est de $\tilde{\Lambda} = 380\ 000 - 183\ 000 = 197\ 000\ €$.

Si on compare ce montant $\tilde{\Lambda}$ à la somme des deux pertes inattendues relatives pour les bandes L_1 et L_2 , soit à : $\tilde{\Lambda}_1 + \tilde{\Lambda}_2 = 100000 + 200000 = 300000$, on note bien qu'il est inférieur, la diversification a réduit le montant de la perte inattendue de 103 000 €.

La distribution de perte globale est représentée par la figure suivante :

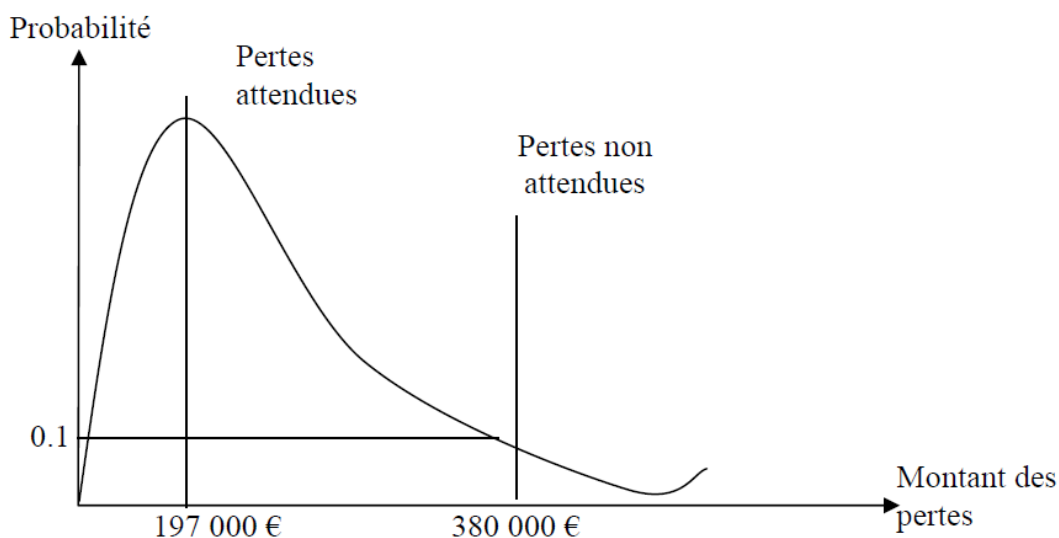


Figure 2- 5 : la distribution des pertes du portefeuille.

3.2. Corrélations et prise en compte des facteurs de risque :

La loi de poisson implique que chaque prêt n'a qu'une faible probabilité de défaut et que les probabilités de défauts sont indépendantes d'un prêt à un autre, la corrélation entre les défauts est supposée nulle par définition. Cependant, dans une version plus complète du modèle, il est possible d'intégrer des corrélations entre défauts en considérant le taux moyen de chaque bande comme variable et distribué selon la réalisation d'un ou plusieurs facteurs de risque (sectoriels ou géographiques).

Les défauts interviennent d'une manière totalement soudaine, de telle manière qu'il est impossible de prévoir avec exactitude ni l'instant, ni le nombre de défauts total. Toutefois, il existe un ensemble de facteurs qui agissent sur les événements de défaut et qui font qu'ils soient corrélés, même s'il n'existe pas de relation causale entre eux. Par exemple, si on a observé durant une année, il y a eu une augmentation importante de défauts (supérieur à la moyenne), c'est peut être une dégradation de l'état de l'économie, qui a fait accroître les taux de défauts simultanément, cela montre que les défauts sont corrélés, mais il n'existe pas de relation causale entre eux.

Afin d'illustrer ce point, on considère k facteurs sectoriels et un facteur unique spécifique à chaque emprunteur, la modélisation peut être étendue à un nombre arbitraire de facteurs de risque, le modèle explicatif de la probabilité de défaut prend la forme suivante :

$$P_A(X_k) = \bar{P}_A \left(\sum_k \theta_k X_k + \left(1 - \sum_k \theta_k X_k \right) \varepsilon_{AI} \right)$$

Où :

- X_k est la réalisation du facteur de risque k ;
- ε_{AI} est la réalisation du facteur de risque spécifique à l'emprunteur ;
- θ_k est pondération du facteur de risque k ;
- \bar{P}_A est la probabilité de défaut non conditionnelle pour une classe de risque donnée ;
- $P_A(X)$ est la probabilité de défaut conditionnelle pour la même classe de risque.

X_k et ε_{AI} sont supposés suivre une loi Gamma d'espérance et de variance unitaires. Sous cette hypothèse, on constate que la probabilité de défaut moyenne correspond à la probabilité stationnaire.

L'introduction de facteurs sectoriels se traduit par accentuation de l'asymétrie de la distribution des pertes et l'épaississement de la queue de la distribution des pertes, il s'ensuit par conséquent l'augmentation de la VaR du portefeuille comme l'illustre la figure suivante :

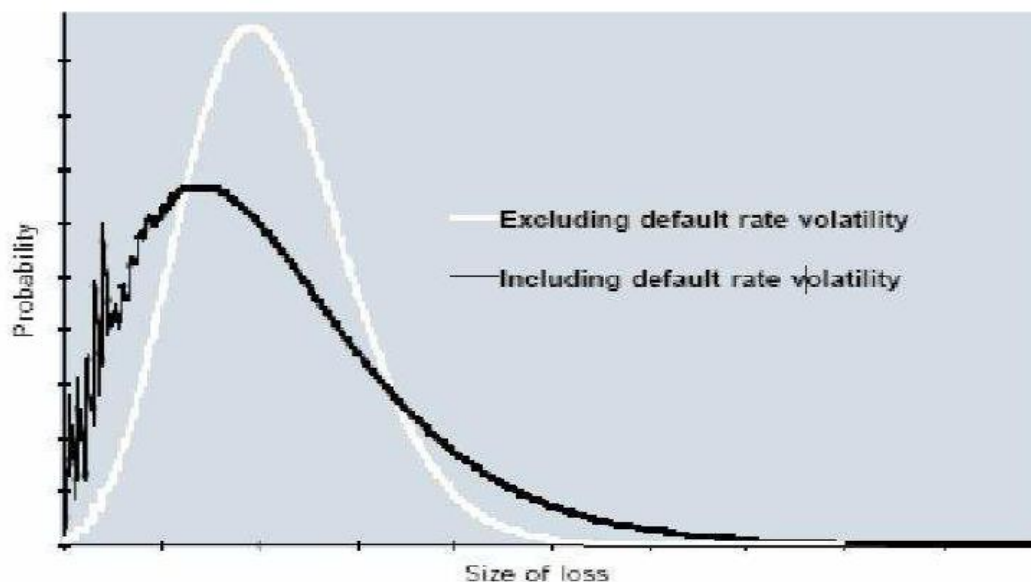


Figure 2- 6 : Effet de la volatilité des taux de défaut sur la PDF.

D'une manière générale CreditRisk + attire l'attention sur le fait que les corrélations entre défauts sont généralement faibles dans l'économie, toutefois l'introduction de facteurs supplémentaires pour l'amélioration du modèle risque de diminuer l'imprécision découlant de la détermination des différentes sensibilités.

3.1. Généralisation :

Pour aboutir à la PDF, CreditRisk+, comme on l'a vu regroupe les expositions en tranches de largeur L , chacune caractérisée par :

- V_j : exposition commune aux emprunteurs appartenant à la bande j , exprimée en multiple de L , l'unité de compte choisie (ex : millions de dollars) ;
- ε_j : perte moyenne attendue de la bande j , exprimée en multiple de L ;
- μ_j : nombre moyen de défauts de la bande j où $\mu_j = \frac{\varepsilon_j}{V_j}$.

Première étape : Fonction génératrice des pertes pour une bande.

La fonction génératrice des pertes pour une bande j est alors donnée par :

$$G_j = \sum_{n=1}^{\infty} P(\text{perte} = nL)Z^n = \sum_{n=1}^{\infty} P(n \text{ défauts})Z^{nV_j}$$

$$\text{Avec } V_j = L \times J$$

Or $P(n \text{ défauts}) \rightarrow P(\mu)$ d'où :

$$G_j = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\mu_j^n e^{-\mu_j}}{n!} Z^{nV_j} = e^{-\mu_j + \mu_j Z^{V_j}}$$

Deuxième étape : Fonction génératrice des pertes pour le portefeuille.

Comme les bandes sont indépendantes, la fonction génératrice des pertes pour tout le portefeuille peut s'écrire comme étant le produit des fonctions génératrices de toutes les bandes. Soit :

$$G_j(Z) = \prod_{j=1}^m e^{-\mu_j + \mu_j Z^{V_j}} = \exp \left\{ - \sum_{j=1}^m \mu_j + \sum_{j=1}^m \mu_j Z^{V_j} \right\}$$

Après avoir effectué un changement de variable on obtient la formule :

$$G_j(Z) = e^{\mu(P(Z)-1)} = F(P(Z))$$

Avec :

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

Troisième étape : Distribution des pertes pour le portefeuille entier

Maintenant que l'on a la fonction génératrice du portefeuille, il est assez simple d'obtenir la distribution des pertes :

$$P(\text{perte} = nL) = \frac{1}{n!} \frac{d^n G(Z)}{dZ^n} / Z = 0 \quad n \in N^*$$

L'intérêt du modèle CreditRisk + est sa simplicité et le peu d'information qu'il exige pour sa mise en œuvre, de plus, il ne nécessite pas d'informations boursières.

Cependant, sa principale limite réside dans le fait qu'il néglige la possibilité d'un changement de spread des titres composants le portefeuille, et par conséquent ne tient pas compte de la perte ou du gain de valeur du portefeuille engendrés par ces changements de notations.

CONCLUSION :

Ce chapitre était un descriptif des différentes étapes de construction d'un modèle de crédit, ainsi que les méthodes de quantification nécessaires à son élaboration.

Pour conclure notre chapitre, nous avons souhaité mettre le point sur les contraintes et limites que peuvent présenter les modèles de risque de crédit.

La principale contrainte est l'insuffisance des données vu que les modèles se basent sur des données estimées à partir des données historiques et non sur des valeurs réelles, donc, quel que soit le degré de sophistication du modèle, il comportera toujours une marge d'erreur qui aura tendance à sous-estimer le risque.

La deuxième contrainte qui s'oppose à nous est le choix de paramétrage : la banque doit spécifier quel paramètre va-t-elle considérer comme étant aléatoire, mais cette démarche qui reste un peu subjective, de même pour les corrélations entre événements de crédit, il est impossible de cerner toutes ces corrélations à l'intérieur d'un portefeuille de crédit. Donc, ces modèles comme tout autre modèle statistique ne sont qu'une représentation de la réalité construite sur la base d'un historique, dont l'évolution des comportements peut affecter les résultats de ces modèles.

