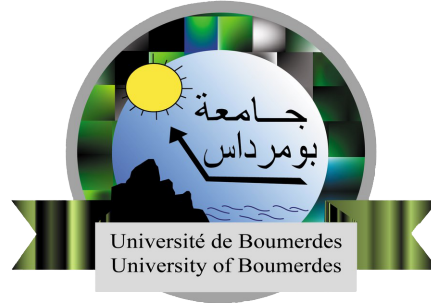


RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université de Boumerdas Mhamed Bougara  
Faculté Des Sciences

Département Mathématique



MÉMOIRE

**En :** Mathématique Appliqué

**Spécialité :** Mathématique financière

**Présenté par :**

Mahious Said

Benbouzid Mohamed Anis

**Sujet**

**La mesure et la gestion du risque de crédit  
Cas de BNP Paribas El Djazaïr**

Soutenue publiquement, le 16/07/2023 devant le jury composé de :

M.	Zitouni.M	MAA	Président	UMBB
M.	Tazrouti.M	MCB	Examineur	UMBB
Mme.	Drici.W	MCB	Encadreur	UMBB
M.	Boyahiaoui.T	MAB	Co-Encadreur	UMBB

**Année universitaire : 2022/2023**

# Remerciement

Nous souhaitons exprimer notre profonde gratitude envers toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de ce projet de fin d'études, qui a été une expérience enrichissante et formatrice.

Tout d'abord, nous tenons à adresser nos sincères remerciements à notre tuteur de mémoire, Maître de conférence Mme W.Drici, pour sa patience, son soutien et son expertise précieuse. Nous souhaitons également remercier notre Co-Encadreur Monsieur T. Bouyahiaoui, dont les conseils éclairés ont été une véritable boussole dans notre travail .

Nous exprimons également notre gratitude envers l'ensemble de l'équipe pédagogique du Département de Mathématiques.

Nous tenons à remercier spécialement notre chef de spécialité Professeur Madame Gatt.F, qui nous a fourni les outils nécessaires à la réussite de nos études universitaires, pour tous ses précieux conseils, pour son écoute active, sa disponibilité.

Nous souhaitons adresser nos sincères remerciements à notre encadreur de stage à la Banque Bnp Paribas, Mme Boussaidia Meriem, qui nous a grandement aidés à comprendre le processus bancaire et nous a fourni toutes les informations nécessaires pour la réalisation de ce travail.

Un grand merci à nos familles Benbouzid et Mahious, ainsi qu'à nos amis, pour leur soutien indéfectible tout au long de nos études. Nous vous remercions du fond du cœur. Vos encouragements ont été notre source de motivation constante.

Merci à tous pour votre contribution inestimable à notre parcours universitaire.

# Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

A la mémoire de mon cher grand-père "Zafer Ramdan",  
dont l'amour, la sagesse et les souvenirs resteront à jamais  
gravés dans nos vies. Que son âme repose en paix et que  
ses souvenirs continuent de nous inspirer chaque jour.

A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour,  
leur soutien et leurs prières tout au long de mes études,  
À ma merveilleuse grand-mère, un amour inestimable qui  
illumine ma vie.

À mes chères sœurs, je vous dédie ce travail en  
reconnaissance de vos encouragements constants.

A toute ma famille

À tous mes amis et collègues

Mahious Said

# Dédicace

Je dédie cette œuvre :

À ma chère mère Ghiat Fatiha, à qui je dois la vie et une part essentielle de ma personnalité. Qu'elle sache que l'amour qu'elle me donne continue à m'animer et me permet d'envisager l'avenir comme un défi.

À mon père Benbouzid Larbi, décédé trop tôt, qui m'a toujours poussé et motivé dans mes études. J'espère qu'il apprécie cet humble geste comme preuve de reconnaissance de la part d'un fils qui a toujours prié pour le salut de son âme. Puisse Dieu, le tout-puissant, l'avoir en sa sainte miséricorde !

À ma chère sœur Benbouzid Sihem et mon cher frère Benbouzid Sidahmed, en particulier, pour leur amour inconditionnel et leur encouragement constant, leur affection, compréhension et patience.

À mes professeurs, pour leur guidance éclairée, qui ont nourri ma soif de connaissance et m'ont inspiré à repousser les limites de mon potentiel.

À mes amis, qui ont partagé mes joies, mes peines et mes rêves tout au long de ce parcours. Vous avez enrichi cette aventure avec votre présence. À tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail.

Enfin, je dédie cette œuvre à moi-même et à mon collaborateur, ce projet est le produit de notre coopération, de notre dévouement et de notre persévérance.

Benbouzid Mohamed Anis



## Abstract

The banking sector plays a crucial role in the global economy by facilitating financial transactions. However, credit risk is a major concern for financial institutions as extending credit involves the risk of borrower default. Therefore, banks must implement methods for measuring and managing credit risk. We have presented a traditional approach to assessing solvency based on financial statements and financial ratios, as well as the limitations of this approach in evaluating credit risk. Additionally, the use of advanced structural models such as the Merton and KMV models is more accurate than financial analysis. Using Python and Matlab, we apply the Merton model to calculate the probability of default for existing clients, estimate the probability of default for new clients, and perform simulations on the probability of default over time. The objective is to provide a comprehensive overview of credit risk management methods, enabling financial institutions to make informed decisions regarding credit extension and improve risk management.

**Keywords:** Credit risk, Probability of default, Bank, Stock, Equity, Debt

## Résumé

Le secteur bancaire joue un rôle essentiel dans l'économie mondiale en facilitant les transactions financières. Cependant, le risque de crédit est une préoccupation majeure pour les institutions financières, car accorder du crédit comporte des risques de défaut de paiement des emprunteurs. Les banques doivent donc mettre en place des méthodes de mesure et de gestion du risque de crédit. Nous avons présenté une approche traditionnelle d'évaluation de la solvabilité basée sur les états financiers et les ratios financiers, ainsi que les limites de cette approche pour évaluer le risque de crédit. De plus, l'utilisation de modèles structurels avancés tel que le modèle de Merton et KMV est plus précise que l'analyse financière. En utilisant deux outils Python et Matlab, nous appliquons le modèle de Merton pour calculer la probabilité de défaut des clients existants, estimer la probabilité de défaut des nouveaux clients et effectuer des simulations sur la probabilité de défaut au fil du temps. L'objectif est de fournir une vision globale des méthodes de gestion du risque de crédit, permettant aux institutions financières de prendre des décisions éclairées en matière d'octroi de crédit et d'améliorer la gestion des risques.

**Mots Clée :** Risque de crédit, Probabilité de défaut, Banque, Action, Capitaux propres, Dettes

# La liste des abréviations

**J.-C** :Jésus-Christ

**SP** : Standard Poor's

**BRI** : Banque des Règlements Internationaux

**BCBS** : Comité de Bâle sur le contrôle bancaire

**LCR** : Ratio de liquidité à court terme

**NSFR** : Ratio de liquidité à long terme

**EDF** : Fréquence de Défaut Attendue

**LTD** : Long Term Debt (valeur de la dette à long terme)

**STD** :Short Term Debt (valeur de la dette à court terme)

**STD** : Default Point Term (Point de défaut)

**DD** : Distance to Default

**GUI** : Graphical user interfaces (interface graphique)

**CAC** : commissaire aux comptes

**CPBS** : Commercial, Personal Banking Services

**IPS** : Investment Protection Services

**CIB** : Corporate Institutional Banking

**EBE** : Excédent brut d'exploitation

**CA** : Chiffre d'affaires

**PREG** : provision réglementée

# Table des matières

Table des figures	i
Liste des tableaux	ii
<b>1 Éléments financiers</b>	<b>2</b>
1.1 Système bancaire . . . . .	2
1.1.1 système bancaire . . . . .	2
1.1.2 La banque . . . . .	3
1.1.3 Le crédit bancaire . . . . .	5
1.1.4 Les risques bancaires . . . . .	10
1.2 Risque crédit . . . . .	13
1.2.1 Introduction . . . . .	13
1.2.2 L'aspect interne du risque de crédit . . . . .	15
1.2.3 Stratégies de réduction du risque de crédit . . . . .	16
1.2.4 Les méthodes de mesure et gestion d'un risque de crédit . . . . .	17
1.2.5 Value At Risque . . . . .	20
1.2.6 Les accord de bale III . . . . .	23
<b>2 Approches d'évaluations du risque crédit</b>	<b>24</b>
2.1 Éléments mathématiques . . . . .	24
2.1.1 Variable aléatoire . . . . .	24
2.1.2 l'espace $\Omega$ . . . . .	24
2.1.3 Processus Stochastique . . . . .	24
2.1.4 Vecteur gaussien . . . . .	25
2.1.5 Processus gaussiens . . . . .	25
2.1.6 Martingales . . . . .	25
2.1.7 temps d'arrêt . . . . .	25
2.1.8 Mouvement brownien . . . . .	26
2.2 MATHEMATIQUE FINANCIERES . . . . .	26
2.2.1 Approche financière . . . . .	27



2.2.2	L'analyse financière de la gestion d'un risque de crédit . . . . .	28
2.3	L'approche structurelle . . . . .	31
2.3.1	Modèle de Merton . . . . .	31
2.3.2	Le modèle KMV . . . . .	42
2.3.3	Modèle de Merton-Black Scholes . . . . .	44
2.3.4	Les prêts en tant qu'options . . . . .	46
2.4	Conclusion . . . . .	49
<b>3</b>	<b>Implémentation et résultats</b>	<b>50</b>
3.1	Présentation de l'établissement d'accueil . . . . .	50
3.1.1	Présentation de BNP Paribas . . . . .	50
3.1.2	Présentation de BNP Paribas El Djazaïr . . . . .	51
3.1.3	Présentation des outils de travail . . . . .	52
3.2	Évaluation de la Probabilité de Défaut des Clients et Classification en Ca- tégories . . . . .	53
3.2.1	Implémentation du model de Merton . . . . .	53
3.2.2	Prédiction de la probabilité de défaut d'un nouveau client . . . . .	60
3.3	Simulation des trajectoires d'actifs financiers et estimation de la probabilité de défaut. . . . .	64
3.3.1	Description de l'application . . . . .	65
3.3.2	Exemple . . . . .	68
3.4	Conclusion . . . . .	71
	<b>Conclusion Générale</b>	<b>72</b>
	<b>Bibliographie</b>	<b>73</b>
<b>A</b>		<b>A</b>

# Table des figures

1.1	Le mécanisme du crédit-bail . . . . .	9
1.2	Notations de crédit - SP et Moody's et FiTCH Ratings . . . . .	19
1.3	Définition de la VaR . . . . .	22
2.1	Bilan Economique d'une Entreprise . . . . .	32
2.2	Concept de base du modèle de Merton. [28] . . . . .	34
2.3	Valeurs des Actions et de la Dette à l'Echéance. . . . .	36
2.4	Distribution de la valeur des actifs de l'entreprise à l'échéance de la dette. [30] . . . . .	44
3.1	Évaluation de la probabilité de défaut des clients avec le modèle de Merton	54
3.2	Classification de la probabilité de défaut pour chaque client . . . . .	57
3.3	Visualisation de la probabilité de défaut individuelle pour chaque client . .	59
3.4	Régression liner . . . . .	61
3.5	Résulta de $R^2$ . . . . .	62
3.6	Saisie des données . . . . .	63
3.7	Interface graphique CreditRiskMsr . . . . .	66
3.8	Intégration des paramètres dans CreditRiskMsr . . . . .	68
3.9	Visualisation des résultats de la simulation . . . . .	70
A.1	Les ratios des clients . . . . .	A
A.2	la suite des ratios des clients . . . . .	B
A.3	Les données financier de 57 client et les formule des ratios . . . . .	C
A.4	La suits des données . . . . .	C
A.5	La suits des données . . . . .	D

# Liste des tableaux

1.1	Menaces liées au risque de crédit . . . . .	13
2.1	Tableau d'achat et vendre d'une option . . . . .	27
2.2	Valeurs des actions et de la dette a l'échéance . . . . .	35
3.1	Probabilité de Défaut pour chaque client . . . . .	56
3.2	Probabilité de Défaut pour chaque client . . . . .	56

# Introduction Générale

Dans un monde financier de plus en plus complexe et interconnecté, la gestion des risques est devenue une composante essentielle de la réussite et de la pérennité de tout établissement bancaire. Parmi les divers risques auxquels une banque peut être confrontée, le risque de crédit se distingue par son omniprésence et son impact potentiellement dévastateur. C'est donc avec une grande motivation et un vif intérêt que nous avons choisi de consacrer notre mémoire de fin d'études à l'exploration approfondie de ce sujet d'actualité : la mesure et la gestion du risque de crédit.

Le risque de crédit, défini comme le risque qu'un emprunteur ne rembourse pas son prêt comme convenu, constitue un enjeu majeur pour les institutions financières. Non seulement il peut compromettre leur stabilité financière, mais il peut également avoir des conséquences importantes sur l'économie globale.

Il est donc crucial pour les banques et autres institutions financières de mesurer avec précision le risque de crédit, afin de mettre en place des mécanismes de gestion appropriés. Cela nécessite une compréhension approfondie des différents facteurs qui influent sur le risque de crédit, ainsi que des outils et techniques d'évaluation et de gestion de ce risque.

Ce mémoire a pour but de fournir une analyse exhaustive de la mesure et de la gestion du risque de crédit, en se basant sur des études de cas et des entretiens avec des professionnels du domaine de la banque. Il vise à examiner les meilleures pratiques actuelles, à identifier les lacunes et les défis, et à proposer des recommandations pour améliorer les approches existantes.

Cette recherche soulève deux questions principales

- Quelles sont les méthodes de gestion de mesure et du risque de crédit ?
- Peut-on considérer le crédit comme étant un titre financier ?

Nous commencerons par définir le concept de risque de crédit et présenterons un aperçu des principales méthodes de mesure et de gestion de ce risque. Ensuite, nous examinerons en détail les divers modèles qui influent sur le risque de crédit, avant de nous pencher sur les approches actuelles en matière de gestion de ce risque. Enfin, nous conclurons en implémentant les modèles structurelles et en présentant des résultats concrets de l'application réalisée.

# Chapitre 1

## Éléments financiers

### 1.1 Système bancaire

Après avoir choisi de passer à l'économie de marché, l'Algérie a été confrontée à la nécessité de moderniser son secteur bancaire et de combler son retard d'adaptation face à l'économie mondiale.

Le système bancaire algérien tel qu'il existe aujourd'hui est le résultat de changements successifs, influencés par l'évolution des besoins financiers de l'économie nationale. Comme le souligne J. Denizet, «... Parmi les problèmes auxquels les hommes sont confrontés aujourd'hui, on peut dire que le problème monétaire est en même temps le plus grave. . . »». [1]

Ainsi, au fil des années, l'État a été contraint d'entreprendre une série de réformes visant à améliorer la stabilité et la rentabilité du secteur financier et bancaire, renforcer les marchés du crédit et réduire les coûts des intermédiaires, tout en facilitant l'octroi de crédit aux partenaires des institutions financières, qu'il s'agisse de particuliers, d'entreprises ou même de l'État.

Dans ce chapitre, notre objectif est de mettre en évidence les concepts fondamentaux d'un système bancaire, en mettant principalement l'accent sur le crédit et la gestion de son risque.

#### 1.1.1 système bancaire

Le système bancaire est constitué d'un ensemble de banques, d'autres établissements financiers et d'une Banque centrale, qui entretiennent des relations financières de créances et d'engagements les uns vis-à-vis des autres, ainsi qu'avec les agents non financiers.

La stabilité et la solvabilité du système bancaire sont des éléments essentiels pour assurer le bon fonctionnement de l'ensemble du système financier. Ce secteur économique en constante évolution repose sur des réseaux et des effectifs en perpétuelle croissance.

Bien qu'il ait conservé en grande partie son indépendance, les établissements de crédit ont dû apprendre à mesurer et à contrôler une grande variété de risques.

Il convient de noter que toutes les banques n'ont pas le même objectif et ne travaillent pas avec les mêmes produits financiers. En outre, il est possible de faire une distinction entre les banques privées, publiques et mixtes, mais surtout, les banques peuvent être classées en fonction de l'activité dans laquelle elles sont engagées.

### 1.1.2 La banque

Les banques sont des institutions financières qui collectent des fonds auprès de ceux qui ont des capacités de financement et les mettent à disposition de ceux qui ont besoin de financement sous forme d'investissements ou de crédits.

Juridiquement parlant et selon les articles 66 à 70 de l'ordonnance n°03-11 sur la monnaie et le crédit : « les banques sont des personnes morales qui effectuent à titre de profession habituelle et principalement les opérations de banque : c'est -à -dire la réception de fonds du public, les opérations de crédit et la mise disposition de la clientèle des moyens de paiement et la gestion de ceux-ci. » [24]

Les banques font office d'intermédiaires financiers entre les déposants et les emprunteurs, en offrant des services tels que la collecte de dépôts, la gestion de comptes, l'octroi de prêts et d'autres services financiers liés aux transactions financières.

D'après Larousse la banque est un nom féminin d'origine italien banca

La définition économique d'une banque est donnée par PHILIPPE Garsault et STEPHANE Priam : « la banque est intermédiaire entre offreurs et demandeurs de capitaux et ceci à partir de deux processus distincts :

- En intercalant son bilan entre offreurs et demandeurs de capitaux : c'est l'intermédiaire bancaire.

- En mettant en relation directe

offeurs et demandeurs de capitaux (marché financier, monétaire, ...), c'est le phénomène de désintermédiation » [22] « Établissement financier qui recevant des fonds du public, les emploie pour effectuer des opérations de crédit et des opérations financières, et est chargé de l'offre et de la gestion des moyens de paiement. »

#### a. Évolution historique du marché bancaire

Le secteur bancaire a subi une transformation significative au cours des siècles, évoluant d'un système informel fondé sur les échanges commerciaux à un domaine financier complexe et réglementé. Voici un aperçu des principales étapes de cette évolution historique :

**La Banque dans l'Antiquité :** L'origine de la banque remonte dès le IIème millénaire avant J.-C, où le crédit était accordé sur les marchandises, notamment les céréales,

dans les temples babyloniens. Hammourabi, le roi de Babylone, fut le premier à établir une loi pour réglementer les pratiques bancaires. À cette époque, il n'existait pas encore de « monnaie » et les banquiers étaient des prêteurs sur gages ou des loueurs de coffres. L'utilisation de la "monnaie" n'a commencé qu'au VII<sup>ème</sup> siècle avant notre ère, avec l'apparition des premières banques nationalisées telles que la Banque Royale d'Alexandrie. L'introduction de l'argent en Lydie a conduit au développement des transactions de change et à la croissance du commerce international en Méditerranée. Les opérations de crédit et de dépôt, qui étaient auparavant effectuées dans un contexte religieux, se sont également développées auprès des personnes civil.

**Du Moyen-âge à la Renaissance :** Pendant le Moyen Âge, il y avait une interdiction religieuse contre le crédit et une diminution de l'utilisation de la monnaie, ce qui a entraîné une réduction des activités de change en faveur du troc. Cependant, les établissements bancaires ont connu une croissance importante pendant les Croisades, lorsque les pays chrétiens ont entrepris une guerre. Les échanges commerciaux ont augmenté et les banques ont joué un rôle important en facilitant l'achat et la vente de biens et de matières premières (Objets précieux ; Peaux d'animaux ; Céréales ; Épices ; Métaux. . .)

À partir du XI<sup>ème</sup> siècle, la majorité des banquiers étaient des Italiens, et la première institution bancaire a été fondée à Venise en 1151. Au cours du siècle suivant, les banques se sont étendues aux grandes villes européennes grâce à la croissance du commerce : échanges entre l'Orient et l'Europe, la création de routes commerciales dans le Nord de l'Europe, ainsi que les foires de Lyon et de Champagne... Tous ces développements ont rendu plus facile l'utilisation de la lettre de paiement et de la lettre de change.

**De la Renaissance au XVIII<sup>ème</sup> siècle :** La Renaissance, qui s'étend du XIV<sup>ème</sup> au XVI<sup>ème</sup> siècle, a été marquée par un important changement dans l'histoire de la banque. Cette période a vu l'émergence de grandes entreprises internationales telles que Les Fugger en Allemagne, Les Médicis en Italie, Les Strozzi à Florence et Les Alberti.

Pendant cette période, de nouvelles inventions sont apparues pour simplifier les transactions, telles que le chèque, tandis que les banques ont commencé à accepter des dépôts et à offrir des services de gestion de compte similaires à ceux proposés par les établissements financiers actuels. Amsterdam et Londres sont devenues des centres financiers reconnus au XVII<sup>ème</sup> siècle, marquant ainsi la naissance du capitalisme en Occident et permettant aux marchands de voyager plus facilement sans avoir besoin de transporter de grosses sommes d'argent.

**Le XIX<sup>ème</sup> siècle : L'avènement de la banque moderne** Au XIX<sup>e</sup> siècle, la création de la Banque de France par Napoléon marque une étape importante dans l'émission de la monnaie et la surveillance du système bancaire. Cette période est également marquée par les débuts de la révolution industrielle, avec des avancées telles que la machine à vapeur, la production textile, de charbon, d'acier, etc. Ces développements ont

favorisé l'émergence des banques, qui se sont caractérisées par la production de monnaie fiduciaire tels que les billets de banque, la monnaie scripturale comme les chèques, ainsi que l'utilisation de titres ou actions pour financer les entreprises commerciales. [31]

### **b. Rôle de la banque**

Les banques et autres institutions financières jouent un rôle central dans l'économie en dirigeant les capitaux disponibles vers les investissements les plus rentables.

Les banques et autres institutions financières exercent une fonction essentielle dans l'économie en dirigeant les capitaux vers les investissements les plus productifs, car elles ont le pouvoir exclusif de créer de la monnaie, et sont donc en mesure de fournir des services de crédit et de liquidité aux entreprises et aux ménages.

### **c. Activité bancaires**

**Collecte de fonds :** Les banques collectent des dépôts auprès de leurs clients pour financer leurs opérations. Les dépôts sont également utilisés pour accorder des prêts à des taux d'intérêt plus élevés, ce qui permet aux banques de générer des revenus.

**Octroi de crédit :** L'octroi de crédit correspond à l'action d'un accord de prêt d'argent au profil d'un particulier ou d'un professionnel de la part d'établissements de crédits on dit que le financement a été octroyé ou accordé, pour cela un processus décisionnel est parcouru incluant des calculs de score faits par la banque ou l'organisme prêteur pour but de vérifier la solvabilité, le taux d'endettement de l'emprunteur les garanties apportées et la capacité de remboursement de l'emprunteur potentiel. [13]

**Gestion d'investissements :** Les banques offrent des services de gestion d'investissements pour aider les clients à gérer leur portefeuille d'investissements. Les services de gestion d'investissements peuvent inclure des conseils financiers, des produits d'investissement tels que des fonds communs de placement et des produits dérivés, et des services de courtage

## **1.1.3 Le crédit bancaire**

Le crédit est une opération financière réalisée par un organisme bancaire, et est un acte qui permet à une personne de mettre des fonds à la disposition d'une autre personne moyennant un engagement de remboursement à une date déterminée à l'avance

Plusieurs auteurs ont proposé des définitions du crédit les plus importantes.

Pruchaud J, quant à lui, affirme que : « le crédit bancaire est en général l'opération par laquelle la banque met une somme déterminée à la disposition d'un tiers appelé emprunteur moyennant l'engagement pris par ce dernier de payer au banquier les intérêts convenus et de lui restituer à l'époque fixée pour le remboursement, une somme équivalente



à celle qui lui a été fournie» [23]

G.PETIT DUTAILLIS qui a dit : « faire crédit, c'est faire confiance, c'est donner librement la disposition effective et immédiate d'un bien réel ou d'un pouvoir d'achat, contre la promesse que le même bien , ou un bien équivalent vous sera restitué dans un certain délai , le plus souvent avec rémunération de service rendu et du danger de perte partielle ou totale que comporte la nature même de ce service »[5]

PRUCHAUD J., quant à lui, dit que « le crédit bancaire est en général l'opération par laquelle la banque met une somme déterminée à la disposition d'un tiers appelé emprunteur moyennant l'engagement pris par ce dernier de payer au banquier les intérêts convenus et de lui restituer à l'époque fixée pour le remboursement, une somme équivalente à celle qui lui a été fournie» [23]

L'objectif du crédit financer les investissements des entreprises et des particuliers. Le crédit d'investissement est spécifiquement destiné à financer la production d'un bien déterminé, dont le remboursement sera effectué grâce aux bénéfices résultant de sa vente. De cette manière, le crédit peut répondre aux besoins d'équipements des particuliers qui souhaitent anticiper leur capacité d'épargne future grâce au crédit. En somme, le crédit couvre un large éventail d'activités, s'étend dans le temps et répond à de multiples besoins économiques.

**3.1 Rôle de crédit** Le rôle du crédit dans la facilitation des échanges, la stimulation de la production, l'amplification du développement et en tant qu'instrument de création monétaire est largement reconnu par toutes les économies.

**Le crédit permet l'échange :**

Le crédit bancaire permet aux entreprises d'anticiper sur leurs créances, ce qui leur donne un pouvoir d'achat ou d'échange en avance. Cette anticipation est essentielle pour assurer la continuité du processus de production et de commercialisation sur les marchés nationaux et internationaux.

