



المندوبية السامية للتخطيط
HAUT-COMMISSARIAT AU PLAN

ROYAUME DU MAROC
..*.*.*
HAUT COMMISSARIAT AU PLAN
..*.*.*
INSTITUT NATIONAL
DE STATISTIQUE ET D'ECONOMIE APPLIQUEE



INSEA

Projet de Fin d'Etudes

Mise en place d'un processus de notation interne des émetteurs faisant appel public à l'épargne

Préparé par : *M. Jaouad OUALITI*

M. Mohamed GHAFIR

Sous la direction de : *Mme. Fadoua BADAoui (INSEA)*

M. Anass KARINE (CMR)

Soutenu publiquement comme exigence partielle en vue de l'obtention du

Diplôme d'Ingénieur d'Etat

Filière : ACTUARIAT-FINANCE

Devant le jury composé de :

- *Mme. Fadoua BADAoui (INSEA)*
- *M. Abdesselam FAZOUANE (INSEA)*
- *M. Anass KARINE (CMR)*

Juin 2018/PFE N° 13

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail avec grand amour et fierté :

A mes très chers parents qui sont et qui seront sources de joie, de tendresse et d'affection et qui représentent pour moi un soutien le long de ma vie.

A mon frère, ma sœur et ma tante maternelle, avec mes souhaits de bonheur de santé et de succès. Et à tous les membres de ma très chère famille.

A tous mes amis, tous mes professeurs de l'INSEA, tous le personnel de la Caisse Marocaine des Retraites et à tous ceux qui compulseront ce humble travail.

OUALITI Jaouad

Je dédie ce travail à toute personne ayant exprimé son soutien tout au long de mon cursus:

Mes chers parents.

Mon frère et ma sœur.

Ma famille et mes amis

Et en particulier Elharbani

GHAFFIR, Mohamed

Remerciement

Louange à Dieu, Seigneur des mondes, le tout puissant, Qui nous a donné Grace et bénédiction pour notre accomplissement ainsi que la réalisation de ce projet en toute satisfaction.

Tout d'abord, nous tenons à remercier notre encadrant Monsieur **Anass KARINE**, chef de service Middle office au sein de la Caisse Marocaine des Retraites, pour son accueil, pour le suivi, pour les conseils intéressants qu'il nous a accordé tout au long du stage et pour sa patience malgré ses nombreuses occupations.

Nous remercions également notre encadrante interne Madame **Fadoua BADAQUI**, pour son sacrifice, ses directives, sa patience et ses conseils pertinents qui nous ont été d'un appui considérable dans notre démarche, ainsi qu'à l'intérêt qu'elle porte à notre projet.

Nous tenons à exprimer notre gratitude à Monsieur **Abdesselam FAZOUANE** pour nous avoir honoré en acceptant de juger notre travail. Veuillez trouver ici le témoignage de notre respect le plus profond.

Et bien sûr nous tenons à remercier tous le personnel de la Caisse Marocaine des Retraites pour leur accueil chaleureux et leur gentillesse.

Enfin nous remercions très fort le corps professoral de l'Institut National de Statistique et de l'Economie Appliquée qui nous a donné l'occasion d'entrer dans un monde que nous allons jamais l'oublier et qui nous a permis de vivre une superbe expérience professionnelle.

Résumé

Par son caractère d'investisseurs institutionnels qualifié, la Caisse Marocaine des Retraites (CMR) doit être doté d'un ensemble d'outils lui permettant d'appréhender les risques qui surgissent à travers les opérations d'investissements. Dans le même contexte et pour mieux cerner le caractère incertain des opérations d'investisseurs les régulateurs du secteur financier ont imposé aux importants investisseurs de se disposer d'un modèle de notation interne capable de prédire les événements indésirables tels que la défaillance des débiteurs. Or dans le cas échéant, la notation des entités créditrices est sous-traitée par les agences de notation régionales ou internationales qui vont émettre une note décrivant le degré d'engagement.

L'objectif de ce travail est d'élaborer une méthodologie de notation en utilisant une approche quantitative et une approche qualitative. L'approche quantitative se base sur les méthodes statistiques de classification comme la régression logistique, l'analyse discriminante et les réseaux de neurones. De son côté l'approche qualitative consiste à analyser un ensemble de facteurs tels que l'environnement macroéconomique, la gouvernance, l'exécution opérationnelle et d'autres. La notation des produits structurés est faite par une approche par scénario introduisant une analyse des actifs collatéraux.

Notre projet va dans ce sens pour concevoir un processus de notation interne chez la CMR. Notre méthodologie serait adoptée par un comité de notation interne au sein du pôle gestion de portefeuille.

Mots clés : Notation financière, approche quantitative, approche qualitative, RMBS, risque crédit, CMR.

Abstract

For being a qualified institutional investor, the Moroccan pension fund (CMR) have to be equipped with the finest tools to apprehend and detect all possible risks arising from investment. Having the same concern, authorities of the financial system are aiming to reduce uncertainty and control investors behavior by enforcing biggest investors to adopt an internal rating approach with a huge ability to predict any possible default of borrowers. When it is not appropriate one can resort to rating agencies to estimate the degree of engagement and willingness to pay one's debt.

Therefore, in order to rate stock market listed issuers, classis financial instrument like private and sovereign bonds and structured products we use a dual vision based on quantitative and qualitative approach. Indeed quantitative approach is based on three main method: logistic regression, discriminant analysis and neural network. Qualitative approach in fact analyses certain factors related to the environment of investing, for example: macroeconomic environment, governance, operational environment and others. Structured products are being rated through a scenario based approach that consist on analyzing the underlying assets.

Thus, our project tends to conceive an internal rating process at the Moroccan pension fund. Our methodology shall be adopted and followed by a rating committee within the portfolio management division.

Table des matières

Contents

Dédicaces	3
Remerciement	4
Résumé	5
Abstract	6
Table des matières	7
Liste des tableaux	9
Liste des figures	10
Liste des abréviations	11
Introduction générale	12
Chapitre 1 : Cadre général du projet et revue de littérature	13
I. Présentation de l'organisme d'accueil	13
II. Besoin de la notation interne et motivation du projet	15
III. Organisation du projet	16
IV. Le marché financier.....	17
IV.1. Rôle et organisation du marché	17
IV.2. Marché de la dette privée.....	17
V. Risque de crédit.....	18
V.1. La notion du risque.....	18
V.2. L'insolvabilité d'une entreprise.....	18
V.3. Les méthodes de mesure du risque de crédit.....	19
VI. Revue de littérature	20
VI.1. Historique de la notation financière	20
VI.2. Les agences de notation.....	23
VI.3. Les approches de la notation	24
VI.4. Réglementation Bâle II et solvabilité 2.....	26
Chapitre 2 : Etude théorique	28
I. Les méthodes quantitatives du scoring.....	28
I.1. Le cas des corporates	28

Table des matières

I.2. Le cas des sociétés de financement (Banques)	41
II. L'aspect qualitatif	43
II.1. Méthodologie de notation à l'aide d'une approche séquentielle.....	43
II.2. Définition des facteurs de l'approche	45
III. Méthodologie de notation des produits structurés	49
III.1. Définitions	49
III.2. Besoin de la notation.....	51
III.3. Méthodologie et critères de notation	51
III.4. Processus de notation (Fitch et S&P)	52
1) Fréquence de base	52
2) Ajustement de la fréquence de perte	53
Chapitre 3 : Etude pratique	58
I. Le cas des corporates	58
I.1. L'approche quantitative	58
I.2. L'approche qualitative	71
I.3. L'agrégation des scores	74
II. Le cas des sociétés de financement (Banques)	75
II.1. L'approche quantitative	75
II.2. L'approche qualitative.....	80
II.3. L'agrégation des scores	82
Conclusion générale.....	85
Bibliographie.....	86
Webographie	87
Annexes	88

Liste des tableaux

Tableau 1 : Répartition temporelle du projet	16
Tableau 2 : Matrice de confusion	39
Tableau 3 : Courbes de ROC selon la qualité du prédicteur.....	40
Tableau 4 : Pondération de chaque facteur pour le cas des banques	44
Tableau 5 : Pondération de chaque facteur pour le cas des corporates	44
Tableau 6 : La grille de notation adoptée	45
Tableau 7 : Pondération de chaque élément de facteur pour le cas des banques et des corporates..	48
Tableau 8 : Le niveau de support systémique en nombre de crans pour le cas des banques	49
Tableau 9 : Matrice des probabilités de défaut Source : Fitch.....	53
Tableau 10 : Classes du DTI Source : Fitch.....	53
Tableau 11 : Autres facteurs d'ajustement	54
Tableau 12 : Scénarios des MLS	55
Tableau 13 : Extrait de la base de données.....	58
Tableau 14 : Tableau des variables explicatives potentielles.....	59
Tableau 15 : Matrice de corrélation	60
Tableau 16 : La capacité d'endettement avant et après winsorisation	60
Tableau 17 : statistiques descriptives des variables de la base de données.....	61
Tableau 18 : répartition des entreprises selon la défaillance	61
Tableau 19 : régression logistique avec le modèle complet	62
Tableau 20 : régression logistique avec le modèle finale	63
Tableau 21 : test de Hosmer-Lemshow	63
Tableau 22 : Test de normalité multivariée	64
Tableau 23 : test de Box-M	64
Tableau 24 : ANOVA pour tester l'égalité des moyennes	65
Tableau 25 : variables retenus par la méthode stepwise.....	65
Tableau 26 : résultat de l'analyse discriminante	66
Tableau 27 : le score moyen de chaque groupe	66
Tableau 28 : Matrice de confusion de la régression logistique.....	68
Tableau 29 : Matrice de confusion de l'analyse discriminante	68
Tableau 30 : Matrice de confusion de la régression logistique.....	68
Tableau 31 : AUC des trois méthodes	69
Tableau 32 : Résultat du score qualitatif du groupe Addoha.....	72
Tableau 33 : Résultat du score qualitatif de l'OCP	74
Tableau 34 : Résultat final de notation des corporates	75
Tableau 35 : Pseudo R-carré du modèle-Sortie SPSS-.....	75
Tableau 36 : Les seuils et les coefficients estimés du modèle- Sortie R-	76
Tableau 37 : Les seuils et les coefficients du modèle avec p-value- Sortie R-	76
Tableau 38 : Matrice de corrélation des variables.....	76
Tableau 39 : Conditions pour le degré de corrélation.....	77
Tableau 40 : Le rapport de corrélation entre la variable Y et les X_i – Sortie R-.....	77

Liste des figures

Tableau 41 : Résultat du score qualitatif d'Attijariwafa Bank	81
Tableau 42 : Résultat du score qualitatif de la Banque Centrale Populaire.....	82
Tableau 43 : Résultat final de notation des banques	83
Tableau 44 : Comparaison des notations obtenues avec celles de S&P	84

Liste des figures

Figure 1 : Diagramme de Gantt du projet	17
Figure 2 : difficultés de l'entreprise.....	19
Figure 3 : Timeline traçant les étapes marquantes de l'histoire de la notation	22
Figure 4 : Analyse discriminante linéaire	35
Figure 5 : Analyse discriminante quadratique.....	36
Figure 6 : Un exemple du réseau de neurones	38
Figure 7 : Exemple d'un neurone avec plusieurs entrées	38
Figure 8 : Exemple de calcul du Loss severity	55
Figure 9 : Exemple de calcul des intérêts accrus.....	55
Figure 10 : Exemple de calcul de la valeur indexée du logement	56
Figure 11 : Exemple de calcul de la valeur en détresse du logement.....	56
Figure 12 : Exemple de calcul des couts de forclusion	56
Figure 13 : Exemple de calcul du FF, LS et la perte espérée.....	56
Figure 14 : Agrégation sur l'ensemble du portefeuille.....	57
Figure 15 : le graphe du réseau de neurones.....	67
Figure 16 : Courbes de ROC des 3 méthodes	69

Liste des abréviations

Acronyme	Signification
ABS	Asset backed securities
AIC	Akaike information criterion
AMO	Assurance maladie obligatoire
AOS	Association d'Œuvres Sociales
AUC	Area under curve
BCP	Banque centrale populaire
BFR	Besoin en fond de roulement
BIS	Bank for International Settlements
BSF	Bons des sociétés de financement
BT	Bons de trésor
CA	Conseil d'Administration
CD	Certificats de dépôt
CDO	Collateralized debt obligation
CMR	Caisse marocaine des retraites
CNOPS	Caisse nationale des organismes de prévoyance sociale
CP	Capitaux propres
DTI	Debt to income
EBE	Excédant brut d'exploitation
EBITDA	Earning before interest tax depreciation and amortization
FF	Fréquence de forclusion
ICP	Insurance core principles
LCR	liquidity coverage ratio
LDA	Linear discriminant analysis
LTV	Loan to value
MBS	Mortgage backed securities
OCP	Office chérifienne du phosphate
PD	Probabilité de défaut
QDA	Quadratic discriminant analysis
ROA	Return on asset
ROC	Receiver operating curve
S&P	Standard and Poor's
TCN	Titres de créance négociables

Introduction générale

Le secteur financier est devenu, face à la montée exponentielle des instruments et des produits sophistiqués, un milieu où le risque croit aussi rapidement que le profit. C'est ainsi que l'économie qui a trop compté sur le marché financier a vécu des périodes de stagnation et même de dépression, causant par suite des problèmes économiques et sociaux majeurs à voire l'écart grandissant entre les classes sociales, la pauvreté et le chômage. Or après une période de dérégulation qui a libéralisée le marché financier et ses intervenants, les crises économiques et financières ont poussé les autorités de contrôle à revoir leurs systèmes réglementaires et à proposer un ensemble de loi pour protéger l'intérêt public.

En effet, le risque de crédit des emprunteurs constitue un sacré problème chez l'investisseur d'un côté qui prévoit un rendement et un degré de risque prédéfini en l'absence d'une défaillance probable ou un remboursement anticipé. D'un autre côté le régulateur et lui aussi soucieux à ce niveau vu qu'il est contraint de lutter contre une défaillance massive mettant en danger tout le système financier et par ricochet le système économique comme c'était le cas de la crise financière de 2008.