*TROISIEME CHAPITRE : MODELISATION
DU RISQUE DE CREDIT, APPLICATION SUR
UN PORTEFEUILLE DE PRET.*

TROISIEME CHAPITRE : MODELISATION DU RISQUE DE CREDIT : APPLICATION SUR UN PORTEFEUILLE DE PRET.

Dans ce qui précède, nous avons passé en revue les différents aspects théoriques liés à la modélisation du risque de crédit et à sa gestion en général, à présent, nous entamons dans ce chapitre une analyse empirique dans le but d'en tirer les principales mesures de risque, dont la Value at Risk. Nous avons opté pour une modélisation par le modèle CreditRisk+ (CR+), le choix de ce modèle a été motivé par les nombreux avantages qu'il présente et son adaptation au secteur de crédit algérien.

Notre modélisation sera effectuée sur un portefeuille de 195 Petites et Moyennes entreprises qui exercent dans divers secteurs d'activité et qui ont bénéficié de crédits auprès de la Banque Nationale d'Algérie (BNA) que ça soit des crédits par caisse ou des crédits par signature. Ce portefeuille a été extrait de la Direction de Financement des Petites et Moyennes Entreprises (DPME) de la BNA.

Ce présent chapitre est divisé en quatre volets, tout d'abord, on commence par une section qui porte sur une présentation brève de la Banque Nationale d'Algérie (B.N.A), son historique et son système de notation interne, le CagexRating, qui un système de mesure de la solvabilité des entreprises clientes de la banque à travers une série d'indicateurs et suivant un processus d'évaluation des risques selon les standards internationaux.

La deuxième section est dédiée à la définition des paramètres nécessaires pour la modélisation CreditRisk+, suivie d'une section où nous allons effectuer une analyse générale de l'échantillon choisi afin de ressortir les caractéristiques principales de notre portefeuille.

Au final, la dernière section présente dans un premier lieu, la manière avec laquelle les données de l'échantillon doivent être organisées afin de les introduire dans le logiciel statistique R choisi pour la modélisation vu qu'il est facilement disponible, totalement gratuit et c'est un logiciel complet où la quasi-totalité des méthodes statistiques sont déjà implémentées via des ajouts communément appelés Packages. Dans un second lieu, cette section porte sur une analyse des résultats de la modélisation représentés par les différentes mesures de risques qui seront énoncées distinctement avec la signification qu'apporte chacune d'elles. Et en terminera par une simulation de scénarios de crise.

SECTION 1 : PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET SON SYSTEME DE NOTATION INTERNE

1. Présentation de la Banque Nationale d'Algérie :

La Banque Nationale d'Algérie créée par l'ordonnance N°66-178 du 13 juin 1966 est la première banque commerciale algérienne, elle exerçait toutes les activités d'une banque de dépôt, elle assure notamment le service financier des groupements professionnels, des entreprises. Elle traite toutes les opérations de banque, de change et de crédit dans le cadre de la législation et de la réglementation des banques.

La BNA détenait le monopole du financement de l'agriculture, jusqu'en mars 1982 date à laquelle les pouvoirs publics ont décidé de l'opportunité de mettre en place une institution bancaire spécialisée, ayant pour vocation principale la prise en charge du financement et de la promotion du monde rural. Ainsi, a été créée la Banque de l'Agriculture et Développement Rural (BADR) à partir de la restructuration de la B.N.A.

La loi n° 88-01 du 12 janvier 1988 portant orientation des entreprises économiques vers leur autonomie a eu des implications incontestables sur l'organisation et les missions de la BNA qui devient une entité juridique autonome dotée du statut d'Entreprise Publique et Economique (EPE).

L'apparition de La loi n° 90-10 du 14 avril 1990 relative à la Monnaie et au Crédit qui constitue un nouveau dispositif législatif de soutien aux réformes économiques engagées par les autorités publiques. En effet, cette loi a apporté un changement radical au système bancaire, et cela en harmonie avec les nouvelles orientations économiques du pays. La BNA à l'instar des autres banques, est considérée comme une personne morale qui effectue, à titre de profession habituelle principalement des opérations portant sur la réception de fonds du public, des opérations de crédit ainsi que la mise à disposition de la clientèle, des moyens de paiement et la gestion de ceux-ci. Elle était la première Banque qui a obtenu son agrément par délibération du Conseil de la Monnaie et du Crédit le 05 septembre 1995.

En 2009 le capital de la BNA a été augmenté en mois de juin 2009. Il a été porté de 14,600 milliards de dinars à 41,600 milliards de dinars par l'émission de 27000 nouvelles actions de 01 millions de dinars chacune, souscrites et détenues par le Trésor Public.

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 matière de financement des

entreprises et de mise à disposition de produits bancaires à la clientèle avec 213 agences réparties sur le territoire national.

2. La BNA en quelques chiffres :

Afin d'avoir une vision plus précise sur l'activité de la BNA, il serait intéressant de se pencher sur certains indicateurs d'activité :

<i>Intitulés</i>	Déc 2015	Déc 2014	Ecart
<i>Activité commerciale</i>			
<i>En millions de Dinars</i>			
Total du bilan	2 719 081	2 620 619	3.75%
Fonds propres	264 009	227 101	16.25%
Produit net bancaire (PNB)	116 641	89 107	30.90%
Résultat net	29 537	29 784	-0.82%
<i>Rentabilité</i>			
Rentabilité des Fonds Propres	11.19%	13,10%	-1.91%
Rentabilité des Actifs	1.08%	1,14%	-0,06%
<i>Ratios financiers</i>			
Fonds Propres / Total Bilan	9.70%	8,67%	1.03%
Dépôts / Total Bilan	59.57%	62,43%	-2.86%
Crédits / Total Bilan	57.76%	63,41%	-5.65%
Crédits / Dépôts	96.96%	101.57%	-4.61%
<i>Bancarisation</i>			
Effectif global	Plus de 5000		
Comptes clientèle	2 513 197		
Nombre d'agences	213		
DAB	138		
GAB	90		
Cartes Inter Bancaires	2 513 197		

Tableau 3- 1 : Chiffres clés sur la Banque Nationale d'Algérie.

- Commentaire et interprétation :

Le total du bilan a progressé de 3.75%, en passant de 2 620 619 millions de dinars en 2014 à 2 719 081 millions de dinars à fin 2014.

La rentabilité des fonds propres et la rentabilité des actifs ont eu une baisse respective de 1.91% et de 0.06%, ce qui est dû à la quasi-stagnation du résultat net alors que les fonds propres et le total des actifs progressent.

Sur le plan commercial, l'encours global des crédits hors impayés s'est élevé à 1 516 086 millions de dinars soit une baisse de 284 334 millions de dinars par rapport au précédent exercice.

En parallèle, les dépôts de la clientèle ont baissé de 1% (16 221 millions de dinars) passant de 1 635 985 millions de Dinars en 2014 à 1 619 764 millions de dinars en 2015.

En termes de rentabilité, le produit net bancaire (PNB) est de 116 641 millions de dinars à la fin de l'année 2015 contre 89 107 millions de dinars l'année précédente affichant une progression de 29 534 millions de dinars.

3. Le système de notation CagexRating :

Le CagexRating est un système de notation financière externe. Comme son nom l'indique, il 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 relayées par la Banque d'Algérie.

Il s'agit d'un système d'évaluation et d'estimation du risque de crédit de l'entreprise en vue de renseigner sur sa solvabilité. Le CagexRating détermine une note à partir d'un score global permettant de qualifier le niveau de risque crédit.

Il a été mis en place à la BNA en 2014. Actuellement, il est utilisé en tant qu'outil de prise de décision : acceptation de dossier avec ou sans conditions, prise de garantie, refus. Par ailleurs, il sert aussi à classer les clients par catégories homogènes en termes de leurs probabilités de défaut.

Le CagexRating se fonde sur une analyse discriminante générant un score qui représente une opinion sur :

- La probabilité qu'une obligation financière soit honorée à temps et selon les prescriptions contractuelles ;
- La solvabilité et la crédibilité de l'entreprise notée ;
- Les risques liés à l'environnement économiques...

Le score 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 3- 2 : Classe de rating de CagexRating.

SECTION 2 : PRESENTATION DES PARAMETRES ET BESOINS DE LA MODELISATION.

Le système de notation de risque d'emprunteur de la BNA, en l'occurrence le «CagexRating » et un outil d'aide à la décision, il ne fait qu'attribuer une note à l'entreprise et l'affecter dans une classe de risque comme le présente le tableau 3-2, on ne dispose donc d'aucun autre élément qui nous renseigne sur le risque.

Durant tout notre travail, nous avons essayé de trouver des techniques pour estimer au mieux les éléments manquants et les adapter à chaque type de crédit tout en tenant compte du système de notation interne de la banque. On présentera dans ce qui suit les paramètres nécessaires à l'application du modèle CreditRisk+ ainsi que les méthodes utilisées pour leur estimation :

1. L'horizon du risque :

Comme il a été déjà cité dans le premier chapitre, l'horizon de risque est un paramètre clé dans la modélisation, le plus important dans le choix d'un horizon temporel est de donner la possibilité aux gestionnaires de mener des actions (gestion de portefeuille, provisionnement, augmentation de capital) avant que le défaut ne survienne. Ainsi, nous retiendrons un horizon de risque d'un an conformément aux recommandations du comité de Bâle et aux pratiques les plus courantes.

2. Détermination des taux de défaut moyen par Rating :

Le système de notation CagexRating n'a comme output que les ratings, il affecte les entreprises aux sept classes de risque, mais ne nous renseigne pas sur les probabilités de défaut de celles-ci. Cependant, c'est un outil à part entier au niveau de la banque, ce qui fait que nous avons préféré utiliser les données de ce système dans notre modélisation.

Pour résoudre cette problématique de la non-disponibilité des PD de chaque classe, nous allons essayer d'attribuer un taux de défaut moyen par classe. L'idéal, c'est bien évidemment d'avoir la probabilité de défaut de chaque emprunteur, les calculs se feront avec beaucoup plus de précision, mais faute de disponibilité de données, nous allons nous contenter des taux de défauts moyens extraits des données fournies par les agences de notation internationales.

Le tableau suivant est fourni 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 2015, selon les différents ratings attribués à chaque entreprise.

Nous allons examiner ces données afin d'en tirer les principales propriétés qui nous permettront de faire le rapprochement avec le système de notation de la BNA. Les taux de défaut sont exprimés en pourcentage et il y a sept échelles de rating : AAA, AA, A, BBB, BB, B et CCC/C.