**Le crédit stimule la production :**

L'innovation et le renouvellement des équipements sont généralement nécessaires pour assurer la croissance et la modernisation de la production

**Le crédit amplifie le développement :**

Le crédit peut contribuer à l'amplification du développement économique en permettant des effets multiplicateurs qui s'étendent indirectement à d'autres agents économiques. Ces effets peuvent être stimulés par la création de nouveaux moyens de paiement par les banques, selon une théorie qui rompt avec l'analyse classique du financement des investissements basée uniquement sur l'épargne préalable.

**Le crédit crée la monnaie :**

Lorsqu'une banque octroie un crédit en utilisant les fonds de ses dépôts, elle génère des

flux monétaires sans compromettre la possibilité pour les déposants de retirer leurs fonds.

### 3.2 Les caractéristiques du crédit :

Le crédit se caractérise par quatre critères

- **La confiance** : Le mot crédit vient du mot grec « CREDERE » c'est-à-dire « faire confiance » La base de toute décision de crédit repose sur la relation existant entre le prêteur et l'emprunteur, laquelle est renforcée par une parfaite connaissance mutuelle.

- **Le temps** :

Le temps du crédit bancaire sera ainsi, à la fois, celui où se constituera la rémunération Du prêteur et celui nécessaire à l'emprunteur pour rembourser [21]Le crédit est octroyé pour une période déterminée, une durée spécifique.La durée est un des critères utilisés pour classer les opérations de crédit. on distingue :

- **Le crédit à très court terme** : Les banques l'utilisent pour gérer leur trésorerie de manière quotidienne.

- **Le crédit à court terme** : De 3 mois à deux ans,

- **Le crédit à moyen terme** :Entre deux ans et sept ans,

- **Le crédit à long terme** :La durée de ce crédit dépasse sept ans.

- **La promesse de remboursement** :

L'emprunteur s'engage à rembourser le montant initial prêté, ainsi que les intérêts qui y sont associés «Les crédits qui comportent des décaissements sont rémunérés par des intérêts proportionnels au montant des capitaux avancés, par contre les crédits qui ne comportent pas des décaissements (crédit par signature), sont rémunérés par une commission » [12]

- **Le risque** : La confiance n'a de sens que dans une situation de risque potentiel

- Le risque de non remboursement : Est appelé risque d'insolvabilité de l'emprunteur est le risque encouru par une institution financière, telle qu'une banque, lorsqu'elle accorde un prêt ou une ligne de crédit à un emprunteur qui ne rembourse pas intégralement ou en temps voulu

Le risque d'immobilisation des fonds avancés : Le risque d'immobilisation des fonds avancés est la possibilité que l'argent prêté par un prêteur soit bloqué pour une durée plus longue que prévue, ce qui peut entraîner une perte de liquidité et donc un risque pour le prêteur.

Le risque spécifique lié à la gestion de banque : Ce risque peut être causé par une mauvaise évaluation des risques associés aux prêts, une mauvaise gestion des actifs, une mauvaise gestion de la liquidité ou une mauvaise gestion des risques de marché.

### 3.3 Typologie des crédits bancaires

Les banques offrent différents types de crédits à leur clientèle .On distingue généralement trois types de crédit bancaire

- Le crédit accordé au particulier

- Les crédits accordés aux entreprises
- Le crédit destiné au financement du commerce international

### 3.3.1. Le crédit accordé au particulier

Dans le domaine du crédit, on identifie trois types distincts :

#### a. Crédit a la consommation :

Il est appelé également crédit de trésorerie aux particuliers «Le crédit à la consommation est un nouveau produit bancaire permettant aux particuliers d'acquérir, sous certaines conditions, des équipements domestiques fabriqués et/ou montés, ou des produits importés tel que les automobiles par le recours à des facilités de paiement. Cette forme du crédit est accordée aux résidant sur le territoire national, avec une activité stable et un revenu régulier. Le montant du crédit peut aller jusqu'à 70% du coût total du bien acheté » [18]

#### b. Crédit immobilier :

Le crédit immobilier destiné aux particuliers est un prêt conventionnel à long terme qui vise à financer l'acquisition d'un bien immobilier résidentiel.

« ces prêts peuvent être accordés pour toute opération immobilière : acquisition ou travaux, résidence principale ou secondaire, résidence de l'emprunteur ou investissement locatif.» [19]

### 3.3.2. Le crédit accordé aux entreprises :

**a- Crédit-bail :** d'après Luc BERNET-ROLLANDE le crédit-bail est « une technique de financement d'une immobilisation par laquelle une société financière acquiert un bien meuble ou immeuble pour le louer à une entreprise. Cette dernière ayant la possibilité de racheter le bien loué pour une valeur résiduelle, généralement, faible en fin de contrat ». [18]

Ce type de crédit implique la collaboration de trois parties distinctes : le bailleur de crédit (une banque), le preneur de crédit (l'entreprise) et le fournisseur.

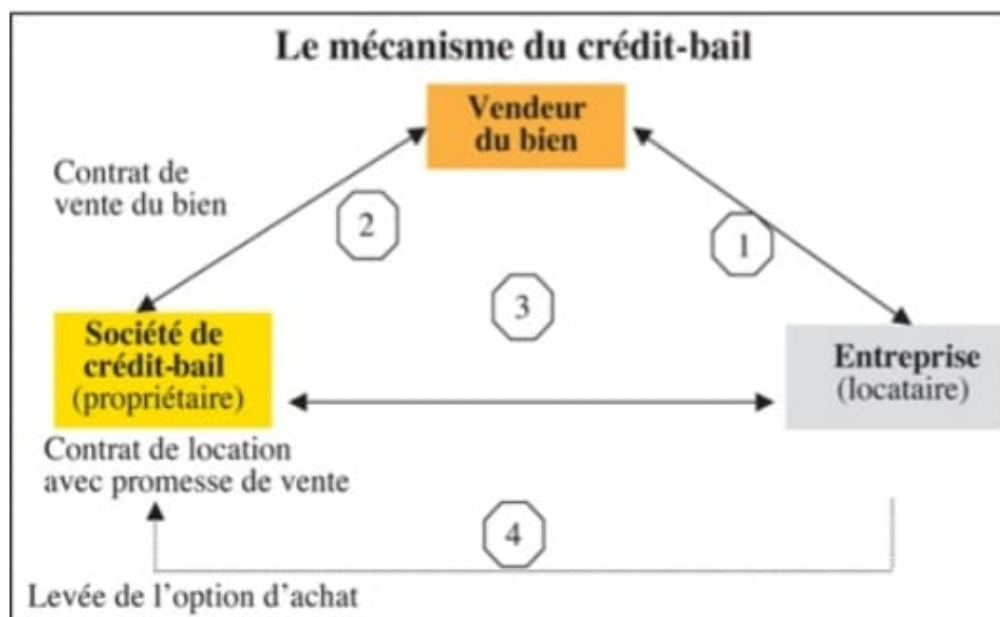


FIGURE 1.1 – Le mécanisme du crédit-bail [10]

#### b- Crédit d'investissement :

Les crédits d'investissement servent de garanties pour aider les entreprises à acheter des équipements, des biens et des matériels lors de leur création ou pour stimuler leur croissance.

#### c- crédit d'exploitation :

Les crédits d'exploitation sont des prêts à court terme octroyés généralement par des banques ou des fournisseurs aux entreprises afin de financer les actifs circulants.

Il y a deux types de crédits d'exploitation qui sont :

#### d- Les crédits par caisse :

*Les crédits par caisse globaux* : (facilité décaisse, découvert, crédit compagnie, crédit roulais )

*Les crédits par caisse spécifique* : ( Avance sur marchandise, Avance sur marché public, Avance sur titre, Avance sur facture administrative, factoring, L'escompte commercial)

#### e- Les crédits par signature :

Les crédits par signature sont représentés par des garanties telles que les cautions et les crédits documentaires.(L'aval, Les cautionnements, L'acceptation)

### 3.3.3 Le crédit destiné au financement du commerce international :

Le crédit destiné au financement du commerce international est une pratique fonda-

mentale pour faciliter les échanges commerciaux entre les pays. Il contribue à stimuler la croissance économique mondiale en permettant aux entreprises d'accéder à des sources de financement pour leurs opérations internationales. La gestion adéquate du risque de crédit est cruciale pour assurer le bon déroulement de ces transactions et maintenir la confiance dans le système de commerce international

#### **Type du crédit destiné au financement du commerce international**

**a) Le crédit documentaire :** est un moyen sécurisé de paiement dans lequel la banque émettrice garantit le paiement au vendeur une fois que les documents commerciaux conformes ont été présentés. Cette méthode offre une assurance aux deux parties et réduit les risques de défaut de paiement.

**b) Le crédit à l'exportation :** est un type de crédit accordé par une institution financière à l'exportateur. Il permet à celui-ci d'offrir des conditions de paiement flexibles à l'acheteur étranger, encourageant ainsi les importations grâce à des options de paiement différé ou échelonné.

**c) Le crédit à l'importation :** est un crédit accordé par une institution financière à l'acheteur étranger, pour financer ses achats auprès de fournisseurs étrangers. Cette forme de crédit facilite les importations en offrant une source de financement pour couvrir les coûts d'achat.

**d) Le financement par affacturage :** est un financement où une société d'affacturage achète les créances commerciales d'une entreprise exportatrice et lui verse une avance en contrepartie. Cela permet à l'entreprise de recevoir des liquidités immédiates plutôt que d'attendre le paiement des clients étrangers.

**f) le crédit de préfinancement :** est un type de crédit accordé à l'exportateur avant l'expédition des marchandises. Il permet à celui-ci de financer la production et la préparation des marchandises en vue de leur exportation.

#### **1.1.4 Les risques bancaires**

Est emprunté (1557) à l'ancien italien *risco* (aujourd'hui plus souvent *rischio*), qui représente le latin médiéval *risicus* ou *riscus* dans un texte de 1359 cité par Du Cange, le mot désigne un danger, un inconvénient plus ou moins prévisible. Il a donné les locutions courir un risque (1690, antérieurement courir risque 1596)

représente le latin médiéval *risicus* ou *riscus* dans un texte de 1359 cité par Du Cange, le mot désigne un danger, un inconvénient plus ou moins prévisible. Il a donné les locutions courir un risque (1690, antérieurement courir risque 1596) [26]

#### **4.1. Les risques bancaires :**

Le secteur bancaire est confronté à une instabilité croissante et à une vulnérabilité

accrue en raison des fluctuations monétaires. En conséquence, les banques doivent faire face à une multitude de risques qui peuvent avoir des répercussions sur leur activité et leur position sur le marché financier.

Les risques financiers peuvent être classés en deux grandes catégories. Dans la prochaine étape, nous allons examiner en détail ces principaux types de risques.

## 4.2 La nature des risques de la banque

Afin de développer une compréhension approfondie des risques bancaires et de la manière dont ils sont gérés, il est essentiel de prendre en compte les différents acteurs impliqués. Ces acteurs peuvent être classés en trois catégories distinctes :

**Créanciers :** La principale activité de la banque consiste à accorder des prêts d'argent à ses clients afin de financer leurs activités ou leurs projets. Ainsi, les créanciers de la banque peuvent être des particuliers, des entreprises ou des États.

**Marchés financiers :** L'accès privilégié de la banque aux marchés revêt une importance capitale, car cela lui permet de gérer une partie des risques générés par son activité de financement. [32]

**4.3. Typologie des risques bancaires** Nous pouvons classer les risques bancaires en deux types : les risques financiers et les risques non financiers. Ces risques financiers font référence aux risques associés aux variations des prix des actifs financiers. Ces risques peuvent être catégorisés de la manière suivante : [26]

### A. Risque financiers :

► **Risque de taux d'intérêt :** C'est le risque encouru lorsque les taux d'intérêt fluctuent défavorablement, ce qui peut avoir un impact sur la situation financière d'une banque. Accepter ce risque est inhérent à l'activité bancaire et peut être une source importante de rentabilité et de valorisation du capital investi. Cependant, un risque excessif peut représenter une menace sérieuse pour les bénéfices et les fonds propres d'une banque. Les mouvements des taux d'intérêt affectent les bénéfices en modifiant le revenu net d'intérêts, ainsi que les autres revenus sensibles aux taux d'intérêt et les dépenses d'exploitation. Ils ont également un impact sur la valeur des créances, des dettes et des instruments hors-bilan, car la valeur actualisée des flux de trésorerie attendus (et parfois les flux eux-mêmes) varie en fonction des taux d'intérêt. [3]

### ► Risque de liquidité :

On peut définir le risque de liquidité comme le risque qu'encourt une institution financière de ne pas être en mesure de respecter ses engagements à leur échéance dans des conditions normales. Ce risque découle de l'incapacité d'une banque à faire face à une diminution de son passif ou à financer une augmentation de son actif. Lorsqu'un établissement ne dispose pas d'une liquidité adéquate, il lui est difficile d'obtenir des fonds en quantité suffisante à un coût raisonnable, que ce soit en augmentant son passif ou en convertissant

rapidement ses actifs, ce qui a un impact sur sa rentabilité.

► **Risque de crédit :**

Le risque de crédit ou de contrepartie défini comme la probabilité pour qu'un débiteur ou l'émetteur d'un moyen de paiement soit dans l'impossibilité de payer l'intérêt dû ou de rembourser le principal selon les termes spécifiés dans la convention de crédit est inhérent à l'activité bancaire.

Qui dit risque de crédit dit que les versements peuvent être retardés ou même ne pas avoir lieu du tout en fin de compte, ce qui peut alors engendrer des problèmes de flux de trésorerie et avoir un impact sur la liquidité de la banque. Malgré les innovations réalisées dans le secteur des services financiers, le risque de crédit reste la plus grande cause de faillite des banques.

► **Risques de marchés :**

Désignent les risques auxquels un établissement de crédit est exposé en raison d'une évolution défavorable des données de marché ou de leur volatilité. Il s'agit des risques de pertes pouvant résulter des fluctuations des prix des instruments financiers qui composent le portefeuille de négociation, ainsi que des positions qui peuvent entraîner un risque de change, notamment les opérations de change à terme et au comptant. [32]

► **Risque de change :**

Le risque de change résulte des variations des taux de change et est causé par les écarts entre les valeurs des actifs et des passifs libellés dans des devises différentes. C'est l'écart qui génère ce risque, exposant la banque à des pertes lorsque des fluctuations défavorables affectent les taux de change d'une devise donnée pendant une période où la banque détient une position ouverte, que ce soit sur les éléments du bilan ou hors bilan, au comptant ou à terme. Ces dernières années, le contexte de marché, caractérisé par des taux de change librement flottants, est devenu pratiquement une norme mondiale.

**B. Risque non financiers :**

Parmi les risques non financiers, on peut citer :

► **Risque stratégique :**

Les choix stratégiques pris par une institution de crédit dans divers domaines nécessitent toujours des ressources importantes. Par exemple, ces stratégies peuvent inclure la pénétration d'un marché, le lancement de nouveaux produits ou de nouvelles activités, la refonte du système d'information, la croissance externe par fusion ou acquisition, etc. Un échec stratégique peut avoir des conséquences graves car les ressources investies deviennent sans valeur et les pertes causées peuvent être significatives.

► **Risque d'organisation :**

Comme toute entreprise, la banque est exposée à un triple risque d'organisation lié à ses employés, à ses équipements et à son environnement.

- **Risques liés aux employés :** Les individus qui composent la banque peuvent

engendrer des risques tels que des erreurs, des fraudes et des grèves. Les erreurs peuvent être évitées grâce à l'adoption d'une approche axée sur la qualité totale, tandis que les fraudes et les grèves peuvent être prévenues par des mécanismes de motivation et de participation du personnel.

- **Risques liés aux équipements** : Les équipements utilisés par la banque présentent un risque de panne, qu'il s'agisse des téléphones, des systèmes informatiques ou des cartes de crédit. Pour minimiser ces risques, il est essentiel d'assurer un bon entretien des équipements et de souscrire à une assurance contre les défaillances.

- **Risques liés à l'environnement** : La banque est exposée à des risques significatifs en cas de modification de l'environnement réglementaire, juridique ou fiscal. Pour faire face à ces risques, les contrats intègrent généralement des clauses de renégociation ou de délocalisation [15]

Risques financiers	Risques opérationnels
1. Crédit	1. Fraude interne
2. Liquidité	2. Fraude externe
3. Marché	3. Clients, produits, services
4. Solvabilité	4. Politique d'emploi et de sécurité
5. Adéquation des fonds propres	5. Risque technologique
6. Structure du bilan	6. Dégradation des actifs physiques
7. Rentabilité	7. Gestion de processus
8. Devise	
Risques d'exploitation	Risques accidentels
1. Risque pays	1. Politique
2. Risque fiduciaire	2. Crise bancaire
3. Réputation	3. Contagion Risques exogènes
4. Réglementation	
5. Environnement macroéconomique	
6. Responsabilité civile	

TABLEAU 1.1 – Menaces liées au risque de crédit  
[8]

## 1.2 Risque crédit

### 1.2.1 Introduction

Les transactions de crédit impliquent des risques pour les banques et les emprunteurs, de sorte que l'une des principales responsabilités d'un gestionnaire efficace est de réduire les pertes pour les deux parties, en équilibrant soigneusement les conditions de la transaction, en vertu desquelles les prêteurs et les emprunteurs peuvent éviter les retards de paiement ou les créances irrécouvrables. Dans l'article, nous examinerons ce qu'est le



risque de crédit, ses types, ses méthodes d'évaluation, sa gestion et sa réduction.

**1-1- Les facteurs de risque de crédit** Une banque est exposée au risque de crédit en raison de sa détention des portefeuilles de créance envers divers agents économiques tels que les particuliers, les entreprises (notamment les PME), les établissements de crédit et l'État. Les risques de crédit découlent également des engagements hors bilan, qu'ils soient liés au financement, à la garantie ou aux opérations sur des actifs financiers. Les facteurs de risque associés au risque de crédit, dont les variations pourraient affecter la valeur du portefeuille de créances et d'engagements de la banque, peuvent être :

- Un taux d'intérêt
- Un cours de change
- Le prix d'un actif
- La volatilité des sous-jacents (concernant le risque de crédit sur instruments dérivés).

Identifier le risque de crédit est une étape cruciale pour les banques, leur permettant ainsi de mettre en place les méthodes appropriées pour quantifier et gérer ce risque de manière adéquate.

**1-2- Les niveaux du risque de crédit** Lorsqu'une banque accorde un crédit à un emprunteur (par exemple, une PME), le risque de crédit auquel elle est exposée se manifeste à trois niveaux, en fonction de l'aspect externe du risque de crédit :

- Le risque individuel (particulier)
- Le risque général
- Le risque sectoriel.

Selon l'aspect interne, le risque de crédit dépend de la politique de crédit adoptée par la banque ainsi que des procédures de traitement des demandes d'octroi de crédit.

### **1-3- L'aspect externe du risque de crédit**

#### **a) Le risque individuel :**

Le risque individuel d'une entreprise cliente est lié à sa situation commerciale ou industrielle ainsi qu'à la nature de l'opération à financer. Malgré une bonne structure organisationnelle, l'entreprise peut être confrontée à des contraintes préjudiciables au cours de son existence. Des facteurs tels que le produit, l'outil de production, les parts de marché, la force de vente, les concurrents et la situation financière doivent être attentivement pris en compte, car une mauvaise gestion de l'un de ces paramètres peut entraîner des difficultés qui affectent les créanciers, notamment le banquier qui est le principal fournisseur de fonds pour les PME.

#### **b) Le risque sectoriel :**

Le risque sectoriel est étroitement lié à la conjoncture économique d'un secteur d'activité spécifique. Il se manifeste principalement par des changements et des évolutions

qui affectent les conditions d'exploitation commerciale ou industrielle de l'activité économique. Ces contraintes peuvent inclure la pénurie de matières premières, l'effondrement des prix, l'effondrement de la demande, la menace des produits de substitution, les modifications profondes dans les procédés de production, l'innovation technologique des produits, etc.

Il est difficile pour la banque d'évaluer ce risque, car elle peut manquer d'expertise dans les domaines où la concurrence et la technologie sont en constante évolution. Par conséquent, la banque a tendance à refuser les demandes de crédit des entreprises évoluant dans des secteurs en difficulté. Cela influence la décision du banquier quant à l'approbation ou au refus du crédit.

**c) Le risque général (global) :**

Ce niveau de risque concerne l'économie dans son ensemble et peut entraîner l'insolvabilité des emprunteurs. Cette insolvabilité est due à des facteurs externes tels que les crises politiques, les crises économiques ou les catastrophes naturelles. Ces facteurs peuvent causer des préjudices importants aux entreprises.

En particulier, les crises politiques et économiques augmentent le risque de crédit. Les crises économiques sont souvent responsables de l'insolvabilité des débiteurs, ce qui préoccupe les établissements bancaires. Face à cette situation, les banques ont tendance à restreindre l'octroi de crédits.

### 1.2.2 L'aspect interne du risque de crédit

**a) La politique de crédit :** Généralement, la politique de crédit est déterminée par la direction générale de la banque en étroite collaboration avec le comité des engagements. Les principaux éléments qu'ils établissent sont les suivants :

- Les objectifs à atteindre, en alignement avec le plan stratégique, sont définis en termes de clientèles cibles, de types de crédit, de secteurs à financer, de zones géographiques, et ainsi de suite.

- Les taux d'intérêt à facturer pour chaque type de crédit sont déterminés de manière à garantir que les marges soient adéquates pour couvrir les coûts liés aux crédits (tels que les ressources, la gestion, le risque et le type de crédit), ainsi que les garanties requises.

- Les délégations de pouvoir à accorder pour chaque niveau hiérarchique en fonction du risque et du type de crédit.

- Les procédures de traitement des dossiers de crédit

La banque établit des procédures formalisées afin d'étudier les demandes de crédit, de suivre les dossiers de crédit et d'assurer un contrôle interne de la fonction crédit.

• L'étude de la demande Le chargé d'analyse de la demande est responsable de recueillir toutes les informations relatives à la qualité de l'emprunteur et à la nature du crédit. Ces

informations sont ensuite compilées dans un dossier standardisé qui doit contenir toutes les informations requises pour être considéré comme complet. Ensuite, le dossier est transmis pour traitement, où en cas d'approbation, le montant, les conditions et les garanties sont précisés.

La procédure de traitement d'un dossier peut varier d'un établissement à un autre, mais elle doit respecter les exigences du contrôle interne. Il est essentiel de séparer la fonction commerciale, qui gère la relation avec le client, de la fonction d'étude de la demande de crédit, qui est confiée à un chargé d'étude.

- Le suivi du dossier de crédit

Une fois le crédit accordé, les conditions correspondantes sont détaillées, incluant les obligations respectives des deux parties, le calendrier de remboursement, les conditions de taux, etc. Cependant, des problèmes peuvent survenir dans le suivi du risque lorsque le chargé de l'affaire est le premier à être informé de la détérioration de la relation et qu'il retarde l'information à sa hiérarchie, craignant d'être critiqué pour une mauvaise évaluation ou en raison de relations personnelles avec le client. Le contrôle interne joue un rôle important pour prévenir de telles situations.

- Le contrôle interne de la fonction crédit

Comme pour les autres fonctions de la banque, la fonction crédit obéit aux mêmes principes du contrôle interne : indépendance des contrôleurs et des contrôles, exhaustivité des contrôles, vérification de la cohérence des dossiers de crédit avec la politique de crédit de la banque, et vérification du respect des procédures lors de l'étude de la demande de crédit ainsi que du suivi du dossier de crédit. Une lacune dans l'un des rôles du contrôle interne peut entraîner d'importantes pertes pour la banque.

### 1.2.3 Stratégies de réduction du risque de crédit

Plusieurs approches permettent de minimiser les pertes potentielles

#### **I) Tarification basée sur le risque :**

Les prêteurs appliquent habituellement un taux d'intérêt plus élevé aux emprunteurs à risque de non-paiement. Les prêteurs prennent en considération la cote de crédit ainsi que le ratio dette/valeur des actifs.

#### **II) Assurance :**

Les banques compensent le risque en souscrivant une assurance-crédit. Credit Default Swap, CDS - un outil, un accord lorsque le client paie un certain montant de fonds empruntés au vendeur en échange du fait qu'il assume la responsabilité de remplir les termes du contrat.

#### **III) Pactes :**

Conditions particulières interdisant les actions qui interféreraient avec le remboursement du prêt : s'abstenir de verser des dividendes ou d'emprunter davantage le montant, toutes autres actions spécifiques qui affectent négativement la situation de l'entreprise ou le remboursement de l'intégralité du prêt sur demande.

#### IV) Calcul du risque :

Etude de la solvabilité générale du payeur. Comprend l'étude de l'histoire des prêts, l'histoire de l'utilisation des cartes. Le calcul indique comment un individu s'acquitte de ses obligations, mais ne garantit pas les paiements à l'avenir.

### 1.2.4 Les méthodes de mesure et gestion d'un risque de crédit

**4-1 La probabilité de défaut (PD) :** La probabilité de défaut est la probabilité que, sur une période donnée, généralement un an, un emprunteur ne soit pas en mesure d'effectuer les remboursements prévus sur une dette particulière. Il peut être appliqué à une variété de différents scénarios de gestion des risques ou d'analyse de crédit. Aussi appelée probabilité de défaut (PD), elle peut dépendre non seulement des caractéristiques de l'emprunteur, mais aussi de l'environnement économique général.