Par conséquent la notation financière est ainsi conçue afin de mesurer le degré de risque chez un emprunteur ou celui lié à un instrument financier. C'est grâce à elle que les investisseurs basent leurs choix selon leur volonté et leur aversion au risque de telle façon qu'ils ont pour chaque entreprise et chaque catégorie de produits financiers une note qui décrit le comportement et le niveau d'engagement concernant le remboursement.

Les notes ou ratings ont longtemps été fournis par les agences de notation, pourtant après la crise de 2008 ces agences ont été mises en question après avoir délivré des notes qui sous-estiment le risque de certains produits dérivés notamment les CDO (Collateralized debt obligation). La réglementation a prévu par la suite chez les grandes sociétés de financement et d'investissement d'adopter des modèles de notation interne plus fiables et en harmonie avec les stratégies de risk management adoptés par ces sociétés.

Nous allons adopter deux approches complémentaires : quantitative et qualitative. Afin d'établir le modèle de l'approche quantitative, nous appliquons trois méthodes (la régression logistique, l'analyse discriminante et les réseaux de neurones) sur un échantillon d'entreprises marocains qui comprend des indicateurs financiers et l'état de défaut. Les banques ont été une exception vu que l'historique des banques marocaines ne présente aucune banque défaillante, pour remédier à ce problème nous appliquons la régression logistique ordinaire sur une base de données des banques avec leurs ratios financiers et la notation des agences de rating la variable qu'on cherche à expliquer. Concernant les produits structurés, on a choisi de détailler la méthode de notation des RMBS malgré l'absence des données.

Chapitre 1 : Cadre général du projet et revue de littérature

I. Présentation de l'organisme d'accueil

I.1. Aperçu sur la Caisse Marocaine des Retraites (CMR)

La Caisse Marocaine des Retraites (CMR) a été créée par le Dahir du 02 mars 1930, c'est un établissement public doté de la personnalité morale et de l'autonomie financière. Ce principal acteur de la gestion de la retraite est placé sous la double tutelle administrative et technique du Ministère de l'Economie et des Finances. La CMR a pour mission d'assurer :

- La gestion administrative des régimes de retraite et des prestations pour le compte de tiers.
- La réalisation des études actuarielles et prospectives relatives aux régimes gérés.
- La gestion financière des réserves de prévoyance des régimes de retraite.

Parmi les régimes gérés nous retrouvons :

- Le régime de pensions civiles pour les fonctionnaires de l'Etat, les agents des collectivités locales et aux employés de certains établissements et organismes publics.
- Le régime des pensions militaires pour le personnel militaire des Forces Armées Royales, des Forces Auxiliaires et de la Gendarmerie Royale.
- Le régime de retraite complémentaire et facultatif « ATTAKMILI » : C'est un régime de retraite complémentaire facultatif destiné uniquement aux affiliés du régime de base de la CMR.
- Les régimes non cotisants de pensions d'invalidité et les allocations des anciens résistants et anciens membres de l'armée de libération.

De surcroit, la CMR traite des prestations pour le compte de tiers à travers la gestion :

- Des précomptes sur les pensions au titre de l'assurance maladie obligatoire (AMO) reversés à la Caisse Nationale des Organismes de Prévoyance Sociale (CNOPS)

Chapitre 1 : Cadre général du projet et revue de littérature

- Des précomptes au titre de l'impôt sur le revenu pour le compte de la Direction Générale des Impôts
- Des précomptes conventionnels au profit des Sociétés de Financement et des Associations d'Œuvres Sociales (AOS)
- Des prestations pour le compte des fondations : Fondation Hassan II pour les Œuvres Sociales des Anciens Militaires, Fondation Mohammed VI pour la Promotion des Œuvres Sociales de l'Education-Formation ;
- Des prestations pour le compte du Ministère de l'Economie et des Finances.

La loi n° 43-95 arrête la liste des classes d'actifs dans lesquels la CMR peut se positionner en tant qu'investisseur. En effet, les excédents dégagés peuvent être utilisés pour acquérir :

- Des valeurs de l'Etat et celles jouissant de sa garantie.
- Des actions cotées et tout titre négocié sur un marché réglementé.
- Des biens immobiliers sur autorisation du Ministère de tutelle.

Sur le plan institutionnel, la CMR est administrée par un Conseil d'Administration (CA) regroupant des représentants de l'Etat, des affiliés civils et militaires et des associations des retraités. Le CA se réunit deux fois par an sous la présidence du Chef du Gouvernement ou son représentant.

La gouvernance de la CMR est également consolidée par d'autres comités d'appui en l'occurrence le Comité Permanent issu du Conseil d'Administration (CPICA), le Comité d'Allocation d'Actifs (CAA) et le Comité d'Audit.

1.2. La gestion financière des régimes

La gestion financière des fonds de réserve du Régime des Pensions Civiles (RPC) a pour objectif de contribuer à la viabilité, à long terme, de ces régimes à travers l'optimisation du rendement de ce fonds sous les contraintes réglementaires, engagements du régime et des risques encourus.

La gestion des fonds de réserves est cadrée par la loi 43-95 et l'arrêté du Ministre des Finances, du Commerce, de l'Industrie et de l'Artisanat n° 1253.97 du 6 rejeb 1418 (7 novembre 1997) fixant les modalités de fonctionnement des provisions et des réserves de la Caisse Marocaine des Retraites ainsi que la répartition des ressources entre les emplois autorisés.

Introduit lors de la réforme de 1996, le métier de gestion financière des réserves vise à assurer l'équilibre financier des régimes gérés par la CMR à travers les revenus générés par la gestion financière des réserves et des provisions de la caisse.

Chapitre 1 : Cadre général du projet et revue de littérature

A part la gestion des réserves et provisions, le pôle de gestion de portefeuille vise l'optimisation du rendement de la trésorerie en procédant à un arbitrage entre la rémunération des comptes courants de la caisse et le rendement offert par le marché monétaire. Il effectue également l'analyse en termes de risque et rentabilité pour les instruments du marché.

La structure chargée de la gestion financière des régimes est le pôle de gestion du portefeuille qui est organisé selon les meilleurs standards des gestionnaires d'actifs à savoir :

- Le service Asset Management

Il a pour mission l'élaboration du budget mensuel de trésorerie de la Caisse ainsi que la participation à la mise en œuvre de la politique de placement pour assurer un bon fonctionnement et une meilleure exécution de la politique de placement.

- Le service Middle

Contrôle les opérations du service Asset Management, assure la validation des transactions, le suivi des performances et des risques financiers encourus par les portefeuilles sans oublier les reportings et les comptes rendus d'activité.

- Le service Back Office

Regroupe un ensemble de tâches administratives ou logistiques liées à la vente, à des actions marketing ou à la gestion d'un site web (analyse d'audience, mises à jour...).

- Le service Gestion des participations

Suit des investissements de la caisse dans l'immobilier.

- Le service conformité et contrôle interne

Il a pour mission principale la veille à la conformité aux procédures et au contrôle interne de l'activité et la gestion des risques opérationnels.

II. Besoin de la notation interne et motivation du projet

Le souci majeur d'un investisseur est le choix de la stratégie d'investissement, et il est d'autant plus difficile de faire un choix optimal dans un contexte où l'information existante est imparfaite. Ainsi, l'asymétrie d'information implique un plus d'effort dans la collecte, le traitement et l'analyse des données. Cependant dans cet univers incertain on a recours souvent à des entités qualifiées, impartiales et indépendantes pour promouvoir une information fiable et utile qui va servir à prendre des décisions. En effet les agences de notation font l'affaire pertinemment à la base d'un ensemble de méthodes performantes.

Chapitre 1 : Cadre général du projet et revue de littérature

Or, devant la multitude et la diversité des risques surtout le risque de crédit, la réglementation suggère l'adoption des modèles de notation interne pour noter et classer les entreprises émettrices sur le marché de la dette privée.

La CMR étant une instances publiques qui s'engagent à garantir des milliers de pensions aux retraités doit impérativement être en mesure d'honorer ses engagements, c'est pour cela qu'elle doit mener des stratégie d'investissement bien prudente et ainsi investir dans des actifs financiers qui présentent moins d'incertitude, en d'autres termes, éviter que les emprunteurs de fonds ne soient pas en mesure de rembourser. Alors, pour cette fin notre projet va se concentrer sur l'analyse des risques propres aux émetteurs par deux approches complémentaires : quantitative et qualitative, et construire une échelle pour classer ces émetteurs selon le degré de risque et concevoir par la suite des produits financiers de couverture qui sert à immuniser le portefeuille investi.

III. Organisation du projet

Pour bien présenter ce projet, il est important de prévoir un planning de la façon dont il sera mis en œuvre. La planification d'un projet consiste principalement à organiser des ressources qui vont permettre d'atteindre les buts et les objectifs proposés. Cette phase consiste alors de diviser le projet en plusieurs tâches, tout en respectant la durée réservée de chacune de ces tâches. La répartition des tâches à accomplir, leurs durées et leur succession sont décrites dans le diagramme Gantt présenté ci-dessous.

	Début	Jours	Fin
Planification du projet	26/02/2018	3	01/03/2018
Phase de la documentation	02/03/2018	10	12/03/2018
Revue de la littérature	13/03/2018	7	20/03/2018
Partie théorique	21/03/2018	10	31/03/2018
Application (Qualitative)	01/04/2018	29	30/04/2018
Application (Quantitative)	01/05/2018	20	21/05/2018
Rédaction finale du rapport	22/05/2018	19	10/06/2018

Tableau 1 : Répartition temporelle du projet

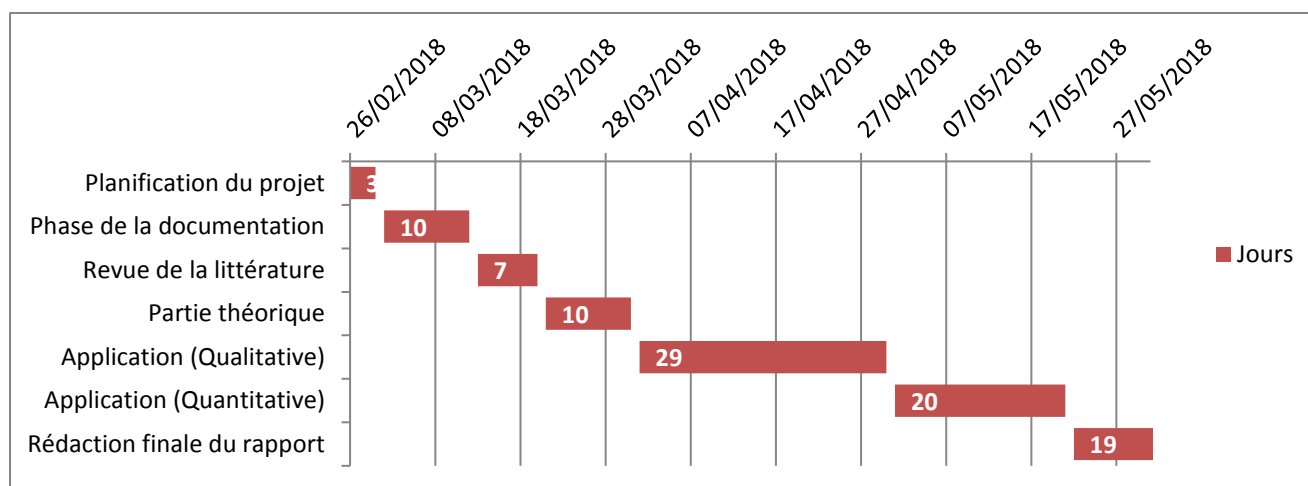


Figure 1 : Diagramme de Gantt du projet

IV. Le marché financier

IV.1. Rôle et organisation du marché

Le marché financier permet aux entreprises, à l'Etat et aux épargnants d'augmenter leur utilité. Les épargnants ont la possibilité d'investir dans des instruments financiers et donc, ils peuvent reporter leur consommation tout en obtenant une rémunération pour ce report et faire fructifier leur épargne. Les entreprises ont un meilleur accès aux capitaux disponibles et peuvent investir dans des actifs productifs. L'Etat peut mieux gérer son déficit à travers l'endettement interne.

Dans tout marché, il y a le neuf et l'occasion. Le marché du neuf, de création de valeurs ou titres, est appelé marché primaire. Le marché de l'occasion ou d'échange de valeurs ou titres déjà créés est appelé marché secondaire. Les entreprises ou l'état créent les titres, on parle de création ou d'émission, et les mettent en vente à travers les intermédiaires financiers soit de gré à gré soit sur le marché boursier.

IV.2. Marché de la dette privée

Ce marché fait partie du marché obligataire, ainsi la dette privée désigne l'ensemble des emprunts contractés par des institutions privées (des entreprises industrielles, des banques, des assurances...) auprès d'autres institutions financières ou non financières, afin de lever des fonds ou pour investir et créer des richesses futures. C'est un moyen de financement complémentaire ou alternatif au crédit bancaire selon la situation, et il se réalise entre autres par l'émission de l'entreprise des titres obligataires dans le marché de la dette privée. Ces titres intéressent les investisseurs plus que les obligations publiques, car leur rentabilité

dépasse celle des bons de trésors avec la différence que l'on appelle 'Spread' ou la prime de risque.

V. Risque de crédit

Les opérations de crédit engendrent toujours un risque naissant de la probabilité que le débiteur ne sera pas en mesure d'honorer ses engagements vers le créancier. Il s'avère donc évident pour le créancier d'évaluer ce risque vu que les difficultés qui en résultent sont graves arrivant à la faillite même ce qui a des conséquences sévères sur le bon fonctionnement de l'économie. Pour le créancier le risque de crédit affecte son résultat car il est exposé au non remboursement du prêt qu'il a accordé.

V.1. La notion du risque

Une définition standard du risque stipule que le risque est la possibilité qu'un événement incertain ou aléatoire survienne avec des conséquences négatives. Il se réfère à un danger, un inconvénient auquel on est exposé.