	AAA	AA	A	BBB	BB	B	CCC/C
1981	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.27	0.00
1982	0.00	0.00	0.21	0.34	4.22	3.13	21.43
1983	0.00	0.00	0.00	0.32	1.16	4.58	6.67
1984	0.00	0.00	0.00	0.66	1.14	3.41	25
1985	0.00	0.00	0.00	0.00	1.48	6.47	15.38
1986	0.00	0.00	0.18	0.33	1.31	8.36	23.08
1987	0.00	0.00	0.00	0.00	0.38	3.08	12.28
1988	0.00	0.00	0.00	0.00	1.05	3.63	20.37
1989	0.00	0.00	0.18	0.60	0.72	3.38	33.33
1990	0.00	0.00	0.00	0.58	3.57	8.56	31.25
1991	0.00	0.00	0.00	0.55	1.69	13.84	33.87
1992	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.99	30.19
1993	0.00	0.00	0.00	0.00	0.70	2.62	13.33
1994	0.00	0.00	0.14	0.00	0.28	3.08	16.67
1995	0.00	0.00	0.00	0.17	0.99	4.58	28
1996	0.00	0.00	0.00	0.00	0.45	2.91	8
1997	0.00	0.00	0.00	0.25	0.19	3.51	12
1998	0.00	0.00	0.00	0.41	0.82	4.63	42.86
1999	0.00	0.17	0.18	0.20	0.95	7.29	33.33
2000	0.00	0.00	0.27	0.37	1.15	7.67	35.96
2001	0.00	0.00	0.00	0.34	2.94	11.52	45.45
2002	0.00	0.00	0.00	1.02	2.88	8.2	44.44
2003	0.00	0.00	0.08	0.23	0.58	4.06	32.7
2004	0.00	0.00	0.00	0.00	0.43	1.45	16.18
2005	0.00	0.00	0.00	0.07	0.31	1.74	9.09
2006	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.82	13.33
2007	0.00	0.00	0.39	0.00	0.20	0.25	15.24

2008	0.00	0.38	0.22	0.49	0.81	4.08	27.00
2009	0.00	0.00	0.00	0.55	0.75	10.92	49.46
2010	0.00	0.00	0.00	0.00	0.58	0.85	22.73
2011	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	1.66	16.42
2012	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	1.56	27.33
2013	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	1.63	24.18
2014	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.77	17.03
2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	2.39	25.73

Tableau 3- 3²⁷ : S&P taux de défaut annuel selon les classes de rating.

Le graphique suivant nous renseigne sur la tendance globale des taux de défaut de chaque catégorie de Rating.

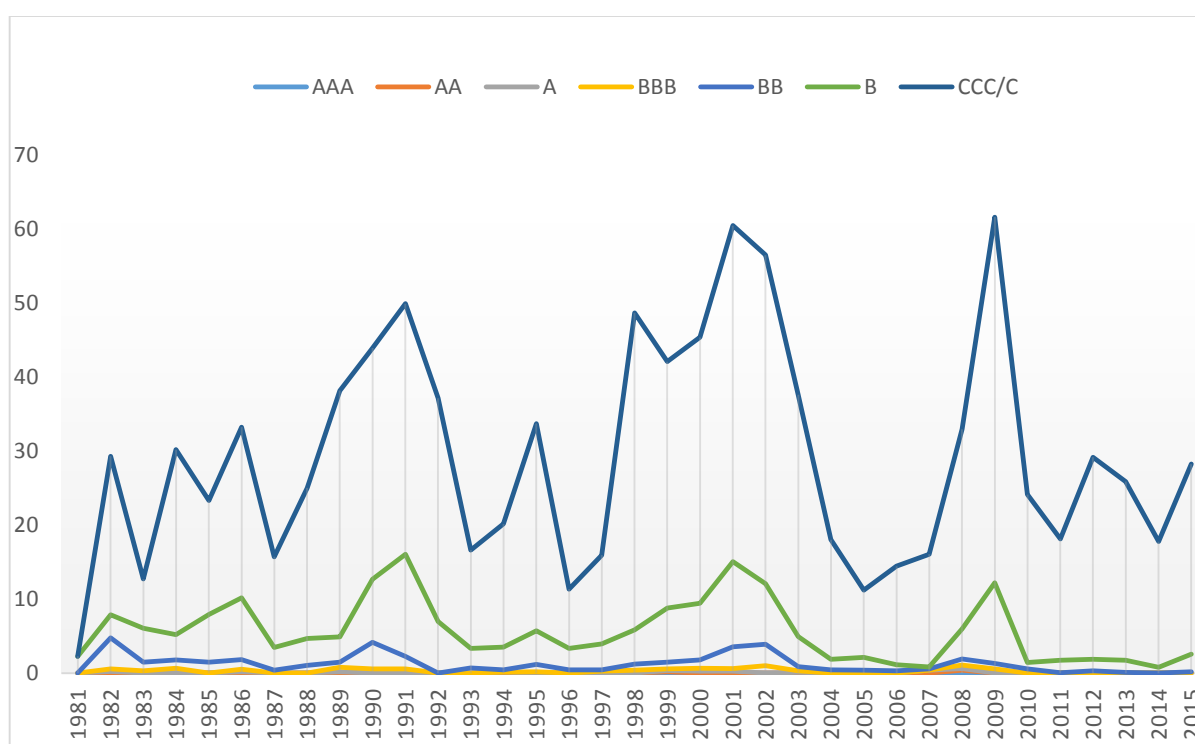


Figure 3- 1 : Courbe des taux de défauts annuels moyens selon le Rating.

D'après ce graphique, on remarque distinctement que les fluctuations des taux de défaut sont de plus en plus importantes dès que l'on se positionne sur des ratings de moindre qualité, cette fluctuation s'accroît sensiblement à partir de la classe BB. On voit que les entreprises considérées comme bien classées (AAA, AA, A, BB) ont un taux de défaut relativement stable sur toute la durée de l'observation, contrairement aux autres entreprises moins bien notées, elles ont des taux de défaut importants qui varient considérablement sur toute la période.

²⁷ S&P, 2015 Annual Global Corporate Default Study and Rating Transitions

Afin d'en tirer plus de propriétés et de synthétiser l'information contenue dans les données précédentes, nous allons calculer certains indicateurs statistiques clés.

	AAA	AA	A	BBB	BB	B	CCC/C
Max	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00
Min	0.00	0.38	0.39	1.01	4.22	13.84	49.46
1^{er} quartile	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	2.01	15.31
Moyenne	0	0.0157	0.0606	0.2157	0.9309	4.4540	23.6946
Médiane	0.00	0.00	0.00	0.07	0.70	3.41	23.08
3^{ème} quartile	0.00	0.00	0.11	0.36	1.15	6.73	31.98

Tableau 3- 4 : statistiques descriptives des taux de défauts annuels globaux par rating.

A partir de ce tableau, on remarque que :

- Les entreprises notées AAA durant toute la période d'observation n'ont eu aucun défaut.
- Plus la notation d'une catégorie est faible, plus le taux de défaut moyen sera important ainsi, il passe de 0% pour les entreprises AAA à 23.6946% pour les entreprises CCC/C.
- 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 déclenchée par la crise des "subprimes" aux Etats-Unis.

3. La volatilité du défaut :

Le tableau suivant nous présente la variabilité des taux de défaut par rapport à la moyenne :

S&P	Ecart type des taux de défaut
AAA	0.00
AA	0.07
A	0.11
BBB	0.26
BB	1.02
B	3.33
CCC/C	11.83

Tableau 3- 5 : volatilité des taux de défaut.

Ces chiffres nous confirment ce que nous avons constaté précédemment, 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 11.83 % pour les entités notées CCC/C.

4. Correspondance entre les classes de Rating S&P et Cagex :

En effectuant une simple concordance entre les classes de Rating énumérées 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 :

S&P	CagexRating	Taux de défaut moyen	Ecart type des taux de défaut
AAA	1	0.00	0.00
AA	2	0.0157	0.07
A	3	0.0606	0.11
BBB	4	0.2157	0.26
BB	5	0.9309	1.02
B	6	4.4540	3.33
CCC/C	7	23.6946	11.83

Tableau 3- 6 : Mapping des taux de défauts moyens et écartypes de S&P et CagexRating.

5. La perte en cas de défaut (LGD):

L'échantillon que nous avons recueilli est composé de crédits assortis de différentes garanties que nous jugeons indispensables de prendre en compte. En effet, si le défaut survient, la banque peut récupérer un certain pourcentage du prêt en mettant en jeu les garanties. Cependant, nous avons été informés qu'aucune étude n'est menée dans ce sens, au niveau de la direction des recouvrements.

Ainsi, la solution qui nous a paru la plus prudente est le recours aux recommandations du comité de Bâle. Dans l'approche IRB, la LGD pour les créances non garanties :

- 45% pour les prêts « sénior »
- et 75% pour les prêts subordonnés

Pour les créances garanties, la LGD est ajustée pour tenir compte des sûretés et collatéraux.

Cependant, le calcul de ces réajustements nécessite les valeurs des garanties, dont nous ne disposons pas.

Nous avons opté donc pour une LGD de 45% unique, car il s'agit d'entreprises représentant des dettes pour lesquelles la position de la Banque Nationale d'Algérie est Senior.

Une LGD de 45% équivaut à un taux de récupération de 55%.

6. L'exposition en cas de défaut (EAD) :

L'exposition en cas de défaut est la valeur du prêt de l'entreprise au moment du défaut, son calcul nécessite la détermination des taux d'actualisation pour chaque classe de risque. Nous pouvons avoir la courbe zéro coupon en établissant un mapping entre le système de notation de la banque et le système de notation de l'agence Standard & Poor's comme suit :

Notation S & P	Taux zéro-coupon			
	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4
AAA	3.60 %	4.17 %	4.73 %	5.12 %
AA	3.65 %	4.22 %	4.78 %	5.17 %
A	3.72 %	4.32 %	9.93 %	5.32 %
BBB	4.10 %	4.67 %	5.25 %	5.63 %
BB	5.55 %	6.02 %	6.78 %	7.27 %
B	6.05 %	7.02 %	8.03 %	8.52 %
CCC	15.05 %	15.02 %	14.03 %	13.52 %

Tableau 3- 7: structure par terme des taux zéro-coupon.

Par analogie au principe d'évaluation des obligations, les cash-flows à actualiser sont le montant du principal et des intérêts encore dus. Cela revient à faire intervenir, pour les crédits bancaires classiques, les éléments suivants :

- L'année de référence ;
- Le type de l'engagement : caution, découvert, crédit d'investissement...etc.
- Le montant de l'engagement ;
- Le taux d'intérêt ;
- Le type de remboursement ;
- La date de début d'engagement, et éventuellement le différé de remboursement ;
- La date d'échéance ;

Cependant, le manque de certains éléments et le caractère particulier de certains types de crédits tels que le découvert et les crédits par signature, nous poussent à utiliser une autre méthode. Ces crédits se décomposent en une part déjà utilisée et une autre autorisée et non encore utilisée, nous allons donc appliquer l'hypothèse de Mc Donough :

$$\text{Exposition} = \text{Utilisation} + \text{Autorisation non encore utilisée} \times 75 \%$$

7. Affectation aux différents secteurs d'activité :

Pour les besoins de la modélisation des corrélations de défaut au sein du portefeuille, CreditRisk+ suggère l'affectation des contreparties à différents secteurs d'activité. Cependant, on ne dispose pas d'informations pouvant servir à la répartition de l'activité d'une entreprise sur plusieurs secteurs, nous avons été contraints de choisir un seul et unique secteur pour chaque entreprise.