#### 4-2 La probabilité en cas de défaut (Loss Given Default LGD) :

La "LGD" est l'estimation monétaire du montant que perd une banque ou une autre institution financière lorsqu'un emprunteur ne rembourse pas un prêt. La LGD est exprimée soit en pourcentage de l'exposition totale au moment du défaut, soit en valeur monétaire unique représentant la perte potentielle. Après avoir passé en revue l'ensemble des prêts en cours et en prenant en compte les pertes et l'exposition cumulées, l'institution financière calcule la LGD totale.

$$\text{LGD} = \text{Exposition à risque (EAD)} * (1 - \text{Taux de recouvrement}) \quad [25]$$

#### 4-3 L'exposition en cas de défaut (EAD) :

L'exposition en cas de défaut (EAD) est la valeur totale à laquelle une banque est exposée en cas de défaut de paiement d'un prêt. En utilisant l'approche basée sur les notations internes (IRB), les institutions financières calculent leur risque. Les banques utilisent souvent des modèles internes de gestion des risques par défaut pour estimer les systèmes EAD respectifs. En dehors du secteur bancaire, l'EAD est connue sous le nom d'exposition au crédit. [25]

Les trois paramètres de risque inhérents à un prêt (EAD, LGD et PD) sont utilisés pour estimer le risque attendu, également appelé perte moyenne (Expected Loss (EL)), ainsi que le risque non attendu, connu sous le nom de perte imprévue ou Unexpected Loss (UL), qui représente l'écart-type (ou la variance) de la perte. Le calcul de la perte moyenne sur le prêt est effectué de la manière suivante :

$$EL = PD \cdot LGD \cdot EAD$$

#### 4-4 Système de Notation

Un système de notation est un outil ou une méthode utilisée pour évaluer et attribuer une note à un individu, une entreprise, une institution ou tout autre entité. Il s'agit d'un système de classification qui permet de mesurer et de comparer la qualité, la performance ou le risque associé à l'entité évaluée.

«L'ensemble des processus, méthodes de contrôle ainsi que les systèmes de collectes Informatiques qui permettent d'évaluer le risque de crédit, d'attribuer des notations internes et de quantifier les estimations de défaut et de pertes» [2]

##### 4-4-1 Notation interne :

Les institutions financières ont mis en place des systèmes de notation internes pour évaluer leurs emprunteurs, contrairement aux notations d'entreprises qui peuvent être définies de la manière suivante

«Avec la notation interne, la banque évalue elle-même le risque de défaillance de la contrepartie, exploitant ainsi les informations privées qu'elle détient sur l'emprunteur du fait de la relation de long terme» [4]

L'objectif principal d'un système de notation interne est de classer chaque contrepartie dans une classe de risque spécifique, de sorte que les individus classés au même niveau de risque présentent des caractéristiques similaires en termes de :

- La probabilité de défaut (PD)
- L'exposition en cas de défaut (EAD)
- La probabilité en cas de défaut (LGD)
- Les pertes attendues ou moyennes sur les crédits (PA)
- Les pertes inattendues ou maximales (UL)

##### 4-4-2 Notation externe :

La notation externe est du ressort des agences de notation, qui sont responsables de l'évaluation du risque présenté par un émetteur ou un emprunteur d'instruments financiers, qu'il s'agisse d'un État, d'une collectivité territoriale, d'un établissement de crédit ou d'une entreprise. Ces agences publient régulièrement des notes qui reflètent la qualité des émissions et la solvabilité des emprunteurs.

La notation externe est une activité ancienne aux États-Unis qui s'est progressivement développée en France dans les années 1990. Cette méthode de notation est utilisée pour évaluer des créances négociables sur un marché en les distinguant selon :

- Elle est utilisée pour évaluer les créances négociables sur les marchés de capitaux tels que les obligations et les bons à moyen terme négociables
- Elle est appliquée aux créances négociées sur le marché monétaire, comprenant des instruments tels que les billets de trésorerie, les euro-notes et les commercial papiers .

Agences			Signification des notes
Standard & Poor's	Moody's	Fitch Ratings	
<b>Catégorie "investissement"</b>			
AAA	Aaa	AAA	Valeurs de premier ordre
AA+	Aa1	AA+	Qualité haute
AA	Aa2	AA	
AA-	Aa3	AA-	
A+	A1	A+	Qualité moyenne supérieure
A	A2	A	
A-	A3	A-	
BBB+	Baa1	BBB+	Qualité moyenne
BBB	Baa2	BBB	
BBB-	Baa3	BBB-	
<b>Catégorie spéculative</b>			
BB+	Ba1	BB+	Éléments spéculatifs
BB	Ba2	BB	
BB-	Ba3	BB-	
B+	B1	B+	Hautement spéculatif
B	B2	B	
B-	B3	B-	
CCC+	Caa1	CCC+	Risques très élevés
CCC	Caa2	CCC	
CCC-	Caa3	CCC-	
CC	Ca	CC	Hautement vulnérable
C	C	C	Hautement vulnérable avec moindre espoirs de recouvrement
SD et D	C	RD et D	En défaut

FIGURE 1.2 – Notations de crédit - SP et Moody's et FiTCH Ratings

### 1.2.5 Value At Risque

La Valeur en risque, plus connue sous le nom anglais Value at Risk ou VaR.

Le développement des marchés de crédit organisés et la croissance significative des échanges de dérivés de crédit offrent aux banques la possibilité de réorganiser dynamiquement leurs portefeuilles et d'optimiser le compromis rendement/risque. Dans cette optique, il est essentiel de mettre en place un modèle de gestion interne du risque de crédit, tel que la Value at Risk.

#### 5-1 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 ».  
[7]

La VaR (Value at Risk) est une mesure statistique du risque qui permet d'estimer la perte potentielle sur une position avec une probabilité donnée. En ce qui concerne le risque de crédit, la VaR est définie comme la perte maximale attendue sur une exposition de crédit à un horizon spécifié, avec un niveau de confiance déterminé.

#### 5-2 Les paramètres de la VaR :

La détermination de la VaR dépend de trois paramètres :

##### a) La distribution de pertes et profits du portefeuille :

L'idéal serait d'avoir une distribution normale qui serait entièrement caractérisée par sa moyenne et sa variance. C'est d'ailleurs l'hypothèse sur laquelle certaines approches calculent la VaR. Cependant, cette hypothèse fait l'objet de critiques importantes.

##### b) Le niveau de confiance :

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

##### c) La période de temps :

L'horizon est la période pendant laquelle on souhaite mesurer la VaR. Il peut varier en fonction de l'activité de l'entreprise, de la nature du portefeuille et des conditions générales du marché (liquidité, taille du marché financier, etc.). Selon la réglementation, un horizon de 10 jours ouvrables (soit deux semaines) est imposé, ce délai étant considéré comme suffisant pour qu'une banque puisse liquider une position.

#### 5-3 Formulation mathématique de la Value At Risk :

Nous considérons  $V_h$  comme la valeur future, qui est aléatoire, d'un portefeuille d'actifs (ou d'un actif) à une période  $[0, h]$ , et  $V_0$  comme sa valeur à la date d'estimation, alors la variation de la valeur de ce portefeuille d'actifs sur un horizon  $h$ , appelée fonction de pertes, est donnée par :

$$\Delta_{0,h}V = V_h - V_0$$

La Value-at-Risk (VaR) d'un portefeuille d'actifs pour une période  $[0, h]$  avec une probabilité  $q$  est définie comme un montant, noté  $VaR_h(q)$ , tel que la variation observée  $\Delta_{0,h}V$  pour le portefeuille d'actifs durant l'intervalle  $[0, h]$  ne dépasse pas  $VaR_h(q)$  qu'avec une probabilité de  $(1 - q)$ . En d'autres termes, la perte de ce portefeuille pour la période  $[0, h]$  sera supérieure à  $VaR_h(q)$  avec une probabilité  $(1 - q)$ .

Cela peut être exprimé comme suit :

$$P(\Delta_{0,h}V \leq VaR_h(q)) = 1 - q$$

$$P(\Delta_{0,h}V > VaR_h(q)) = q \tag{2.3}$$

$$VaR_h(q) = F_h^{-1}(1 - q) \tag{2.4}$$

$F_h$  la fonction de répartition de la variable aléatoire  $\Delta_{0,h}V$ .

où  $F_h^{-1}$  est la fonction inverse de la fonction de répartition

$f_h$  la fonction densité de probabilité de la variable aléatoire  $\Delta_{0,h}V$ .

Nous pouvons illustrer la VaRh (q) sur le Graphique

#### 5-4 La méthode de calcul :

Pour estimer la VaR, il existe différentes méthodes allant des plus simples aux approches complexes nécessitant des développements mathématiques approfondis. Les trois méthodes les plus couramment utilisées sont les suivantes : l'approche paramétrique l'approche de simulation historique et l'approche de simulation Monte Carlo.

##### a) L'approche paramétrique ou variances covariances :

L'approche des variances-covariances suppose que la loi conjointe des facteurs de risque peut être approximée par une loi théorique préétablie, dont l'expression mathématique dépend d'un nombre limité de paramètres. On utilise ensuite 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 spécifié.

L'objectif de cette méthode est donc d'évaluer le risque découlant de l'évolution future



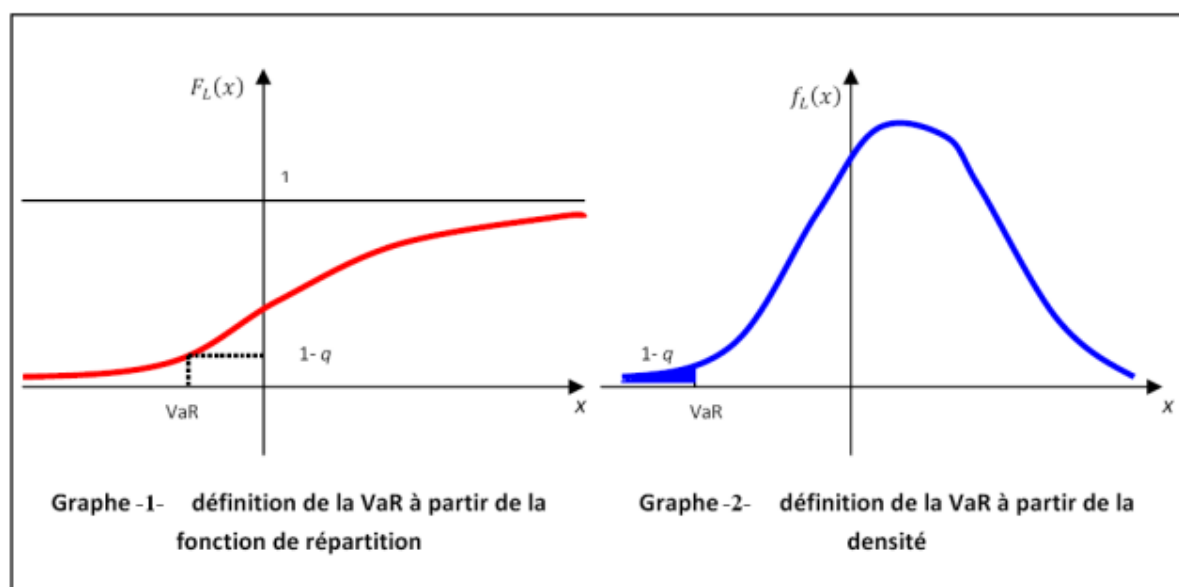


FIGURE 1.3 – Définition de la VaR

des facteurs de risque en se basant sur des hypothèses considérées comme capables de bien décrire l'historique de ces variables de marché.

#### b) L'approche de simulation historique :

Dans cette approche, la distribution des variations futures des facteurs de risque est considérée similaire à celle observée sur une période passée. Ainsi, les variations passées sont utilisées pour revaloriser le portefeuille et simuler ses pertes et profits (PL). La VaR est ensuite obtenue en identifiant le quantile approprié sur l'histogramme des pertes et profits simulés du portefeuille.

Par exemple, sur une série de 500 PL quotidiens, la VaR à un jour avec un niveau de confiance de 99% correspond à la cinquième plus grande perte observée sur l'histogramme des simulations. Le principe fondamental de l'approche historique est d'utiliser la distribution réelle passée des facteurs de risque auxquels le portefeuille est exposé et d'appliquer les mouvements passés des prix et des taux à la composition actuelle du portefeuille.

#### c) L'approche de simulations Monte Carlo :

L'approche de simulations Monte Carlo consiste à simuler, à l'aide d'un générateur aléatoire approprié, un grand nombre de variations conjointes des facteurs de risque, puis à calculer les pertes et profits correspondants (P&L) pour chaque variation. L'estimation de la VaR par cette approche implique de choisir une distribution pour les variations conjointes des facteurs de risque, un choix qui doit être validé par des tests statistiques appropriés. À partir du modèle choisi, un grand nombre de scénarios futurs est simulé à l'aide d'un ordinateur. Les résultats de ces simulations, appliqués à la composition actuelle du portefeuille, sont utilisés pour estimer la distribution des PL hypothétiques

du portefeuille. La VaR est ensuite déterminé de la même manière que dans l'approche historique, mais à partir de l'échantillon simulé.

### 1.2.6 Les accord de bale III

**Comité de Bâle :** Le Comité de Bâle, un organisme créé en 1974, est un groupe de réflexion et de proposition chargé de superviser le secteur bancaire. Il est basé à Bâle, en Suisse, à la Banque des Règlements Internationaux (BRI), d'où son nom. Bien qu'il ne soit pas juridiquement affilié à la BRI, il relève du G-10 et entretient des liens étroits avec les banques centrales des pays membres du G-10. Bien que le Comité de Bâle n'ait pas de pouvoir décisionnel, ses recommandations sont généralement adoptées par les autorités de surveillance des différents pays industrialisés. Il peut exister de légères différences entre les textes du Comité et les textes officiels.

**Bâle III :** est un ensemble de normes réglementaires élaborées par le Comité de Bâle sur le contrôle bancaire (BCBS), une organisation internationale qui établit des standards pour la réglementation bancaire. L'objectif principal de Bâle III est de renforcer la stabilité financière en améliorant la gestion des risques et la résilience des banques.

Les principales caractéristiques de Bâle III sont les suivantes :

**Exigence de fonds propres :** Bâle III renforce les exigences de fonds propres en introduisant un ratio de fonds propres de catégorie 1 (common equity tier 1) de 4,5%, par rapport au ratio de 2% précédemment exigé par Bâle II. Ce ratio mesure la proportion de fonds propres de meilleure qualité par rapport aux actifs pondérés par les risques.

**Coussin de fonds propres :** Bâle III introduit également un coussin de fonds propres de 2,5%, en plus du ratio de fonds propres de base. Ce coussin est constitué de fonds propres de catégorie 1 supplémentaires et vise à renforcer la résilience des banques en période de stress financier.

**Ratio de levier :** Une nouvelle exigence de ratio de levier a été introduite dans Bâle III pour limiter l'effet de levier excessif des banques. Ce ratio mesure le montant des engagements totaux d'une banque par rapport à ses fonds propres tangibles. Il est fixé à 3% pour les banques internationalement actives.

**Liquidité :** Bâle III introduit des exigences plus strictes en matière de liquidité pour les banques. Les banques doivent maintenir un ratio de liquidité à court terme (LCR) d'au moins 60 % et un ratio de financement stable net (NSFR) d'au moins 100 %. Ces ratios visent à garantir que les banques disposent de suffisamment de liquidités pour faire face à des périodes de stress financier. Il est important de souligner que la mise en œuvre de Bâle III a été progressive à partir de 2013 et diffère d'un pays à l'autre dans sa complétion. Les banques sont requises de se conformer aux exigences de Bâle III dans le but de renforcer la stabilité financière et de réduire les risques systémiques. [2]

## Chapitre 2

# Approches d'évaluations du risque crédit

### 2.1 Éléments mathématiques

#### 2.1.1 Variable aléatoire

Une variable aléatoire  $X$  est une fonction de l'ensemble fondamental  $\Omega$  a valeurs dans  $\mathbb{R}$ ,  $X : \Omega \longrightarrow \mathbb{R}$

Lorsque la variable  $X$  ne prend que des valeurs discrètes , on parle de variable aléatoire discrète

Un vecteur aléatoire  $X : \Omega \longrightarrow \mathbb{R}^d$  est une fonction  $X = (X_1, \dots, X_d)$  a valeurs dans  $\mathbb{R}^d$  telle que les coordonnées  $X_i$  soient des variables aléatoires

Pour tout intervalle  $[a, b] \subset \mathbb{R}$ , l'ensemble  $X \subset [a, b] = \omega \in \Omega : X(\omega) \in [a, b]$  est un évènement.

#### 2.1.2 l'espace $\Omega$

L'espace  $\Omega$  est un outil mathématique utilisé pour représenter l'ensemble des résultats possibles dans un contexte probabiliste ou expérimental donné

#### 2.1.3 Processus Stochastique

Un processus stochastique est une famille  $X_t, t \geq 0$  de variable aléatoire a valeur dans  $\mathbb{R}^d$

un processus  $X$  peut être vu comme une famille de v.a indexée par le temps :  $X_t : \omega \in (\Omega, \mathcal{F}) \longmapsto X_t(\omega) \in (\mathbb{R}^d, \mathcal{B}(\mathbb{R}^d))$  ,on peut alors s'intéresser aux lois des variables aléatoires  $X_t$

Un processus stochastique  $X$  modélise l'évolution d'une quantité - ou phénomène aléatoire dans le temps. L'observation de l'évolution de  $X$  dans le temps véhicule de l'information : les réalisations passées de  $X$  et sa réalisation présente peuvent informer sur son évolution future.

L'outil mathématique qui nous permettra de traduire cette idée d'évolution de l'information est la notion de filtration.

### 2.1.4 Vecteur gaussien

Soit  $X = (X_1, \dots, X_N)$  est un vecteur aléatoire défini sur  $(\Omega, \mathcal{F}, \mathbb{P})$ . Il est dit gaussien si et seulement si toute combinaison linéaire des composantes  $X_k$  est une variable aléatoire gaussienne

i.e. pour tout  $a \in \mathbb{R}^n$ , la variable aléatoire  $Y_a := \langle a, X \rangle = \sum_{k=1}^N a_k X_k$  est gaussienne.

soit  $X_1, \dots, X_N$  des variables aléatoires gaussien indépendantes alors le vecteur  $(X_1, \dots, X_N)$  est un vecteur gaussien

### 2.1.5 Processus gaussiens

Soit  $X_t, t \geq 0$  un processus stochastiques défini sur l'espace de probabilité  $(\Omega, \mathcal{F}, \mathbb{P})$  le processus  $X$  est dit gaussien si pour tout  $N \in \mathbb{N}$  et  $t_0 \leq \dots \leq t_N \in \mathbb{R}_+$  le vecteur  $(X_{t_0}, \dots, X_{t_N})$  est gaussien

Si  $X$  est un processus gaussien, alors sa loi est complètement caractérisée par sa fonction moyenne  $m_X : t \mapsto E(X_t)$  et par l'opérateur covariance  $K_X : (s, t) \mapsto cov(X_s, X_t)$

### 2.1.6 Martingales

soit  $(\Omega, \mathcal{F}, \mathbb{P})$  un espace probabilisé. une filtration sur cet espace. Une suite  $(M_n, n \geq 0)$  de variables aléatoires réelles est une  $\mathcal{F}_n$ -martingale (resp. sur-martingale, sous-martingale) si :

-  $(M_n, n \geq 0)$  est  $\mathcal{F}_n$ -adapté et, pour tout  $n$  pour tout  $n \geq 0$

$E(M_{n+1}/\mathcal{F}_n) = M_n$  (resp.  $E(M_{n+1}/\mathcal{F}_n) \leq M_n, E(M_{n+1}/\mathcal{F}_n) \geq M_n$ ).

La définition de martingale signifie que la meilleure prévision de  $M_{n+1}$  compte tenu de l'information disponible a l'instant  $n$  (c'est a dire  $\mathcal{F}_n$ ) est donnée par  $M_n$

### 2.1.7 temps d'arrêt

soit  $(X_n, n \geq 0)$  une suite de variables aléatoires définies sur  $(\Omega, \mathcal{A}, P)$ , Soit  $T$  une variable aléatoire définie sur le même espace. On dit que  $T$  est un temps d'arrêt adapté a la suite  $(X_n, n \geq 0)$  (ou temps d'arrêt du processus  $(X_n, n \geq 0)$ ) si :

i- la variable aléatoire  $T$  prend ses valeurs dans  $\mathbb{N} \cup \{+\infty\}$

ii-quel que soit  $n \in \mathbb{N}$  l'évènement  $\{T \leq n\} \in \mathcal{F}_n = \sigma(X_0, \dots, X_n)$

### 2.1.8 Mouvement brownien

En 1827, Robert Brown a fait une découverte en observant que de minuscules particules plongées dans un liquide se déplacent en permanence de manière extrêmement irrégulière. Cette observation a donné naissance au concept du mouvement brownien, qui a été initialement utilisé pour tenter de modéliser ce phénomène. De nos jours, le mouvement brownien est appliqué dans divers domaines tels que l'économie, la théorie de la communication, la biologie, les sciences administratives et les mathématiques. Le mathématicien Norbert Wiener est largement reconnu pour son analyse rigoureuse des mathématiques liées au mouvement brownien, ce qui a conduit à l'appellation de ce processus en tant que processus de Wiener.

Un processus stochastique à temps continu  $(B_t : 0 \leq t)$  est appelé mouvement brownien standard s'il possède les 4 propriétés suivantes :

(i)  $B_0 = 0$

(ii) Les incréments de  $B_t$  sont indépendants : pour toute suite finie de temps  $0 \leq t_1 \leq t_2 \dots \leq t_n$  les variables aléatoires  $B_{t_1}, B_{t_2} - B_{t_1}, B_{t_3} - B_{t_2}, \dots, B_{t_n} - B_{t_{n-1}}$  sont indépendantes.

(iii) Pour tout  $0 \leq s \leq t \leq T$  l'incrément  $B_{t+s} - B_s$  suit une loi normale d'espérance nulle et de variance  $(t - s)$  :  $N(0, t - s)$ .

(iv) Pour tout  $\omega$  sur un ensemble de probabilité 1,  $B_t(\omega)$  est une fonction continue de  $t$ .

Dans toute la suite nous utiliserons la notation  $B_t$  ou  $W_t$

**Proposition :**

Un processus  $B_t, t \in \mathbb{R}_+$  dont les trajectoires sont p.s. continues est un mouvement brownien si c'est un processus gaussien centré de covariance  $inf(s, t)$  De plus les accroissements  $B_t - B_s, s < t$ , d'un mouvement brownien suivent la loi  $N(0, t - s)$

**Proposition :(Loi temporelle du mouvement brownien)**

Soit  $0 < t_1 < \dots < t_n < +\infty$ , La loi temporelle du vecteur  $(B_{t_1}, \dots, B_{t_n})$  est une loi normale à  $n$  dimensions, dont la densité conjointe  $f(x_1, \dots, x_n)$  est donnée par :

$$f(x_1, \dots, x_n) = \frac{1}{(2\pi)^{\frac{n}{2}} \sqrt{t_1(t_2-t_1)\dots(t_n-t_{n-1})}} \times \exp^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x_1^2}{t_1} + \frac{(x_2-x_1)^2}{t_2-t_1} + \dots + \frac{(x_n-x_{n-1})^2}{t_n-t_{n-1}}\right)}$$

## 2.2 MATHEMATIQUE FINANCIERES

Les mathématiques financières consiste à appliquer des techniques mathématiques et des modèles pour résoudre des problèmes financiers. Elle intègre des méthodes d'analyse

statistique, de théorie des probabilités, de processus stochastiques et de principes économiques. En utilisant des outils mathématiques, la finance mathématique vise à fournir des solutions quantitatives et des perspectives sur différents aspects de la finance, tels que la gestion des risques, les stratégies d'investissement, la tarification des instruments financiers, l'optimisation de portefeuille et la tarification des options. Ce domaine interdisciplinaire joue un rôle essentiel dans le développement et la mise en oeuvre de modèles financiers avancés et de stratégies visant à améliorer la prise de décision dans l'industrie financière.

### 2.2.1 Approche financière

#### 1- Les Options :

Une option est un contrat qui accorde à celui qui l'achète le droit, sans l'obliger, d'acheter ou de vendre un actif financier à un prix et à une date prédéterminés, ou pendant une période spécifiée à l'avance. Ainsi, chaque contrat d'option doit préciser les caractéristiques de l'option

- L'actif sous-jacent d'une option peut être déterminé parmi divers instruments tels que des actions, des taux de change, des obligations, des swaps de taux ou des indices boursiers.

- la valeur nominale de l'actif sous-jacent .

- La transaction : achat ou vente .

- La catégorie d'option :

- l'option d'achat (CALL)

- l'option de vente (PUT)

- Les options les plus connues :

- L'option américaine : permet à l'acheteur d'exercer l'option à tout moment ouvré entre la date d'acquisition et la date d'expiration du contrat.