D'un point de vue économique un risque exprime une probabilité statistique de survenance d'un événement indésirable. Le risque en lui-même n'a pas de nature mais il est par contre attaché à l'événement survenu et qui exige ainsi qu'on le quantifie. Le comité de Bâle, l'organisme qui produit la réglementation du secteur bancaire au niveau international définit le risque en tant que l'association de deux éléments : un aléa et une perte potentielle. Si alors l'événement aléatoire n'a que des scénarios positifs alors il n'est pas considéré comme risque, et si la perte est certaine elle n'est plus un risque.

La réglementation Bâle II spécifique au secteur bancaire prévoit trois types de risque potentiel : le risque de crédit naissant des opérations de crédit, le risque de marché provenant des opérations d'investissement sur les marchés financiers et le risque opérationnel naissant de l'activité normale de la banque survenu par de la mauvaise gestion ou les failles dans le système informatique. Or le risque qui nous intéresse du bien gérer est le risque de crédit.

V.2. L'insolvabilité d'une entreprise

La faillite de l'entreprise est un sujet de préoccupation économique pour tous les agents, qui la redoutent. Elle est aussi un thème ancien de recherche, mobilisant plusieurs disciplines, sans pour autant être un champ d'étude unifié et cohérent. La défaillance est un état économique particulier, une crise financière générant un défaut de paiement, puis un état juridique, une sanction publique, l'état d'insolvabilité rendue par les tribunaux. La procédure de faillite débute par un acte judiciaire initié par l'entreprise elle-même ou par des créanciers. Elle renvoie à deux concepts financiers : la non-liquidité et l'insolvabilité. La crise financière a pour

origine une trésorerie insuffisante pour honorer les engagements de l'entreprise. Elle peut être purement accidentelle ou résulter d'une crise plus profonde et être l'étape finale d'un processus de dégradation.

En cas de difficultés, l'entreprise cherche logiquement à les résoudre par un plan de restructuration qu'elle initie (de manière autonome). S'il réussit, le redressement permet de sortir des difficultés. Si des mesures ne sont pas engagées, ou en cas d'échec de celles-ci, la crise de trésorerie aboutit au défaut. À ce stade, il est parfois possible de mettre en œuvre un plan de restructuration (dont la probabilité de succès est plus faible) ; sinon une procédure de faillite arbitre entre la liquidation (et la disparition de la firme) et un sauvetage. Dans ces deux derniers cas, les créanciers ne peuvent généralement pas récupérer leur créance.

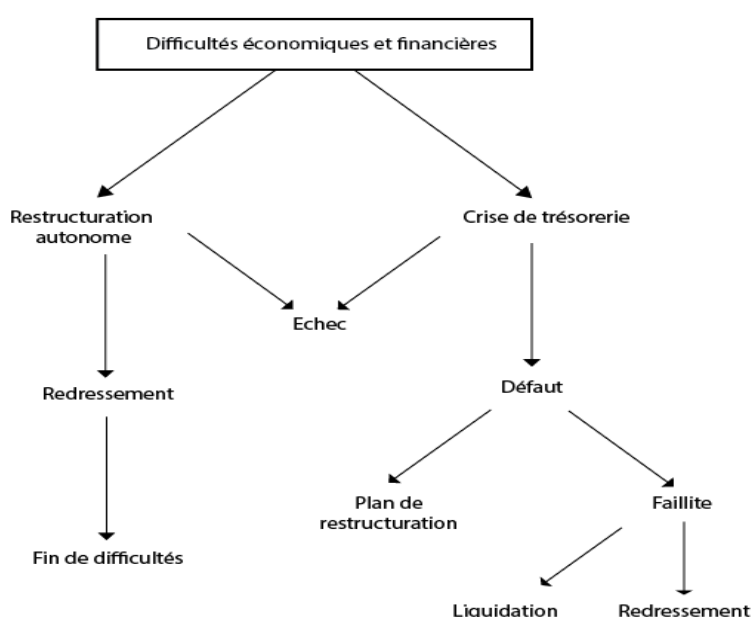


Figure 2 : difficultés de l'entreprise

V.3. Les méthodes de mesure du risque de crédit

- Les méthodes empiriques

L'appréciation du risque de crédit a d'abord été réalisée, historiquement, par des approches empiriques. Elles consistent généralement en un raisonnement pragmatique, conduisant à balayer des critères sélectionnés a priori, supposés permettre de détecter le risque présenté par une entreprise. Elles regroupent un ensemble assez large de pratiques. Certaines relèvent d'une approche positive, elles proposent de passer en revue une série de critères pour en déduire une appréciation du risque. D'autres, normatives, appréhendent le risque au regard

d'une norme préétablie et apprécie le risque selon la situation de l'entreprise par rapport à cette norme.

Les méthodes empiriques furent les premières utilisées en analyse du risque. D'abord exploratoires, elles se sont prolongées vers des méthodes normatives où l'évaluation du risque se fait au regard d'une norme préétablie pouvant avoir plusieurs origines, mais souvent fondée sur une vision théorique, parfois dogmatique, du risque et sur une expérience passée accumulée dans le traitement de dossiers. Elles couvrent un large ensemble d'approches parmi lesquelles les plus utilisées sont les méthodes de points de risque et de rating.

- Les méthodes statistiques

À l'origine, les méthodes statistiques se fondent sur un raisonnement intuitif : en observant mathématiquement les entreprises qui ont fait défaut ou faillite, il devrait être possible de déterminer les caractéristiques qui les différencient des sociétés qui n'ont pas fait faillite. Dès lors, en comparant ex post des entreprises défailtantes à des entreprises en bonne santé, on peut chercher à modéliser l'appartenance à l'un des deux groupes et, potentiellement, la probabilité de défaillance en combinant mathématiquement les facteurs qui séparent ou discriminent, le mieux les deux groupes. Ces méthodes associent des données historiques, principalement financières, et des techniques statistiques et économétriques. La démarche est celle de la modélisation.

Le but est de déterminer les caractéristiques des entreprises défailtantes pour définir un modèle d'anticipation. Cette approche consiste à observer ex post des entreprises (donc sur la base d'informations passées) ayant connu la défaillance et à chercher la combinaison de facteurs qui les distingue le mieux des entreprises non défailtantes. Les modèles de scoring présentent de nombreux avantages tenant aussi bien à la logique de leur élaboration qu'aux conditions de leur application. Les scorings sont objectifs car fondés sur une analyse statistique approfondie des sociétés défailtantes (ou en défaut, selon l'événement modélisé). Issus d'une observation détaillée de deux groupes distincts, ils relèvent d'une vision positive de la défaillance sans souffrir des biais des méthodes empiriques.

VI. Revue de littérature

VI.1. Historique de la notation financière

Un parcours sur l'histoire de la notation financière s'avère intéressant pour saisir son rôle prééminent chez les investisseurs qui seront toujours face à un choix d'investissement basé sur l'information disponible sur le marché.

La notation des crédits revient aux années 1850 avec l'émergence du marché des obligations pour les entreprises ferroviaires aux Etats-Unis. Pourtant les marchés des obligations existaient principalement chez les états qui émettent des obligations plus ou moins fiables, et

Chapitre 1 : Cadre général du projet et revue de littérature

ce dans les pays de l'Allemagne, l'Angleterre et les Etats-Unis. Pour le reste des pays européen, une alternative était envisagé c'est notamment les emprunts bancaires et le marché des actions.

Une des caractéristiques des Etats-Unis c'est la largeur du territoire économique qui a nécessité à un moment de connecter tout le pays, la technologie employé en ce temps était le réseau ferroviaire qui était monopolisé par des sociétés privées ayant chacune un capital constitué par les emprunts bancaires et l'émission des actions. Après leur expansion vers l'Ouest les entreprises ferroviaires face aux volumes et l'incertitude des investissements n'auront plus la capacité de lever des fonds via les banques. Ainsi, le besoin en capital exigé par ces entreprises va être comblé par un refuge vers le marché des obligations.

Cette montée sans précédent des obligations des émetteurs privés a créé un besoin chez les investisseurs qui demandent les informations les plus critiques sur ces émetteurs pour bien construire des portefeuilles obligataires. Les outils traditionnels pour rassembler les informations étaient très restreints surtout chez les familles et les relations existant entre les gens de business ce qui est insuffisant pour miser sur une obligation. Les investisseurs ont besoin d'une source tierce indépendante qui peut fournir des informations précises et fiables à la base desquelles on peut décider sur un choix d'investissement et sur le pricing des différents produits financiers.

Suite à cela, Mr Henry Varnum Poor qui était le chef d'édition en 1849 de *l'American Railroad Journal*, va commencer à publier périodiquement des informations sur les sociétés ferroviaires, leurs actifs, passifs et également leurs revenus. Après la fin de la guerre civile en 1865, Poor va lancer ses propres publications avec son fils nommé *Poor's Manual of the Railroads of the United States*. La contribution de Poor fut donc la genèse de monde de la notation. En 1909 une autre personne, John Moody, va faire un pas de plus par ses publications concernant les informations sur les crédits et la solvabilité des sociétés ferroviaires. Ces constats ont été basés sur un tas d'informations de l'industrie ferroviaire suivi d'une analyse quantitative et qualitative très rigoureuse. En 1941 Poor's va être fusionné avec Standard Statistics Bureau qui est une autre agence de notation, ainsi construisant la fameuse agence de rating Standard and Poor's. Un troisième acteur va prendre sa place auprès des agences de notations : c'est Fitch Publishing Company qui a commencé à délivrer des informations financières en 1913 pour après introduire en 1924 la notation échelonné de 'AAA' à 'D'.

Avec trois agences délivrant des opinions sur la solvabilité et la fiabilité du marché des bons de trésor et de l'état et le marché des obligations pour les entités et les entreprises privées, l'industrie du rating est désormais en bonne état de santé garantissant une indépendance et une intégrité bien apprécié par tous les acteurs du marché. Cela va paraître très clairement lors de la crise de 1929 où la demande sur les agences de notation des crédits va augmenter chez les investisseurs.

La question de la nécessité de l'information va remettre en cause le système de notation en 1970 lors de la faillite de la première entreprise ferroviaire Penn Central Railroad laissant derrière elle un montant de 80 Millions de Dollars sur des obligations à court terme. A ce stade les investisseurs ont affiché un besoin d'une évaluation indépendante du risque de crédit, en

effet cette nouvelle demande a permis aux agences de notation d'adopter un plan d'affaire fournissant des services de notation plus pertinents.

Durant les années 70 le marché de titrisation va se développer fortement, en effet cet instrument financier vise à refinancer des créances d'origines bancaires sur le marché financier, ils donnent ainsi lieu à l'émission de nouveaux titres de créances qui ont pour contrepartie les créances bancaires que l'on souhaite titrer. Au cours des années 90, la notation financière a conquis un poids considérable sur les places financières où sont négociés les bons de trésor, les obligations à court et moyen terme, les obligations à long terme et également les actifs titrés ou bien ce que nous appelons les obligations sécurisées.

Si la notation externe provenant des agences de rating a vécu l'éloge dans le début du 20ème siècle alors une nouvelle approche de notation va être imposée suite la sophistication des marchés financiers, ainsi la notation interne sera-t-elle introduite par le nouvel accord Bâle II dans les années 2000. Quoique la notation interne ait les mêmes principes que la notation externe pourtant la notation interne est principalement utilisé par les banques suivant la réglementation bâloise. A ce fait les emprunteurs de la banque sont classés selon une échelle indiquant leur capacité de remboursement. La réglementation Bâle II prévoit pour une banque pour classifier les risques de crédit l'utilisation de l'une des approches suivantes, l'approche standard qui fait recours aux agences de notation ou l'approche IRB (Internal Rating Bases) qui se base sur les probabilités de défaillances identifiées par la banque elle-même pour la composition de son portefeuille, puis évaluer l'impact de ces défaillances et leur portée dans le temps.

La charte ci-dessous nous résume l'histoire de la notation financière remontant de l'année 1850 à nos jours.

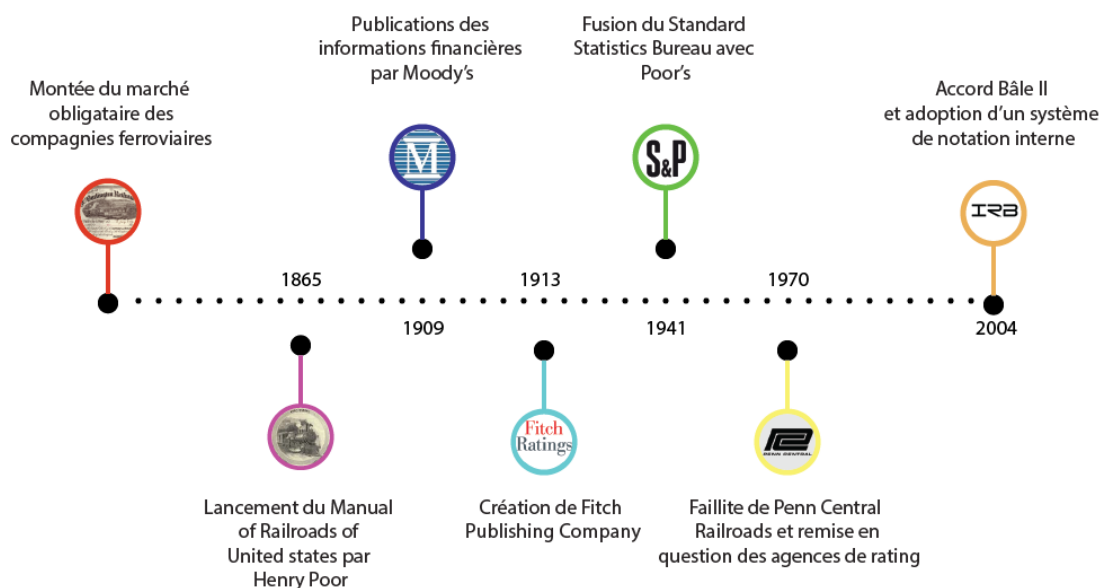


Figure 3 : Timeline traçant les étapes marquantes de l'histoire de la notation

VI.2. Les agences de notation

Les agences de notation sont des entreprises privées dont l'activité principale consiste à évaluer la capacité des émetteurs de dette à faire face à leurs engagements financiers. Il s'agit bien d'organismes privés à but lucratif et non d'organismes réglementaires ou gouvernementaux. Les agences de notation sont des acteurs incontournables des marchés. En effet les notations sont souvent utilisées dans le cadre réglementaire d'une part, et aussi dans les stratégies de nombreux investisseurs.