Au moment de l'affectation, plusieurs entreprises n'ont pas été affectées à un secteur précis. De ce fait, nous avons choisi de construire notre propre classification sectorielle. Cette classification prend en compte les secteurs d'activité dans lesquels évolue la majorité des entreprises domiciliées au niveau de la BNA.

Les secteurs sont organisés comme suit :

- **Négoce et commerce** : comprend toutes les entreprises dont la vocation principale est l'achat et la vente en l'état de marchandises et la distribution à grande échelle, ainsi que les entreprises d'import/export de produits de large consommation (produits agro-alimentaires, électroménagers, meubles...etc.)
- **Agro-alimentaire** : Comprend les entreprises qui opèrent dans les activités relatives à l'agriculture (toutes formes d'élevages, production agricole) ainsi que la production des produits alimentaires.
- **BTPH** : Comprend les entreprises de Bâtiment, Travaux Publics et Hydrauliques.
- **Industrie** : Comprend toutes les entreprises qui activent dans la production mécanisée de toutes formes de biens ainsi que la transformation des matières premières en produits finis.
- **Services** : ce secteur regroupe les entreprises prestataires de différents services (hôtellerie, bureaux d'étude...etc.)
- **Santé** : Comprend les entreprises d'importation et de production de produits pharmaceutiques et de leurs distributions ainsi que toute entreprise prestataire de services médicaux (les polycliniques privées, les centres d'imagerie médicale...etc.)

SECTION 3 : ANALYSE DESCRIPTIVE DE L'ECHANTILLON.

Après avoir mis le point sur tous les éléments nous permettant de bien mener la modélisation CreditRisk+ et après avoir réglé les points qui nous posaient des difficultés, nous procédons à une analyse descriptive de notre portefeuille.

L'échantillon sur lequel notre étude est basée est extrait du portefeuille de la BNA. L'échantillon en question est constitué de crédits accordés à 195 petites et moyennes entreprises.

1. Répartition par classe de risque :

Nous avons souhaité tout d'abord voir la qualité de notre portefeuille en matière de risque, le tableau et le graphe suivants nous présentent la répartition des entreprises selon leurs ratings :

note	niveau de risque	nombre	%
1	Excellent	49	25%
2	très bon	33	17%
3	bon	32	14%
4	modéré	31	16%
5	acceptable	22	11%
6	élevé	19	10%
7	très élevé	9	5%

Tableau 3- 8 : Répartition des entreprises selon leurs notations.

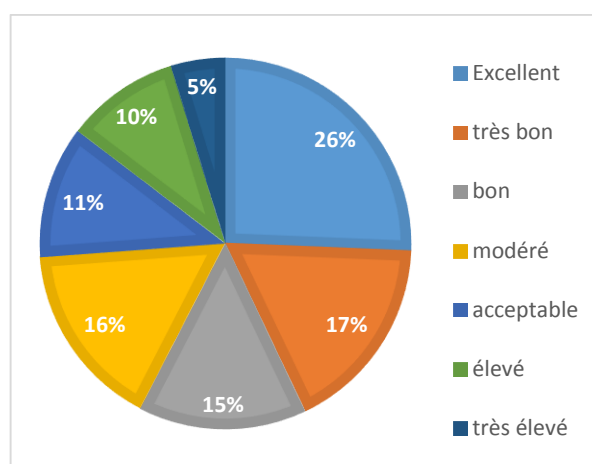


Figure 3- 2 : Répartition des entreprises selon leurs notations.

De la répartition précédente, on peut tirer les remarques suivantes :

- Plus de 58% des entreprises composant l'échantillon ont un rating avantageux c'est-à-dire, elles sont classées dans les trois premières catégories (excellent, très bon et bon).
- La classe qui a le risque le plus élevé dépasse à peine les 5% de l'échantillon.
- Les classes avec un risque modéré et acceptable comptent 27% des entreprises.
- La répartition est assez homogène entre les classes sauf pour les deux catégories extrêmes 1 et 7.

2. Répartition par secteur d'activité :

La répartition des entreprises selon leurs secteurs d'activité se présente comme suit :

Secteur	Nombre	%
Négoce et commerce	27	14%
BTPH	73	37%
Agroalimentaire	23	12%
Industrie	21	11%
Service	30	15%
Santé	21	11%
TOTAL	195	100%

Tableau 3- 9 : Répartition des entreprises par secteur d'activité.

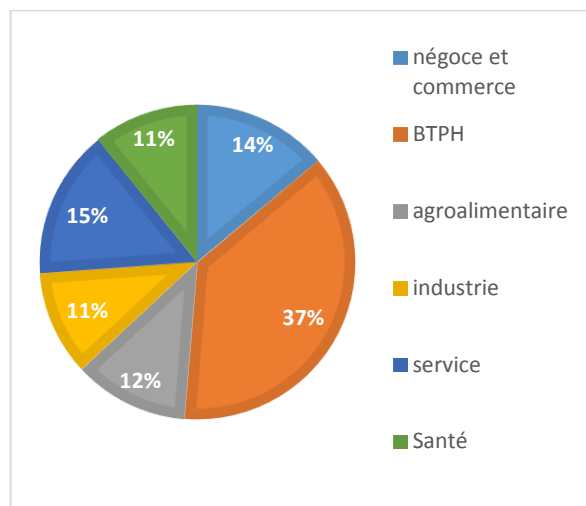


Figure 3- 3 : Répartition des entreprises par secteur d'activité

On constate que la plus grande partie des entreprises appartient au secteur des bâtiments et travaux publics (37%) suivi par le secteur des services avec 26%, puis à la troisième et quatrième place vient le secteur de négoce et commerce et le secteur de l'agroalimentaire respectivement avec 14% et 12%. En dernier, on trouve les secteurs de l'industrie et le secteur de la santé avec 11% chacun.

3. Répartition des expositions par classe de risque :

Le tableau et le graphe suivants nous montrent la répartition du montant de l'exposition sur les entreprises selon leur qualité de risque.

Note	niveau de risque	EAD (en KDA)	%
1	Excellent	4974180	24%
2	très bon	3585378	18%
3	bon	2953670	14%
4	modéré	3176047	16%
5	acceptable	2231725	11%
6	élevé	2118133	10%
7	très élevé	1332801	7%

Tableau 3- 10 : Répartition du volume des expositions par classe de risque.

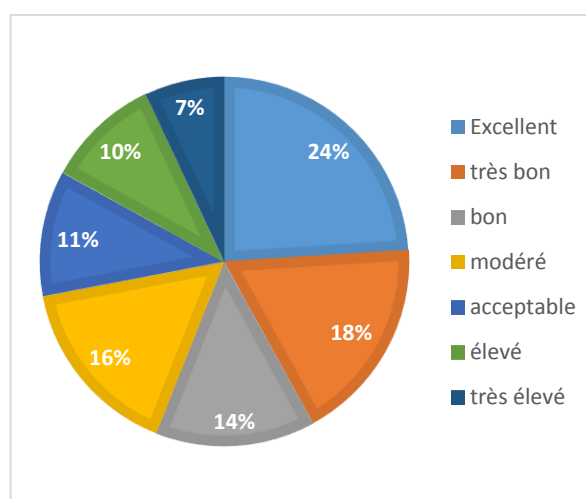


Figure 3- 4 : Répartition du volume des expositions par classe de risque.

On constate que les classes ayant une qualité de risque avantageuse ont bénéficié d'un plus grand engagement de la part de la banque, cet engagement diminue de plus en plus que le rating se dégrade. En effet, les trois premières classes totalisent 56% du total des expositions. La classe 4 amasse une somme de 3176047 Kda soit 16% du total. La classe qui bénéficie de moins d'engagement est la classe 7 avec seulement 7%.

4. Répartition des volumes d'engagement par secteur :

Secteur	Nombre	%
Négoce et commerce	2989793	15%
BTPH	7171751	35%
Agroalimentaire	2319503	11%
Industrie	2411655	12%
Service	3183375	16%
Santé	2295863	11%
TOTAL	20371939	100%

Tableau 3- 11 : Répartition du volume des expositions par secteur d'activité.

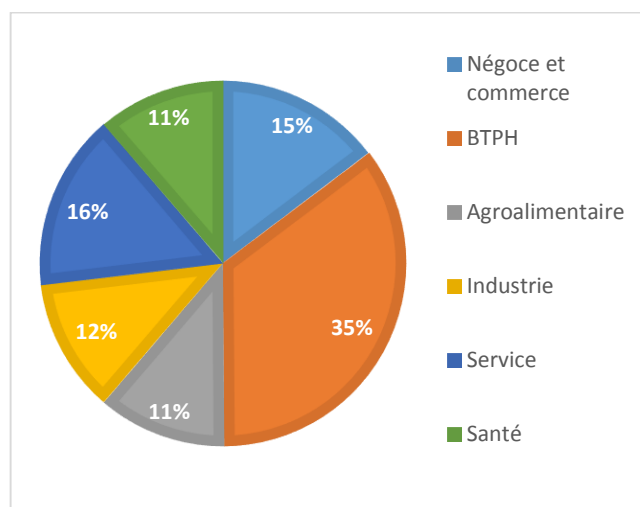


Figure 3- 5 : Répartition du volume des expositions par secteur d'activité.

Le secteur qui a bénéficié de la plus grande part de l'engagement est le secteur des BTPH avec un montant de 7171751 Kda soit 35%, suivi par le secteur des services qui représente 16% du total. A la troisième et quatrième place, on trouve le secteur de négoce et le secteur de l'industrie. Et en dernier les secteurs de santé et agroalimentaire avec un pourcentage de 11% du total pour chaque secteur.

SECTION 4 : MODELISATION DU RISQUE DE CREDIT.

Pour notre modélisation, nous avons opté pour le modèle CreditRisk +, ce choix a été motivé par le fait que le CR+ est un modèle de défaut (DM) qui prend en considération l'événement de défaut, le seul événement susceptible d'affecter le portefeuille d'une banque algérienne telle que la BNA, vu que le marché de crédit n'est pas développé en Algérie. En outre, les outils informatiques nécessaires pour la modélisation sont disponibles en accès libre ce qui nous permet leur utilisation en toute légalité.

1. Présentation du package (crp.CSFP : CreditRisk+ Portfolio Model) :

C'est un package qui s'implémente sur le logiciel Rstudio qui est un logiciel libre. Le package est gratuitement téléchargeable sur le site du CRAN²⁸ (*Comprehensive R Archive Network*). Ce package permet de modéliser le risque de crédit au niveau d'un portefeuille de titres en se basant sur l'approche CR+. Par souci de mal compréhension et de difficulté d'utilisation du package, un document PDF est fourni dictant de manière très précise les commandes nécessaires pour aboutir aux résultats escomptés sans grande difficulté.

Avant d'introduire nos données, nous devant les disposer d'une certaine manière. Tout d'abord, il faut savoir qu'on aura besoin de trois fichiers Excel, chacun de ces fichiers comporte des données précises, les fichiers se présentent comme suit :

➤ Premier fichier : Portfolio.