- L'option européenne : L'option européenne est un type d'option qui ne peut être exercée qu'à l'échéance du contrat

- Le prix d'exercice : le prix préalablement fixé auquel l'acheteur d'une option a le droit d'acheter ou de vendre l'actif sous-jacent.

- La durée de vie de l'option : appelée échéance, maturité

- Le prix de l'option : la prime

Transaction	CALL	PUT
ACHTEUR	Droit d'acheter	Droit de vendre
VENDEUR	Obligation de vendre	Obligation d'acheter

TABLEAU 2.1 – Tableau d'achat et vendre d'une option

## 2.2.2 L'analyse financière de la gestion d'un risque de crédit

La méthode d'analyse du risque la plus ancienne et la plus couramment utilisée consiste à évaluer la performance d'une entreprise en examinant son compte de résultat et son bilan. Les établissements de crédit utilisent divers ratios et calculs pour évaluer la santé financière de l'entreprise.

«un ensemble de concepts, de méthodes et d'instruments qui permettent de formuler une appréciation relative à la situation financière d'une entreprise, aux risques qui l'affectent, au niveau et à la qualité de ses performances» [6]

L'analyse financière est un outil essentiel pour évaluer la situation financière d'une contrepartie avant d'engager une prise de risque. Avant d'accorder du crédit, il est crucial d'avoir une connaissance approfondie de la contrepartie et de sa capacité à respecter ses engagements. Cette approche classique repose sur l'évaluation financière de l'entreprise demandant le crédit.

### Les axes de l'analyse financière

L'analyse financière des contreparties, qu'il s'agisse d'entreprises en général ou de PME en particulier, se base sur trois axes essentiels : le profil d'activité, l'équilibre financier et les risques, ainsi que la rentabilité.

#### Le profil d'activité :

Il est essentiel pour la banque d'identifier toutes les activités exercées par la contrepartie en question. Cela implique de connaître les produits et services qu'elle propose, ses clients ainsi que les marchés sur lesquels elle opère.

*Produits et services* : Cette partie du profil d'activité concerne les offres spécifiques de produits et services de la contrepartie sur le marché financier. Cela englobe les crédits, les investissements, les services de gestion de trésorerie, les opérations de change et d'autres produits financiers offerts.

*Clients* : Cette section concerne la clientèle de la contrepartie, notamment leur profil, leur secteur d'activité et leur solvabilité. Cela aide à évaluer la qualité de la clientèle et les risques associés aux relations commerciales.

*Marchés opérationnels* : Cette partie vise à comprendre les marchés sur lesquels la contrepartie opère, qu'ils soient nationaux, internationaux ou spécifiques à une industrie. Cela permet d'évaluer les risques liés à la volatilité des marchés et aux fluctuations économiques, qui peuvent avoir un impact sur les activités de la contrepartie.

### L'analyse de l'équilibre financier

L'analyse de l'équilibre financier repose sur une évaluation approfondie de l'équilibre bilanciel de l'entreprise, complétée par une analyse du hors-bilan. Voici quelques détails supplémentaires sur ces deux aspects :

*Analyse de l'équilibre bilanciel* : Cette étape consiste à examiner les différentes compo-

santes du bilan financier de l'entreprise, notamment les actifs, les passifs et les capitaux propres. Voici quelques éléments importants à considérer :

*Actifs* : Évaluez la composition et la qualité des actifs de l'entreprise, tels que les liquidités, les comptes clients, les stocks, les investissements et les immobilisations corporelles.

*Passifs* : Analysez les différentes sources de financement de l'entreprise, y compris les dettes à court et à long terme, les fournisseurs, les charges à payer et les provisions éventuelles.

*Capitaux propres* : Évaluez la structure des capitaux propres de l'entreprise, y compris les actions émises, les réserves et les bénéfices non répartis. Cela permet de comprendre la situation financière et la capacité de l'entreprise à absorber les pertes éventuelles.

**Analyse du hors-bilan** : En plus du bilan, l'analyse financière doit également prendre en compte les engagements hors bilan de l'entreprise. Cela inclut les garanties données, les contrats de location, les engagements de retraite, les contrats à long terme et d'autres obligations potentielles qui peuvent avoir un impact financier significatif sur l'entreprise.

*Garanties données* : Évaluez les garanties fournies par l'entreprise, telles que les garanties bancaires ou les cautions, et évaluez leur impact potentiel sur la situation financière de l'entreprise.

*Contrats de location* : Analysez les obligations de location de l'entreprise, y compris les contrats de location-financement et les contrats de location simple, pour comprendre les engagements financiers futurs liés à ces contrats.

*Autres obligations* : Examinez d'autres engagements importants de l'entreprise, tels que les contrats à long terme avec des clients ou des fournisseurs, les accords de joint-venture ou les engagements en matière de recherche et développement.

L'analyse de l'équilibre financier, en prenant en compte à la fois le bilan et le hors-bilan, permet de mieux comprendre la situation financière globale de l'entreprise et d'évaluer sa capacité à faire face à ses obligations présentes et futures.

**L'analyse de rentabilité** : L'analyse de rentabilité est un élément clé de l'analyse financière d'une entreprise. Elle vise à évaluer la performance financière de l'entreprise et sa capacité à générer des bénéfices. Voici quelques points importants à prendre en compte lors de l'analyse de rentabilité :

*Marges bénéficiaires* : Analysez les marges bénéficiaires de l'entreprise pour évaluer sa capacité à générer des bénéfices par rapport à ses revenus. Les marges bénéficiaires couramment utilisées incluent la marge brute (bénéfice brut / revenus), la marge d'exploitation (bénéfice d'exploitation / revenus) et la marge nette (bénéfice net / revenus).

*Rendement des investissements* : Évaluez le rendement des investissements de l'entreprise en calculant des ratios tels que le retour sur investissement (bénéfice net / investissement total), le retour sur actifs (bénéfice net / actifs totaux) et le retour sur capitaux propres (bénéfice net / capitaux propres).



*Analyse de la rentabilité par activité* : Si l'entreprise opère dans plusieurs secteurs ou lignes de produits, il peut être utile d'analyser la rentabilité de chaque activité. Cela permet d'identifier les secteurs les plus rentables et d'identifier d'éventuelles sources de faiblesse.

*Analyse des coûts* : Étudiez les différents coûts de l'entreprise, tels que les coûts de production, les coûts de distribution, les coûts administratifs, etc. Identifiez les coûts qui ont le plus d'impact sur la rentabilité globale de l'entreprise et recherchez des opportunités d'optimisation.

*Comparaison avec les concurrents et l'industrie* : Pour une analyse plus approfondie, comparez la rentabilité de l'entreprise avec celle de ses concurrents directs et avec les normes de l'industrie. Cela permet de comprendre comment l'entreprise se situe par rapport à ses pairs et d'identifier les domaines où des améliorations sont nécessaires.

### **Les limites de l'analyse financière :**

En pratique, les banques ne peuvent pas avoir une connaissance parfaite des causes de défaillance et de leur perception à partir des indicateurs fournis par l'entreprise. Par conséquent, l'analyse se concentre sur le comportement opportuniste de l'emprunteur, qui trouve sa justification dans le fait que l'information comptable détenue par le créancier est incomplète et biaisée.

- L'insuffisance et la manipulation de l'information comptable sont des pratiques courantes visant à améliorer l'apparence des différents états financiers de l'entreprise. Parmi ces pratiques, on trouve des actions telles que le traitement agressif des stocks, la répartition subjective des produits et charges entre les opérations courantes et exceptionnelles, ainsi que les ventes d'actifs visant à augmenter les résultats grâce à des plus-values.

- Les problèmes liés à l'opportunisme de l'emprunteur se manifestent lorsque les dirigeants et les actionnaires de l'entreprise augmentent le risque de celle-ci sans en informer le créancier (la banque). Cette situation entraîne une diminution de la valeur de la dette de l'entreprise et une augmentation de ses fonds propres, ce qui favorise naturellement les actionnaires.

- Le sous-investissement, également connu sous le nom d'investissement sous-optimal, se réfère à une situation où une entreprise n'alloue pas suffisamment de ressources à des investissements qui maximiseraient son potentiel de croissance et de rentabilité. Cette insuffisance d'investissement peut résulter de contraintes financières, d'incertitudes économiques ou de décisions de gestion conservatrices. En conséquence, cela peut entraver la capacité de l'entreprise à atteindre ses objectifs de croissance et à maintenir sa compétitivité sur le long terme.

## 2.3 L'approche structurelle

L'approche structurelle considère les titres émis par l'entreprise comme des dérivés de ses actifs. Cette approche décrit le défaut comme un événement entièrement prévisible dans la mesure où, en observant continûment l'évolution de la valeur des actifs de la firme on peut anticiper le défaut. Elle suppose aussi que l'on considère des valeurs de marché et non pas des valeurs comptables pour la valeur des actifs de la firme. La première analyse de la dette risquée selon cette approche remonte à Merton (1974) qui se fonde sur une analogie faite par Black et Scholes (1973). [28]

### 2.3.1 Modèle de Merton

Merton (1974) et Black Scholes (1973) proposent un modèle simple de l'entreprise qui permet de relier le risque de crédit à la structure du capital de l'entreprise. Dans ce modèle la valeur des actifs de l'entreprise est supposée obéir à un processus de diffusion lognormal avec une volatilité constante. L'entreprise a émis deux catégories de titres : des actions et des obligations. Les actions ne reçoivent pas de dividendes. La dette est une obligation à escompte pur où un paiement de  $D$  est promis au temps  $T$ .

Merton a formulé un modèle qui utilise le levier financier d'une entreprise pour expliquer la prime de risque liée à sa dette émise. Ce modèle se distingue par son utilisation de l'équation de Black et Scholes pour représenter cette prime de risque.

Merton a démontré que la valeur des actions et de la dette d'une société (son passif) repose sur les mêmes flux de trésorerie, à savoir les flux de trésorerie générés par les actifs de la société. Et les risques et la valorisation de ces deux composantes du passif d'une société sont étroitement liés.

Nous examinons une entreprise dont l'actif est financé par les fonds propres (détenus par les actionnaires) et la dette (détenue par les créanciers).

Si, à l'instant  $T$ , la valeur de l'actif de l'entreprise dépasse le paiement promis,  $D$ , les prêteurs reçoivent le montant promis et les actionnaires reçoivent la valeur résiduelle de l'actif. [11]

Le bilan économique de cette entreprise est représenté par



FIGURE 2.1 – Bilan Economique d'une Entreprise

A l'actif : les actifs industriels (valeur  $V$ ) Au Passif :Les créanciers détiennent une dette (valeur  $D$ ) et les actionnaires ont des Capitaux propres (valeur  $E$ ).

Il s'agit d'un bilan économique d'où les valeurs  $V_t, E_t$  et  $D_t$  représentent les évaluations en valeur de marché de l'actif, des capitaux propres, et de la dette de la société (respectivement), plutôt que les valeurs comptables traditionnelles de ces différentes composantes du bilan.

la valeur de marché des actifs de l'entreprise à l'instant  $t$  est donnée par

$$V_t = E_t + D_t \quad (2.1)$$

### 1-1 Les hypothèses du modèle de Merton

Merton a élaboré son modèle en se basant sur des hypothèses similaires à celles qui sous-tendent le modèle de valorisation des options de Black Scholes.

- Marché parfait :Pas de coûts de transaction et impôts et les taxes
- Marché efficient : les informations pertinentes sont disponibles pour tous les investisseurs et sont reflétées dans les prix des actifs.

- Distribution normale des rendements : Les rendements des actifs financiers suivent une distribution normale, ce qui signifie que les variations des prix sont symétriques et que les extrêmes sont rares.

- Absence d'opportunités d'arbitrage : les investisseurs ne peuvent pas réaliser de profits garantis sans prendre de risque.

- Taux d'intérêt constant ( $r$ )

Le modèle de Merton suppose que les actifs de la société sont négociables

### 1-2 La formule de Merton :

$$\frac{dV_t}{V_t} = r \cdot dt + \sigma_V \cdot dB_t \quad (2.2)$$

- $\frac{dV_t}{V_t}$  représente la variation relative de la valeur de l'actif
- $V_t$  Valeur des actifs
- $r$  Taux d'intérêt sans risque
- $dt$  Le différentiel de temps
- $\sigma_V$  La volatilité de l'actif
- $dB_t$  est un processus de Weiner standard.

$B_t$  : est la variable aléatoire normale  $N \sim (0, 1)$

**1-3 Volatilité** La volatilité est le critère utilisé pour évaluer le risque lié au rendement de l'actif sous-jacent. On désigne généralement par volatilité locale ou instantanée d'un actif de prix  $X_t$ , le coefficient  $\sigma_t$ , qui peut éventuellement être aléatoire, défini par :

$$dX_t = X_t \cdot b_t dt + \sigma X_t dW_t$$

Dans le contexte de la formule de Black-Scholes, la volatilité locale est considérée comme constante et la volatilité  $\sigma$  est le seul paramètre qui ne peut pas être directement observé. En pratique, deux approches sont utilisées pour l'identifier :

- **La méthode historique** : Il s'agit de méthodes empiriques qui utilisent des données historiques sur les cours de l'action.

- **La méthode implicite** : Il s'agit de méthodes basées sur l'observation des prix des options.

### 1-4 La valeur des actifs de l'entreprise :

La valeur des actifs de l'entreprise est supposée obéir à un processus de diffusion lognormal avec une volatilité constante

$$V_t = V_0 e^{(r - \frac{(\sigma_v)^2}{2})t + \sigma_v \sqrt{t} B_t} \quad (2.3)$$

La valeur  $V_0$  est la valeur initiale des actifs spécifiés à  $t = 0$ . La valeur attendue des actifs au moment  $t$  peut être donnée par la formule suivante

$$E(V_t) = V_0 e^{-rt} \quad (2.4)$$

La valeur de marché des actifs au moment  $t$  a une distribution log-normale [20]

$$N\left(\left(r - \frac{\sigma_v^2}{2}\right)t, \sigma_v^2 t\right) \quad (2.5)$$

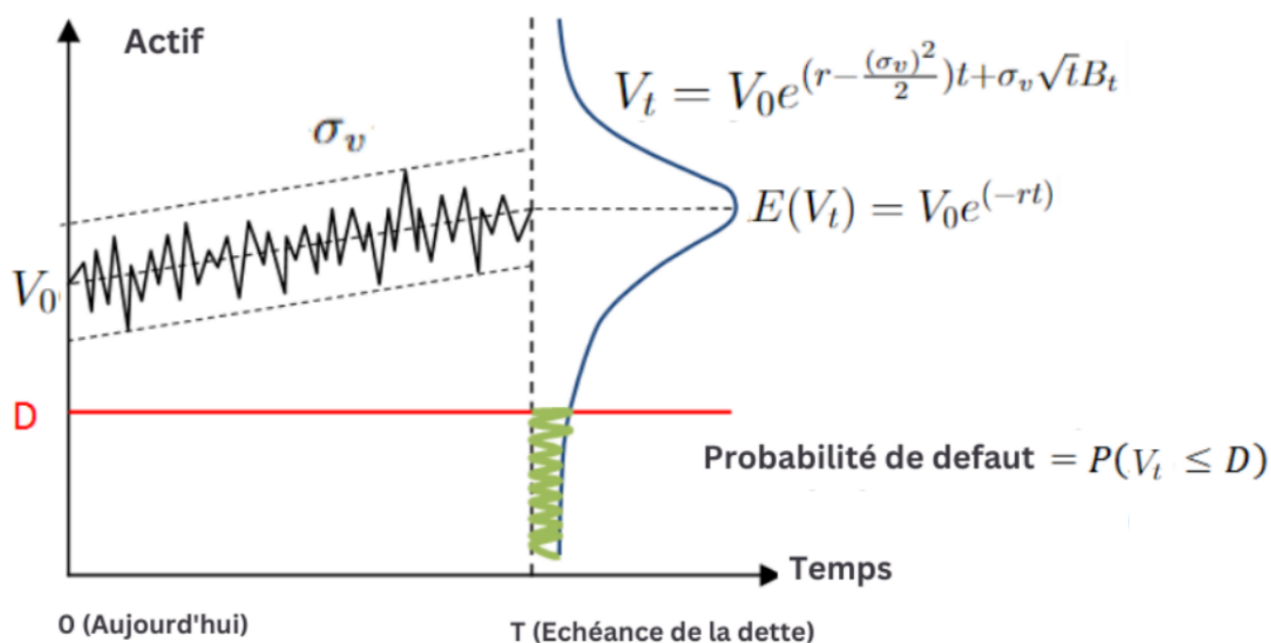


FIGURE 2.2 – Concept de base du modèle de Merton. [28]

On suppose que la société est liquidée à l'échéance  $T$  de la dette deux cas peuvent alors intervenir selon que la valeur des actifs :

- la valeur de l'entreprise est inférieure à la valeur de dette (cas de faillite) : Valeur des actifs est insuffisante pour rembourser les créanciers l'entreprise donne  $V_T$  aux créanciers et rien aux actionnaires.
- la valeur de l'entreprise est supérieure à la valeur de dette : La valeur des actifs est suffisante pour rembourser les créanciers

Les détenteurs de capitaux propres sont les actionnaires qui ont la possibilité de vendre les actifs de l'entreprise pour rembourser les dettes (créanciers).

Il est observé que les actions et la dette de la société peuvent être considérées comme des produits dérivés liés aux actifs de la société (l'actif sous-jacent).

La dette de la société est constituée d'un unique zéro-coupon de valeur nominale  $D$  et de maturité  $T$ .

$$D_t = \begin{cases} D & \text{si } V_t \geq D \\ V_t & \text{sinon} \end{cases} \quad (2.6)$$

[29]

**1-5 Les actionnaires :** détiennent une option d'achat (CALL) sur la valeur des actifs  $V_t$ , avec un prix d'exercice (strike) fixé à  $D$  et une échéance à  $T$ . À l'échéance, ils reçoivent le montant  $Max(0, V_t - D)$ .

**1-6 les créanciers :** possèdent un titre à coupon zéro sans risque, avec une valeur nominale de  $D$ , et sont vendeurs d'une option de vente (PUT) sur la valeur des actifs  $V_t$ , également avec un prix d'exercice de  $D$  et une échéance à  $T$ . À l'échéance, les créanciers reçoivent le montant minimal entre la valeur des actifs à l'échéance ( $V_T$ ) et  $D$ , soit  $Min(V_t, D)$ .

	$V_T \leq D$	$V_T > D$
Dette $D_T$	$V_T$	$D$
Capitaux propres	$0$	$V_T - D$

TABLEAU 2.2 – Valeurs des actions et de la dette a l'échéance

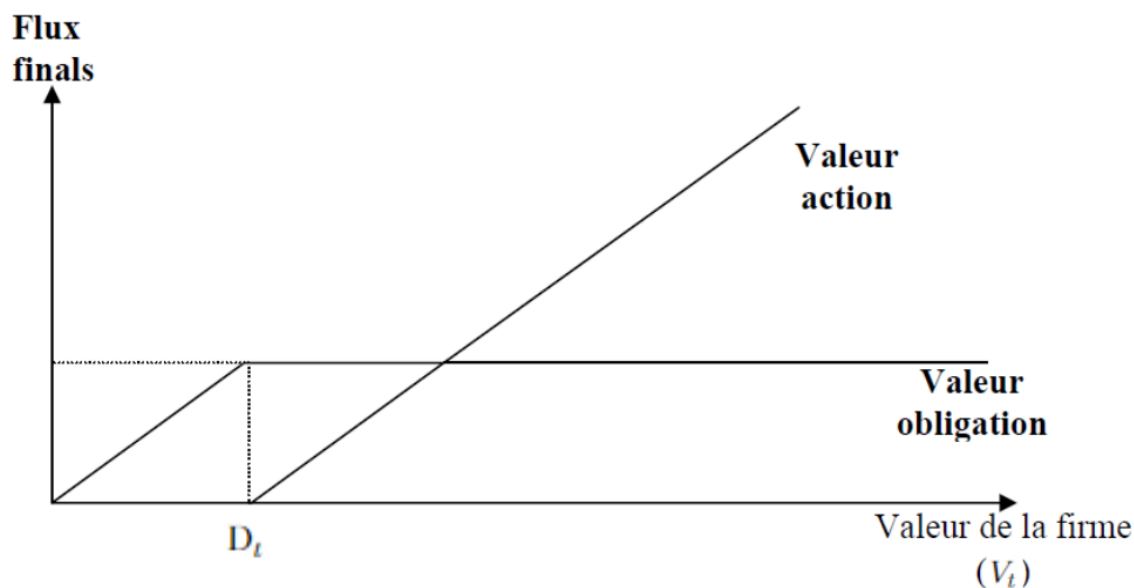


FIGURE 2.3 – Valeurs des Actions et de la Dette à l'Echéance.

### 1-7 Evaluation des capitaux propres :

À la l'instant 0, la valeur financière des capitaux propres, notée  $E_0$ , peut être estimée à l'aide de la formule de Black-Scholes :

$$E_0 = V_0 N(d_1) - D e^{-rt} N(d_2) \quad (2.7)$$

La valeur de marché des capitaux propres de l'entreprise à l'instant T est donnée par

$$E_T = \max[V_T - D, 0] \quad (2.8)$$

Les détenteurs d'actions opteront pour l'exercice si la valeur de marché des actifs à l'échéance ( $V_T$ ) dépasse le prix d'exercice de l'option. En conséquence, ils pourront acquérir les actifs de la société à un prix inférieur à leur valeur marchande. Cependant, si  $V_T < D$ , qui est la condition de défaut définie par Merton, les détenteurs d'actions ne pourront plus racheter d'actifs de la société.

Selon les hypothèses formulées par Merton en 1974, la solution de l'équation (2.8) pour les valeurs des actions à l'instant t est déterminée par l'équation de Black-Scholes (1973) utilisée pour évaluer une option d'achat.

$$E_t = (CALL) = V_t N(d_1) - D e^{-rt} N(d_2) \quad (2.9)$$

$$d1 = \frac{\ln\left(\frac{V_t}{D}\right) + \left(r + \frac{\sigma_v^2}{2}\right) \times (T - t)}{\sigma_V \times \sqrt{T - t}} \quad (2.10)$$

$$d2 = d1 - \sigma_v \sqrt{T - t} \quad (2.11)$$

- $N(-d2)$  et  $N(-d1)$  sont les fonctions de répartition de la loi normale standard
- $d1$  et  $d2$  sont des paramètres calculés à partir des prix d'exercice, des taux d'intérêt, de la volatilité, de la durée et du prix de marché de l'actif.

Étant donné que les prix des actions  $E_0$  sont observables, nous disposons d'une équation avec deux inconnues,  $V_0$  et  $\sigma_V$ . Pour résoudre ces variables, nous avons besoin d'une deuxième équation. Il est possible de démontrer que la volatilité des actions et des actifs est liée selon l'expression suivante

$$\sigma_E = \frac{V_0}{E_0} N(d1) \sigma_A - N(-d2) \quad (2.12)$$

### 1-8 Evaluation de la dette :

Nous transposons notre raisonnement dans le contexte de la théorie des options, nous pouvons considérer que les créanciers, en prêtant des fonds à la firme, ont effectivement acquis cette dernière et ont vendu une option d'achat aux actionnaires. En effet, en cas de faillite de l'entreprise, les créanciers deviendront les propriétaires de la compagnie, tandis que les actionnaires exerceront leur option d'achat à l'échéance des obligations si l'entreprise est en mesure de rembourser la valeur nominale des obligations émises.

$$D_t = \text{Min}(V_t, D)$$

$$D_t = V_t - \text{MAX}(V_t - D, 0)$$

En ramenant cette équation à la date présente (0), nous obtenons :

$$D_0 = V_0 - E_0(\text{PUT})$$

Le modèle de Merton peut être utilisé pour expliquer les rendements de la dette risquée. Définissez  $D_0$  comme le prix de marché de la dette au temps zéro. La valeur des actifs à tout moment est égale à la valeur totale des deux sources de financement. En utilisant l'équation (2.7), on obtient :

$$D_0 = V_0 - V_0 N(-d1) - D e^{-rt} N(-d2)$$

$$D_0 = V_0 - V_0 N(-d1) + D e^{-rT} N(-d2)$$

$$D_0 = V_0(1 - N(-d1)) + D e^{-rT} N(-d2)$$



$$D_0 = V_0 N(-d_1) + D e^{-rT} N(-d_2) \quad (2.13)$$

### 1-9 Indicateurs des Risques

L'expression de la valeur de marché de la dette  $D_t$  fournit une base pour déduire les principaux indicateurs de risque de crédit, y compris la probabilité de défaut, en utilisant les deux paramètres suivants :

- $V_t$  : Valeur des actifs.
- $\sigma_v$  : Volatilité des actifs.

Nous avons observé que l'entreprise fait défaut au moment T si la valeur de ses actifs à cette date  $V_T$  était inférieure à la valeur nominale de sa dette D ,On a donc

$$p_t = \text{Proba}[V_T < D]$$

$$p_t = \text{Proba}[V_t \times \text{Exp}\{(r - \frac{\sigma_v^2}{2}) \times (T - t) + \sigma_v \times \sqrt{T - t} \times B_{0,1}\} < D]$$

$$p_t = \text{Proba}[B_{0,1} < -\frac{\ln(V_t/D) + (r - \frac{\sigma_v^2}{2}) \times (T - t)}{\sigma_v \times \sqrt{T - t}}]$$

$$p_t = \text{proba}[B_{0,1} < -d_2]$$

$$\boxed{p_t = N(-d_2)} \quad (2.14)$$

Les autres indicateurs de risques complémentaires à la probabilité de défaut sont

- Taux de recouvrement
- Levier d'endettement
- Spread de crédit

### 1-10 Taux de recouvrement

Le taux de recouvrement se définit comme le ratio entre la valeur anticipée en t de la valeur des actifs à l'échéance et la valeur nominale de la dette.