Plus de 150 agences de notations existent dans le monde mais trois agences dominent ce secteur. Il s'agit de Standard & Poor's, Moody's et Fitch Rating. Ces agences de notation pour ne retenir que les plus importantes, ont pour mission principale de délivrer des informations sur le risque de défaut de paiement des entreprises ou des gouvernements, en notant la qualité des titres qu'ils émettent.

Standard & Poor's appartient depuis 1966 au groupe d'édition Mc. Graw Hill qui possède de nombreux réseaux de télévision et journaux financiers. L'agence note plus de 280 000 entités dans une centaine de pays et plus de 10 000 salariés sont présents dans vingt-trois pays.

Moody's appartient depuis 2008 à Moody's Corporation et emploie 3500 salariés dans 27 pays. Elle note une centaine d'émetteurs souverains et plus de 5500 entreprises. Moody's est particulièrement présente en Europe occidentale et au Japon.

Fitch rating appartient à hauteur de 60% au groupe français Fimalac et 40% au groupe Hearst spécialisé dans les médias. L'agence note des émetteurs et entités dans 90 pays.

Ces agences se distinguent d'abord par le statut Nationally Recognized Statistical Rating Organizations (organisations de notation statistique nationalement reconnues : NRSRO) qui leur est accordé par la SEC (Securities and Exchange Commission). C'est en 1975 que la SEC a commencé à utiliser ces notes pour calculer le montant des capitaux dont les courtiers en valeurs mobilières doivent disposer. La SEC a désigné quelques firmes responsables et dont les notations sont dites justifiées, ce sont les NRSRO.

Les notations des organismes sur lesquelles s'appuient en premier lieu les investisseurs proviennent de ces agences. Quelques agences avaient obtenu le statut NRSRO, mais la plupart ont été rachetées par les trois grandes agences actuelles.

D'autres agences de notation ont été créées en Chine, Russie, Japon...sans pour autant obtenir ce statut. Dagong Global Credit Rating, agence de notation financière chinoise, fondée en 1994, n'a pas réussi à obtenir l'accréditation de la SEC en octobre 2010. Pourtant, ses notations ont été jugées plus « crédibles » que celles de ses concurrentes américaines, notamment pour sa notation des pays de l'OCDE.

Les autres agences sont généralement spécialisées:

- Kroll est spécialisée dans la notation des institutions financières.

- Morningstar est spécialisée dans la notation des institutions financières et des produits structurés.
- A.M. Best est spécialisée dans les compagnies d'assurance.

VI.3. Les approches de la notation

Pour mieux évaluer le risque de crédit des entreprises et des établissements de crédit il faut combiner les deux approches (quantitative et qualitative) pour éviter de manquer certaines tendances importantes.

VI.3.1. L'approche quantitative

La notation quantitative des entreprises est l'approche dans laquelle on utilise les méthodes statistiques de régression et de classification et pour se faire il faut d'abord distinguer les entreprises en deux catégories: la première est celle des sociétés de financement (banques et établissement de crédit), et la deuxième celle des corporates (industrielles et commerciales).

Cette répartition a pour objective de bien choisir la méthode pour chaque catégorie, par exemple la notation des corporates se base sur des méthodes comme la régression logistique, analyse discriminante, les réseaux de neurones et les arbres de décision qu'on va les détailler par la suite, et tout cela oblige une base de données de l'historique des entreprises en défaillance pour qu'on puisse calculer les probabilités de défaut.

En ce qui concerne la notation des banques, il est presque impossible de travailler avec les méthodes citées auparavant pour la simple raison qu'on ne va pas trouver une banque déjà tombée en défaillance. C'est pour cela qu'on propose de travailler avec une méthode très particulière c'est la régression logistique ordinale qui consiste à faire une analogie de la grille de notation avec les grande agences de rating ailleurs.

VI.3.2. L'approche qualitative

Les facteurs quantitatifs jouent un rôle important dans la création de chaque score, mais cela n'est pas suffisant. L'approche prend en compte plusieurs facteurs qualitatifs importants qui peuvent avoir un effet à la hausse ou à la baisse sur le score.

La composante qualitative de la note résulte des réponses apportées par les analystes financiers qui suivent l'entreprise à une quarantaine de questions regroupées en neuf grandes thématiques. La connaissance de la gestion humaine, commerciale et financière de l'entreprise est essentielle pour y répondre :

- **Positionnement de l'entreprise sur son marché**

L'entreprise a-t-elle beaucoup de concurrents ? Détient-elle une position de leader ? A-t-elle accru sa part de marché au cours de la dernière année ?

- **Typologie des produits ou services offerts**

L'entreprise commercialise-t-elle plusieurs produits ou services, ou est-elle mono-produit ? Dans le deuxième cas, cette situation est-elle compensée par le fait que le produit en question comporte une forte valeur ajoutée ?

- **Portefeuille clients**

Ce portefeuille est-il diversifié ? Plutôt en croissance ? L'entreprise a-t-elle connu des incidents de paiement avec certains clients ? Et si oui, a-t-elle fait en sorte de réduire ses risques clients en recourant à des techniques du type assurance-crédit ?

- **Qualité des fournisseurs**

La société est-elle fortement dépendante d'un fournisseur ? Existe-t-il des postes d'achats sur lesquels l'entreprise est susceptible de subir des hausses de prix sans pouvoir négocier ?

- **Risques géographiques**

La société réalise-t-elle une part de son chiffre d'affaires, de sa production ou de ses approvisionnements sur une zone à risque ? Est-elle soumise à des risques de change ? Et dans l'affirmative, prend-elle des mesures pour les couvrir ?

- **Risque environnemental**

L'activité de l'entreprise est-elle d'ores et déjà soumise à de nouvelles réglementations qui peuvent pénaliser l'évolution de son chiffre d'affaires ? L'entreprise exerce-t-elle une activité polluante qui lui fait encourir des risques sanitaires élevés ?

- **Aspect social**

La société pâtit-elle d'un important turn over de son personnel ?

- **Qualité du management ressentie par le chargé d'affaires**

Le chef d'entreprise a-t-il donné au chargé d'affaires suffisamment d'éléments pour que ce dernier puisse se faire une idée claire de l'activité et du fonctionnement de la société ? Le business de l'entreprise est-il fortement dépendant de son dirigeant ?

- **Actionnariat**

Si la société a besoin de fonds, lui sera-t-il facile d'obtenir un soutien financier de la part de ses actionnaires ? Si l'entreprise a des actionnaires personnes physiques, existe-t-il parmi eux des individus dont la cotation bancaire personnelle s'est dégradée par rapport à l'année précédente?

VI.4. Réglementation Bâle II et solvabilité 2

Dans cette partie on présentera brièvement la réglementation propre aux assurances et aux banques et la perception des risques inhérents aux crédits, et également le sort de la notation financière des émetteurs privés.

VI.4.1. ICP (Insurance Core Principles) - Référence [B-12] -

Les principes de base de l'assurance est un ensemble de principes, de standards et d'orientations élaborés par l'International Association of Insurance Supervisors qui est l'association reconnue à l'échelle internationale par la promotion de l'assurance et la supervision du secteur assurantiel via les autorités de control au niveau de chaque pays. Ainsi, les 26 principes de l'ICP comptent à veiller sur l'intégrité des groupes d'assurances dans le monde. La solvabilité II est construite à la base des principes de l'IAIS.

Dans le cadre de notre projet on s'intéresse au principe 15 qui porte sur l'investissement : 'Le contrôleur établit, à des fins de solvabilité, des exigences portant sur les activités d'investissement des assureurs en vue de faire face aux risques auxquels ils sont confrontés.' Les orientations 15.3.8 et 15.3.9 donnent la main aux assureurs pour déterminer la capacité de la contrepartie et le risque de défaut associé d'utiliser la notation externes si elle disponible, pourtant ces notations présentent des limites, et dans ce cas l'assureur doit être en mesure d'évaluer au préalable l'exposition au risque de crédit. De plus, l'autorité de control doit dans certains cas fixer des exigences relatives à l'utilisation appropriée des notations pour garantir un niveau de sécurité aux investissements. Enfin, pour évaluer le risque associé aux investissements l'assureur doit être capable d'évaluer la nature, l'importance et la complexité des risques associés, quoique le marché présente des complexités et un manque d'informations.

VI.4.2. Bâle II - Référence [B-13] -

Les différences de vues entre pays sur l'organisation du système bancaire, sur le régime du coefficient des fonds propres et sur la définition de ses facteurs ont conduit à des dispositifs diversifiés - plus laxistes ou rigoureux selon les régions. Le comité de Bâle qui est une instance créée pour contrôler le secteur bancaire et ses intervenants, hébergé par la BIS (Bank for International Settlements). Ce comité définit une réglementation internationale qui régit le secteur bancaire passant de Bâle I vers Bâle IV.

Pour approcher l'objectif de notre sujet à l'aide de la réglementation internationale on va se positionner sur Bâle II et plus précisément l'approche IRB (Internal rating based approach). La réglementation Bâle II prévoit deux méthodes pour évaluer le risque crédit et déterminer le niveau de fonds propre requis comme un coussin de confort, la première est l'approche standard : sous laquelle les banques recourent aux agences de notation telles que S&P et Moody's pour quantifier le montant de fonds propre requis, la deuxième est l'approche de notation interne qui fait appel à des modèles de notation interne propre à chaque banque.

Chapitre 2 : Etude théorique

I. Les méthodes quantitatives du scoring

I.1. Le cas des corporates

I.1.1 Introduction

À l'origine, les méthodes statistiques se fondent sur un raisonnement intuitif : en observant mathématiquement les entreprises qui ont fait défaut ou faillite, il devrait être possible de déterminer les caractéristiques qui les différencient des sociétés qui n'ont pas fait faillite. Dès lors, en comparant ex post des entreprises défailtantes à des entreprises en bonne santé, on peut chercher à modéliser l'appartenance à l'un des deux groupes et, potentiellement, la probabilité de défaillance en combinant mathématiquement les facteurs qui « séparent », discriminent, le mieux les deux groupes. Ces méthodes associent des données historiques, principalement financières, et des techniques statistiques et économétriques.

Dès les années 1930, les travaux académiques ont, logiquement, montré que la valeur de certains ratios était significativement différente entre les entreprises en bonne santé et celles qui font faillite. Les données financières et comptables occupent une place centrale dans l'approche.

1) Les ratios financiers

Dans les travaux académiques et professionnels, certains ratios se voient dotés d'une forte capacité discriminante (prédictive) individuelle. On retrouve, naturellement, parmi eux les ratios habituels de l'analyse financière dédiés au risque, pour des raisons fonctionnelles mais aussi liées au fait que l'analyse financière a, au fil du temps, sélectionné les indicateurs retenus en raison de ce pouvoir discriminant.

Les ratios suivants sont statistiquement dotés d'une capacité à distinguer les entreprises sur le critère du risque de faillite :

- Indépendance Financière : $\text{Fonds Propres} / \text{Passif}$
- Gearing : $\text{Dettes Financières} / \text{Fonds Propres}$
- Vitesse de rotation du capital : $\text{Chiffre d'affaire} / (\text{CP} + \text{endettement net})$
- Capacité d'endettement : $\text{Dette de financement} / (\text{Endettement net} + \text{CP})$
- Rentabilité économique : $\text{Résultat d'exploitation-I\&T} / \text{Endettement net} + \text{CP}$

2) L'élaboration des scores

Chapitre 2 : Etude théorique

De manière générale, on appelle, plus ou moins rigoureusement, score une combinaison de plusieurs ratios, exprimés par une fonction. Le but est que le résultat du calcul (le scoring) soit statistiquement significativement différent pour les entreprises ayant un risque de défaillance et pour les entreprises en bonne santé, permettant ainsi de distinguer au mieux les deux catégories. Les scores sont des notes qui permettent de classer les entreprises; ils pourront ensuite être traités de manière à exprimer une probabilité de défaillance.

3) Le modèle Z score d'Altman

Dans la fin des années 60, le professeur Edward Altman créa un scoring (Z-Score) qui évalue la probabilité qu'une entreprise fasse faillite. La formule du Z-score est composée de 5 ratios qui sont chacun associé à un multiplicateur différent :

$$Z = 1.2A + 1.4B + 3.3C + 0.6D + 1.0E$$

- A = Besoin en fond de roulement (BFR) / Total Actifs
- B = Réserves / Total Actifs
- C = EBIT / Total Actifs
- D = Capitalisation Boursière / Total des dettes
- E = Chiffre d'affaires / Total Actifs

Plus le score est élevé, plus l'entreprise peut faire face à une faillite. Moins le Score est élevé, moins l'entreprise a de chance de tomber en faillite.

Le but est donc de classer les entreprises dans deux groupes distincts (risque et absence de risque) et, éventuellement, de leur affecter une note, un score mesurant leur risque, pouvant ensuite être traduite en une probabilité de défaillance. Certaines méthodes fournissent directement cette mesure comme la régression logistique, l'analyse discriminante de Fisher et les réseaux de neurones artificiels.

1.1.2 Régression logistique - Référence [B-14] -

1) Principe de la régression logistique

La régression logistique est l'analyse la plus convenable à mener quand la variable dépendante est dichotomique (binaire). Elle comme tous les autres types de régression a un caractère prédictif, en effet son utilisation permet de décrire les données et expliquer les relations potentielles qui peuvent exister entre une variable dépendante binaire et une ou plusieurs variables indépendantes que ce soit nominal, ordinal, par intervalle ou des ratios.