Comme son nom l'indique, c'est le fichier qui va contenir notre portefeuille, voici un extrait de ce fichier avec ces douze colonnes qui le composent :

CPnumber	CPname	exposure	lgd	maturity	rating	S1	S2	S3	S4	S5	S6
1	NAME1	121136000	0.45	365	5	1	0	0	0	0	0
2	NAME2	91186000	0.45	365	4	1	0	0	0	0	0
3	NAME3	83011146	0.45	365	1	1	0	0	0	0	0
4	NAME4	92960444	0.45	365	3	1	0	0	0	0	0
5	NAME5	62990702	0.45	365	6	1	0	0	0	0	0
6	NAME6	111878000	0.45	365	1	1	0	0	0	0	0
7	NAME7	82058823	0.45	365	7	1	0	0	0	0	0
8	NAME8	91390000	0.45	365	4	1	0	0	0	0	0
9	NAME9	111834000	0.45	365	1	1	0	0	0	0	0
10	NAME10	100933000	0.45	365	1	1	0	0	0	0	0

Tableau 3- 12 : Extrait du fichier Excel "Portfolio".

La description des variables est la suivante :

- CPnumber : Variable désignant la numérotation des entreprises (nécessaire à la modélisation CR+)
- CPname : Variable désignant la nomination de chaque entreprise (nécessaire à la modélisation CR+)
- Exposure : l'exposition en cas de défaut de la banque EAD.
- Lgd : la perte en cas de défaut.
- Maturity : Désigne l'horizon temporel pris en compte dans la modélisation en jour.

²⁸ <https://cran.r-project.org/web/packages/crp.CSFP/index.html>

- Rating : Désigne la notation de chaque entreprise.
- S1 : Prend la valeur 1 si l'entreprise appartient au secteur de négoce et commerce, 0 sinon.
- S2 : Prend la valeur 1 si l'entreprise appartient au secteur des BTPH, 0 sinon.
- S3 : Prend la valeur 1 si l'entreprise appartient au secteur de l'agroalimentaire, 0 sinon.
- S4 : Prend la valeur 1 si l'entreprise appartient au secteur de l'industrie, 0 sinon.
- S5 : Prend la valeur 1 si l'entreprise appartient au secteur de service, 0 sinon.
- S6 : Prend la valeur 1 si l'entreprise appartient au secteur de santé, 0 sinon.

➤ **Deuxième fichier : Rating_pd.**

Ce fichier contient un tableau composé de trois colonnes : rating, probabilité de défaut et l'écart-type du taux de défaut. Ces données ont été calculées dans la deuxième section de ce chapitre. Le tableau se présente comme suit :

Rating	PD	SD
1	0.00	0.00
2	0.000157	0.0007
3	0.000606	0.0011
4	0.002157	0.0026
5	0.009309	0.0102
6	0.044540	0.0333
7	0.236946	0.1183

Tableau 3- 13 : les taux de défaut et leurs écarts types.

➤ **Troisième fichier : Pd_secteur_var.**

Ce fichier doit contenir les variances des taux de défaut des secteurs. Cependant, cette information empirique est indisponible. Pour remédier à cela, nous allons générer des valeurs aléatoires comprises entre 0 et 2 comme stipulé sur le document illustratif du package. On a eu les valeurs suivantes :

sector	Var
S1	0.023105007
S2	1.322524559
S3	1.565606304
S4	0.169660452
S5	0.639564203
S6	0.492399416

Tableau 3- 14: variances des taux de défaut par secteur générées aléatoirement.

2. Résultats de la modélisation :

Après avoir préparé nos fichiers nécessaires, nous allons à présent les importer dans notre logiciel et effectuer la modélisation. Etant donné que les standards internationaux recommandent un seuil de confiance de 99.90% qui est un seuil très prudent, nous avons décidé de fixer les valeurs des différentes mesures du risque de crédit à ce seuil.

Le logiciel R implémenté du package `crp.CSFP` à un seuil de confiance de 99.9% nous donne les mesures de risque suivantes dont la VaR :

Mesure de risque	Montant KDA	% de l'engagement total
Perte attendue	197 080	0.97%
Capital économique	677 920	3.33%
VaR	875 000	4.30%
Expected shortfall	983 170	4.83%
Exposition globale	20 371 939	100%

Tableau 3- 15 : Résultats de la modélisation à un niveau de confiance de 99.9%.

Le logiciel R nous affiche aussi le graphique de la fonction de distribution des probabilités de perte (Probability Distributing Function PDF) :

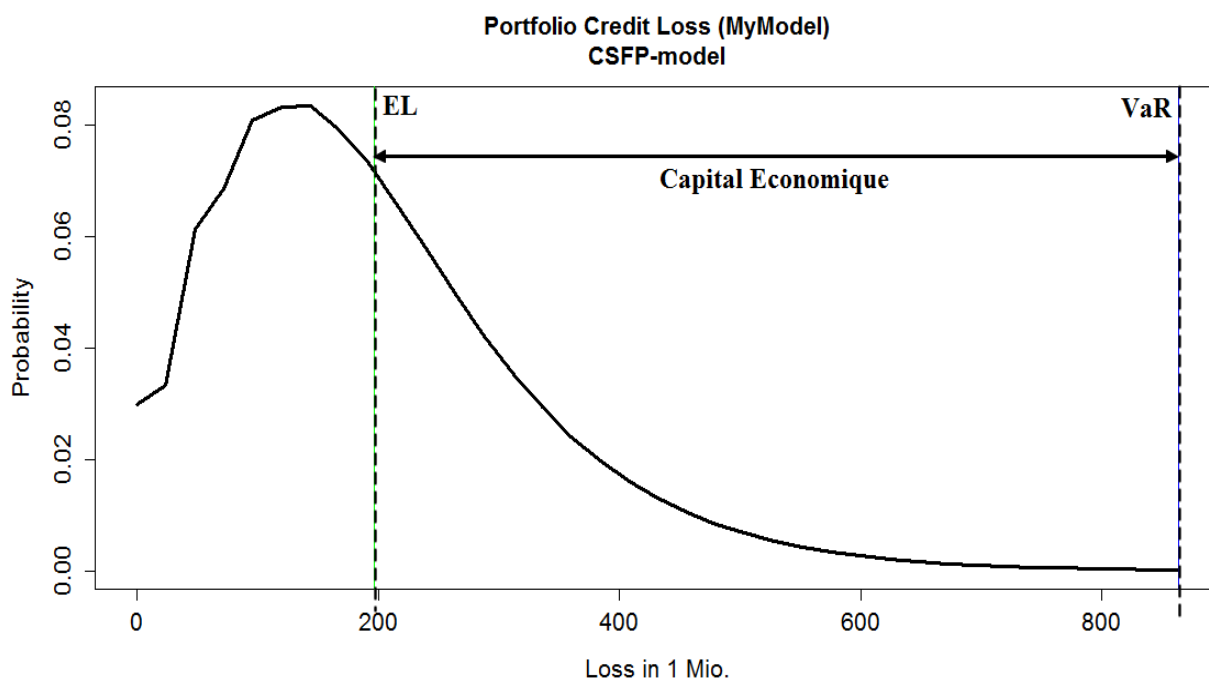


Figure 3- 6: Fonction de densité des pertes (PDF).

Graphiquement, nous remarquons que la forme de la PDF est conforme à la forme théorique précédemment décrite, autrement dit, elle présente les caractéristiques d'une distribution de perte, notamment son asymétrie à gauche et sa longue queue épaisse étalée.

3. Interprétation des résultats :

3.1. La perte attendue EL :

La perte attendue correspond au montant que la banque risque de perdre en moyenne sur son portefeuille de crédit à un horizon donné. Sur notre portefeuille, pour un horizon d'un an, elle s'élève à 197 080 Kda soit 0.97 % du total de l'exposition de la banque sur ce portefeuille.

La perte attendue est une mesure très importante pour les décideurs de la banque car elle permet de mieux gérer sa politique de provisionnement. En effet, l'estimation préalable de l'Expected Loss donne l'avantage à la banque de faire un provisionnement de créances en *ex ante* au lieu de le faire en *ex post* comme c'est le cas aujourd'hui pour l'ensemble des banques algériennes, elles provisionnent leurs créances selon les différentes classes de risques dictées par la Banque d'Algérie.

Cependant, la perte attendue n'est pas évidemment la perte qui sera réalisée effectivement. En pratique, les pertes réelles n'ont pratiquement aucune chance d'être identiques à cette perte moyenne, elles prennent des valeurs supérieures ou inférieures. Dans notre cas la probabilité de dépassement de la perte attendue est estimée à 0.426716 qui est une probabilité non négligeable.

Nous avons souhaité de tirer la perte attendue de chaque secteur d'activité, pour cela il suffit d'exécuter la fonction *loss.k* du package, nous avons eu les résultats suivants :

Secteur	Perte attendue en DA	%
Négoce et commerce	28 170 779	14%
BTPH	66 264 007	33%
Agroalimentaire	21 487 851	11%
Industrie	18 972 306	10%
Service	44 983 731	23%
Santé	18 176 369	9%

Tableau 3- 16: La perte attendue par secteur.

On remarque le secteur des BTPH est le secteur qui demande la plus grosse part de provisionnement avec un montant de 66 264 007 DA soit 33% du provisionnement total, suivi par le secteur des services avec un montant de 44 983 731 DA soit 23% du total. Puis arrivent les secteurs de Négoce, agroalimentaire et industrie avec respectivement 14%,11% et 10% du

total. En dernier, on trouve le secteur de la santé qui est le moins gourmand en matière de provisionnement avec seulement 18 176 369 da soit 9 %.

Ces données sont utiles aux analystes de crédit et aux décideurs de la banque, elles sont très importantes comme une aide pour édifier une politique de crédit rationnel, ainsi, les secteurs les moins consommateurs en provisions seront favorisés en matière de financement.

3.2. Le Capital Economique :

On a vu précédemment que la banque constitue des provisions pour faire face à des pertes éventuelles. Cependant, ces provisions ne couvrent que la perte attendue alors que celle-ci n'est qu'une perte moyenne qui est dépassée quasiment une fois sur deux. La banque doit donc allouer un capital à la perte dite inattendue appelée aussi Unexpected Loss (UL). Ce capital est désigné comme le Capital économique du portefeuille. En d'autres termes, le capital économique est le coussin de sécurité contre les pertes non attendues. Il protège de l'insolvabilité avec une probabilité donnée pour un horizon donné selon les objectifs de la banque.

Dans notre portefeuille, le capital économique à allouer à un niveau de 99.90% pour un horizon de risque d'un an est équivalent à 677 920 D.A, soit 3.33% de l'exposition globale de la banque sur ce portefeuille. Ce chiffre représente le montant des fonds propres que la banque doit allouer à la couverture des pertes inattendues. Ce montant pourra être comparé au montant des fonds propres réglementaires ou bien comparé d'année en année pour évaluer l'évolution du risque émanant de l'activité de crédit de la banque.