Le taux de recouvrement est un indicateur utilisé dans le domaine du crédit pour évaluer la proportion des créances ou des pertes récupérées en cas de défaut d'un emprunteur. Il mesure le pourcentage des fonds recouverts par les créanciers par rapport au montant initial de la dette.

En utilisant ces notations, la formule de Merton devient

$$\delta_t = \frac{E(V_t)}{D} = \frac{V_0 \cdot e^{(-rt)}}{D} \quad (2.15)$$

$$\delta_t = \frac{V_t \times N(-d1)}{D \cdot e^{-rT} \times N(-d2)} \quad (2.16)$$

### 1-11 levier d'endettement

Le levier d'endettement (leverage ratio), également connu sous le nom de ratio d'endettement ou de ratio de levier financier, est un indicateur financier qui mesure la proportion de dettes utilisées par une entreprise pour financer ses activités par rapport à ses fonds propres

Le levier d'endettement est utilisé pour évaluer le niveau de risque financier d'une entreprise. Un levier d'endettement élevé indique que l'entreprise dépend fortement de l'emprunt pour financer ses activités, ce qui peut augmenter son risque de défaut de paiement en cas de difficultés financières.

$$l_t = \frac{D \cdot e^{-rT}}{V_t} \quad (2.17)$$

### 1-12 Sread implicite

le spread de crédit implicite se définit comme la différence entre le taux d'intérêt de la dette d'une société risquée et le taux d'intérêt sans risque correspondant pour une échéance donnée ( maturité T).

Le taux d'intérêt de la dette de la société risquée comprend une prime de risque pour tenir compte du risque de défaut associé à cette dette. Cette prime de risque est reflétée dans le spread de crédit implicite. Plus le spread de crédit implicite est élevé, plus le marché perçoit le risque de crédit de la société comme étant élevé.

Le taux d'intérêt sans risque est généralement associé à des obligations d'État considérées comme ayant un risque de défaut très faible. Il représente le coût d'emprunt de référence pour une échéance similaire sans tenir compte du risque de crédit.

En soustrayant le taux d'intérêt sans risque du taux d'intérêt de la dette risquée, on obtient le spread de crédit implicite, qui représente donc la prime de risque de crédit exigée par les investisseurs pour détenir cette dette risquée.

Le spread de crédit implicite est utilisé pour évaluer la perception du marché quant au risque de crédit d'une société et peut varier en fonction de facteurs tels que la solvabilité de la société, les conditions économiques, la confiance des investisseurs et d'autres facteurs spécifiques à l'émetteur de la dette.

$$SP_{t,T} = R_{t,T}^* - R_{t,T}$$

$$R_{t,T} = -\frac{\ln[D.e^{-rT}]}{T-t}$$

$$R_{t,T}^* = -\frac{\ln[D(t,T)]}{T-t}$$

$$\boxed{SP_{t,T} = -\frac{1}{T-t} \times \ln \left[ \frac{D(t,T)}{D.e^{-rT}} \right]} \quad (2.18)$$

avec

$$h_1 = \frac{\ln 1/l_t + \frac{\sigma_v^2}{2} \times (T-t)}{\sigma_v \times \sqrt{T-t}}$$

$$h_2 = h_1 - \sigma_v \times \sqrt{T-t}$$

$$Sp_{t,T} = -\frac{1}{T-t} \times \ln \left[ \frac{N(-h_1)}{l_t} + N(h_2) \right] \quad (2.19)$$

### 1-13 Probabilité de défaut

La probabilité de défaut est la probabilité que la valeur de marché des actifs de l'entreprise soit inférieure à la valeur comptable des passifs de l'entreprise au moment où la dette arrive à échéance.

En d'autres termes :

$$P_t = P[V_t \leq E_t/V_0] \quad (2.20)$$

Nous utilisant le modèle de Merton, la probabilité de défaut est calculée en comparant la valeur de marché des actifs de l'entreprise à la valeur comptable de ses passifs au moment de l'échéance de la dette. Si la valeur de marché des actifs est inférieure à la valeur comptable des passifs, cela indique une probabilité plus élevée de défaut.

La probabilité de défaut selon le modèle de Merton peut être estimée en utilisant la fonction de distribution normale standard. Elle est donnée par l'équation suivante :

$$PD = 1 - N(d_2)$$

$$PD = N(-d_2) \tag{2.21}$$

### 1-14 Distance de défaut :

La distance de défaut, également connue sous le nom de distance-to-default, est une mesure utilisée dans le modèle de Merton pour évaluer le risque de défaut d'une entreprise. Elle représente la distance entre la valeur de marché des actifs de l'entreprise et la valeur de sa dette, exprimée en termes d'écart-type.

La formule de la distance de défaut selon le modèle de Merton est la suivante :

$$DD = \frac{\ln\left(\frac{V_t}{D}\right) + \left(\mu - \frac{\sigma_V^2}{2}\right)(T - t)}{\sigma_V \sqrt{T - t}} \tag{2.22}$$

La distance de défaut est une mesure de la capacité de l'entreprise à faire face à ses obligations financières. Une distance de défaut plus élevée indique une probabilité plus faible de défaut, tandis qu'une distance de défaut plus faible suggère une probabilité plus élevée de défaut.

On peut conclure la probabilité de défaut

$$PD = N(-DD)$$

### 1-15 Les Limites de modèle Merton

- L'hypothèse de Merton, le défaut ne peut intervenir qu'à l'échéance, est trop restrictive
- L'approche de Merton n'est applicable qu'aux entreprises pour lesquelles des informations du marché financier sont disponibles.

La détermination de la valeur d'une entreprise est complexe en raison de la prise en compte d'éléments immatériels tels que les marques, le capital

humain qui ne peuvent être quantifiés de manière précise.

### 2.3.2 Le modèle KMV

Le modèle KMV tente de surmonter certaines lacunes du modèle de Merton. Le modèle KMV a été développé par Moody's Analytics en 2002. Dans le modèle KMV, nous modélisons la Fréquence de Défaut Attendue (EDF), qui est la probabilité attendue qu'un contrepartie donnée fasse défaut dans l'année à venir. C'est un modèle structurel, ce qui signifie que le défaut se produit lorsque la valeur marchande des actifs de l'entreprise, à l'échéance, est inférieure à la valeur des passifs.

Par rapport au modèle de Merton, KMV prend en compte la structure de la dette et introduit un concept de "point de défaut", qui remplace le principe de Merton d'une obligation à coupon zéro K par une valeur correspondant aux passifs actuels de l'entreprise plus la moitié de sa dette à long terme.

$$K = \text{passifs actuels} + \frac{1}{2} \times \text{passifs à long terme}$$

$$DPT = STD + \frac{1}{2}LTD \quad (2.23)$$

STD = La valeur de la dette à court terme .

LTD = La valeur de la dette à long terme

DPT = Point de défaut

Pour pouvoir estimer la probabilité de défaut, il est cependant nécessaire de calculer la valeur marchande des actifs  $V_d$  et leur volatilité  $\sigma_d$  . La valeur des actifs est généralement indiquée dans les états financiers, mais il ne s'agit pas de la valeur marchande des actifs, qui varie de manière identique à la valeur de ses capitaux propres  $V_E$ . Les états financiers permettent d'obtenir des informations sur la valeur comptable de la dette D à rembourser à l'horizon temporel T. En utilisant le concept qui considère les capitaux propres de l'entreprise comme une option d'achat sur les actifs de l'entre-

prise et en résolvant le système d'équations (2.24) et (2.25), nous obtenons la valeur marchande des actifs de l'entreprise  $V_t$  et leur volatilité  $\sigma_d$ . [14]

$$V_E = V_d N(d_1) - D e^{-rT} N(d_2) \quad (2.24)$$

$$\sigma_E = \frac{V_d}{V_E} N(d_1) \sigma_d \quad (2.25)$$

### 2-1 Distance de défaut :

L'approche KMV permet de déterminer la "distance jusqu'au défaut". La distance jusqu'au défaut correspond au nombre d'écart-types que les actifs doivent perdre avant d'atteindre le point de défaut (DPT). Le calcul se fait de la manière suivante :

$$DD = \frac{E[V_t] - DPT}{\sigma} \quad (2.26)$$

$\sigma$  : est l'écart type des rendements futurs des actifs

$E[V_t]$  : La valeur attendue de l'entreprise.

Une autre façon d'exprimer La Distance au Défaut (DD) est calculée en pourcentage des actifs attendus et représente la différence entre les actifs attendus et le Point de Défaut (DPT). Elle peut être obtenue en combinant la distance initiale avec l'augmentation de cette distance sur la période T.

$$DD = d_2 = \frac{\ln\left(\frac{V_0}{DPT_t}\right) + (\mu_v - \frac{1}{2}\sigma_v^2)T}{\sigma_v \sqrt{t}} \quad (2.27)$$

$\mu$  : le taux de rendement attendu des actifs.

Contrairement au concept pur de Merton, dans le modèle KMV,  $\mu$  ne représente plus le taux sans risque mais le taux de rendement attendu des actifs de l'entreprise, et (DPT) représente le Point de Défaut au lieu de la valeur nominale D (la valeur faciale de la dette).

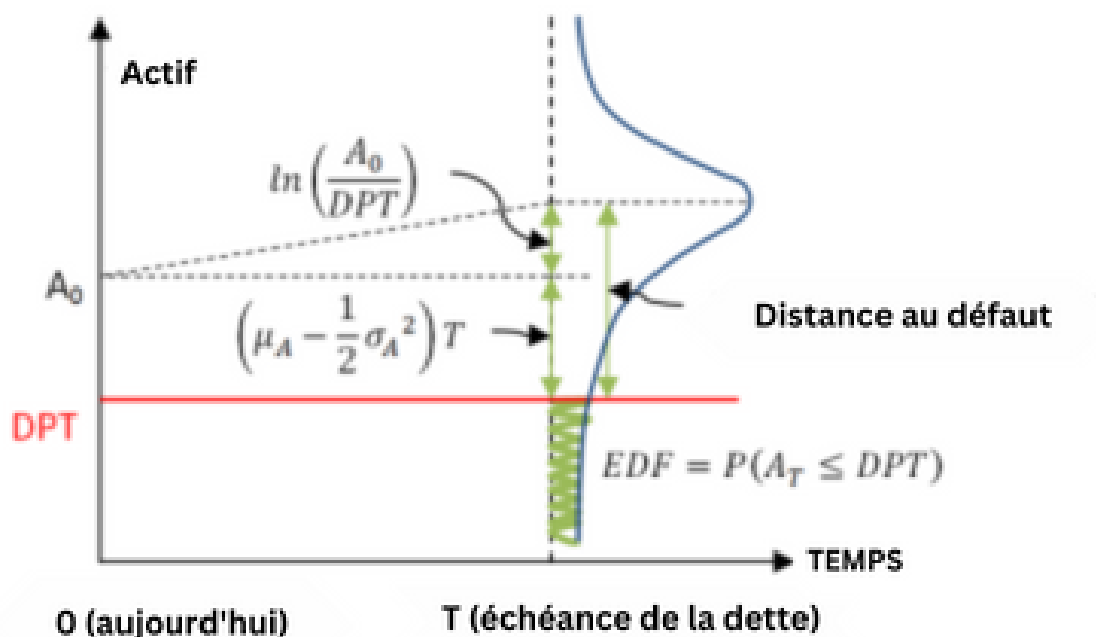


FIGURE 2.4 – Distribution de la valeur des actifs de l'entreprise à l'échéance de la dette. [30]

## 2-2 Probabilité de Défaut :

La probabilité de défaut est directement calculée à partir de la distance jusqu'au défaut si la distribution de probabilité des valeurs des actifs est connue. En d'autres termes, la probabilité de défaut instantanée correspond à la probabilité que la distance jusqu'au défaut soit inférieure ou égale à zéro.

$$PD = 1 - N(d_2) \quad PD = N(-d_2)$$

### 2.3.3 Modèle de Merton-Black Scholes

Au début des années 1970, Fischer Black, Myron Scholes et Robert Merton ont réalisé une avancée majeure dans l'évaluation des options d'actions européennes. Cela a donné naissance à ce qui est aujourd'hui connu sous le nom de modèle Black-Scholes-Merton (ou modèle Black-Scholes). Ce modèle a eu une influence considérable sur la façon dont les traders évaluent et couvrent les produits dérivés. En 1997, l'importance du modèle a été reconnue lorsque Robert Merton et Myron Scholes ont reçu le prix Nobel d'économie. Malheureusement, Fischer Black est décédé en 1995 ; sinon, il aurait sans aucun

doute également été l'un des récipiendaires de ce prix.

Cette formule, connue sous le nom de formule de BS, marque le début de la finance stochastique, qui applique le calcul des probabilités à l'analyse statistique des données pour évaluer les instruments financiers.

Les conditions requises pour que la formule soit valide sont les suivantes :

- Le taux d'intérêt sans risque reste constant pendant toute la durée de vie de l'option.

- Les actifs sont échangeables en continu, 24 heures sur 24.

- La volatilité est considérée constante pendant la durée de vie de l'option.

- L'actif sous-jacent ne distribue pas de dividendes (modification apportée par Robert Merton).

- Les options sont de type européen.

- L'arbitrage pour réaliser des profits est impossible.

La valeur d'un Call est :

$$C = S \cdot N(d_1) - X \cdot e^{-r \cdot T} \cdot N(d_2)$$

où :

- C est le prix de l'option d'achat (call),

- S est le prix actuel de l'actif sous-jacent,

- $N(d_1)$  est la fonction de répartition de la loi normale standard de  $d_1$

- X est le prix d'exercice (strike) de l'option,

- e est la base du logarithme naturel,

- r est le taux d'intérêt sans risque,

- T est la durée de vie restante de l'option (exprimée en années),

- $N(d_2)$  est la fonction de répartition de la loi normale standard de  $d_2$ ,

Les termes  $d_1$  et  $d_2$  sont calculés comme la suite :

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{K}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

Et d'un Put :



$$P = Ke^{-rT}N(-d_2) - S_0N(-d_1)$$

où :

- P est le prix du put,
- K est le prix d'exercice (strike price) du put,
- r est le taux d'intérêt sans risque,
- T est le temps jusqu'à l'expiration du put (exprimé en années),
- N(x) est la fonction de répartition de la loi normale standard,
- $S_0$  est le prix actuel du sous-jacent,

#### 2.3.4 Les prêts en tant qu'options

**4-1 Le lien entre les Crédits et l'optionalité** l'idée d'appliquer la théorie de l'évaluation des options à l'évaluation des crédits et des obligations à risque remonte à au moins Merton (1974). Dans son célèbre article, Merton a développé le modèle d'évaluation des actifs financiers, également connu sous le nom de modèle de Merton, qui utilise des concepts d'options pour évaluer la dette des entreprises.

Depuis lors, de nombreuses extensions et applications des idées de Merton ont été développées. Par exemple, les agences de notation telles que KMV et Moody's ont créé des modèles de prédiction de défaillance qui s'appuient sur la théorie de l'évaluation des options pour estimer le risque de crédit des grandes entreprises et des banques cotées en bourse. Ces modèles fournissent des prédictions de défaillance et sont régulièrement mis à jour pour refléter les changements dans les conditions financières des emprunteurs.

Le lien entre les crédits et le risque de crédit peut être compris en utilisant le cadre de l'évaluation des options. Les crédits peuvent être considérés comme des options de vente sur les actifs des emprunteurs, où les prêteurs ont le droit de récupérer une partie des actifs en cas de défaut de l'emprunteur. Ainsi, l'évaluation des crédits à risque peut être effectuée en utilisant des techniques d'évaluation des options pour estimer la valeur de ces options

de vente.

En utilisant ce lien entre les crédits et les options, il est possible de dériver des modèles de prédiction de défaillance. Ces modèles combinent des données sur les caractéristiques financières des emprunteurs, telles que leur dette, leur rentabilité, leur volatilité des actifs et d'autres facteurs pertinents, pour estimer la probabilité de défaut. Les modèles de prédiction de défaillance basés sur la théorie de l'évaluation des options peuvent être utiles pour les investisseurs, les prêteurs et les régulateurs qui cherchent à évaluer et à gérer le risque de crédit.

Il convient de noter que depuis la publication initiale de Merton en 1974, de nombreuses recherches et améliorations ont été apportées aux modèles de prédiction de défaillance basés sur la théorie de l'évaluation des options. Ces modèles continuent d'évoluer pour prendre en compte les réalités du marché et les nouvelles avancées dans la modélisation du risque de crédit.

si la valeur des actifs est inférieure au montant du prêt, les propriétaires sont incités à faire défaut et à remettre les actifs à la banque prêteuse. Cela peut être considéré comme une option de défaut. Pour les valeurs de marché des actifs dépassant , la banque obtiendra un rendement fixe à la hausse sur le prêt ; en fait, les intérêts et le principal seront remboursés . fixe sur le prêt ; essentiellement, les intérêts et le principal seront remboursés en intégralement. Pour les valeurs d'actifs inférieures à le montant de crédit, la banque subit des pertes de plus en plus importantes [16]

**5-1 La fonction de remboursement d'un prêt** La fonction de remboursement d'un prêt simple à une banque prêteuse peut être décrite de la manière suivante : Supposons qu'il s'agisse d'un prêt d'une durée d'un an, où le montant (  $M$  ) est emprunté sur la base d'un escompte. Selon les formules d'option qui modélisent les prêts comme des "obligations" à coupon zéro avec des échéances fixes, différentes situations se présentent.

Au cours de l'année, l'entreprise emprunteuse investira les fonds dans di-

vers projets ou actifs. À la fin de l'année, la valeur de marché des actifs de l'entreprise emprunteuse, représentée par  $A$ , sera déterminante. Dans ce contexte, les propriétaires de l'entreprise seront encouragés à rembourser le prêt ( $M$ ) et à conserver la différence en tant que "profit" ou rendement du capital investi, c'est-à-dire le résidu ( $A - M$ ). Lorsque la valeur des actifs de l'entreprise est supérieure à  $OB$ , les propriétaires seront incités à rembourser intégralement le prêt. Cependant, si la valeur des actifs de l'entreprise est inférieure à ( $M$ ), les propriétaires auront l'option de ne pas rembourser et de céder leur entreprise à un tiers. Dans ce cas, la banque prêteuse peut choisir de faire défaut et de récupérer les actifs restants de l'entreprise.

En résumé, lorsque la valeur de marché des actifs est supérieure à ( $M$ ), la banque obtiendra un rendement fixe à la hausse sur le prêt, avec les intérêts et le principal remboursés intégralement. Toutefois, si la valeur des actifs est inférieure à ( $M$ ), la banque subira des pertes de plus en plus importantes.

La fonction de remboursement du prêt, avec son remboursement fixe à la hausse et le risque de perte à longue queue, peut être facilement comparée à la perspective d'un vendeur d'une option de vente sur une action. Lorsqu'un vendeur d'une option de vente fixe un prix d'exercice ( $X$ ), s'il prix de l'action ( $S$ ) dépasse  $X$ , le vendeur de l'option de vente conserve simplement la prime de l'option et n'a pas à vendre l'action. Cependant, si le prix de l'action tombe en dessous de  $X$ , le vendeur de l'option subira des pertes croissantes

Merton (1974) a souligné que lorsque qu'une banque accorde un prêt, le remboursement est équivalent à l'écriture d'une option de vente sur les actifs de l'entreprise emprunteuse. En d'autres termes, la structure des paiements est similaire. De plus, tout comme le modèle classique de Black-Scholes-Merton (BSM) utilise cinq variables pour évaluer les options de vente sur les actions, la valeur de l'option de défaut (ou plus généralement, la valeur d'un prêt risqué) dépend également de cinq variables similaires.

formule générale

Valeur d'une option de vente sur une action  $f = (\overline{S}, \overline{X}, \overline{r}, \overline{\sigma}, \overline{\tau})$

Valeur d'une option de défaut sur un prêt à risque  $f = (A, \overline{B}, \overline{r}, \overline{\sigma}_A, \overline{\tau})$

LA barre au-dessus d'une variable indique qu'elle est directement observable

$r$  :est le taux d'intérêt à court terme

$\sigma$  :Les volatilités de la valeur des actions de l'entreprise

$\sigma_A$  :la valeur de marché de ses actif

$\tau$  :l'échéance de l'option de vente

Valeur marchande des actifs d'une entreprise ( $A$ ) et la volatilité de la valeur marchande de ces actifs ( $\sigma_A$ ) ne sont pas directement observables. Si nous pouvions mesurer directement  $A$  et  $A$ , nous pourrions également mesurer la valeur d'un prêt risqué, [17]

## 2.4 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons effectué une approche d'évaluation de crédit en utilisant les analyses financières et nous avons constaté que les analyses financières sont des approches traditionnelles qui n'aident pas le banquier à minimiser les risques encourus, contrairement aux approches structurelles qui sont le but de ce mémoire et qui permettent une prise de décision plus précise et adéquate pour l'octroi de crédit.

## Chapitre 3

# Implémentation et résultats

la premier partie dans ce chapitre est consacré à utiliser le modèle de Merton pour calculer la probabilité de défaut des client et des modelés de régression pour faire une estimation de la probabilité de défaut des nouveaux client en utilisant le langage python et jupyter notebook dans la deuxième partie en utilisant Matlab GUI en vas faire une simulation sur la probabilité de défaut durant le temps de la maturité .

### 3.1 Présentation de l'établissement d'accueil

#### 3.1.1 Presentation de BNP Paribas

Bnp Paribas est la première banque européenne par son activité et sa rentabilité avec \$3.080 milliards d'actifs et le 8e groupe bancaire international, présent dans 80 pays. Il est coté au premier marché d'Euronext Paris et fait partie de l'indice CAC 40. Au 31 décembre 2022, le bénéfice net part du groupe s'élève à 10,2 milliards d'euros, en hausse de 7,5 % par rapport à 10/ 2021

Avec 193 000 employés en février 2023, la banque est organisée selon trois grands domaines d'activités : Commercial, Personal Banking & Services (CPBS), Investment & Protection Services (IPS) et Corporate & Institutional Banking (CIB)[anglicisme à remplacer].

Le groupe est issu de la fusion en mai 2000 entre la Banque nationale de Paris et Paribas.[33]

#### 1.2 Les activité de la banque

##### II)Retail Banking :

Regroupe les réseaux des banques de détail et les services financiers spécialisés du groupe,

en France et à l'international. En 2016, Ce pôle a réalisé 73% des revenus de la BNP Paribas. Il est présent dans plus de 60 pays et emploie près de 148 000 collaborateurs dans le monde.

Son activité de Banque de Détail se retrouve principalement en France (BDDF), en Italie (BNL), en Belgique (BNP Paribas Fortis) et au Luxembourg (BGL BNP Paribas). Parmi les pays hors zone euro où la banque de détail est bien implantée, nous pouvant citer, notamment, les Etats-Unis avec la filiale Banc West qui détient une part de marché locale de 44% en termes de dépôts bancaires, ainsi que la Chine, l'Europe de l'Est et enfin l'Afrique du Nord.

## II) Le Corporate et Institutional Banking :

Ce domaine d'activité, au service de 13 000 grandes entreprises et institutions financières regroupe les pôles : Corporate Banking, Global Markets, BNP Paribas Securities Services. Corporate & Institutional Banking (CIB) offre des solutions financières à des clients entreprises et institutionnels. Avec près de 30 000 collaborateurs présents dans près de 57 pays, CIB propose des solutions dans les domaines des marchés de capitaux, des services de titres, des financements, de la gestion de trésorerie, du conseil financier, et de la couverture des risques.

### 3.1.2 Présentation de BNP Paribas El Djazaïr

BNP Paribas El Djazaïr est une filiale à 100% de BNP Paribas, créée en 2002. Sa vocation est d'être une banque universelle qui offre des services de qualité supérieure à l'ensemble de ses clientèles. La banque est devenue en moins de 6 ans une des toutes premières banques privées sur le territoire algérien avec des fonds propres avoisinant les huit milliards de DZD. Forte de ces succès, BNP Paribas El Djazaïr s'est engagée dans un programme très ambitieux de construction de plusieurs agences qui couvrent progressivement l'ensemble du pays, en partant d'une base déjà très solide à Alger et dans ses environs. Le réseau compte actuellement 71 agences. La banque bénéficie aujourd'hui d'un solide partenariat avec Cetelem, filiale du groupe BNP Paribas, dans le domaine des crédits à la consommation. Sa filiale Cardif, dont l'activité est liée au secteur des assurances a quant à elle débuté son activité dès 2006. Enfin, l'activité Leasing, ou crédit-bail, a depuis quelques mois rejoint les différents métiers présents au sein de la Banque en Algérie. [34]

**2-1 Histoire de BNP Paribas El Djazaïr** BNP Paribas El Djazaïr est une filiale à 100% du Groupe BNP Paribas, un leader européen des services financiers. La création de

la filiale a suivi l'activation du bureau de représentation du Groupe à travers la BNCIA (actuelle BNA) en 2000 . Elle a vu le jour en 2002 avec l'ambition de construire un important réseau d'agences en Algérie.