Pour illustrer la régression logistique, prenons l'exemple des entreprises qui font faillite : une question qui se pose ; comment la probabilité de défaut change pour une baisse du ratio de liquidité ? Est-ce qu'une campagne pluviométrique défavorable affecte la probabilité de défaut des entreprises agro-alimentaires ?

Chapitre 2 : Etude théorique

Sur un plan mathématique, la régression logistique binaire a pour but de modéliser une variable catégorielle Y qui possède deux modalités 0 ou 1 à partir d'un vecteur de variable $X = (X_1, X_2, \dots, X_p)$ quantitative ou qualitative. Dans notre cas la variable d'intérêt étant le statut de défaut de l'entreprise qui comporte deux modalités : une entreprise défaillante ou non défaillante (saine).

Le cadre de la régression linéaire simple a été rejeté dans la modélisation des variables dichotomiques, ainsi la modélisation directe de Y n'est plus convenable, on utilise par ailleurs la probabilité d'avoir 0 ou 1. On définit π et $1 - \pi$ respectivement la probabilité d'avoir 1 et 0, ainsi conditionnellement à la variable explicative $X=x$:

$$\begin{cases} \pi(x) = P(Y = 1 | X = x) \\ 1 - \pi(x) = P(Y = 0 | X = x) \end{cases}$$

L'écriture standard du modèle $\pi(x) = \beta X$ n'est pas adéquate vu que π est une probabilité dans l'intervalle $[0 ; 1]$ et que βX étant dans \mathbb{R} .

La solution à adopter consiste à modéliser une transformation de $\pi(x)$. Deux transformations ont été faites dans la théorie : la fonction Probit et la fonction Logit.

$F(x) = P(Y = 1 | X = x) = \Phi(X^T \beta)$; est le modèle Probit avec $\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-t^2} dt$ la fonction de répartition de la loi normale centrée réduite.

$F(x) = P(Y = 1 | X = x) = \frac{e^{x^T \beta}}{1 + e^{x^T \beta}}$; est le modèle Logistique avec $Logit(\pi(x)) = \frac{\pi(x)}{1 - \pi(x)}$ la fonction Logit.

Pour des raisons de simplicité on utilise le modèle logistique, donc le modèle sera :

$$Logit(\pi(x)) = \frac{\pi(x)}{1 - \pi(x)} = \beta_0 + \sum_{j=1}^p \beta_j X_j$$

Autrement :

$$\pi(x) = \frac{e^{\beta_0 + \sum_{j=1}^p \beta_j X_j}}{1 + e^{\beta_0 + \sum_{j=1}^p \beta_j X_j}}$$

2) Hypothèse de la régression logistique

Les hypothèses de base de la régression linéaire telles que la linéarité et l'homoscédasticité ne sont pas demandées dans la régression logistique en raison de l'absence

de la méthode des moindres carrés ordinaires. Pourtant il faut vérifier quelques hypothèses dans ce cadre de travail à savoir l'absence de multi-colinéarité des variables explicatives, l'absence de valeur aberrantes et l'indépendance.

3) Estimation des paramètres du modèle

Pour l'estimation des paramètres on considère un échantillon de taille N . L'observation de chaque individu i de l'échantillon donne deux possibilités pour la variable Y , ainsi Y prend 0 ou 1, on observe également le vecteur des variables explicatives $X = (X_1, X_2, \dots, X_p)$.

Par la méthode de maximum de vraisemblance on estime les coefficients $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_p$. La connaissance à priori de la probabilité de Y sachant $X=x$ suit par nature une distribution binomiale de paramètre π , tel que la fonction de densité s'écrit comme suit :

$$P(Y = y | X = x) = \pi_i(x)^{y_i} * (1 - \pi_i(x))^{1-y_i}$$

La fonction de vraisemblance de l'échantillon sera donc :

$$l(x) = \prod_{i=1}^N \pi_i(x)^{y_i} * (1 - \pi_i(x))^{1-y_i}$$

Il est convenable pour des raisons de calcul d'utiliser la fonction log-vraisemblance :

$$L(x) = \log(l(x)) = \sum_{i=1}^N y_i * \ln(\pi_i(x)) + (1 - y_i) * \ln(1 - \pi_i(x))$$

L'estimation par maximum de vraisemblance des $\hat{\beta}$ est faite par maximisation de l'équation ci-dessus car la fonction Log est monotone. Le problème de maximisation revient à annuler la dérivée première du Log de vraisemblance, or dans ce cas on se retrouve avec des équations non linéaires qu'on ne peut pas résoudre analytiquement. La solution doit être alors approchée par une méthode numérique telle que la méthode de Newton-Raphson.

L'interprétation directe des $\hat{\beta}$ n'est pas évidente tel que le cas de la régression linéaire, on se restreint donc sur le signe des $\hat{\beta}$; si β_i est positif (respectivement négatif) on dit qu'une augmentation de X_i a un effet positif (respectivement négatif) sur la probabilité π .

4) Tests statistiques du modèle logistique

Après avoir estimé les paramètres associés à la régression logistique, nous allons tester la significativité de chacune des variables explicatives pour pouvoir écrire le modèle discriminant à partir duquel nous allons établir la règle de classement. Pour cette fin, nous utilisons le test de nullité des coefficients présenté par les hypothèses suivantes :

$$H_0 : \beta_j = 0 \text{ Vs } H_1 : \beta_j \neq 0$$

- Test de rapport de vraisemblance

Il suffit de comparer la déviance (D) du modèle avec et sans la variable en question, qui suit une loi de χ^2 à un degré de liberté 1.

$$L = D(\text{modèle ajusté}) - D(\text{modèle complet})$$

- Test de Wald

La statistique de Wald s'écrit comme suit $W = \frac{\hat{\beta}_j}{s(\hat{\beta}_j)}$; avec $s(\hat{\beta}_j)$ étant l'écart type du paramètre estimé $\hat{\beta}_j$. Sous H_0 $W \sim \chi^2$.

Au niveau de la signification, on rejette H_0 si :

- $W_{calculé} \geq q_{1-\alpha}$ avec q la fonction réciproque de la loi Khi-deux au niveau α .
- Le p-value associé est inférieur au seuil α .

- Test d'adéquation de l'ajustement

Pour tester l'ajustement du modèle, nous utilisons le test de Hosmer-Lemshow. C'est un test de la qualité de l'ajustement qui s'appuie sur l'hypothèse suivante :

$$H_0 : \text{Le modèle est adéquat Vs } H_1 : \text{Le modèle n'est pas adéquat}$$

Pour ce faire, la population est divisée en j classes d'effectifs égaux et on se base sur la statistique de Pearson :

$$H = \sum_{i=1}^j \frac{(O_i - N_i * q_i)^2}{N_i * q_i(1 - N_i * q_i)}$$

Avec

O_i : Nombre d'événement dans le groupe i ;

N_i : Nombre d'individu dans le groupe i ;

q_i : La probabilité moyenne estimée d'un événement dans le groupe i ;

La statistique H suit une loi Khi-deux de $j-2$ degré de liberté, Elle mesure l'ajustement global du modèle.

Chapitre 2 : Etude théorique

On rejette H_0 si $H_{observé}$ prend des valeurs très grande, ou si la p-value étant supérieure au seuil du test α .

I.1.3. Analyse discriminante - Référence [W-3] -

1) Principe et but de l'analyse discriminante

L'analyse discriminante est une technique très puissante de description et classification développé par R. A. Fisher en 1936 pour : Décrire les caractéristiques qui font la distinction entre deux ou plusieurs groupes, et classer les unités statistiques dans des groupes homogènes qui partagent des similarités déduites à partir d'un ensemble de variables explicatives.

Ainsi l'analyse discriminante a deux objectifs :

- Descriptif : Il Consiste à la recherche des combinaisons linéaires des variables qui permettent de séparer au mieux les classes d'individus définies préalablement dans la population, et donner une représentation graphique adéquate qui rend compte à cette séparation.
- Prévisionnel : Il consiste à prévoir la classe d'affectation d'un nouvel individu décrit par les mêmes variables quantitatives.

2) Etapes de l'analyse discriminante

a) Hypothèses de l'analyse discriminante

Vu que les données utilisées dans l'analyse discriminante comprennent un ensemble de variables dépassant deux, les hypothèses requis seront donc les mêmes telles que le cas de la statistique multivariée.

- L'indépendance : les observations et les mesures doivent être indépendantes.
- La normalité : Les variables explicatives doivent suivre la loi normale multivariée.
- L'homoscédasticité : les matrices de covariances des variables de discrimination sont égales.

L'hypothèse d'indépendance est critique dans ce cas, sa violation augmente la probabilité de tomber dans l'erreur de type I. Pour assurer donc que les variables (observations) sont indépendantes (ne sont pas fortement corrélées), il vient à examiner la matrice de corrélation des variables de discrimination. Dans la norme, les corrélations dont la valeur absolue est inférieure à 0.3 ne violent pas l'hypothèse d'indépendance.

b) Critère de discrimination

La logique de l'analyse discriminante provient d'un contexte de discrimination probabiliste. Elle se situe donc dans l'hypothèse de normalité des variables sous chaque classe ; ainsi pour chaque classe k , la fonction de densité est donné par :

$$f_k(x) = \frac{\exp\left(-\frac{1}{2}(x - \mu_k)^T \Sigma_k^{-1}(x - \mu_k)\right)}{(2\pi)^{p/2} |\Sigma_k|^{1/2}}$$

μ_k : La moyenne de la classe k

Σ_k : La matrice de var-covar

Soit π_k la probabilité *a priori* d'appartenir à la classe k. Par l'application du théorème de Bayes on a :

$$P(K = k | X = x) = \frac{f_k(x) * \pi_k}{\sum_i f_i(x) * \pi_i}$$

Notons que les probabilités ne sont pas nulles et que la fonction log est croissante, alors la relation suivante peut être utilisée comme critère de classification :

$$\arg \max_k \frac{f_k(x) * \pi_k}{\sum_i f_i(x) * \pi_i} = \arg \max_k \log(f_k(x)) + \log(\pi_k)$$

L'utilisation de la fonction logarithme permet de simplifier le critère de classification tant qu'on travaille avec la loi normale. Le résultat de ce qui précède donne la fonction discriminante (discriminant function) :

$$\delta_k(x) = \log(f_k(x)) + \log(\pi_k)$$

c) L'analyse discriminante linéaire (LDA)

Sous l'analyse discriminante linéaire on utilise une hypothèse simplificatrice : $\Sigma_k = \Sigma$ pour chaque classe k. C'est-à-dire que les classes partagent une matrice de variance-covariance interclasse commune. Par suite les termes constants qui ne dépendent pas de k ne vont pas figurer dans la fonction discriminante :

$$\delta_k(x) = \mu_k^T \Sigma^{-1} x - \frac{1}{2} \mu_k^T \Sigma^{-1} \mu_k + \log(\pi_k)$$

La fonction discriminante étant dans ce cas une fonction linéaire en x

Dans la figure ci-dessous une illustration d'une fonction discriminante qui sépare deux classe selon deux critères quantitatifs X et Y :

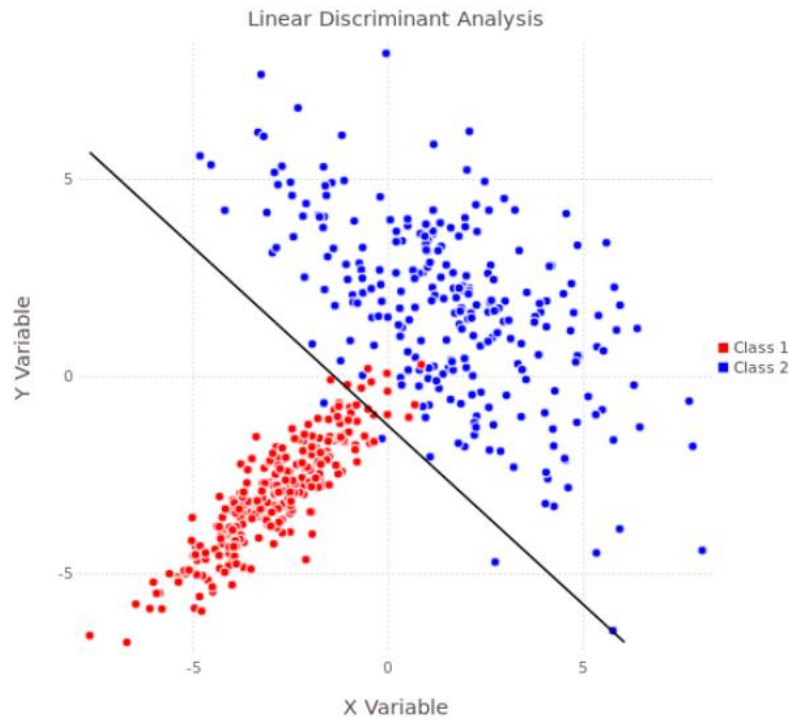


Figure 4 : Analyse discriminante linéaire

d) L'analyse discriminante quadratique (QDA)

L'analyse discriminante quadratique ignore l'hypothèse de simplification qui stipule que la matrice variance-covariance est la même pour toutes les classes. Le résultat restera donc :

$$\delta_k(x) = \frac{-1}{2} (x - \mu_k)^T \Sigma_k^{-1} (x - \mu_k) - \frac{1}{2} \log(|\Sigma_k|) + \log(\pi_k)$$

Le graphique suivant montre la forme quadratique d'une classification par les critères X et Y :

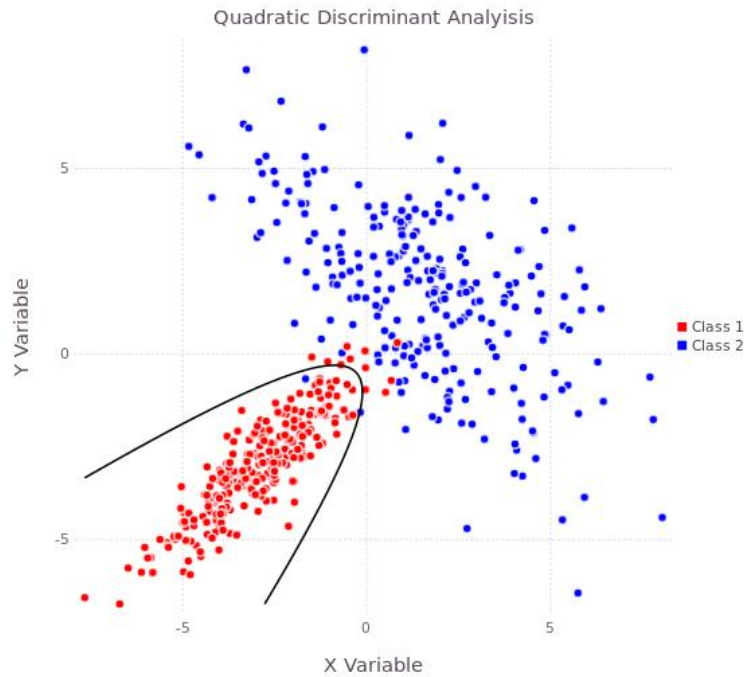


Figure 5 : Analyse discriminante quadratique

On note bien que l'analyse discriminante quadratique n'est pas forcément meilleure que l'analyse discriminante linéaire.