Il est à noter que le montant du capital économique varie en fonction du niveau de confiance pris en compte, plus le niveau de confiance est élevé, plus le montant du Capital Economique requis croît.

Le tableau suivant nous affiche le capital économique pour différents niveaux de confiance:

Niveau de confiance	Capital économique
75%	71 073
95%	256 920
97.50%	331 926
98%	355 920
99	429 920
99.50%	503 920
99.75%	578 920
99.90%	677 920

Tableau 3- 17: Le capital économique à différents niveaux de confiance.

On remarque que l'augmentation du capital économique en fonction du niveau de confiance est exponentielle et elle s'accroît au niveau de 99.9% qui est un niveau considérablement élevé. Cela veut dire que plus la banque est prudente, plus le niveau de confiance qu'elle doit prendre est élevé et plus le montant de capital économique à constituer est important.

3.3. La Value at Risk :

La Value at Risk (VaR) se définit comme étant la perte maximale qu'on peut subir sur un crédit (ou un portefeuille de crédits) à un horizon de temps et un niveau de confiance donnés. Elle est égale au quantile d'ordre α de la fonction de densité des pertes (PDF). On peut l'obtenir aussi en sommant la perte attendue et la perte inattendue.

Comme on l'a vu précédemment, les pertes réelles peuvent très bien dépasser les pertes attendues, c'est pourquoi la banque est tout autant préoccupée par le niveau des pertes inattendues que par le niveau des pertes attendues. Ces pertes, du fait de leur caractère imprévisible, ne peuvent être connues d'avance. On cherche donc particulièrement, à un horizon de temps et à un certain pourcentage de chance, à déterminer le montant maximal potentiel que ces pertes peuvent atteindre.

Le niveau de confiance recommandé par le comité de Bâle est de 99.9% et l'horizon de confiance est d'un an. Cette recommandation vise à assurer un niveau de sécurité maximal. Ainsi, la VaR n'a que 0.1% de chance d'être dépassée.

Dans le cas de notre portefeuille, à un horizon d'un an et un degré de confiance de 99.9%, la VaR est égale à 875 000 Kda, ce qui signifie que nous sommes sûrs à 99.9% que le montant des pertes globales sur notre portefeuille ne dépassera pas le montant de 875 000 Kda.

Cependant, prendre un niveau de confiance considérablement élevé est plus prudent, mais c'est contraignant du fait que ça mobilise un capital considérable. Dans ce qui suit, un tableau affichant les valeurs de la VaR à différents niveaux de confiance :

Niveau de confiance	VaR en Kda
50%	174 000
75%	269 000
95%	454 000
97.50%	529 000
98%	553 000
99	627 000
99.50%	701 000
99.75%	776 000
99.90%	875 000

Tableau 3- 18 : La VaR à différents niveaux de confiance.

Comme pour le capital économique, la Value at Risk augmente d'une manière exponentielle avec l'augmentation du niveau de confiance. Cependant, la VaR à 50% à un horizon d'une année, qui aussi la médiane de la PDF, est particulière du fait qu'elle est inférieure à la perte moyenne, ce qui veut dire qu'il est probable d'encourir une perte globale inférieure à la perte attendue.

D'autre part, il est aussi possible de calculer la contribution à la VaR (CR) dans le but de détecter les principales sources de risque sur notre portefeuille, cela peut se faire par secteur, par zone géographique ou pour chaque entreprise du portefeuille. Cela est un élément indicatif qui peut être très utile pour les décideurs de la banque vu que le capital économique est une source très chère pour la banque.

La fonction « var.cont » nous permet de calculer la contribution à la VaR de chaque entreprise voici dans ce qui suit un extrait du calcul :

Entreprise	CR en DA
1	854039.6
2	130693.8
3	37709.91
4	1650354
5	12443760
6	130986.2
7	193976.2
8	622496.5
9	11657230
10	3055825

Tableau 3- 19 : Extrait du tableau des contributions à la VaR.

3.4. Expected Shortfall :

Nous avons vu que la VaR et la perte maximale que peut subir le portefeuille à 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 et à niveau de confiance α évalue la perte qui sera éventuellement supérieure à la VaR.

Dans le cas de notre portefeuille, l'ES sur une année au niveau de confiance 99,9% est égale à 983 170 Kda soit 4.43 % du total de l'exposition de la banque. Donc 108 170Kda est le montant de la perte dans 1 an que la banque doit supporter en supposant que Value At Risk soit excédée.

Le tableau qui suit nous donne l'Expected Shortfall à divers niveaux de confiance :

Niveau de confiance	Expected Shortfall
50%	300 6
75%	383 54
95%	561 41
97.50%	635 88
98%	659 85
99	733 93
99.50%	808 19
99.75%	883 55
99.90%	983 170

Tableau 3- 20 : l'Expected Shortfall à divers niveaux de confiance.

On remarque que l'évolution de l'Expected Shortfall est comparable avec celle de la VaR, c'est-à-dire que l'Expected Shortfall augmente avec l'augmentation du niveau de confiance. Il est à noter que malgré le $(1-\alpha)$ et de plus en plus faible cela n'empêche la ES de continuer à augmenter, parce que c'est le α qui compte, plus on le prend grand, plus on est prudent et plus on envisage des pertes importantes.

4. La simulation des scénarios :

La simulation des scénarios est réalisée dans le but de cerner l'impact d'une dégradation conjoncturelle entraînant une récession dans l'économie ou dans un secteur donné.

Pour arriver à cette fin nous allons procéder à un abattement de note pour les tous les emprunteurs affectés un même secteur. On répète l'opération pour tous les secteurs afin de déduire d'après leurs comportements en situation défavorable ceux qui devraient bénéficier d'une surveillance intensifiée de la banque.

4.1. La simulation sectorielle :

La simulation se fera par dégradation de note d'un secteur donné en baissant la note de chaque entreprise afférente à ce secteur d'un échelon.

Notre choix s'est porté sur le secteur des BTPH, car comme on l'a déjà vu, il représente plus 35% du total de l'exposition de la banque sur ce portefeuille, ajouté à cela, c'est le secteur le plus touché par la crise qu'encours l'Algérie actuellement causée par la chute du prix du baril de pétrole. En effet, ce secteur en fin 2016 ce secteur est cause de 130 milliards de dinars de créances impayées.

Après modélisation avec les données simulées, nous avons eu les résultats suivants :

Niveau de confiance	VaR en Kda	VaR après simulation en Kda	Variation en %
50%	174 000	227 000	30.46%
75%	269 000	366 000	36.06%
95%	454 000	683 000	50.44%
97.50%	529 000	823 000	55.58%
98%	553 000	868 000	56.96%
99	627 000	1 010 000	61.08%
99.50%	701 000	1 154 000	64.62%
99.75%	776 000	1 294 40	66.80%
99.90%	875 000	1 484 400	69.65%

Tableau 3- 21: la VaR après dégradation de la note du secteur BTPH.

On remarque que le changement de la Value at Risk est considérablement élevé pour tous les niveaux de confiance. Pour un $\alpha=99.9\%$, la VaR croit avec un montant assez important 609 400 Kda, soit une variation de 69.65 %, la banque va revoir son capital économique à la hausse aussi. La perte attendue est estimée à 274 430 Kda, ainsi elle devrait prévoir 532 050 Kda supplémentaires en fonds propres pour couvrir les pertes inattendues et se prémunir à 99.9% du risque.

Il est à noter qu'il possible pour la banque de garder le même niveau du capital économique, mais cela se fera en dépit du seuil de confiance, car dans ce cas, elle ne se couvrira du risque qu'à hauteur de (98%).

A présent, nous allons dégrader la note pour les autres secteurs prépondérants de notre portefeuille chacun mis à part afin de faire la comparaison entre les impacts causés par chaque secteur.

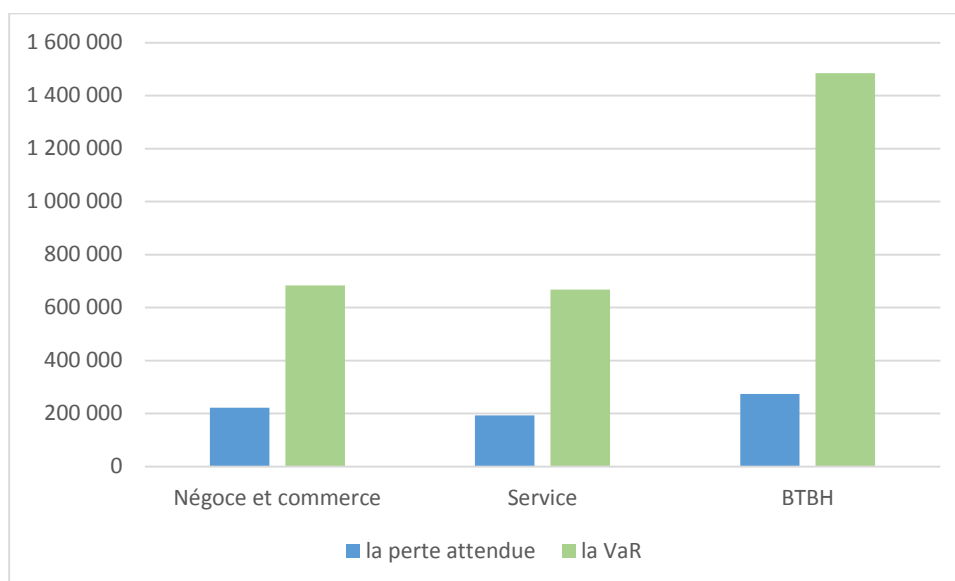


Figure 3- 7: la perte attendue et la VaR des secteurs prépondérants après simulation.

Comme prévu, nous constatons que c'est la dégradation du secteur des BTPH qui a plus d'impact sur les pertes du portefeuille, suivi du secteur du négoce et commerce puis le secteur des services en troisième position. Ces trois secteurs nécessitent donc les plus grandes dotations en capital économique.

Cet impact important sur les pertes du portefeuille est expliqué principalement par :

- Ils constituent une part d'exposition importante dans le portefeuille, 35% pour les BTPH, 16% pour les services et 15% pour le négoce et commerce.
- L'impact de la dégradation du secteur BTPH est le plus important car le nombre d'entreprises y affectées est assez important 73 entreprises de l'ensemble du portefeuille dont 11 auront un niveau de risque très élevé avec un taux de défaut moyen de 0.2369

4.2. La simulation généralisée :

A présent, on simule le scénario le plus pessimiste qui prévoit une dégradation générale de l'économie. Donc, on dégradera de tous les emprunteurs d'une note en même temps, de cette manière on agira sur les taux de défaut moyens.

Le tableau suivant compare entre les pertes maximales calculées précédemment pour l'échantillon de base et celles calculées après la dégradation des ratings :

Niveau de confiance	VaR en Kda	VaR après simulation en Kda	Variation en %
75%	269 000	553 000	106%
95%	454 000	889 000	96%
97.50%	529 000	1 076 000	103%
98%	553 000	1 030 000	86%
99	627 000	1 218 000	94%
99.50%	701 000	1 361 000	94%
99.75%	776 000	1 508 290	94%
99.90%	875 000	1 703 290	95%

Tableau 3- 22 : la VaR après dégradation de toutes les notes des entreprises.