BNP Paribas El Djazaïr est devenue en moins de 13 ans l'une des banques du secteur privé les plus importantes sur le territoire algérien. Forte de ses succès, elle s'est activement déployée et compte 71 agences ouvertes. Elle couvre ainsi progressivement le territoire national, avec une implantation dans 19 wilayas. Cette stratégie témoigne de son ambition à être une banque citoyenne au service du développement économique de l'Algérie.

Avec l'appui du Groupe, BNP Paribas El Djazaïr développe une offre de proximité et s'applique à offrir des services de qualité supérieure à l'ensemble de sa clientèle de Particuliers, Professionnels et Entreprises. Elle se donne ainsi les moyens de conforter son rôle de banque de référence, fiable, innovante et attentive à ses clients. [35]

### 3.1.3 Présentation des outils de travail

**A. Présentation du python** Le langage de programmation Python a été créé en 1989 par Guido van Rossum, aux Pays-Bas. Le nom Python vient d'un hommage à la série télévisée Monty Python's Flying Circus dont G. van Rossum est fan. La première version publique de ce langage a été publiée en 1991.

Python est le langage de programmation open source le plus employé par les informaticiens. Ce langage s'est propulsé en tête de la gestion d'infrastructure, d'analyse de données ou dans le domaine du développement de logiciels. En effet, parmi ses qualités, Python permet notamment aux développeurs de se concentrer sur ce qu'ils font plutôt que sur la manière dont ils le font. Il a libéré les développeurs des contraintes de formes qui occupaient leur temps avec les langages plus anciens. Ainsi, développer du code avec Python est plus rapide qu'avec d'autres langages.

**B. Présentation du Matlab** Matlab (MATrix LABoratory) est un logiciel pour effectuer des calculs numériques. Il a été conçu initialement pour faciliter le traitement des matrices mais il est maintenant utilisé dans tous les domaines des sciences qui nécessite de faire des calculs.

**3-2 Les donnée collecté** Durant notre formation à BNP Paribas El Djazaïr, nous avons eu l'opportunité de collecter diverses informations financières pour plus de 50 clients. Cette expérience nous a permis d'acquérir une compréhension approfondie des besoins et des objectifs financiers de chaque client.

Les données que nous avons pu apporter sur les clients incluent différentes informations telles que :

**Informations financières :** Cela comprend les données telles que l'EBE/CA, la rentabilité générale, la rentabilité financière, la rentabilité économique, le CA / Total actif, le gearing, le levier, le ratio "courant", les dettes financières totales, les dettes financières totales nettes, les dettes financières à court terme, la dette financière MLT et l'actif. Ces informations permettent d'évaluer la santé financière d'une entreprise et sa performance.

**Informations clients :** Ces données comprennent les libellés des clients, leurs activités, les montants associés à chaque activité et les notations des clients. Elles fournissent des informations sur les clients spécifiques, leurs transactions, leurs besoins financiers et leur solvabilité.

## 3.2 Évaluation de la Probabilité de Défaut des Clients et Classification en Catégories

### 3.2.1 Implémentation du model de Merton

La **Figure 3.1** met en œuvre une analyse de probabilité de défaut pour différents clients en utilisant le modèle de Merton. Ce modèle est largement utilisé dans le domaine de la finance pour évaluer le risque de crédit et la probabilité qu'une entreprise ou un individu ne puisse pas honorer ses obligations financières.

Le programme commence par importer les bibliothèques **pandas**, **numpy** et **scipy.stats.norm**. Ces bibliothèques sont essentielles pour nous permettre de manipuler les données, effectuer des calculs numériques et utiliser la fonction de distribution cumulative de la distribution normale.

Les données nécessaires sont extraites d'un fichier Excel contenant des ratios financiers pour chaque client. Nous ignorons les trois premières lignes du fichier Excel et nommons les colonnes en utilisant une liste fournie. Les données sont ensuite stockées dans un objet DataFrame appelé "data", qui nous permet de manipuler et d'analyser facilement les données tabulaires.

Avant de procéder à l'analyse de probabilité de défaut, nous convertissons certaines colonnes de données en valeurs numériques à l'aide de la fonction "pd.to\_numeric". Cela garantit que les calculs ultérieurs peuvent être effectués correctement.



```

In [44]: #importer Les bibliothèques nécessaires
import pandas as pd
import numpy as np
from scipy.stats import norm

# Charger Les données du fichier Excel
data = pd.read_excel('ratio.xlsx', skiprows=3, header=None)
data.columns=["Client", "EBE/CA", "Rentabilité générale", "Rentabilité financière", "Rentabilité Economique", "CA / Total actif", "Général"]

numeric_columns = ['EBE/CA', 'CA / Total actif', 'Actif', 'Dettes financières', 'Aneés']
data[numeric_columns] = data[numeric_columns].apply(pd.to_numeric, errors='coerce')

# Calculer Les retours de Log
returns = np.log(data['EBE/CA'] / data['CA / Total actif'])
std_dev = np.std(returns)
# Fixer Le taux
risk_rate = 0.06

returns.head()

# Définition des paramètres du modèle de Merton
actif = data['Actif']
dette = data['Dettes financières']
volatilité = std_dev
temp_de_maturité = (data['Aneés']+2) - data['Aneés']

# Calculer d1 et d2 dans le modèle de Merton
d1 = (np.log(actif / dette) + ((risk_rate + 0.5 * volatilité**2) * temp_de_maturité)) / (volatilité * np.sqrt(temp_de_maturité))
d2 = d1 - volatilité * np.sqrt(temp_de_maturité)

# Calculer la probabilité de défaut à l'aide de la fonction de distribution cumulative (CDF) de la distribution normale standard
prob_default = norm.cdf(-d2)
data['Probabilité de défaut'] = prob_default * 100

# Afficher la probabilité de défaut pour chaque client
for i, client in data.iterrows():
    print(f"Client {i + 1}: Probabilité de Défaut = {prob_default[i] * 100:.2f}%")

```

FIGURE 3.1 – Évaluation de la probabilité de défaut des clients avec le modèle de Merton

Ensuite, nous effectuons le calcul des retours de log en utilisant les ratios financiers "EBE/CA" (Excédent brut d'exploitation / Chiffre d'affaires) et "CA / Total actif" (Chiffre d'affaires / Actif total). Ces retours de log sont utilisés pour estimer la volatilité des rendements financiers, qui est un facteur clé dans le modèle de Merton.

Nous fixons le taux de risque à 6% dans notre programme, ce qui correspond au taux de rendement sans risque utilisé dans le modèle de Merton. Ce taux est important car il représente la référence pour évaluer le risque de défaut.

Ensuite, nous extrayons les paramètres nécessaires pour le modèle de Merton à partir des données. Il s'agit notamment de l'actif, de la dette, de la volatilité et de la durée de maturité. Ces paramètres sont essentiels pour estimer la probabilité de défaut.

Le modèle de Merton repose sur les calculs de  $d_1$  et  $d_2$ , qui sont obtenus à partir des formules spécifiées dans le modèle. Ces calculs impliquent les paramètres du modèle, ainsi que le taux de risque et la volatilité des rendements financiers calculée précédemment.

Une fois que nous avons obtenu les valeurs de  $d_1$  et  $d_2$ , nous utilisons la fonction de distribution cumulative (CDF) de la distribution normale standard pour calculer la probabilité de défaut. La probabilité de défaut est calculée pour chaque client en utilisant les valeurs de  $d_2$  correspondantes.

Les probabilités de défaut calculées sont ensuite ajoutées au DataFrame "data" sous la colonne "Probabilité de défaut". Cela nous permet d'avoir une vue d'ensemble des probabilités de défaut pour chaque client.

Enfin, nous affichons les probabilités de défaut pour chaque client en parcourant le DataFrame et en affichant les résultats correspondants. Cette visualisation nous permet d'évaluer rapidement le niveau de risque de défaut pour chaque client et d'identifier les clients présentant un risque plus élevé.

En résumé, ce programme fournit une approche basée sur le modèle de Merton pour estimer la probabilité de défaut des clients en utilisant des ratios financiers. Cette analyse est essentielle pour évaluer le risque de crédit et prendre des décisions éclairées en matière de prêt ou d'investissement.

### **2-1 Interprétation Les résultats :**

Les résultats affichés représentent les probabilités de défaut estimées pour chaque client, exprimées en pourcentage. Ces probabilités permettent d'évaluer le niveau de risque associé à chaque client en termes de capacité à honorer ses obligations financières. En interprétant les résultats, voici quelques observations :

Client	Probabilité de Défaut (%)
1	30.17
2	32.28
3	35.62
4	12.51
5	5.91
6	58.09
7	12.37
8	38.47
9	7.09
10	4.30
11	56.62
12	7.26
13	55.19
14	55.50
15	64.08
16	50.43
17	43.38
18	46.02
19	23.67
20	62.63
21	6.60
22	3.98
23	33.76
24	57.13
25	50.71
26	35.10
27	26.06
28	14.16

**TABLEAU 3.1** – Probabilité de Défaut pour chaque client

Client	Probabilité de Défaut (%)
29	62.43
30	38.42
31	20.89
32	3.12
33	56.18
34	42.75
35	17.61
36	51.93
37	35.15
38	17.40
39	17.22
40	57.55
41	45.04
42	37.17
43	0.20
44	53.13
45	54.53
46	15.71
47	52.11
48	7.79
49	68.83
50	69.07
51	53.82
52	36.31
53	62.16
54	7.64
55	28.41
56	59.32
57	69.58

**TABLEAU 3.2** – Probabilité de Défaut pour chaque client

- Certains clients présentent des probabilités de défaut relativement faibles, par exemple les clients 5, 10, 12, 19, 21, 22, 27 et 54. Cela indique qu'ils sont considérés comme ayant un risque de défaut relativement faible, ce qui suggère une solvabilité plus élevée.

- D'autres clients affichent des probabilités de défaut plus élevées, tels que les clients 6, 11, 13, 14, et 57. Ces clients sont considérés comme ayant un risque de défaut plus élevé, ce qui suggère une solvabilité plus faible et une plus grande incertitude quant à leur capacité à respecter leurs obligations financières.

- Certains clients se situent dans une plage intermédiaire en termes de probabilité de défaut, par exemple les clients 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 16, et 55. Cela signifie qu'ils ont un niveau de risque de défaut moyen, avec une solvabilité qui peut être considérée comme modérée.

Il est important de noter que les probabilités de défaut sont des estimations basées sur les données et les calculs effectués dans le modèle de Merton. Elles ne représentent pas une certitude absolue, mais plutôt une évaluation du risque potentiel. Ces résultats peuvent être utilisés comme un indicateur de risque pour évaluer la fiabilité financière des clients et prendre des décisions éclairées en matière de crédit, d'investissement ou de gestion des risques.

## 2-2 Graphe de la probabilité de défaut des clients classés selon le niveau de risque

```
In [16]: import matplotlib.pyplot as plt

# Noms de client et Leur Probabilité
clients = data['Client']
probabilities = prob_default * 100

class_colors = {'bas': 'green', 'moyen': 'blue', 'haut': 'red'}

# Classer les clients en trois catégories
classes = []
for prob in probabilities:
    if prob < 35:
        classes.append('bas')
    elif prob < 60:
        classes.append('moyen')
    else:
        classes.append('haut')

# Afficher les résultats dans un graph pour chaque class
plt.figure(figsize=(10, 6))
for i, client in enumerate(clients):
    plt.scatter(client, probabilities[i], color=class_colors[classes[i]])

plt.xlabel('Clients')
plt.ylabel('Probabilité de défaut (%)')
plt.title('La probabilité de défaut pour chaque client')
plt.xticks(rotation=90)
plt.tight_layout()
plt.show()
```

FIGURE 3.2 – Classification de la probabilité de défaut pour chaque client

La figure Programme 2 représente un programme qui permet de représenter graphiquement les résultats de probabilité de défaut pour chaque client, en les classant en trois catégories : "bas", "moyen" et "haut".

Tout d'abord, nous utilisons la bibliothèque `matplotlib.pyplot` pour créer un graphique. Nous importons cette bibliothèque avec l'alias `plt` pour simplifier son utilisation.

Ensuite, nous extrayons les noms des clients à partir du DataFrame "data" et les probabilités de défaut calculées précédemment. Ces probabilités sont multipliées par 100 pour les afficher en pourcentage.

Nous définissons également une variable `class_colors` qui associe une couleur à chaque catégorie de probabilité de défaut : "bas" est représenté en vert, "moyen" en bleu et "haut" en rouge. Cette définition des couleurs nous permettra de différencier visuellement les clients dans le graphique.

Nous classons ensuite chaque client dans l'une des trois catégories en fonction de sa probabilité de défaut. Si la probabilité est inférieure à 35%, le client est classé comme "bas". Si la probabilité est inférieure à 60%, le client est classé comme "moyen". Sinon, le client est classé comme "haut". Ces catégories nous permettent de visualiser plus facilement les niveaux de risque.

Enfin, nous créons le graphique en utilisant la fonction `plt.scatter`. Pour chaque client, nous traçons un point sur le graphique avec le nom du client sur l'axe des x et sa probabilité de défaut sur l'axe des y. La couleur du point est déterminée en fonction de sa catégorie de probabilité de défaut.

Nous ajoutons des labels pour les axes x et y, ainsi qu'un titre pour le graphique. Nous faisons également pivoter les noms des clients sur l'axe des x pour améliorer la lisibilité. Enfin, nous affichons le graphique en utilisant la fonction `plt.show`.

Le graphique résultant représente visuellement la probabilité de défaut pour chaque client, en les regroupant dans les catégories "bas", "moyen" et "haut" avec des couleurs différentes. Cela permet une compréhension rapide des niveaux de risque associés à chaque client, ce qui peut être utile pour prendre des décisions éclairées en matière de crédit ou d'investissement.

### **Interprétation graphique**

Le graphe affiché représente la probabilité de défaut pour chaque client, en les classant en trois catégories : "bas", "moyen" et "haut".

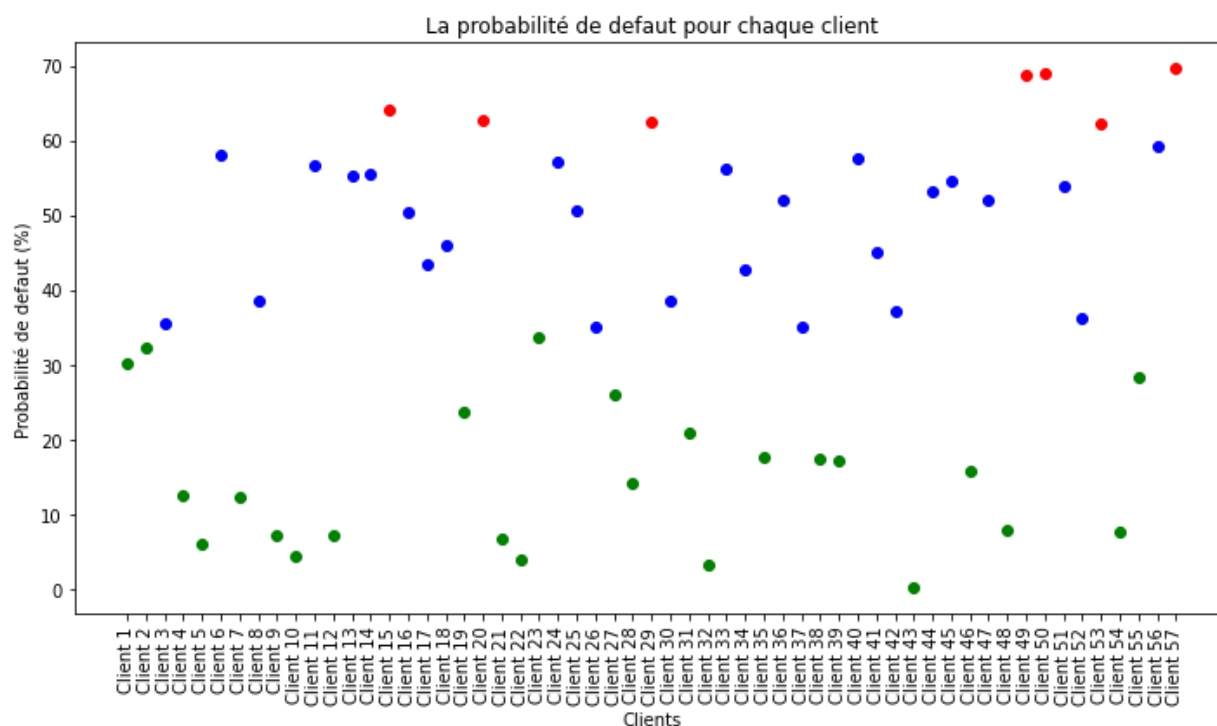


FIGURE 3.3 – Visualisation de la probabilité de défaut individuelle pour chaque client

Le graphique affiche la probabilité de défaut pour chaque client en fonction de leur classification en trois catégories : 'bas', 'moyen' et 'haut'.

Les clients représentés par des points verts (couleur verte) sont classés dans la catégorie 'bas'. Ces clients ont une probabilité de défaut inférieure à 35%. Cela signifie qu'ils ont une faible probabilité de défaut.

Les clients représentés par des points bleus (couleur bleue) sont classés dans la catégorie 'moyen'. Ces clients ont une probabilité de défaut comprise entre 35% et 60%. Cela indique un niveau de risque moyen en ce qui concerne la probabilité de défaut.

Les clients représentés par des points rouges (couleur rouge) sont classés dans la catégorie 'haut'. Ces clients ont une probabilité de défaut supérieure à 60%. Cela suggère un niveau élevé de risque, car leur probabilité de défaut est élevée.

En examinant le graphique, nous pouvons observer visuellement que la majorité des clients ont une probabilité de défaut relativement faible à moyenne, avec une concentration particulière dans la catégorie 'moyen'. Les clients classés dans la catégorie 'moyen' et 'bas' peuvent être considérés comme présentant un niveau de risque modéré à faible en termes de probabilité de défaut.

En revanche, la catégorie 'haut' représente un nombre moins élevé de clients, indiquant

que seule une petite proportion de clients présente une probabilité de défaut élevée.

- En conclusion, ce programme a permis d'estimer les probabilités de défaut pour différents clients en utilisant le modèle de Merton. Il a ensuite classé les clients en trois catégories (bas, moyen, haut) en fonction de leur probabilité de défaut. Le programme a fourni des informations visuelles sous la forme d'un graphique, permettant de visualiser la répartition des clients dans chaque catégorie de risque. Cette analyse peut être utile dans la prise de décision et la gestion des risques, en identifiant les clients présentant un risque plus élevé de défaut et en aidant à évaluer leur niveau de risque.

### 3.2.2 Prédiction de la probabilité de défaut d'un nouveau client

**4-1 Introduction** La gestion efficace du crédit est un élément clé dans le secteur financier, permettant aux institutions de minimiser les risques et de maintenir un équilibre financier sain. Dans ce contexte, l'évaluation précise du risque de défaut d'un client est essentielle. Ce programme propose une approche basée sur la régression linéaire pour estimer la probabilité de défaut d'un nouveau client, en utilisant des ratios financiers et des données historiques de la probabilité de défaut.

Le but de cette régression linéaire est d'estimer de manière précise et objective la probabilité de défaut d'un nouveau client dans le contexte de la gestion du crédit, cette approche vise à construire un modèle qui permet de quantifier le risque de crédit associé à chaque client. En fournissant une estimation fiable de la probabilité de défaut, cette régression permet aux institutions financières de prendre des décisions éclairées en matière d'octroi de crédit, d'allocation des ressources et de gestion des risques. L'objectif est d'améliorer la gestion du crédit, d'optimiser les performances financières et de minimiser les pertes liées aux défauts de paiement, contribuant ainsi à la pérennité et à la rentabilité des institutions financières.

#### 4-2 La Régression liner

Dans le cadre de notre étude, nous avons développé un programme utilisant la bibliothèque scikit-learn pour mettre en œuvre une régression linéaire visant à estimer la probabilité de défaut d'un client. Cette approche permet d'évaluer de manière quantitative le risque de crédit associé à chaque client.

Nous procédons à l'importation des bibliothèques nécessaires pour effectuer une régression linéaire. La bibliothèque LinearRegression est utilisée pour construire le modèle

```

from sklearn.linear_model import LinearRegression
from sklearn.model_selection import train_test_split

# Preparation des données pour le entraînement preparation
X = data[['EBE/CA', 'CA / Total actif', 'Actif', 'Dette financière', 'Années']]
y = prob_default * 100 # Use prob_default as the target variable for regression

# Diviser Les données en ensembles d'entraînement et de test
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, test_size=0.2, random_state=42)

# Train pour Le model de regression linear
model = LinearRegression()
model.fit(X_train, y_train)
# Evaluation du model
train_score = model.score(X_train, y_train)
test_score = model.score(X_test, y_test)
print("Training R2 Score:", train_score)
print("Testing R2 Score:", test_score)

```

FIGURE 3.4 – Régression liner

de régression linéaire, tandis que la fonction `train_test_split` est utilisée pour diviser les données en ensembles d'entraînement et de test.

Ensuite, nous préparons les données en extrayant les caractéristiques financières pertinentes (EBE/CA, CA / Total actif, Actif, Dette financière, Années) du DataFrame "data" et les assignons à la variable X. La variable cible y est définie comme les probabilités de défaut (`prob_default`) multipliées par 100.

Les données sont divisées en ensembles d'entraînement et de test à l'aide de la fonction `train_test_split`. 80% des données sont utilisées pour l'entraînement et 20% pour les tests. Nous fixons également la `random_state` à 42 pour garantir la reproductibilité des résultats.

Nous créons un objet de modèle de régression linéaire en utilisant la fonction `LinearRegression()`. Ensuite, nous entraînons le modèle sur les données d'entraînement en utilisant la méthode `fit(X_train, y_train)`, ce qui établit une relation entre les caractéristiques financières et la probabilité de défaut.

Pour évaluer les performances du modèle, nous calculons les scores  $R^2$  (coefficient de détermination) pour les ensembles d'entraînement et de test à l'aide des méthodes `score(X_train, y_train)` et `score(X_test, y_test)`. Ces scores mesurent la proportion de variance expliquée par le modèle.

Enfin, nous affichons les résultats en affichant les scores  $R^2$  pour l'entraînement et les tests à l'écran, ce qui nous permet d'évaluer les performances du modèle de régression linéaire.



4-3 Résultats du  $R^2$  score

```
[30]: from sklearn.linear_model import LinearRegression
      from sklearn.model_selection import train_test_split

      # Préparation des données pour le entraînement preparation
      X = data[['EBE/CA', 'CA / Total actif', 'Actif', 'Dettes financières', 'Années']]
      y = prob_default * 100 # Use prob_default as the target variable for regression

      # Diviser les données en ensembles d'entraînement et de test
      X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, test_size=0.2, random_state=42)

      # Train pour le modèle de régression linéaire
      model = LinearRegression()
      model.fit(X_train, y_train)
      # Evaluation du modèle
      train_score = model.score(X_train, y_train)
      test_score = model.score(X_test, y_test)
      print("Training R2 Score:", train_score)
      print("Testing R2 Score:", test_score)
```

Training R2 Score: 0.24717824522584525  
Testing R2 Score: 0.14751297957160706

FIGURE 3.5 – Résultats de  $R^2$ 

Les scores  $R^2$  obtenus pour l'ensemble d'entraînement et l'ensemble de test sont respectivement de 0.257 et 0.138. Ces scores mesurent la proportion de variance expliquée par le modèle de régression linéaire. Un score  $R^2$  de 1 indiquerait que le modèle explique parfaitement la variance des données, tandis qu'un score de 0 signifierait que le modèle n'explique aucune variance. Dans ce cas, les scores  $R^2$  obtenus indiquent que le modèle explique environ 25.72% de la variance dans l'ensemble d'entraînement et environ 13.75% dans l'ensemble de test. Cela suggère que le modèle a une capacité modérée à expliquer la variabilité des données et qu'il peut généraliser raisonnablement bien à de nouvelles données.

Dans cette partie du code, nous permettons à l'utilisateur de saisir les caractéristiques financières d'un nouveau client. Les variables `ebe_new`, `cv_new`, `actif_new`, `dettes_new` et `annee_new` correspondent respectivement à l'EBE/CA (entre 0 et 1), au CA / Total actif, au montant de l'actif, au montant de la dette et à l'année du nouveau client.

L'utilisateur est invité à entrer ces valeurs en répondant aux messages affichés à l'écran. Une fois que toutes les valeurs ont été saisies, elles sont stockées dans les variables correspondantes.

```
: ebe_new=float(input("Entrer LEBE/CA (entre 0 et 1)"))
cv_new=float(input("Entrer CA / Total actif"))
actif_new=float(input("Entrer le montant de l'actif"))
dette_new=float(input("Entrer le montant de la dette "))
anee_new=float(input("Entrer l'aneé "))

Entrer LEBE/CA (entre 0 et 1)0.3
Entrer CA / Total actif1.2
Entrer lactif80000
Entrer le montant de la dette 5000
Entrer l'aneé 2021

: # Prédire la probabilité de défaut pour un nouveau client
new_client_data = [[ebe_new, cv_new, actif_new, dette_new, anee_new]]
new_client_prob_default = model.predict(new_client_data)
print("La probabilité de défaut du nevaux client est :", new_client_prob_default)

La probabilité de défaut du nevaux client est : [36.964309]
```

FIGURE 3.6 – Saisie des données

Ensuite, nous utilisons ces caractéristiques financières du nouveau client pour prédire sa probabilité de défaut à l'aide du modèle de régression linéaire entraîné précédemment. Les valeurs sont regroupées dans la liste `new_client_data`.