3) Test de la puissance du modèle

Pour évaluer la capacité de la fonction discriminante à distinguer entre deux groupes comparés nous utiliserons le Lambda de Wilks, qui est une statistique se situant entre 0 et 1. Plus la valeur du lambda de Wilks est petite plus il y a de différence entre les groupes comparés.

L'expression de lambda de Wilks est : $\lambda = \frac{|W|}{|V|}$ avec :

$|W|$: Le déterminant de la matrice var-covar intra-classes

$|V|$: Le déterminant de la matrice var-covar globale

Le lambda de Wilks est également utilisé pour la sélection de variables en analyse discriminante. En effet, une variable est jugée discriminante si la p-value associée à la statistique de Wilks est inférieure au seuil de risque choisi.

1.1.4. Les réseaux de neurones - Référence [W-4] -

1) Principe et catégories des réseaux de neurones

Les réseaux de neurones sont des méthodes quantitatives de prévision habituellement utilisés en physique appliquée, ils ont apparu dans les domaines de la finance vers le début des années 90. Il existe deux raisons principales derrière cet intérêt croissant chez les chercheurs de la finance : la première est que contrairement aux méthodes statistiques classiques les réseaux de neurones ne demandent aucune hypothèse pour son utilisation, la deuxième est qu'ils sont bien efficaces et adaptés pour le traitement des problèmes complexes non structurés, c'est-à-dire les problèmes dont la connaissance a priori de la forme des relations s'avère très difficile.

Grâce à des algorithmes spécifiques, ces systèmes apprennent par eux-mêmes les relations potentiellement existantes entre les variables à partir d'un ensemble de données, en imitant ainsi le cerveau humain dans son fonctionnement. Autrement, le réseau se paramètre de lui-même à partir des exemples qui lui sont fournis.

Il existe deux grandes catégories de réseaux de neurones :

- Les réseaux à apprentissage supervisé dans lesquels le système apprend à reconnaître des formes à partir d'un échantillon d'apprentissage qui associe les modalités portées par des variables censées caractériser une forme, et la forme elle-même. Sur cet échantillon les résultats correspondant aux divers ensembles d'informations données au système sont connus. C'est à partir de là que le système se paramètre.
- Les réseaux à apprentissage non supervisé, qui sont utilisés lorsque l'utilisateur du réseau n'est pas en mesure de présenter au système un échantillon mettant en regard une somme d'informations et la forme qu'elle est censée représenter. Le réseau s'auto-organise de façon à découvrir des formes récurrentes dans les informations qu'il reçoit, mais il le fait sans aide extérieure, contrairement aux réseaux à apprentissage supervisé.

Dans le domaine de la finance on utilise souvent le premier type, également appelé réseau à couches.

2) Architecture des réseaux de neurones

En générale les réseaux de neurones se présentent sous la forme d'un ensemble de couches qui comportent un ou plusieurs neurones, tel que chaque neurone représente une unité de calcul autonome relié aux neurones de la couche précédente. On donne ci-après un exemple d'un réseau à couches :

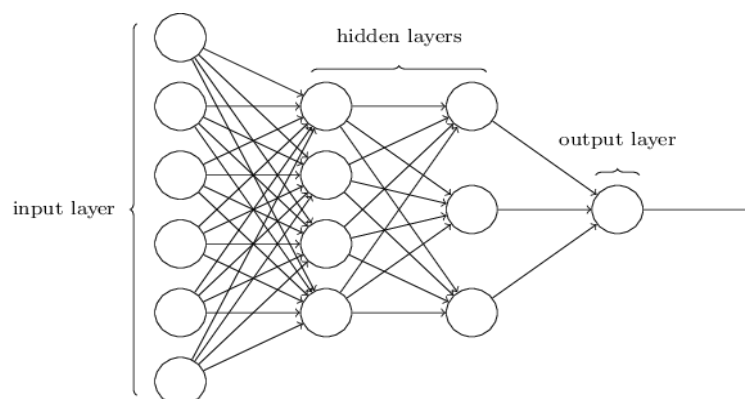


Figure 6 : Un exemple du réseau de neurones

Dans la représentation, les cercles représentent des neurones superposés dans des couches, ainsi nous avons quatre couches (Layer) : la couche d'entrée (Input Layer) qui reçoit les informations des 6 neurones d'entrée, la couche de sortie (Output Layer) comprend un seul neurone qui donne le résultat du traitement à l'intérieur du réseau. Entre ces deux couches figurent les couches cachées (Hidden Layers) qui servent à effectuer des calculs intermédiaires.

Les neurones sont reliés par l'intermédiaire de poids synaptiques compris entre 0 et 1. L'algorithme d'apprentissage a pour tâche d'évaluer ces poids en fonction des données mises à l'entrée du réseau.

Dans le cas qui nous intéresse, les neurones disposés sur la couche d'entrée reçoivent les informations censées expliquer le phénomène à analyser. Pour ce qui concerne la détection préventive d'entreprises en difficulté, par exemple, il s'agira le plus souvent de ratios financiers. Le neurone de sortie prendra une valeur binaire, 0 ou 1, selon que l'entreprise est considérée comme saine ou susceptible de défaillance.

3) La fonction d'activation des neurones

Chaque neurone collecte les informations fournies par les neurones de la couche précédente avec lesquels il se trouve en relation et calcule alors son potentiel d'activation. Celui-ci est ensuite transformé par une fonction pour déterminer l'impulsion envoyée aux neurones de la couche suivante (potentiel de sortie). L'activation d'un neurone est donnée par la somme des potentiels de sortie de ses prédécesseurs, pondérée par les poids synaptiques. Ce potentiel d'activation est ensuite transformé par une fonction afin de déterminer le potentiel de sortie.

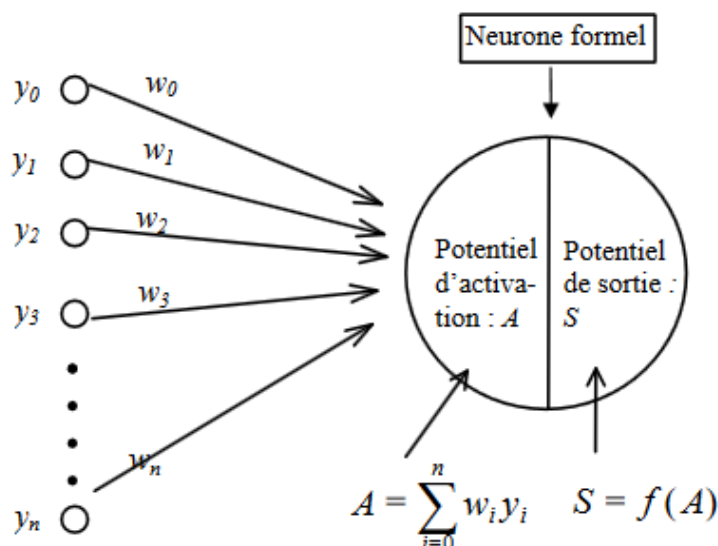


Figure 7 : Exemple d'un neurone avec plusieurs entrées

Avec y_i désigne les sorties des prédécesseurs du neurone et w_i désigne les poids synaptiques.

Chapitre 2 : Etude théorique

On utilise le plus souvent des fonctions croissante et impaire qui ramènent le résultat à des bornes prédéfinies. Dans notre cas la fonction sigmoïde sera utilisée pour la transformation.

$$S = f(A) = \frac{1}{1 + e^{-A}}$$

Le réseau se paramètre à l'aide d'un échantillon d'apprentissage, qui associe des formes présentées à un résultat désiré. C'est l'algorithme d'apprentissage qui ajuste les poids synaptiques en cherchant à minimiser une fonction de coût. C'est sans aucun doute la découverte de l'algorithme de rétro propagation du gradient de l'erreur par Rumelhart, Hinton et Williams en 1986, qui a marqué le pas décisif dans l'application des réseaux de neurones artificiels. C'est encore aujourd'hui le plus utilisé dans les applications de finance.

1.1.5. Validation et puissance des méthodes

1) Matrice de confusion et taux d'erreur de classement

La construction des différents classeurs découlant des méthodes vues précédemment implique qu'on teste la puissance de ces modèles. Pour ce faire, la matrice de confusion est un outil mathématique qui nous aide à vérifier la puissance des classeurs et les comparer.

La matrice de confusion fait le croisement sur un échantillon de test entre les classes ou les états prédits par le modèle et les classes ou les états réels. Pour une variable binaire tel que le cas des entreprises en défaillance ou pas, on donne la matrice de confusion sous la forme suivante :

		Classes prédites	
		0	1
Classes réelles	0	a	b
	1	c	d

Tableau 2 : Matrice de confusion

Avec :

a : Élément appartenant réellement à la classe 1 et correctement prédit

b : Élément appartenant réellement à la classe 0 et mal prédit

c : Élément appartenant réellement à la classe 1 et mal prédit

d : Elément appartenant réellement à la classe 0 et correctement prédit

Sachant qu'on peut dégager de la matrice de confusion plusieurs paramètres qui caractérisent la qualité de prédiction du modèle, celui qui nous intéresse est le taux d'erreur de classification (Misclassification rate) défini de la façon suivante :

$$\text{Taux d'erreur} = 1 - \frac{a + d}{N}$$

$$\text{Taux d'erreur} = 1 - \text{Taux de précision}$$

Avec N est la taille de l'échantillon $N = a + b + c + d$

Alors plus le taux d'erreur de classification est faible plus la qualité de prédiction est meilleure, c'est-à-dire que le nombre des individus mal classés est faible.

2) Courbe de ROC - Référence [W-5] -

La courbe de ROC est une mesure de la performance d'un classificateur binaire, c'est-à-dire d'un système qui a pour objectif de catégoriser des éléments en deux groupes distincts sur la base d'une ou plusieurs des caractéristiques de chacun de ces éléments. Graphiquement, on représente souvent la mesure ROC sous la forme d'une courbe qui donne le taux de vrais positifs (fraction des positifs qui sont effectivement détectés) en fonction du taux de faux positifs (fraction des négatifs qui sont incorrectement détectés).

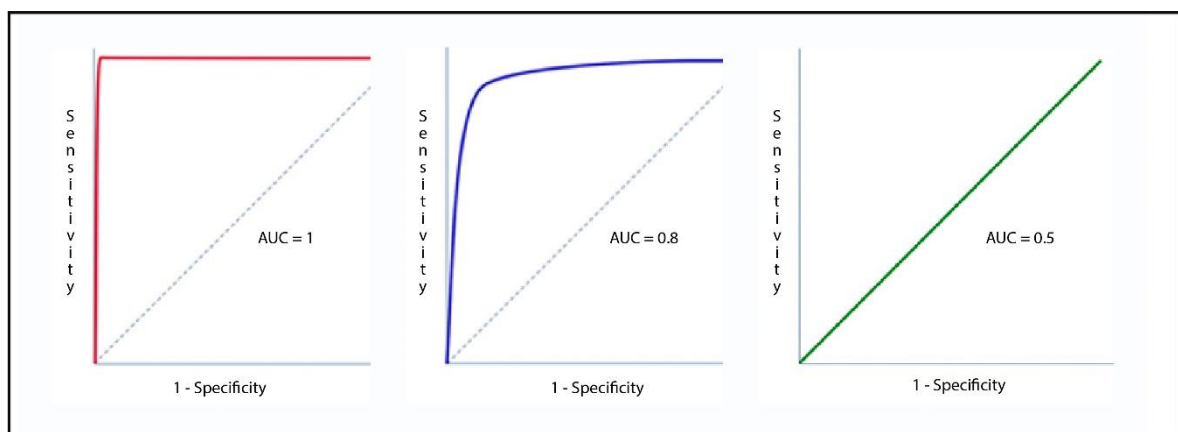


Tableau 3 : Courbes de ROC selon la qualité du prédicteur

La qualité du classificateur est jugée meilleure tant que la courbe de ROC s'éloigne de la première bissectrice. Une mesure aussi importante découle de la courbe de ROC c'est l'aire sous la courbe ou AUC (Area Under Curve). AUC indique la probabilité pour que la fonction SCORE

place un positif devant un négatif, dans le cas parfait $AUC = 1$ et pour un classificateur aléatoire $AUC = 0.5$

1.2. Le cas des sociétés de financement (Banques)

1.2.1. Régression logistique ordinale - Référence [B-11] -

La régression logistique ordinale est une technique qui s'applique pour analyser les dépendances entre une variable à expliquer possédant trois ou plus modalités qui sont ordonnées (par exemple : modéré, moyen, fort) et une ou plusieurs variables explicatives (indépendantes, exogènes) quantitatives et qualitatives ordinales ou nominales.

L'extension la plus utilisée pour réaliser des modèles ordinaux est ordinal. Il est même possible de réaliser des modèles ordinaux avec des effets aléatoires (modèles mixtes).