Ce scénario à un effet préoccupant pour la solvabilité de la banque, en effet, la Value at Risk à un horizon d'un an ont quasiment doublées pour tous les niveaux de confiance. La VaR à 99.9% à eu un accroissement de 828 290 Kda soit 95% d'augmentation. La nouvelle perte moyenne est égale à 428 290 Kda, ce qui fait que le capital économique nécessaire pour couvrir les pertes inattendues est égal à 1 275 000 Kda, c'est à dire que la banque doit prévoir, dans le cas où ce scénario serait envisageable, un montant en capital supplémentaire de 597 080 Kda.

Après ces simulations la conclusion à en tirer est que la banque doit revoir sa politique de distribution des crédits, ainsi, elle ne doit pas s'exposer d'avantage sur les secteurs fragiles particulièrement celui des bâtiments et travaux publics.

CONCLUSION :

Ce chapitre a été consacré à la modélisation du risque de crédit dans le but d'estimer les principales mesures de ce dernier. Au début, nous avons commencé par une brève présentation de la Banque Nationale d'Algérie qui est notre organisme de parrainage où nous avons effectué notre stage, puis on a défini les paramètres dont on a besoin pour la modélisation (Taux de défaut, LGD, EAD...) où nous avons rencontré quelques difficultés liées à un manque de données que nous avons résolues. Ensuite, une étude descriptive de notre échantillon était nécessaire pour tirer les caractéristiques essentielles de notre portefeuille. En dernier nous avons effectué la modélisation est on a eu des résultats que la banque pourra utiliser dans le cadre de la gestion de son portefeuille de crédit. Ainsi, prévenir le risque d'insolvabilité de la banque.

Il est à noter que notre travail a été élaboré dans un cadre pédagogique afin d'illustrer comment un modèle de risque peut être intégré à la gestion d'une banque. En aucun cas, nous ne prétendons que cette étude peut être intégrée dans la politique interne de gestion de risque de crédit de la banque, car pour pouvoir atteindre des objectifs de telle envergure en la matière, des études approfondies et beaucoup plus d'efforts et de moyens humains et matériels doivent être mis en œuvre.

Néanmoins, durant notre stage et au cours de ce travail, nous avons eu quelques remarques à exposer, du fait que la gestion de risque de crédit constitue la principale priorité de la BNA qui a fait un grand pas dans ce sens après la mise en place d'un système de notation des emprunteurs. Cependant, cela reste insuffisant, nous avons essayé de formuler quelques recommandations que nous avons jugées nécessaires :

- Améliorer le système d'information et de gestion des bases de données, pour faciliter la réalisation des enquêtes, et en tirer profit.
- Améliorer le système de notation des emprunteurs, en menant des études plus approfondies sur les données empiriques de la banque et de le généraliser pour tous les emprunteurs de la banque, car actuellement ce n'est que pour les créances qui passent par la DPME qui sont notées.
- permettre au système d'avoir d'autres outputs outre que les ratings, comme les probabilités de défauts qui sont essentielles pour mesurer le risque de crédit.
- Mener des enquêtes quant à la politique de recouvrement de la banque et cerner tous les aspects relatifs aux pertes que subit la banque en cas de défauts des contreparties.

CONCLUSION GENERALE

Actuellement, les banques algériennes sont au stade d'identification des risques bancaires, Pour pouvoir parler de mesure et de gestion de ces risques, la banque centrale envisage d'introduire graduellement les dispositions Bâle II et d'encourager l'élaboration des modèles internes. Le comité de Bâle a proposé pour les banques des pays qui ne font pas partie du G-10 (notamment l'Algérie) et qui veulent implémenter les dispositions de Bâle II, de tenir compte des éléments de contexte locaux. À cet égard, les banques doivent accomplir un effort permanent pour la mise en place de dispositifs répondant aux normes internationales. Cet effort doit s'orienter vers l'amélioration de son pouvoir prédictif à travers une meilleure qualité de notation, une plus grande diversité des données collectées et un contrôle accru des modèles.

Dans ce sens, La Banque Nationale d'Algérie a fait un grand pas dans ce sens en adoptant, en 2014, un système de notation des entreprises (CagexRating) permettant l'évaluation et la notation d'une demande de crédit bancaire. Ce système est qualifié de système hybride, car il a plutôt un caractère externe. Son principal avantage, c'est que quelle que soit la banque auprès de laquelle se fera la demande de crédit, l'emprunteur se verra attribuer la même note indépendamment du profil et du niveau d'appétence de la banque pour le risque. Cependant, le CagexRating n'est pas totalement intégré au système d'information de la banque, seules les entreprises dont le dossier est traité au niveau de la DPME sont notées.

Notre travail a pour ambition de montrer l'importance des modèles du risque de crédit pour les banques. En premier, nous avons abordé les notions théoriques sur le risque de crédit et sa gestion et on a passé en revue les normes prudentielles internationales et l'adaptation du cas algérien à ces normes. Puis nous avons présenté les différentes manières et mécanismes à travers lesquelles le risque de crédit peut être géré et mesuré. En dernier, on a procédé à l'application du modèle CreditRisk+ à un échantillon de créances de la Banque Nationale d'Algérie afin d'en tirer les principales mesures principalement la Value at Risk. L'exploitation des résultats de cette modélisation a permis de montrer l'apport de ce modèle notamment en matière de prise de décision. En effet, ces résultats permettent un meilleur management du portefeuille d'engagement de la BNA et aident à la construction d'une politique de crédit à court et à moyen terme.

Toutefois, ce travail reste bridé par des limites liées au temps et à la quantité de données collectées, en effet, un tel dispositif permettra d'élaborer un modèle plus robuste avec un travail continu par une équipe de spécialistes en gestion de risque de crédit et sur un horizon temporel plus long.

Au final, nous pouvons dire que la gestion du portefeuille de crédit, est une discipline relativement récente, du moins pour les banques algériennes, elle se développe et elle commence à être prise en considération ces dernières années.

BIBLIOGRAPHIE

Ouvrages :

- A.VERBOOMEN, L. De Bel « Bâle II et le risque de crédit », Larcier, 2011.
- DIETSCH. M & PETEY. J « Mesure et gestion du risque de crédit dans les institutions financières », *Revue Banque*, 2008.
- G.CHACKO, A.SJÖMAN, H.MOTOHASHI & V.DESSAIN, *Credit derivatives « a Primer on Credit Risk, Modeling and Instruments »*, 2006.
- GOURIEROUX.C & TIOMO.A, « Risque de crédit, une approche avancée », *ECONOMICA*, 2007.
- MICHEAUX.P.L, DROUILHET.R, LIQUET.B, *Le logiciel R : Maîtriser le langage, Effectuer des analyses statistiques*, Springer, 2011.
- P. JORION, « *Financial Risk Manager Handbook* » 4^e édition, Wiley, 2007.
- T. RONCALLI., « La gestion des risques financiers », *Economica*, 2004.
- V.BRUNEL & B. ROGER « Le risques de crédit, Des modèles au pilotage de la banque », *Economica*, 2014.

Articles et Publications

- Basel Committee on Banking Supervision, *International Convergence of Capital Measurement and Capital Standards*, 2006.
- DUNBAR.N & IRVING.R, « This is the Way the World Ends », *Risk*, 11, Décembre 1998.
- E.JOSIANE & G FOTSO, *Evaluation du risque de crédit dans les portefeuilles de la Banque de France*, ENSAE, 2008.
- Gaël RIBOULET & Thierry RONCALLI., « Value at Risk (mesure de capital économique) », Groupe de Recherche Opérationnelle Crédit Lyonnais.
- JP Morgan, CreditMetrics, « Technical document », 1997
- P. THEROND, *Mesures et comparaison de risque*, IFSA, 2005.
- N. GAUSSEL, J. LEGRAS, F. LONGIN, R. RABEMANANJARA, *Au-delà de la VaR*, *Quants n° 37*, Recherche et Innovation, CCF.
- S&P, *Annual Global Corporate Default Study and Rating Transitions*, 2015.
- V.BRUNEL, « Credit Value at Risk (CVaR) ».

Thèses et Mémoires

- Dakhli. T , «Analyse de la dépendance de défaut et évaluation des dérivés de risque de crédit sur portefeuille», *Mémoire présenté pour l'obtention du grade de maitre en sciences en ingénierie financière HEC Montréal*, 2003.
- KURTZ, D & PIGNARD. T., « modélisation du risque de crédit », Paris7-Paris1, 2006.
- Mokhtari S.A., «Modélisation du risque de crédit: Approche par intensité de défaut Application à un portefeuille de créances bancaires», *Thèse de doctorat, Ecole nationale supérieure de statistique et d'économie appliquée*.

Sites internet :

www.bna.dz

www.bank-of-algeria.dz

<https://cran.r-project.org/web/packages/crp.CSFP/index.html>

www.memoireonline.com

ANNEXES

ANNEXE N° 1 : Introduction des paramètres du modèle CR+ sous l'interface Rstudio ($\alpha=0.999$)

The screenshot displays the RStudio environment with the following components:

- Environment Panel:** Shows the Global Environment with three data objects:
 - pd_sector_var: 6 obs. of 2 variables
 - portfolio: 195 obs. of 12 variables
 - rating_pd: 7 obs. of 3 variables
- Files Panel:** Lists installed and available packages. The 'User Library' includes:
 - crp.CSFP (checked): CreditRisk+ Portfolio Model, version 2.0.2
 - boot: Bootstrap Functions (Originally by Angelo Canty for S), version 1.3-19
 - class: Functions for Classification, version 7.3-14
 - cluster: "Finding Groups in Data": Cluster Analysis Extended, version 2.0.6
 - codetools: Code Analysis Tools for R, version 0.2-15
 - compiler: The R Compiler Package, version 3.4.1
 - datasets: The R Datasets Package, version 3.4.1
 - foreign: Read Data Stored by 'Minitab', 'S', 'SAS', 'SPSS', 'Stata', 'Systat', 'Weka', 'dBase', ..., version 0.8-69
 - graphics: The R Graphics Package, version 3.4.1
 - grDevices: The R Graphics, Devices and Support for Colours and Fonts, version 3.4.1
 - grid: The Grid Graphics Package, version 3.4.1
 - KernSmooth: Functions for Kernel Smoothing Supporting Wand & Jones, version 2.23-15
- Table:** A data table with 12 rows and 13 columns. The columns are CNumber, CName, exposure, lgd, maturity, rating, S1, S2, S3, S4, S5, S6, and an unlabeled column. The data is as follows:

	CNumber	CName	exposure	lgd	maturity	rating	S1	S2	S3	S4	S5	S6
1	1	NAME1	121136000	0.45	365	5	1	0	0	0	0	0
2	2	NAME2	91186000	0.45	365	4	1	0	0	0	0	0
3	3	NAME3	83011146	0.45	365	1	1	0	0	0	0	0
4	4	NAME4	92960444	0.45	365	3	1	0	0	0	0	0
5	5	NAME5	62990702	0.45	365	6	1	0	0	0	0	0
6	6	NAME6	111878000	0.45	365	1	1	0	0	0	0	0
7	7	NAME7	82058823	0.45	365	7	1	0	0	0	0	0
8	8	NAME8	91390000	0.45	365	4	1	0	0	0	0	0
9	9	NAME9	111834000	0.45	365	1	1	0	0	0	0	0
10	10	NAME10	100933000	0.45	365	1	1	0	0	0	0	0
11	11	NAME11	120186000	0.45	365	4	1	0	0	0	0	0
12	12	NAME12	98554865	0.45	365	5	1	0	0	0	0	0
- Console:** Shows the R version 3.4.1 (2017-06-30) -- "Single Candle" and standard startup information, including the license and help options.