En utilisant la méthode `predict` du modèle, nous obtenons la probabilité de défaut prédite pour le nouveau client. Cette probabilité de défaut est stockée dans la variable `new_client_prob_default`.

Enfin, nous affichons la probabilité de défaut prédite pour le nouveau client à l'aide de la fonction `print`. Cela permet d'obtenir une estimation de la probabilité de défaut du nouveau client en fonction de ses caractéristiques financières saisies.

Enfin, nous affichons la probabilité de défaut prédite pour le nouveau client à l'aide de la fonction `print`. Cela permet d'obtenir une estimation de la probabilité de défaut du nouveau client en fonction de ses caractéristiques financières saisies.

#### 4-4 Exemple

Les caractéristiques financières fournies par l'utilisateur ont été utilisées pour exécuter le programme et estimer la probabilité de défaut pour le nouveau client.

- LEBE/CA (ratio d'EBE sur chiffre d'affaires) : 0.3 (30%)
- CA / Total actif : 1.2
- Montant de l'actif : 80000
- Montant de la dette : 5000
- Année : 2021

Après avoir effectué les calculs, le programme a prédit une probabilité de défaut de 36.96% pour ce nouveau client. Cela indique un risque est relativement moyenne de défaut de paiement basé sur les caractéristiques financières fournies. Cette estimation peut être utilisée comme point de référence dans la prise de décision en matière de gestion du crédit pour évaluer les risques associés à l'octroi d'un crédit à ce client.

En conclusion, ce programme a mis en œuvre une régression linéaire pour estimer la probabilité de défaut d'un client en se basant sur ses caractéristiques financières. Bien que les performances du modèle de régression linéaire sur les données fournies aient été limitées, cela ouvre la voie à des analyses plus avancées et à l'exploration de techniques de modélisation plus sophistiquées. L'utilisation de modèles prédictifs dans la gestion du risque de crédit offre des perspectives prometteuses pour évaluer et gérer le risque financier. Cependant, afin de développer des modèles plus précis en a besoin d'intégrer des données supplémentaires pour améliorer les performances de prédiction. Cette approche peut contribuer à une prise de décision plus éclairée dans le domaine de la gestion du crédit, permettant ainsi de mieux gérer les risques et d'optimiser les résultats financiers.

- Après avoir terminé notre travail avec Python, nous avons opté pour l'utilisation de MATLAB pour le développement de l'interface graphique. Cette décision repose sur les forces respectives de chaque langage : Python est particulièrement puissant pour les calculs numériques et l'analyse de données, tandis que MATLAB excelle dans la visualisation de données et la création d'interfaces graphiques conviviales. En combinant les avantages de ces deux langages, nous sommes en mesure d'offrir une expérience utilisateur améliorée, avec des fonctionnalités de calcul avancées et des représentations visuelles claires et intuitives.

### **3.3 Simulation des trajectoires d'actifs financiers et estimation de la probabilité de défaut.**

Selon le modèle de Merton, il existe une relation entre la valeur des actifs d'une entreprise et sa probabilité de défaut de paiement. Si la valeur des actifs d'une entreprise est inférieure à la valeur de sa dette, cela peut être considéré comme un cas de faillite potentielle, car l'entreprise pourrait ne pas être en mesure de rembourser sa dette.

En utilisant cette similitude entre le crédit et le titre financier, vous pouvez envisager de travailler sur une simulation qui explore comment les variations de la valeur des actifs

peuvent affecter la probabilité de défaut de crédit.

### 3.3.1 Description de l'application

**1-1 Interface graphique de Matlab** Les interfaces graphiques permettent aux utilisateurs de manipuler et d'interagir facilement avec les données et les fonctionnalités du programme. Elles offrent une expérience conviviale en utilisant des éléments visuels tels que des boutons, des champs de texte et des graphiques pour faciliter la saisie des données, l'exécution des actions et la visualisation des résultats. Dans cette étude, nous allons explorer une GUI (Graphical User Interface) MATLAB que nous avons développée qui est **CreditRiskMsr**, une interface graphique développée sur la plateforme MATLAB, qui vise à améliorer la mesure et la gestion du risque de crédit pour les institutions financières. **CreditRiskMsr** intègre des techniques de modélisation stochastique pour évaluer le risque de crédit dans un environnement incertain et en constante évolution. Le logiciel génère une multitude de scénarios possibles basés sur des facteurs de risque clés et estime la probabilité de chaque scénario, offrant ainsi une évaluation nuancée et complète du risque de crédit. En utilisant la plateforme MATLAB pour déployer des méthodes stochastiques, d'intelligence artificielle et de machine learning, **CreditRiskOptim** représente une avancée significative dans la mesure et la gestion du risque de crédit, visant à améliorer la stabilité financière des institutions et à réduire le risque de défaut futures.

**CreditRiskMsr** comprenant 7 entrées (inputs), 2 boutons et 2 graphes. Nous allons examiner les fonctionnalités de cette interface, son rôle dans l'analyse et la visualisation des données, ainsi que les possibilités de personnalisation offertes par MATLAB.

#### 1-2 Les entrées (input)

Dans notre interface graphique on trouve 7 entrées (inputs), les entrées offrent une flexibilité et une personnalisation importantes en permettant aux utilisateurs de spécifier :

**La valeur initiale de l'actif ( $V_0$ )** : L'utilisateur peut spécifier la valeur initiale de l'actif en unité monétaire financier. Cela sert de point de départ pour les simulations et permet de suivre l'évolution de la valeur de l'actif

**le nombre de trajectoires simulées (M)** : L'utilisateur peut entrer le nombre de trajectoires d'actifs financiers qu'il souhaite simuler. Cela permet d'étudier les variations et les tendances des valeurs d'actifs sur plusieurs trajectoires.

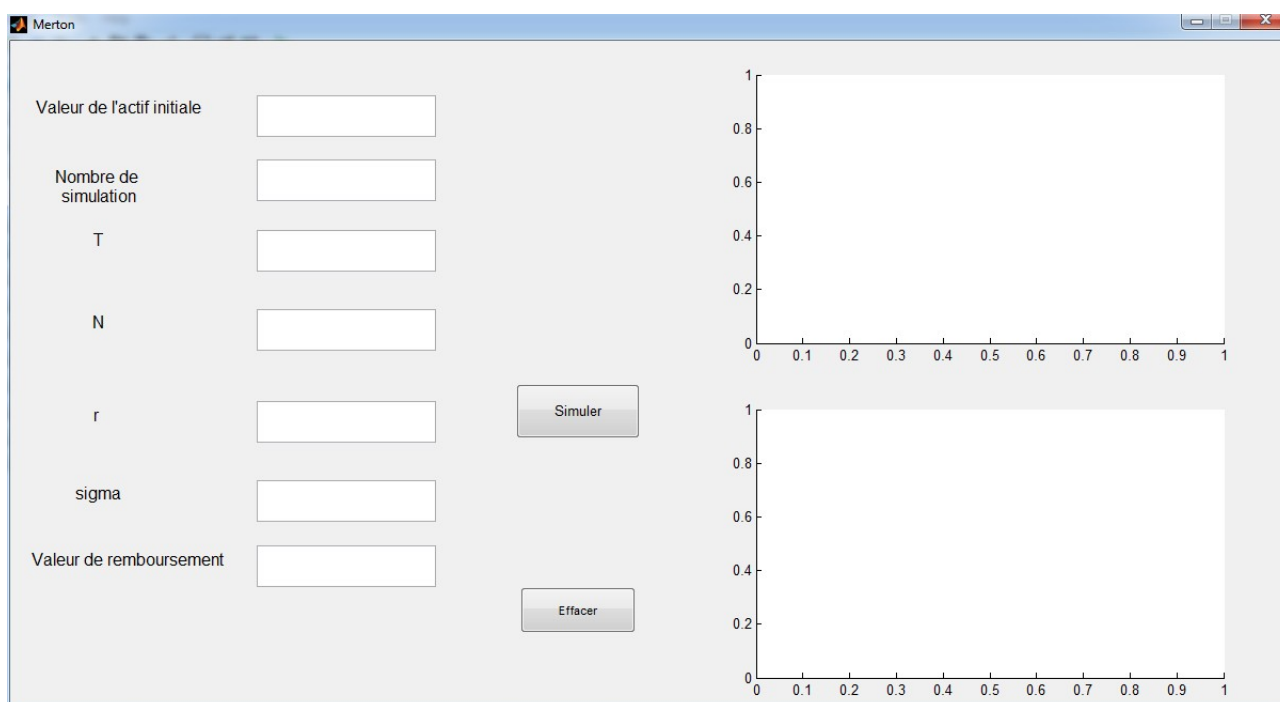


FIGURE 3.7 – Interface graphique CreditRiskMsr

**Le temps de maturité ( $T$ ) :** L'utilisateur peut spécifier la durée de maturité de la simulation. Cela permet de déterminer les comportements des actifs sur une période donnée.

**Le nombre de périodes de temps ( $N$ ) :** L'utilisateur peut entrer le nombre de périodes de temps à considérer dans l'analyse. Cela découpe la période globale en intervalles plus petits pour une étude plus détaillée des données

**Le taux d'intérêt sans risque ( $r$ ) :** L'utilisateur peut saisir le taux d'intérêt sans risque, qui est utilisé comme référence dans les calculs financiers. Cela permet d'actualiser les flux de trésorerie futurs et d'évaluer les options ou les obligations

**La volatilité de l'actif ( $\sigma$ ) :** L'utilisateur peut entrer la volatilité de l'actif financier, qui représente son niveau de variation. Cela est utilisé dans les modèles financiers pour estimer les probabilités de mouvements de prix significatifs. Une volatilité élevée indique une plus grande incertitude quant aux fluctuations des prix, tandis qu'une volatilité faible indique une stabilité relative

**La valeur de remboursement ( $k$ ) :** L'utilisateur peut entrer la valeur de remboursement en unité monétaire attendue ou prévue pour un instrument financier à une date d'échéance donnée. Cela permet d'évaluer les gains potentiels ou de calculer les probabilités de défaut.

Ces entrées influencent directement les résultats obtenus et permettent aux utilisateurs d'adapter l'analyse à leurs besoins spécifiques, offrant ainsi une plus grande flexibilité dans l'exploration et l'évaluation des données financières.

### 1-3 Les boutons à click (Pushbutton)

Les deux boutons dans notre interface graphique offrent des fonctionnalités spécifiques pour l'exécution de la simulation et l'effacement des résultats. Voici une description de chaque bouton :

**Le Bouton de simuler :** Ce bouton permet à l'utilisateur de lancer la simulation des trajectoires d'actifs financiers en utilisant les paramètres spécifiés dans les entrées. Lorsque l'utilisateur clique sur ce bouton, la fonction de rappel associée (callback) est déclenchée. À l'intérieur de cette fonction, les valeurs des entrées sont récupérées, les calculs nécessaires sont effectués, et les résultats sont affichés sur les graphiques correspondants. Cette fonctionnalité permet à l'utilisateur d'obtenir rapidement des simulations et des visualisations des données en appuyant simplement sur le bouton de simuler.

**Le Bouton Effacer :** Ce bouton permet à l'utilisateur d'effacer les résultats de la simulation précédente. Lorsque l'utilisateur clique sur ce bouton, la fonction de rappel associée est déclenchée. À l'intérieur de cette fonction, les graphiques affichant les résultats de la simulation sont effacés, réinitialisant ainsi l'affichage pour une nouvelle simulation. Cette fonctionnalité est utile lorsque l'utilisateur souhaite effacer les résultats existants avant de lancer une nouvelle simulation ou lorsqu'il souhaite revenir à l'état initial de l'interface graphique.

**1-4 Les Graphes** En trouve deux graph dans notre interface graphique qui jouent un rôle essentiel dans la visualisation des résultats de la simulation des trajectoires d'actifs financiers. Voici une explication de chaque graph :

**Graph des trajectoires de l'actif :** Ce graph affiche les trajectoires simulées de l'actif financier en fonction du temps. Chaque trajectoire est représentée par une courbe distincte dans le graph, avec des couleurs différentes pour les distinguer. L'axe des abscisses représente le temps, tandis que l'axe des ordonnées représente la valeur de l'actif. Ce graph permet à l'utilisateur de visualiser les variations et les tendances des valeurs d'actifs sur les différentes trajectoires simulées. Cela offre une compréhension visuelle des comportements de l'actif financier et permet d'analyser l'impact des différents paramètres de simulation.

**Graph de la probabilité de défaut :** Ce graph affiche l'estimation de la probabilité de défaut en fonction du temps. Il représente graphiquement la variation de la probabilité

de défaut au fil du temps, basée sur les résultats de la simulation. L'axe des abscisses représente le temps, tandis que l'axe des ordonnées représente la probabilité de défaut. Ce graph permet à l'utilisateur de visualiser comment la probabilité de défaut évolue à travers les différentes périodes de temps. Cela offre des informations importantes sur le risque associé à l'actif financier et permet d'évaluer les scénarios de défaut potentiels.

En résumé, les deux graph fournissent des représentations visuelles des résultats de la simulation des trajectoires d'actifs financiers. Ils permettent à l'utilisateur de visualiser les variations des valeurs d'actifs sur les différentes trajectoires et de suivre l'évolution de la probabilité de défaut au fil du temps. Ces graph offrent une compréhension visuelle claire des données et facilitent l'analyse et l'interprétation des résultats de la simulation.

### 3.3.2 Exemple

**2-1 Entrées les paramètres** Dans cet exemple, nous mettons en évidence l'utilisation pratique des entrées (inputs) dans notre interface graphique pour simuler des trajectoires d'actifs financiers. Dans ce contexte, nous avons sélectionné des valeurs spécifiques pour chaque entrées afin de démontrer leur influence sur les résultats obtenus.

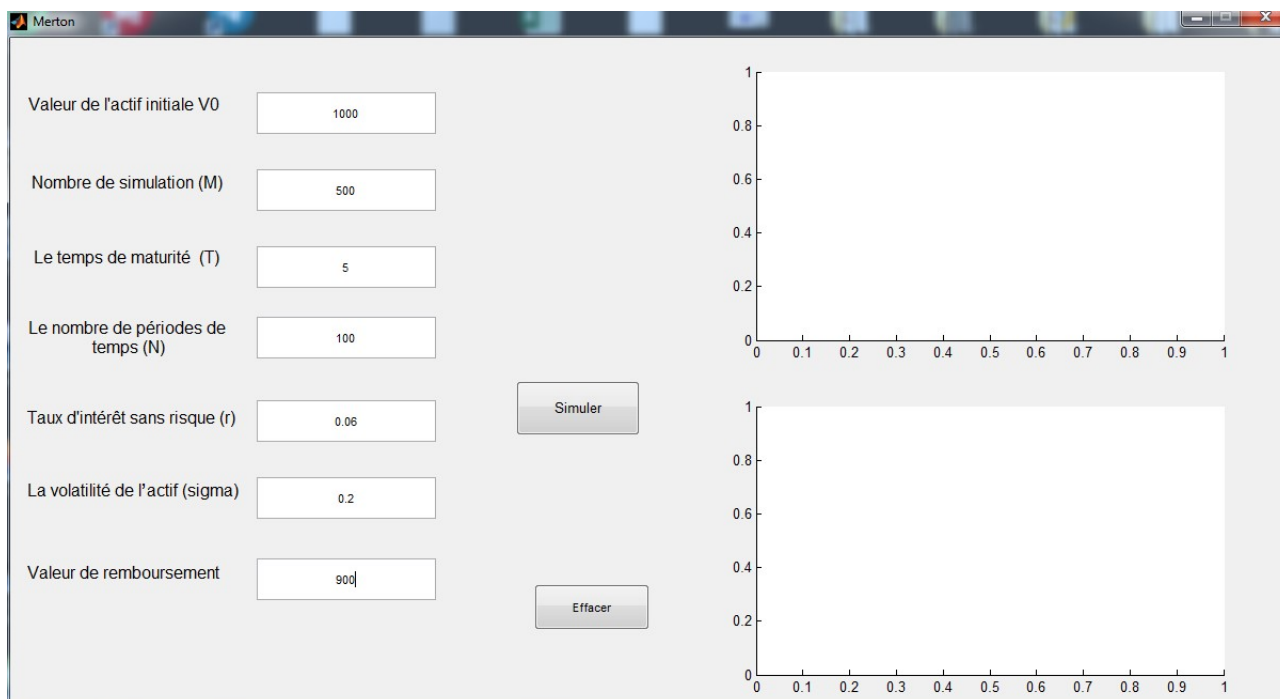


FIGURE 3.8 – Intégration des paramètres dans CreditRiskMr

Ces paramètres nous permettent de simuler 500 trajectoires d'un actif financier sur une période de 5 ans, en tenant compte de la valeur initiale de l'actif de 1000 unité monétaire, d'un taux d'intérêt sans risque de 0.06 et d'une volatilité de l'actif de 0.2.

En utilisant ces entrées, nous pouvons évaluer la probabilité de défaut de l'actif financier en comparant la valeur finale de chaque trajectoire avec la valeur de remboursement de 900 unité monétaire. Cette probabilité de défaut nous donne des informations sur le risque associé à cet actif financier.

Grâce à notre interface graphique, nous pouvons obtenir des simulations et des analyses personnalisées en ajustant les entrées selon nos besoins spécifiques. Dans cet exemple, nous pouvons visualiser les variations des valeurs d'actifs sur différentes trajectoires et estimer la probabilité de défaut. Cela nous permet de mieux comprendre les risques financiers et d'évaluer différentes stratégies d'investissement.

## 2-2 Calcule

Dans cette application, notre code MATLAB utilise les inputs fournis par l'utilisateur pour effectuer des calculs clés avant de générer la simulation des trajectoires d'actifs financiers. Tout d'abord, les valeurs des inputs de la GUI sont récupérées à l'aide de la fonction 'get' et converties en nombres à l'aide de 'str2num'. Ces inputs incluent le nombre de trajectoires simulées (M), le temps de maturité (T), le nombre de périodes de temps (N), le taux d'intérêt sans risque (r), la volatilité de l'actif (sigma), la valeur initiale de l'actif (V0), et la valeur de remboursement (K).

Ensuite, notre code effectue des calculs pour préparer les paramètres nécessaires à la simulation. Il divise le temps de maturité en périodes de temps égales et détermine le pas de temps ( $d_t$ ). En utilisant les entrées, il initialise les matrices et les variables nécessaires pour stocker les résultats des simulations.

La simulation des trajectoires de l'actif est réalisée à l'aide d'une double boucle 'for'. La variable V est initialisée pour stocker les valeurs des trajectoires. À chaque itération de la boucle, un incrément de Brownien est généré à l'aide de la fonction randn et utilisé pour calculer les valeurs de l'actif selon le modèle financier de Merton.

Après avoir simulé les trajectoires, la probabilité de défaut est calculée en comparant la valeur finale de chaque trajectoire avec la valeur de remboursement.

Enfin, les graphes des trajectoires de l'actif et de l'estimation de la probabilité de défaut sont tracés dans les axes spécifiés par handles.axes1 et handles.axes3. Les graphes affichent respectivement les variations de la valeur de l'actif au fil du temps et l'évolution



de la probabilité de défaut. Les étiquettes des axes et les titres sont également définis pour une meilleure compréhension.

### 2-3 Interprétation des résultats

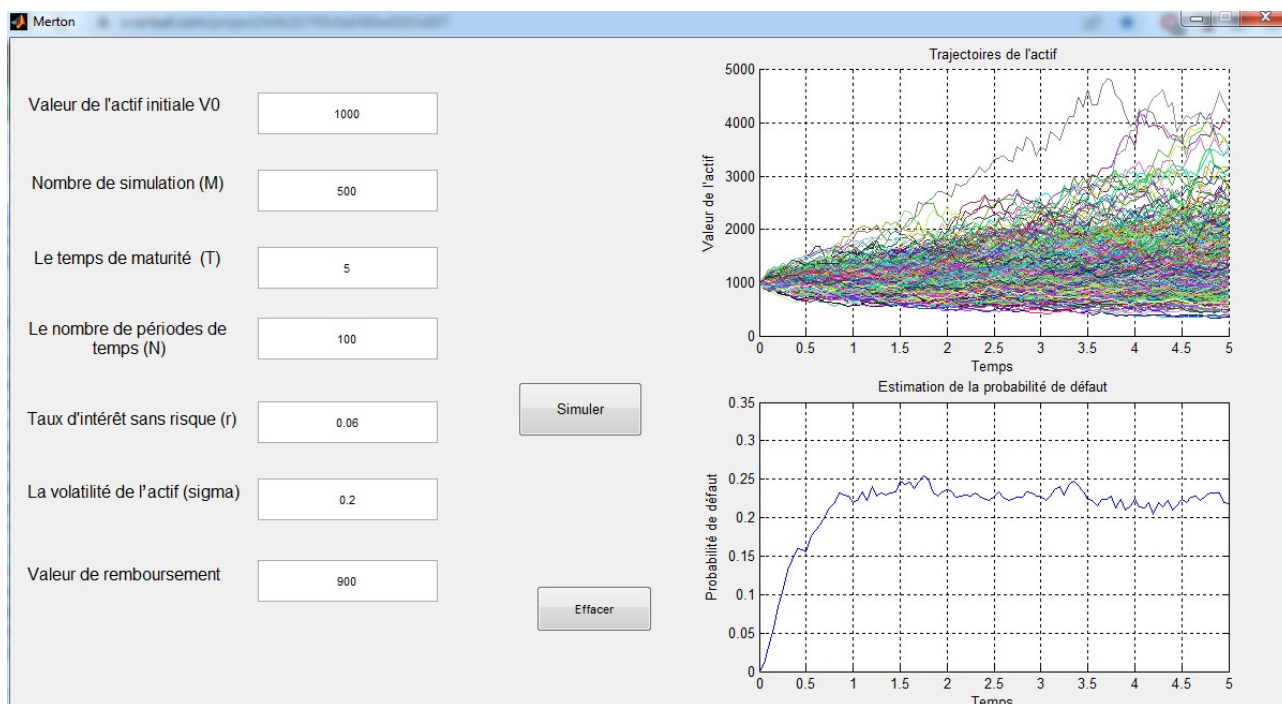


FIGURE 3.9 – Visualisation des résultats de la simulation

En utilisant les paramètres donnés dans notre simulation, nous pouvons maintenant interpréter les résultats obtenus

En examinant les trajectoires des actifs affichées dans le premier graphique, nous pouvons observer différentes fluctuations et mouvements des valeurs au fil du temps. La présence de courbes colorées distinctes indique que les trajectoires des actifs varient d'une simulation à l'autre, ce qui reflète la nature stochastique des prix des actifs financiers. Cette variabilité des trajectoires suggère une volatilité significative dans les valeurs de l'actif financier. De plus, en analysant les tendances et les schémas des trajectoires, nous pouvons évaluer la volatilité relative des actifs financiers. Si les trajectoires présentent des variations importantes et imprévisibles, avec des pics et des creux fréquents, cela indique une volatilité élevée. En revanche, si les trajectoires sont relativement stables et sans mouvements brusques, cela suggère une volatilité plus faible.

L'estimation de la probabilité de défaut affichée dans le deuxième graphique peut éga-

lement fournir des indications sur la volatilité des actifs. Si la probabilité de défaut fluctue considérablement au fil du temps, cela peut indiquer une volatilité accrue des valeurs de l'actif financier. Des variations importantes de la probabilité de défaut peuvent signaler des mouvements brusques et imprévisibles dans les prix, ce qui suggère une volatilité plus élevée. En évaluant la volatilité des actifs financiers, il est essentiel de prendre en compte les caractéristiques spécifiques du modèle et des paramètres utilisés dans la simulation. Les résultats obtenus avec ces paramètres donnent une indication de la volatilité des actifs financiers simulés, mais il est important de les interpréter dans le contexte approprié et de considérer d'autres facteurs tels que les conditions du marché, les tendances économiques et les événements externes qui peuvent influencer la volatilité réelle des actifs financiers.

En conclusion, l'interface graphique "CreditRiskMsr" offre une solution pratique pour simuler les trajectoires d'actifs financiers et estimer la probabilité de défaut associée. Grâce à son interface conviviale, les utilisateurs peuvent entrer les paramètres pertinents tels que le nombre de trajectoires simulées, le temps de maturité et la volatilité de l'actif. Les résultats sont ensuite affichés sous forme de graphiques, fournissant une visualisation claire des trajectoires d'actifs et de l'estimation de la probabilité de défaut. Cette interface offre un outil précieux pour évaluer le risque de crédit et prendre des décisions éclairées en matière d'investissement et de gestion financière.