Dans le cas d'une régression logistique ordinale, il est important que les niveaux du facteur soient classés selon leur ordre hiérarchique (du plus faible au plus fort). Et parfois il faut recoder la variable à expliquer. Nous posons alors la formule suivante :

$$\mathbf{y}_i^* = \mathbf{x}_i' \boldsymbol{\beta} + e_i$$

Nous n'observons pas la variable latente, mais nous observons sa classe, c'est-à-dire que la variable \mathbf{y}_i^* n'est pas importante en elle-même, c'est son lien avec \mathbf{y}_i qui nous intéresse.

En effet la définition des m classes est supposée être faite sur la base $(m-1)$ bornes comme suit :

$$\begin{aligned} y_i = 0 &\Leftrightarrow i \in C_1 \Leftrightarrow \mathbf{y}_i^* < C_1 \\ y_i = 1 &\Leftrightarrow i \in C_2 \Leftrightarrow C_1 \leq \mathbf{y}_i^* < C_2 \\ &\cdot \\ &\cdot \\ &\cdot \\ y_i = m &\Leftrightarrow i \in C_m \Leftrightarrow \mathbf{y}_i^* \geq C_{m-1} \end{aligned}$$

Les bornes sont inconnues tout comme \mathbf{y}_i^* . D'une manière générale le nombre des classes est de l'ordre $m-1$.

Par la suite :

$$\begin{aligned} P(y_i = 0) &= P(i \in C_1) = P(\mathbf{y}_i^* < C_1) = F\left(\frac{C_1 - \mathbf{x}_i' \boldsymbol{\beta}}{\sigma_e}\right) \\ P(y_i = 1) &= P(C_1 \leq \mathbf{y}_i^* < C_2) = F\left(\frac{C_2 - \mathbf{x}_i' \boldsymbol{\beta}}{\sigma_e}\right) - F\left(\frac{C_1 - \mathbf{x}_i' \boldsymbol{\beta}}{\sigma_e}\right) \end{aligned}$$

·
·
·

$$P(y_i = m) = 1 - F\left(\frac{C_{m-1} - x'_1\beta}{\sigma_e}\right)$$

De façon générale on a :

$$P(y_i = j) = P(C_j \leq y_i^* < C_{j+1}) = F\left(\frac{C_{j+1} - x'_1\beta}{\sigma_e}\right) - F\left(\frac{C_j - x'_1\beta}{\sigma_e}\right)$$

Avec $C_0 = -\infty$ pour avoir le cas $j=0$ et $C_{m+1} = +\infty$ pour avoir le cas $j=m$.

Pour échapper au problème : le terme constant est observé par les C_j , alors x'_i ne contient pas de terme constant. En même temps on peut identifier les bornes.

On prend $\sigma_e = 1$ car σ_e est non-identifiable, seule les paramètres $\tilde{\beta} = \frac{\hat{\beta}}{\sigma_e}$ et $\tilde{y} = \frac{C_j}{\sigma_e}$ sont identifiables.

La vraisemblance du modèle de la régression logistique ordinaire s'écrit comme suit :

$$L(.) = \prod \prod P_{ij}^{y_{ij}}$$

$$L(.) = \prod_{i=1}^n \prod_{j=1}^m \left[F\left(\frac{C_{j+1} - x'_1\beta}{\sigma_e}\right) - F\left(\frac{C_j - x'_1\beta}{\sigma_e}\right) \right]^{y_{ij}}$$

En introduisant la fonction logarithme ln :

$$l(.) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m y_{ij} * \ln \left[F\left(\frac{C_{j+1} - x'_1\beta}{\sigma_e}\right) - F\left(\frac{C_j - x'_1\beta}{\sigma_e}\right) \right]$$

$\frac{\partial P_{ij}}{\partial x_i^k}$ est l'effet marginal qui change :

- D'une classe à une autre
- D'une variable à l'autre
- D'un individu à l'autre

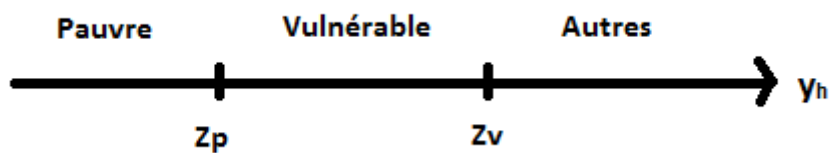
Exemple d'un modèle ordinal

Chapitre 2 : Etude théorique

Nous considérons les variables suivantes :

- Pauvre (1)
- Vulnérable (2)
- Autre (3)

Nous supposons qu'il y a une variable latente pour les ménages y_h^* avec $h = 1, \dots, n$, et nous avons aussi deux seuils Z_p et Z_v figurant comme suit :



Avec

$$Z_v = 1,5 * Z_p$$

Par la suite

$$P(y_h = 3) = 1 - P(y_h = 1) - P(y_h = 2)$$

II. L'aspect qualitatif

II.1. Méthodologie de notation à l'aide d'une approche séquentielle

Cette méthodologie s'applique à toutes les institutions financières offrant des opérations de banque et tous les services financiers en général, ainsi qu'à toutes les corporates.

La méthodologie de notation se base sur une approche séquentielle. Cette analyse en séquences conditionne la notation de contrepartie de long terme de l'entreprise, et repose sur deux pôles : La Notation Intrinsèque de la banque et les Facteurs de Support Externe (FSE). Ces FSE regroupe les FSE «Parentaux» (FSE.P) et «Systémiques» (FSE.S) pour le cas des banques et juste FSE «Parentaux» pour le cas des corporates.

La Notation Intrinsèque repose sur neuf Facteurs de Notation Intrinsèque (FNI), répartis dans 3 catégories : Les facteurs environnementaux, les facteurs qualitatifs et les facteurs financiers. Chaque FNI (FNI_n , $n=1$ à 9) fait l'objet d'un Score (S_n , $n=1$ à 9) et d'une pondération (W_n , $n=1$ à 9). Ces Scores seront déterminés sur une échelle de 1 à 6, où 1 représente le score le plus élevé et 6 représente le score le plus faible. La Notation Intrinsèque est la somme pondérée des 9 Scores, selon la relation suivante :

Chapitre 2 : Etude théorique

$$\text{Notation Intrinsèque} = \sum_{n=1}^9 W_n * S_n$$

La liste de ces neuf facteurs pondérés et de leurs catégories est dans les tableaux suivants :

Pour le cas des banques :

FNI.B	Catégories	Nature des facteurs de risque	Acronymes	Pondérations (catégories)	Pondérations Wn (par FNI.B)	Scores	Scores pondérés
FNI.B1	FNI.B Environnementaux	Environnement macroéconomique	EM	20%	8%	S1	W1xS1
FNI.B2		Environnement opérationnel	EO		7%	S2	W2xS2
FNI.B3		Environnement réglementaire	ER		5%	S3	W3xS3
FNI.B4	FNI.B Qualitatifs	Positionnement stratégique	PS	50%	15%	S4	W4xS4
FNI.B5		Gouvernance et gestion des risques	GR		20%	S5	W5xS5
FNI.B6		Qualité des actifs	QA		15%	S6	W6xS6
FNI.B7	FNI.B Financiers	Rentabilité	RE	30%	10%	S7	W7xS7
FNI.B8		Liquidité	LQ		10%	S8	W8xS8
FNI.B9		Capitalisation	CA		10%	S9	W9xS9
						Score pondéré total	$\sum W_n x S_n$

Tableau 4 : Pondération de chaque facteur pour le cas des banques - Référence [W-1] -

Pour le cas des corporates :

FNI.C	Catégories	Nature des facteurs de risque	Acronymes	Pondérations (catégories)	Pondérations Wn (par FNI.C)	Scores	Scores pondérés
FNI.C1	FNI.C Environnementaux	Environnement macroéconomique	EM	25%	10%	S1	W1xS1
FNI.C2		Environnement opérationnel	EO		7%	S2	W2xS2
FNI.C3		Environnement sectoriel	ES		8%	S3	W3xS3
FNI.C4	FNI.C Qualitatifs	Produits - Distribution - Marque	PM	40%	15%	S4	W4xS4
FNI.C5		Gouvernance et management	GM		15%	S5	W5xS5
FNI.C6		Positionnement concurrentiel	PC		10%	S6	W6xS6
FNI.C7	FNI.C Financiers	Rentabilité	RE	35%	10%	S7	W7xS7
FNI.C8		Liquidité	LQ		10%	S8	W8xS8
FNI.C9		Flexibilité financière	FF		15%	S9	W9xS9
						Score pondéré total	$\sum W_n x S_n$

Tableau 5 : Pondération de chaque facteur pour le cas des corporates - Référence [W-2] -

La somme des scores pondérés amène à un Score Pondéré Total.

Le dernier score est ensuite transcrit en langage de notation, par le biais d'une table de correspondance entre les scores et les notations intrinsèques. Ce qui est reporté dans le tableau suivant:

De	A	
1.00	1.24	AAA
1.25	1.49	AA+
1.50	1.74	AA
1.75	1.99	AA-
2.00	2.24	A+
2.25	2.49	A
2.50	2.74	A-
2.75	2.99	BBB+
3.00	3.24	BBB
3.25	3.49	BBB-
3.50	3.74	BB+
3.75	3.99	BB
4.00	4.24	BB-
4.25	4.49	B+
4.50	4.74	B
4.75	4.99	B-
5.00	5.24	CCC+
5.25	5.49	CCC
5.50	5.74	CCC-
5.75	5.99	CC/C

Tableau 6 : La grille de notation adoptée - Référence [W-1] -

II.2. Définition des facteurs de l'approche

1) Facteurs de Notation Intrinsèques

Nous remarquons que certains des éléments de ces facteurs sont communs pour le cas des banques et des corporates et les autres ne le sont pas. Pour cela les éléments qui ne sont pas communs vous les trouverez mentionnés dans le même titre.

a) Les facteurs environnementaux

1) Environnement macroéconomique

Ce facteur traite la maturité, la diversification et la soutenabilité de la valeur ajoutée dans le pays, et identifie, pour le cas des corporates, la robustesse du tissu industriel de ce pays ainsi que, pour le cas des banques, la catégorie des gens bancarisable y compris les entreprises et leur fréquence d'utilisation des services financiers.

2) Environnement opérationnel

L'environnement opérationnel traite des indices que les entreprises et les banques doivent tenir compte dans leurs opérations commerciales, industrielles et financières. Ce facteur

Chapitre 2 : Etude théorique

inclut la gouvernance du système économique du secteur bancaire et du secteur industriel, et le niveau d'équipement technologique des banques et des corporates et le nombre de personnels qualifiés dans les secteurs financiers et commerciaux.

3) Environnement réglementaire/sectoriel

L'environnement réglementaire traite les règles et les normes applicables par les banques ainsi que les moyens logistiques et technologiques pour s'assurer de l'application de ces réglementations. Tandis que l'environnement sectoriel mesure la dynamique concurrentielle et le degré de maturité du secteur d'activité de la Corporate notée.

b) Les facteurs qualitatifs

4) Positionnement stratégique/ Produits – Distribution – Marque

Dans tout ce qui suit on va éclaircir ce qui n'est pas relatifs à l'environnement de la banque ou de la corporate. Le facteur produit-distribution-marque ou positionnement stratégique traite la nature et le degré de spécialisation du produit et de l'institution financière, ainsi que la part de marché concernant la banque ou la corporate et leurs diversifications opérationnelles et géographiques.

5) Gouvernance et gestion des risques

Ce facteur a pour objectif de noter la nature et la qualité des instruments de gouvernance de l'entreprise, ainsi que la gestion des risques financiers et les contrôles qui relèvent d'une responsabilité opérationnelle.

6) Qualité des actifs/ Positionnement concurrentiel

La qualité des actifs est un autre facteur qualitatif qui fait objet de notation de la performance qualitative des portefeuilles de crédit, d'investissement et de participation, ainsi que le degré de concentration sectorielle et des contreparties. Tandis que le positionnement concurrentiel calibre son traitement autour de trois sous-éléments : la compétitivité-prix, la compétitivité hors-prix et développement – technologie – innovation.

c) Les facteurs financiers

7) Rentabilité

Ce facteur analyse la rentabilité comme source importante de risque pour les banques. Elle se base sur deux types de ratios : les rendements nets des actifs qui se calculent par le ROA (Return On Asset) et l'efficacité opérationnelle qui s'interprète par la gestion des charges opérationnelles. Tandis que pour les corporates elle se base sur la marge de profit (résultat net/chiffre d'affaires), la rotation des actifs (chiffre d'affaire/total des actifs) et le levier financier (endettement net/fonds propres).

8) Liquidité

Chapitre 2 : Etude théorique

La liquidité est une raison aussi pour laquelle les banques et les corporates ont tendance à faire défaut. Ce facteur traite la notion de liquidité des actifs par le ratio LCR (Liquidity Coverage Ratio) ainsi que la question du refinancement et gestion de la liquidité comme tendance que les banques et les corporates utilisent pour faire face à leurs besoins de liquidité.

9) Capitalisation/ Flexibilité financière

La capitalisation, pour le cas des banques, regroupe le capital réglementaire pour mesurer la tendance au rythme de croissance des actifs pondérés par les risques, et le levier financier en rapportant les endettements nets aux capitaux propres. Tandis que la flexibilité financière donne, pour le cas des corporates, la primauté directe à la structure de sa dette et qui sera capturée par la couverture des intérêts par les cash-flows et la dette en années de cash-flows dans le but de mesurer le poids de l'endettement de l'entreprise en années d'EBE.

Tous ces facteurs sont regroupés dans le tableau ci-dessous, chacun a une pondération dans sa catégorie.