ANNEXE 2 : Résultats de la modélisation CR+ sous Rstudio à un niveau de confiance de 99.90%

RStudio

File Edit Code View Plots Session Build Debug Tools Help

Go to file/function Addins

Project: (None)

CPnumber	CPname	exposure	lgd	maturity	rating	S1	S2	S3	S4	S5	S6
1	NAME1	121136000	0.45	365	5	1	0	0	0	0	0
2	NAME2	91186000	0.45	365	4	1	0	0	0	0	0
3	NAME3	83011146	0.45	365	1	1	0	0	0	0	0
4	NAME4	92960444	0.45	365	3	1	0	0	0	0	0
5	NAME5	62990702	0.45	365	6	1	0	0	0	0	0
6	NAME6	111878000	0.45	365	1	1	0	0	0	0	0
7	NAME7	82058823	0.45	365	7	1	0	0	0	0	0
8	NAME8	91390000	0.45	365	4	1	0	0	0	0	0
9	NAME9	111834000	0.45	365	1	1	0	0	0	0	0
10	NAME10	100933000	0.45	365	1	1	0	0	0	0	0
11	NAME11	120186000	0.45	365	4	1	0	0	0	0	0
12	NAME12	98554865	0.45	365	5	1	0	0	0	0	0

Showing 1 to 12 of 195 entries

```

Console
Calculate the loss distribution until 0.999-confidence level is reached.
Loss unit: 24.5 Mio.

Reached level of confidence: 0.9991667 ( iterations actually done: 36 )
Calculation completed...
Calculating portfolio statistics...
CR+ portfolio expected loss: 197.22 Mio.
Expected loss difference: -836.56 Thd.
CR+ Exceedance Probability of the expected loss: 0.4676574
CR+ portfolio standard deviation: 132.94 Mio.
CR+ portfolio Value-at-risk(0.999): 882 Mio.
CR+ portfolio economic capital(0.999): 684.78 Mio.
CR+ portfolio Expected shortfall(0.999): 979.36 Mio.
CR+ portfolio mean expected loss exceedance: 308.54 Mio.
You dont want to calculate the Risk Contributions otherwise set attribute calc.rc=TRUE!
>
    
```

Environment History

Global Environment

Data

- pd_sector_var 6 obs. of 2 variables
- portfolio 195 obs. of 12 variables
- rating_pd 7 obs. of 3 variables

Values

- mymodel Formal class crp.CSFP
- mymodel1 Formal class crp.CSFP

R Graphics: Device 2 (ACTIVE)

Fichier Historique Redimensionnement

Portfolio Credit Loss (MyModel) CSFP-model

Loss in 1 Mio.

ANNEXE N° 3 : Résultats de la modélisation à plusieurs niveaux de confiances

The screenshot displays the RStudio interface. The console on the left shows the execution of a risk model simulation. The output indicates that the discretization is completed and the loss distribution is calculated up to a 0.999-confidence level. The simulation reached the confidence level after 875 iterations. The expected loss is 197.08 Mio, and the expected loss difference is -975.64 Thd. The exceedance probability of the expected loss is 0.4267162. The console also lists various portfolio statistics, including Value-at-Risk (VaR) and economic capital at different confidence levels (0.75, 0.95, 0.975, 0.98, 0.99, 0.995, 0.9975, 0.999). The mean expected loss exceedance is 320.61 Mio. The user is prompted with the question: "You dont want to calculate the Risk Contributions otherwise set attribute calc.rc=TRUE!".

The Environment pane on the right shows the Global Environment with three data objects: pd_sector_var (6 obs. of 2 variables), portfolio (195 obs. of 12 variables), and rating_pd (7 obs. of 3 variables). It also shows three values objects: m (Formal class crp.CSFP), mymodel (Formal class crp.CSFP), and mymodel1 (Formal class crp.CSFP). The Packages pane shows the User Library with the crp.CSFP package installed (version 2.0.2). The System Library lists various installed packages such as boot, class, cluster, codetools, compiler, datasets, foreign, graphics, grDevices, grid, and KernSmooth.

TABLE DES MATIERES

SOMMAIRE	I
LISTE DES ABREVIATIONS	II
LISTE DES FIGURES.....	III
LISTE DES TABLEUX	IV
INTRODUCTION GENERALE	1
PREMIER CHAPITRE : NOTIONS THEORIQUES SUR LE RISQUE DE CREDIT.	5
SECTION 1 : GENERALITES SUR LE RISQUE DU CREDIT.....	5
1. La notion du risque :.....	5
2. Les risques bancaires :.....	6
2.1. Les risques financiers :.....	6
2.2. Les risques non financiers :	7
3. Risque de crédit : Définition et typologie.....	7
3.1. Le risque de défaut :.....	8
3.2. Le risque sur le taux de recouvrement :.....	8
3.3. Le risque de dégradation de la qualité du crédit :.....	9
4. Les facteurs du risque de crédit :	9
4.1. Les facteurs internes :	9
4.2. Les facteurs externes :.....	10
5. Les conséquences du risque crédit sur l'activité bancaire :.....	11
6. La nécessité d'un modèle de risque de crédit :.....	12
SECTION 2 : EVOLUTION DES NORMES PRUDENTIELLES RELATIVES AU RISQUE DE CREDIT.....	13
1. Réglementation prudentielle internationale :.....	13
1.1. Accord Bâle I :.....	14
1.2. Accord Bâle II :.....	15
1.3. Accord Bâle III :.....	17
2. Réglementation prudentielle nationale :	18
2.1. Les exigences en fonds propres :.....	18
2.2. Le ratio de division du risque :	18
2.3. Le provisionnement des créances :.....	18
SECTION 3 : NOTIONS ET CONCEPTS RELATIFS A L'EVALUATION DU RISQUE DE CREDIT.	19
1. La nature de l'événement du crédit :.....	19
1.1. Les modèles de défaut (DM) :	19
1.2. Les modèles Marked-to-Market (MTM) :.....	20
2. Les paramètres du risque de crédit :.....	20
2.1. La probabilité de défaut (PD) :	20
2.2. L'exposition en cas de défaut (EAD : Exposure At Default) :.....	21
2.3. La perte en cas de défaut (LGD : Loss Given Default) :	21

3.	Pertes attendues et pertes non attendues :	23
4.	La fonction de densité des pertes (PDF : Probability Density Function) :	24
5.	L'horizon temporel :	24
6.	Un niveau de perte acceptable :	24
DEUXIEME CHAPITRE : MODELISATION DU RISQUE DE CREDIT.....		28
SECTION 1 : LA MESURE DU RISQUE DE CREDIT AU NIVEAU INDIVIDUEL.		28
1.	La notation du risque de crédit :	29
1.1.	La notation externe :	29
1.2.	La notation interne :	30
2.	Elaboration des systèmes de notation du risque de crédit :	31
2.1.	Les systèmes experts :	31
2.2.	Le Credit Scoring :	31
3.	L'apport de la théorie financière dans la mesure du risque de crédit :	32
3.1.	La Value at Risk (VaR) :	32
3.2.	L'approche structurelle :	38
3.3.	L'approche de forme réduite ou mesure du risque par les spreads :	41
SECTION 2 : LA MESURE DU RISQUE DE CREDIT AU NIVEAU DU PORTEFEUILLE.....		43
1.	Modélisation de la probabilité de défaut :	44
2.	La dépendance entre les défauts et les corrélations :	45
2.1.	Les différentes formes de corrélation :	46
2.2.	Mesure des corrélations :	47
3.	La construction de la fonction de densité des pertes (PDF) :	48
3.1.	Définition :	48
3.2.	Les principes de construction de la fonction de densité des pertes :	49
3.3.	Le Capital Economique :	50
4.	La validation des modèles de risque de crédit : Back-Testing et le Stress-Testing:	51
4.1.	Le Back-Testing :	51
4.2.	Le stress testing :	52
SECTION 3 : LES PRINCIPAUX MODELES DE RISQUE DE CREDIT.....		53
1.	Le modèle CreditMetrics :	53
1.1.	Méthodologie du modèle :	55
1.2.	Avantage et limites du modèle CreditMetrics :	56
2.	Le Modèle de KMV :	56
3.	CREDITRISK+ :	59
3.1.	Méthodologie du modèle :	60
3.2.	Corrélations et prise en compte des facteurs de risque :	67

TROISIEME CHAPITRE : MODELISATION DU RISQUE DE CREDIT : APPLICATION SUR UN PORTEFEUILLE DE PRET.	72
SECTION 1 : PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET SON SYSTEME DE NOTATION INTERNE.....	73
1. Présentation de la Banque Nationale d'Algérie :	73
2. La BNA en quelques chiffres :.....	74
3. Le système de notation CagexRating :	75
SECTION 2 : PRESENTATION DES PARAMETRES ET BESOINS DE LA MODELISATION.....	76
1. L'horizon du risque :	76
2. Détermination des taux de défaut moyen par Rating :.....	76
3. La volatilité du défaut :.....	79
4. Correspondance entre les classes de Rating S&P et Cagex :.....	80
5. La perte en cas de défaut (LGD):.....	80
6. L'exposition en cas de défaut (EAD) :.....	81
7. Affectation aux différents secteurs d'activité :	82
SECTION 3 : ANALYSE DESCRIPTIVE DE L'ECHANTILLON.....	83
1. Répartition par classe de risque :	83
2. Répartition par secteur d'activité :.....	83
3. Répartition des expositions par classe de risque :	84
4. Répartition des volumes d'engagement par secteur :	85
SECTION 4 : MODELISATION DU RISQUE DE CREDIT.....	85
1. Présentation du package (crp.CSFP : CreditRisk+ Portfolio Model) :.....	86
2. Résultats de la modélisation :	88
3. Interprétation des résultats :	89
3.1. La perte attendue EL :	89
3.2. Le Capital Economique :	90
3.3. La Value at Risk :.....	91
3.4. Expected Shortfall :.....	93
4. La simulation des scénarios :	93
4.1. La simulation sectorielle :.....	94
4.2. La simulation généralisée :.....	95
CONCLUSION GENERALE	98
BIBLIOGRAPHIE.....	100
ANNEXES.....	102