### 3.4 Conclusion

Ce projet a abouti au développement d'une approche complète pour l'évaluation et la gestion du risque de crédit en se basant sur le modèle de Merton. Ce modèle a été implémenté à la fois en Python et en MATLAB, en exploitant les fonctionnalités spécifiques de chaque langage. Python a été utilisé pour effectuer les calculs et les prédictions de probabilité de défaut, tandis que MATLAB a été utilisé pour créer une interface graphique interactive pour visualiser les résultats. Cette approche hybride a permis de combiner les avantages des deux langages, offrant ainsi une solution complète pour évaluer et gérer le risque de crédit de manière précise et intuitive. Grâce à cette solution, il est possible de simuler des trajectoires d'actifs financiers, de calculer la probabilité de défaut et d'obtenir des informations visuelles claires sur le risque de crédit. Cette combinaison permet une prise de décision éclairée en matière de gestion des risques, facilitant ainsi la protection contre les pertes potentielles découlant du défaut de paiement des emprunteurs.

# Conclusion Générale

En conclusion, cette étude a exploré de manière approfondie la mesure et la gestion du risque de crédit, un domaine de la finance qui a d'énormes implications pour les institutions financières, les économies nationales et la stabilité économique mondiale. Notre recherche a mis en évidence l'importance de mesurer avec précision le risque de crédit afin de le gérer efficacement. Nous avons examiné diverses méthodes de mesure du risque de crédit, y compris les modèles statistiques et stochastiques. Lorsqu'elles sont utilisées correctement, ces méthodes peuvent fournir des indications précieuses sur le niveau de risque de crédit auquel une institution est exposée, ce qui peut guider les efforts de gestion du risque.

Nous avons également examiné différentes stratégies de gestion du risque de crédit, telles que la diversification, l'utilisation de garanties, la tarification basée sur le risque et les provisions pour pertes sur prêts. Toutes ces stratégies peuvent contribuer à atténuer le risque de crédit, mais elles nécessitent une évaluation précise du risque et une mise en œuvre prudente pour être efficaces.

En fin de compte, notre recherche souligne que la mesure et la gestion efficace du risque de crédit ne sont pas seulement une nécessité pour les institutions financières, mais aussi une responsabilité envers les déposants, les investisseurs et la société en général. Les institutions financières doivent continuer à améliorer leurs méthodes de mesure et de gestion du risque de crédit afin de maintenir leur stabilité et leur solvabilité, et pour contribuer à la santé globale de l'économie

# Bibliographie

- [1] A. BENHALIMA. Le système bancaire algérien. page 3, 1994.
- [2] Bâle iii : dispositif réglementaire international pour les banques. [www.bis.org](http://www.bis.org).  
Accéder le : 2010-09-30.
- [3] Comité de bale sur le contrôle bancaire : Principes pour la gestion du risque de taux d'intérêt.
- [4] COUSSERGUES. Gestion de la banque », edition dunod, paris. page 15, 2002.
- [5] DUTAILLIS G. Petit. Le risque de crédit bancaire, edition economiques, paris.page 07, 1963.
- [6] E.COHEN. Analyse financière ,4èmeédition, economica, paris. 1997.
- [7] F. LONGIN R. RABEMANANJARA N. GAUSSEL, J. LEGRAS. Au-delà de la var,quants n° 37, recherche et innovation, ccf.
- [8] GREUNING H. Adaptation simplifiée de greuning h, bratanovic s,analyse et gestion du risque bancaire,. page 4, 2004.
- [9] Hennie van Greuning Sonja Brajovic Bratanovic. Analyse et gestion du risque bancaire , un cadre de référence pour l'évaluation de la gouvernance d'entreprise et du risque financier première Édition. page 136, 2004.
- [10] [www.exemplesdocuments.blogspot.com](http://www.exemplesdocuments.blogspot.com), Accéder le : 20/04/2023 10 :35.
- [11] Izzy Nelken Skews John Hull and Alan White. Merton's model, credit risk, and volatility. page 5.
- [12] Jean Louis RIVES LANGE et Monique Contamine RAYMAND. droit bancaire,5eme édition dalloz, paris. page 09, 1996.
- [13] Jean Roussillon Bruno MOSCHETTO. La banque et ses fonctions. page 31.
- [14] Katarína Valášková, Petra Gavlakova, and Viktor Dengov. Assessing credit risk by moody's kmv model. In 2nd International Conference on Economics and Social Science (ICESS 2014), Information Engineering Research Institute, Advances in Education Research, volume 61, pages 40–44, 2014.

- [15] Keizer Bernard. La gestion des risques dans les banques. in : Revue d'économie financière, n°27. page 348, 1993.
- [16] LINDA ALLEN ANTHONY SAUNDERS. Credit risk measurement second edition. page 46, 1994.
- [17] LINDA ALLEN ANTHONY SAUNDERS. Credit risk measurement second edition. page 47, 1994.
- [18] Luc B-R. Principes de technique bancaire, 25<sup>ème</sup> édition, Dunod, Paris. page 149, 2008.
- [19] Luc B-R. , principes de technique bancaire 25<sup>ème</sup> édition, Dunod, Paris. page 154, 2008.
- [20] Metodoložski zvezki. The merton structural model and irb compliance. page 41, 2010.
- [21] Michel GAUDIN. le crédit aux particuliers, édition sefi, Québec. pages 571, 572, 1990.
- [22] PHILIPPE G. et STEPHANIE. (Op cite) : page 08.
- [23] PRUCHAUD J. Evolution des techniques bancaires, éditions scientifiques ri-ber, Paris. page 51, 1960.
- [24] Relative à la monnaie et au crédit. (Ordonnance n°03-11), 26 août 2003.
- [25] Risque. [www.investopedia.com](http://www.investopedia.com), Accéder le 07/06/2023 19 :53.
- [26] Risque définition Larousse. [fr.wiktionary.org](http://fr.wiktionary.org), Accéder le 07/06/2023 16 :46.
- [27] Sophia Zaanoun. Analyse du risque de crédit : Estimation des paramètres du modèle de merton (1974). page 3.
- [28] Tomasz Zieliński. T. merton's and kmv models in credit risk management. page 124.
- [29] Tomasz Zieliński. T. merton's and kmv models in credit risk management. page 125.
- [30] Tomasz Zieliński. T. merton's and kmv models in credit risk management. page 132.
- [31] Tout savoir sur l'histoire de la banque. [www.jeretiens.net](http://www.jeretiens.net), Accéder le 15/05/2023 13 :42.
- [32] Vivien BRUNEL. Gestion des risques et risque de crédit. pages 03–04, January 28, 2009.
- [33] <https://fr.wikipedia.org>, Accéder le 07/03/2023.

[34] [www.group.bnpparibas](http://www.group.bnpparibas), Accéder le 06/03/2023 12 :46.

[35] [www.bnpparibas.dz](http://www.bnpparibas.dz), Accéder le 06/03/2023 12 :55.

# Annexe A

## A.1 Les données de BNP PARIBAS

Clients	Exploitation	Rentabilité				Dettes				Variable 19 Années
	Variable 11 EBE/CA	Variable 12 Rentabilité générale	Variable 13 Rentabilité financière	Variable 14 Rentabilité économique	Variable 15 CA / Total actif	Variable 16 Gearing	Variable 17 Covariance (en annuité)	Variable 18 Taux courant		
Client 1	15.3%	5.8%	17.8%	9.2%	1.6	39.6%	0.8	234.8%	2021	
Client 2	24.4%	6.8%	12.50%	8.5%	1.2	22.3%	(-0.5)	267.5%	2022	
Client 3	9.5%	4.0%	16.2%	4.50%	1.1	86.2%	2.2	130.2%	2021	
Client 4	6.2%	4.0%	20.6	7.4%	1.8	15.7%	0.5	137.7%	2017	
Client 5	5.6%	2.2%	32.8%	5.90%	2,7	344.2%	4.1	114.9%	2022	
Client 6	15.1%	3.9%	19.9%	4.00%	1	184,00%	2,4	122,50%	2020	
Client 7	7.9%	1.8%	1.50%	1.0%	0.6	22.0%	3.2	230.8%	2020	
Client 8	11,00%	1,30%	2,80%	1,30%	3,6	47,20%	1	113,50%	juil-22	
Client 9	27,50%	15,50%	38,90%	19,00%	1,2	4,8%	0,1	115,4%	juin-22	
Client 10	10,20%	6,30%	17,10%	3,60%	0,6	29,60%	-1,1	125,90%	2020	
Client 11	12,2%	8,6%	50,0%	27,1%	3,2	9,1%	0,1	234,8%	juin-22	
Client 12	24,60%	21,40%	83,60%	70,60%	3,3	53,50%	-0,6	455,10%	sept-22	
Client 13	9,30%	3,40%	7,00%	3,80%	1,1	26,60%	-1,4	469,90%	2021	
Client 14	7,30%	5,70%	14,00%	9,10%	1,6	98,50%	-5,6	281,80%	2021	
Client 15	37,10%	12,00%	14,80%	9,20%	0,8	52,30%	1,1	637,80%	2021	
Client 16	15,80%	10,70%	22,70%	15,00%	1,4	0,20%	0	286,80%	2021	
Client 17	72,70%	2,00%	4,00%	0,70%	0,4	306,10%	5,9	139,70%	2022	
Client 18	21,90%	15,40%	29,10%	18,30%	1,2	38,80%	2,7	262,50%	2021	
Client 19	5,20%	2,80%	2,60%	2,50%	0,9	2,70%	0,5	1549,10%	2021	
Client 20	17,00%	10,90%	12,90%	8,50%	0,8	0%	0,0	236,80%	2019	
Client 21	58,50%	55,70%	62,10%	57,10%	1,1	3,90%	0,1	1354,10%	2021	
Client 22	22,40%	10,70%	22,70%	15,00%	1,4	0,20%	0	286,80%	2021	
Client 23	32,80%	30,10%	37,60%	21,40%	0,7	0%	0	195,30%	2021	
Client 24	19,60%	11,40%	13,90%	3,30%	0,3	29,70%	1,2	132,00%	2010	
Client 25	41,60%	29,60%	17,30%	12,50%	0,4	0,00%	0	341,10%	2020	
Client 26	21,40%	9,00%	3,60%	2,70%	0,3	21,00%	2,5	275,20%	avril-16	

FIGURE A.1 – Les ratios des clients

Client 27	7,50%	1,50%	2,60%	2,00%	1,3	21,80%	1,7	386,10%	2019
Client 28	7,50%	2,00%	34,20%	3,90%	1,9	61,40%	0,5	75,90%	2013
Client 29	15,40%	8,50%	12,20%	8,50%	1	0,00%	0	322,20%	2010
Client 30	27,60%	12,00%	22,00%	3,20%	0,8	41,40%	0,8	162,00%	oct-15
Client 31	5,80%	1,20%	7,70%	2,90%	2,5	91,20%	2,4	195,30%	2013
Client 32	4,20%	2,00%	10,50%	3,50%	1,8	32,10%	1,4	146,70%	2012
Client 33	14,70%	9,40%	28,20%	11,10%	1,2	131,70%	3	402,50%	2014
Client 34	6,80%	3,80%	14,80%	2,70%	0,7	59,70%	2,3	120,70%	2014
Client 35	15,80%	12,60%	33,80%	23,60%	1,9	10,10%	0,2	383,90%	2021
Client 36	44,40%	26,60%	13,10%	9,00%	0,3	11,50%	0,5	148,50%	2020
Client 37	27%	11,80%	23,20%	15,90%	1,3	31,00%	0,9	266,40%	2018
Client 38	34,00%	24,20%	19,40%	13,90%	0,6	0,00%	0	335,10%	2013
Client 39	25,40%	19,00%	41,90%	10,30%	0,5	167,40%	3	190,40%	2013
Client 40	9,10%	7,10%	24,70%	13,90%	2	27,80%	0,9	209,20%	2013
Client 41	3,20%	1,10%	42,40%	1,70%	1,5	891,70%	7,5	116,90%	2010
Client 42	18,50%	13,20%	77,00%	18,80%	1,4	0,00%	0	131,40%	2014
Client 43	10,60%	2,30%	27,80%	3,20%	1,4	37,10%	1,3	100,00%	2012
Client 44	75,00%	16,10%	23,70%	10,80%	0,7	14,00%	-0,1	207,20%	oct-15
Client 45	18,90%	4,80%	29,90%	7,20%	1,3	123,90%	2	189,10%	2022
Client 46	26,30%	7,70%	14,20%	6,00%	0,8	16,70%	0,9	155,50%	2021
Client 47	5,00%	5,00%	89,50%	9,70%	1,9	76,30%	0,9	107,50%	2015
Client 48	45,30%	4,10%	3,90%	2,80%	0,7	24,40%	2,1	213,20%	2016
Client 49	18,00%	5,00%	11,00%	2,30%	0,5	364,90%	12,2	3024,50%	2022
Client 50	18,30%	11,20%	14,70%	6,80%	0,6	74,40%	3,1	112,50%	2021
Client 51	54,90%	19,40%	19,30%	12,10%	0,6	36,70%	1,1	281,50%	2025
Client 52	12,80%	4,30%	13,20%	4,50%	1,7	29,10%	0,6	116,20%	2022
Client 53	91,20%	2,80%	1,90%	0,70%	0,3	20,60%	1,2	104,40%	2021
Client 54	13,50%	9,40%	53,30%	18,00%	1,9	11,20%	0,1	154,40%	2022
Client 55	14,20%	0,70%	6,60%	1,00%	1,5	215,00%	4,8	121,50%	2015
Client 56	16,90%	5,30%	23,00%	1,90%	0,3	717,50%	-40,3	190,60%	2010
Client 57	63,10%	4,40%	5,60%	3,00%	0,7	65,10%	2	196,90%	2022

FIGURE A.2 – la suite des ratios des clients

Ce tableau présente les 8 ratios pour les 57 clients :

Ce tableau présente les formules des ratios ainsi que les montants de l'exploitation du chiffre d'affaires, des dettes financières totales, des dettes financières à court terme et à moyen/long terme



Formules			Montant (DZD)					
RATIOS			Chiffre					
Variable 11	EBE/Chiffre d'affaire	Clients	Variable 19 Exploitation chiffre d'affaires	Variable 20 Dettes financière totles	Variable 21 Dettes financière totales nettes	Variable 22 Dettes financière court terme	Variable 23 Dette financière MLT	Variable 24 L'actif
Variable 14	Résultas net / Total actif	Client 1	71 708,00	13 208,00	9 231,00	7 484,00	5 724,00	58 500,00
Variable 15	CA / Total Actif (en X)	Client 2	607 509,60	59 525,00	(-74 393,00)	0	59 525,00	547 984,60
Variable 16	Dette financiere totales nettes / Fond propres	Client 3	872 734	223 274	184 705	140 500	82 774	649 460,00
Variable 17	dettes financières totales nettes / EBE (en année)	Client 4	8 257 693,10	334 532,00	253 813,00	326 897,00	257 000,00	7 923 161,10
Variable 18	Actif circulent / Exing.CT	Client 5	2 751 075,20	664 230	637 233	631 387	32 843	2 086 845,20
		Client 6	668 143,50	253 991,00	237 866,00	110 000,00	143 991,00	414 152,50
		Client 7	593 178,90	161 810	151 575	160 428	13 820	431 368,90
		Client 8	351 165,70	134 387,00	67 849,00	102 853,00	31 534,00	216 778,70
		Client 9	307 925,70	27 258	11864	22152	5206	280 667,70
		Client 10	39 057,00	1 375,00	-4299	922	453	37 682,00
		Client 11	103 378,60	100 000,00	34 583,00	46 970,00	1 100,00	3 378,60
		Client 12	157 032,40	3 227,00	-28 731,00	312,00	2 915,00	153 805,40
		Client 13	93 399,00	21 906,00	-12 120,00	3 063,00	21 843,00	71 493,00
		Client 14	14 131,00	3 800	-5727	0	3200	10 331,00
		Client 15	303 097,00	128 130	34 022	0	80 000	174 967,00

FIGURE A.3 – Les données financier de 57 client et les formule des ratios

Client 16	535 691,00	132 000	-198 929	0	100 000	403 691,00
Client 17	301 431,70	461 041	307 964	307464	54 716	301 431,70
Client 18	781 129,20	160 267	111 725	33 552	126 716	620 862,20
Client 19	156 408,00	11 963	-50 487	4463	10 000	144 445,00
Client 20	671 728,80	203000	-364 360	0	200 300	468 728,80
Client 21	1 554 868,00	54 219	-323 171	28 144	26 076	1 500 649,00
Client 22	535 691,00	603	-198 929	0	6030	535 088,00
Client 23	13 103,00	0	-13 442	0	1 529	13 103,00
Client 24	132 457,60	32 472	-11 602	24 040	33 300	99 985,60
Client 25	44 657,20	1	-83 615	0	11 200	44 656,20
Client 26	216 751,40	171 056	-25 512	399	5 683	45 695,40
Client 27	88 663,90	11 414	-3 810	5311	6 103	77 249,90
Client 28	6 007 674,60	220 593	54 540	72 473	214 720	5 787 081,60
Client 29	177 164,30	1	-37 660	0	75 000	177 163,30
Client 30	503 348,40	136 712	69 908	83 503	53 209	366 636,40
Client 31	519 126,30	71 543	55 843	45 220	26 322	447 583,30
Client 32	1 181 679,40	70 670	-187 664	14 664	10 333	1 111 009,40
Client 33	404 102,70	177 703	173 621	52 065	72 280	226 399,70
Client 34	632 769,30	96 957	47 017	2378	94 578	535 812,30
Client 35	17 455 236,40	794 067	-2 028 722	389	793 678	16 661 169,40
Client 36	22 110 582,00	5 199 535	-10 649 817	725 842	4 473 693	16 911 047,00
Client 37	25 209 270,06	3 968 332	1 280 411	1 939 706	2 647 238	21 240 938,06
Client 38	553 576,40	0	-511275	0	26 000	553 576,40

FIGURE A.4 – La suits des données

Client 37	25 209 270,06	3 968 332	1 280 411	1 939 706	2 647 238	21 240 938,06
Client 38	553 576,40	0	-511275	0	26 000	553 576,40
Client 39	7 792 927,40	5 960 481	3 026 632	11 433	85 000	1 832 446,40
Client 40	122 655,30	19 515	10 490	19 515	35 000	103 140,30
Client 41	3 021 892,30	718 531	343 167	455 641	450 000	2 303 361,30
Client 42	27 740,60	0	-4685	0	3 800	27 740,60
Client 43	69 233 675,60	2 108 812	-1 444 594	2 108 812	105 000	67 124 863,60
Client 44	173 943,00	19 794	19 185	0	43 000	154 149,00
Client 45	151 780,00	70 977	13 033,00	0	23 977	80 803,00
Client 46	169 224,00	15 306	-11 590	8 889,00	6 417,00	153 918,00
Client 47	2 978 128,40	128 116	117 663	128 116	760 000	2 850 012,40
Client 48	10 003 784,70	260 018,00	225 051,00	62 863,00	197 155,00	9 743 766,70
Client 49	73 385,90	55 213,00	47 283,00	0	10 439,00	18 172,90
Client 50	1 015 206,40	373296	242 071,00	0	373 296,00	641 910,40
Client 51	2 014 655,60	1 142 707	984 102	891 973	250 734	871 948,60
Client 52	1 048 668,10	61 134	-71 904	0	130 000	987 534,10
Client 53	122 943,00	38 064,00	-848	2 574,00	35 490,00	84 879,00
Client 54	1 026 063,90	20 256	13 507	284	19 973	1 005 807,90
Client 55	114 785,20	26 443	18 513	18 543	7 901,00	88 342,20
Client 56	4 159 917,20	1 517 656,00	1 435 202,00	73 897,00	970 800	2 642 261,20
Client 57	145 348,60	109 605,00	109 605,00	88 284,00	21 321,00	35 743,60

FIGURE A.5 – La suite des données

Ce tableau présente les formules des ratios ainsi que les montants de l'exploitation du chiffre d'affaires, des dettes financières totales, des dettes financières à court terme et à moyen/long terme

**Variable 0 : Clients :** Cette variable représente les clients de la banque. Chaque client est identifié par un numéro

**Variable 1 : Libellé :** Le libellé fait référence à la nature ou à la catégorie d'activité du client. Cela peut inclure des informations telles que le type d'entreprise ou le secteur d'activité.

**Variable 2 : Activité :** Cette variable décrit l'activité spécifique dans laquelle le client est engagé, par exemple, le transport, le secteur de la santé ou le commerce de gros.

**Variable 3 : Montant (KDZD) :** Il s'agit du montant associé à chaque client, exprimé en unité monétaire spécifique (KDZD dans ce cas). Cela représente le montant du prêt, du crédit ou de l'engagement financier accordé au client.

**Variable 4 : Libellé :** Il s'agit d'un autre libellé ou description, probablement lié à un produit ou à un service spécifique associé au client.

**Variable 5 : Les Garants :** Cette variable fait référence aux garants ou aux personnes/entités qui fournissent une garantie pour le prêt ou l'engagement financier accordé au client. Ils peuvent être responsables du remboursement de la dette en cas de défaillance du client.

**Variable 6 : Montant en K Devise :** Cela représente le montant en devise étrangère (probablement différente de KDZD) associé à l'engagement financier ou à la transaction avec le client.

**Variable 7 : TRG (Taux de risque global) :** Ce paramètre indique le taux de risque global associé au client ou à l'engagement financier. Il peut être utilisé pour évaluer le niveau de risque ou la probabilité de défaut de paiement du client.

**Variable 8 : PREG (Provision Réglementée) :** Il s'agit de la provision réglementée associée à la transaction ou à l'engagement financier avec le client. Cela peut être une provision comptable mise de côté pour couvrir les risques potentiels.

**Variable 9 : Notation de client :** Cette variable représente la notation attribuée au client en fonction de son profil de risque, de sa solvabilité ou de sa capacité à rembourser la dette. Une notation élevée indique généralement un faible risque de défaut de paiement, tandis qu'une notation basse peut indiquer un risque plus élevé.

**Variable 10 : EBE/CA (Excédent brut d'exploitation/Chiffre d'affaires) :** C'est un ratio qui mesure la rentabilité opérationnelle d'une entreprise. Il représente l'excédent brut d'exploitation (EBE) en pourcentage du chiffre d'affaires. Un EBE élevé par rapport au chiffre d'affaires indique une bonne rentabilité opérationnelle.

**Variable 11 : Rentabilité générale :** Ce chiffre exprime la rentabilité globale de l'entreprise. Il est généralement calculé en utilisant le résultat net de l'entreprise et en le rapportant au chiffre d'affaires ou à d'autres mesures financières. Une rentabilité générale élevée est généralement souhaitable.

**Variable 12 : Rentabilité financière :** Cette mesure évalue la rentabilité liée aux ressources financières de l'entreprise. Elle est souvent calculée en utilisant des ratios tels que le retour sur investissement (ROI) ou le retour sur capitaux propres (ROE). Une rentabilité financière élevée indique que l'entreprise génère un rendement attractif sur ses investissements financiers.

**Variable 13 : Rentabilité économique :** Cette variable prend en compte les ressources investies dans l'entreprise et évalue le rendement global. Elle est généralement calculée en utilisant le résultat d'exploitation (ou l'EBE) et en le rapportant aux actifs totaux de l'entreprise. Une rentabilité économique élevée signifie que l'entreprise utilise efficacement ses ressources pour générer des bénéfices.

**Variable 14 : CA / Total actif (en X) :** Ce ratio mesure l'efficacité avec laquelle l'entreprise utilise ses actifs pour générer des revenus. Un ratio élevé indique une utilisation

efficace des actifs (en X veut dir en X fois).

**Variable 15 : Gearing** : Le gearing est un indicateur de l'endettement d'une entreprise. Il compare le niveau d'endettement de l'entreprise à ses fonds propres. Un gearing élevé peut indiquer un niveau élevé d'endettement et une plus grande dépendance aux emprunts.

**Variable 16 : Levier** : Le levier est une mesure de l'effet de levier financier de l'entreprise. Il met en évidence le degré d'endettement de l'entreprise et la proportion de dette par rapport aux fonds propres. Un levier élevé peut augmenter les risques et la volatilité des bénéfices.

**Variable 17 : Ratio "courant"** : Ce ratio évalue la capacité de l'entreprise à rembourser ses dettes à court terme. Il compare les actifs courants (tels que les liquidités, les créances clients, les stocks) aux passifs courants (tels que les dettes à court terme). Un ratio courant élevé indique une meilleure capacité de remboursement des dettes à court terme.

**Variable 18 : Année** : C'est simplement l'année à laquelle les données financières se rapportent.

**Les variables 19 à 23** : Dettes financières totales, dettes financières totales nettes, dettes financières à court terme, dette financière à long terme Ces variables fournissent des informations sur le niveau d'endettement de l'entreprise. Les dettes financières totales représentent le montant total de toutes les dettes financières de l'entreprise, tandis que les dettes financières totales nettes tiennent compte des actifs financiers disponibles pour rembourser les dettes. Les dettes financières à court terme se rapportent aux obligations de remboursement à court terme, tandis que les dettes financières à long terme se rapportent aux obligations de remboursement à long terme.

En analysant ces variables pour chaque client, la banque peut évaluer leur performance financière, la capacité de remboursement et les risques associés à chaque client. Cela aide à prendre des décisions éclairées en matière d'octroi du crédit.