FACTEURS DE NOTATION INTRINSEQUE	Pondération Banques	Pondération Corporates
<u>FACTEURS ENVIRONNEMENTAUX</u>	20%	25%
Environnement macroéconomique	8%	10%
<i>Maturité</i>	2,67%	3,67%
<i>Diversité</i>	2,67%	2,67%
<i>Soutenabilité</i>	2,67%	3,67%
Environnement opérationnel	7%	7%
<i>Gouvernance systémique</i>	3%	3%
<i>Infrastructure</i>	2%	2%
<i>Information</i>	2%	2%
Environnement réglementaire/ Sectoriel	5%	8%
<i>Réglementation / Pression concurrentielle</i>	3%	4%
<i>Supervision / Degré de maturité</i>	2%	4%
<u>FACTEURS QUALITATIFS</u>	50%	40%
Positionnement stratégique / Produits - Distribution - Marque	15%	15%
<i>Parts de marché/ Diversité des produits</i>	6%	5%
<i>Diversification opérationnelle/ Distribution et parts de marché</i>	5%	5%
<i>Diversification géographique/ Reconnaissance de la marque</i>	4%	5%
Gouvernance et gestion des risques	20%	15%

Chapitre 2 : Etude théorique

<i>Gouvernance idiosyncrasique</i>		5%
<i>Gestion des risques / Qualité de la gestion stratégique</i>	10,5%	5%
<i>Contrôles / Qualité de l'exécution opérationnelle</i>	9,5%	5%
Qualité des actifs / Positionnement concurrentiel	15%	10%
<i>Performance qualitative des portefeuilles / Compétitivité prix</i>	5%	3%
<i>Concentration sectorielle / Compétitivité hors-prix</i>	5%	3%
<i>Concentration des contreparties / Développement - Technologie - Innovation</i>	5%	4%
<u>FACTEURS FINANCIERS</u>	30%	35%
Rentabilité	10%	10%
<i>Marge de profit</i>		4%
<i>Rendement net des actifs / Rotation des actifs</i>	6%	3%
<i>Efficacité opérationnelle / Lever financier</i>	4%	3%
Liquidité	10%	10%
<i>Liquidité des actifs</i>	5%	5%
<i>Refinancement et gestion de la liquidité</i>	5%	5%
Capitalisation / Flexibilité financière	10%	15%
<i>Lever financier / Couverture des intérêts par les cash-flows</i>	4%	8%
<i>Capital réglementaire / Dette en années de cash-flows</i>	6%	7%

Tableau 7 : Pondération de chaque élément de facteur pour le cas des banques et des corporates

2) Facteurs de Support Externe (FSE)

a) Les Facteurs de Support Externes Parentaux (FSE.P)

Certaines des entreprises sont des filiales de grands groupes qui sont eux même notés. Ces filiales sont obligées de demander un support parental soit opérationnel, en liquidité ou en fonds propres. Par la suite, nous allons prendre en considération le degré d'importance stratégique dans notre formule de calcul de la notation qui sera ou bien élevé (+3 crans au-dessus de la notation pour les banques et +4 crans pour les corporates), moyen (+2 crans) ou faible (+1 cran pour les banques et +0 crans pour les corporates).

b) Les Facteurs de Support Externe Systémiques (FSE.S)

Les Banques ont tendance à bénéficier du support de leurs autorités nationales sous plusieurs formes comme l'injection de liquidité par les prêteurs en dernier ressort ou l'aides étatiques ou de défaisance d'actifs toxiques vers des entités publiques, tandis que pour les corporates nous ne tiendrons pas compte ce type de support.

Nous pouvons classer le soutien des banques selon deux axes :

- La propension au support des autorités nationales
- Le degré d'importance systémique de la banque sur son marché

Le niveau de soutien exprimé en nombre de crans au-dessus de la notation intrinsèque est figuré dans la matrice suivante :

		PROPENSION AU SUPPORT		
		Elevée	Moyenne	Faible
IMPORTANCE SYSTEMIQUE DE LA BANQUE	Elevée	+4	+3	+2
	Moyenne	+3	+2	+1
	Faible	+2	+1	+0

Tableau 8 : Le niveau de support systémique en nombre de crans pour le cas des banques

En résumé, nous adoptons l'approche suivante :

$$\text{Notation de contrepartie} = \text{Notation intrinsèque} + (\text{Nb de Crans de FSE. P} + \text{Nb de Crans FSE. S})$$

III. Méthodologie de notation des produits structurés

III.1. Définitions

1) Titrisation

Technique financière permettant à des établissements financiers de transformer les créances qu'ils détiennent sur des entreprises ou des particuliers en titres négociables. La titrisation est en effet un montage financier qui permet à une société d'améliorer la liquidité de son bilan. Techniquement, des actifs sélectionnés en fonction de la qualité de leurs garanties sont regroupés dans une société ad hoc qui en fait l'acquisition en se finançant par l'émission de titres souscrits par des investisseurs

2) Asset Backed Securities (ABS)

Les ABS ou Titres adossés à des actifs sont des titres dont la valeur, le nantissement et les flux sont dérivés d'un actif ou d'un portefeuille d'actifs. Les titres en question sont généralement peu liquides et parfois difficilement estimables à leur juste valeur. Il peut s'agir de biens immobiliers, de prêts à la clientèle ou des créances commerciales, etc. Les ABS sont un exemple concret de titrisation à grande échelle.

3) Mortgage Backed Securities (MBS)

Les MBS ou titre adossé à des créances hypothécaires est un type de valeur mobilière adossée à des actifs (Asset Backed Security). Sa valeur de revente est garantie à la fois par un ensemble de portions d'hypothèques et par les intérêts payés sur ces hypothèques. Les paiements sont habituellement versés mensuellement pendant la durée de vie des actifs qui servent de garantie.

Les MBS se distinguent en deux catégories : les RMBS (Residential Mortgage Backed Securities) dont le collatéral est un logement financé par un crédit hypothécaire d'un particulier tel que ce logement fait le but d'une résidence. Les CMBS (Commercial Mortgage Backed Securities) sont des types de MBS dont le collatéral est une propriété commerciale d'une entreprise telle que les usines, les centres commerciaux, les hôtels ...

4) Sukuks

Les Sukuks (pluriel de Sakk) sont les équivalents islamiques du financement obligatoire pour les entreprises et les émetteurs souverains qui souhaitent se conformer aux principes de la Sharia. Il s'agit de produits financiers adossés à un actif tangible et à échéance fixe, le sakk confère un droit de propriété sur les actifs de l'émetteur, et son porteur reçoit une partie du profit attaché au rendement de l'actif sous-jacent. Ainsi, l'intérêt est remplacé par un profit prévu à l'avance à risque quasi-nul. Cette forme d'obligation est et similaire aux asset backed securities, à la différence que les sukuk ne versent pas d'intérêts mais des revenus corrélés aux actifs sous-jacents.

5) Techniques de rehaussement de crédit

Le rehaussement de crédit représente une technique financière consistant à améliorer la qualité d'un débiteur ou d'une dette, dans le but de couvrir les pertes éventuelles dues à des conditions défavorables (faillite ou défaut de paiement). Il existe deux grandes catégories de rehaussement de crédit : rehaussement externe et rehaussement interne.

- Rehaussement de crédit externe

Cette forme de rehaussement crée une exposition pour les investisseurs au lieu des emprunteurs sous-jacents c'est-à-dire qu'une intervention externe construit en quelque sorte une garantie pour les investisseurs.

Chapitre 2 : Etude théorique

Une méthode consiste à consacrer une ligne de liquidité ou un équivalent, en cas d'une situation défavorable les échéanciers des porteurs de titres sont satisfaites par l'épuisement de cette ligne de liquidité. Une autre méthode fait intervenir une banque ou une société en tant que garant. De façon similaire en cas de difficultés le garant est notifié pour répondre aux engagements du fonds.

- Rehaussement de crédit interne

Le rehaussement interne fonctionne en agissant sur la structure même de l'ABS par un ensemble de techniques telles que la tranching de crédit, l'Excess spread ou l'overcollateralization.

La subordination ou crédit tranching est la méthode la plus reconnue, elle découpe le portefeuille en des classes avec différents profils de risque les moins risqué (Senior) au plus risqué (Junior) en passant par une ou plusieurs classes intermédiaires. Les créanciers de la classe Senior sont les prioritaires pour le remboursement et ainsi pour les autres catégories.

L'Excess Spread est la différence entre le taux d'intérêt des créances du pool et le taux d'intérêt des ABS, il constitue un coussin de sécurité pour compenser les créances en défaut de paiement.

L'overcollateralization est une forme de rehaussement dont le principe est que la valeur du portefeuille des collatéraux est largement supérieure à la valeur de l'actif adossé. Si un nombre de défaut de paiement aura lieu, le paiement du capital et des intérêts peut encore avoir lieu.

III.2. Besoin de la notation

Contrairement aux obligations traditionnelles, les ABS ou les obligations sécurisées sont des produits financiers collatéralisés par un actif sous-jacent comme les créances hypothécaires pour les MBS et les projets ou transactions tangibles conformes à la sharia pour les sukuk. Si en cas de défaut, aucune indemnisation n'est prévu pour le porteur de l'obligation, alors pour les ABS le porteur perçoit le collatéral en tant qu'indemnisation. La notation de ces produits va passer au-delà de l'émetteur tel que dans le cas classique vers un diagnostic du produit structuré ainsi que l'actif sous-jacent ou le collatéral.

L'expérience vécue pendant la dernière crise financière de 2008 a mis en question la méthodologie et les critères utilisés par les agences de notation après avoir sous-estimer le risque inhérent lié au prix du logement aux États-Unis. Ainsi une notation fiable est de plus en plus demandée chez les investisseurs d'une côté et les pouvoirs publics d'une autre côté.

III.3. Méthodologie et critères de notation

La notation des ABS passe un ensemble de critères à la fois quantitatifs et qualitatifs, ainsi la démarche à suivre consiste à mener une analyse qui porte sur 4 volets : Le portefeuille

des créances et les caractéristiques du cédant, les caractéristiques du pool des collatéraux, le risque de contrepartie et enfin l'analyse du cash-flow et les techniques de rehaussement.

Or selon la disponibilité des données sur le portefeuille et le pool des créances, l'analyse doit être faite sur les volets où se présente le maximum d'informations.

III.4. Processus de notation (Fitch et S&P)

L'idée proposée dans ce processus pour appréhender la performance du portefeuille des ABS part principalement par deux variables : la fréquence de perte ou fréquence de forclusion et la sévérité de la perte à partir des paramètres clés propres au portefeuille de créances et des collatéraux tel que le ratio LTV et le DTI. A partir d'une matrice LTV/DTI nous déterminons une fréquence de forclusion de base créance par créance selon un scénario AAA utilisé en tant que benchmark, puis ajuster cette fréquence avec des facteurs multiplicateurs selon les caractéristiques des débiteurs et des actifs sous-jacents. Il vient après d'estimer le montant de perte en cas de défaut créance par créance.

III.4.1 Fréquence de perte

1) Fréquence de base

Généralement les deux facteurs déterminant de perte sont la volonté de payer et la capacité de payer. La volonté est mesurée dans la plupart des cas par le ratio LTV (Loan To Value), pour les agences de notation il est considéré que plus LTV est important moins le débiteurs a la volonté de rembourser ses dettes plus la probabilité de défaut est importante. La capacité de remboursement est mesurée par le revenu net du débiteur.

Fitch fournit une matrice qui croise les LTV avec les classes de DTI pour donner une probabilité de perte de base dans un scénario AAA. La matrice ci-dessous est extraite d'un rapport de notation des RMBS en Belgique.

Fitch's 'AAA' Default Probabilities^a

LTV (%)	DTI				
	Class 1	Class 2	Class 3	Class 4	Class 5
< 40.00	5.00	5.50	6.00	7.08	7.60
40.00-49.99	5.50	6.00	6.50	7.55	8.05
50.00-59.99	6.00	6.50	7.25	8.40	8.95
60.00-64.99	6.50	7.00	7.92	9.07	9.66
65.00-69.99	6.91	7.50	8.72	10.07	10.88
70.00-74.99	7.68	8.39	9.80	11.35	12.29
75.00-79.99	8.44	9.42	11.00	12.84	13.70
80.00-84.99	9.59	10.89	13.15	15.21	16.21
85.00-89.99	11.21	12.95	15.00	17.48	19.16
90.00-93.99	13.74	15.45	17.76	20.26	22.61
94.00-97.99	16.89	18.32	21.07	23.64	26.25
98.00-99.99	20.05	21.86	24.94	27.53	31.20
>=100.00	24.06	26.24	29.93	33.15	37.46

Tableau 9 : Matrice des probabilités de défaut Source : Fitch

Les classes de DTI sont données par le tableau suivant issu de la même source :

Fitch DTI Classes (%)	
Class 1	< 20.00
Class 2	20.00-29.99
Class 3	30.00-39.99
Class 4	40.00-49.99
Class 5	≥ 50.00

Tableau 10 : Classes du DTI Source : Fitch

Prenons l'exemple de FT MIFTAH un fond de titrisation d'Attijariwafa Bank et suite à la non disponibilité des données statistiques pour chaque créance, les garanties réelles des créances cédées au compartiment représentent une LTV d'environ 64,68% à la date d'émission. Le ratio DTI étant : 39.24% en moyenne sur le portefeuille donc le FT se situe dans la classe 3.

La fréquence de forclusion de base agrégée étant donc : 7.92%

2) Ajustement de la fréquence de perte

▪ La société cédante

Un premier ajustement tient compte des pratiques de souscription et des normes de control et de gouvernance chez l'entreprise cédante. Par un ensemble d'information sur la cédante et parfois des visites sur place contribue à un facteur d'ajustement de la fréquence de perte entre 0.95 et 1.1 appliqué en tant que multiplicateur.

Pour Attijariwafa Bank et pour sa qualité dans le secteur bancaire et ses perspectives de stabilité à long terme nous pouvons appliquer un facteur de 0.95.

(A) Foreclosure frequency		7,92%
(1) lender adjustment	Factor 0,95	7,52%

▪ Caractéristiques des débiteurs

Les caractéristiques des débiteurs construisent un facteur d'ajustement aussi important et pour ce faire, les agences utilisent principalement le type d'emploi du débiteur et le type d'occupation. Si le débiteur à une profession libérale, alors on applique un facteur d'ajustement de 1.25. Pour occupation de premier rang on applique 1.00 et 1.20 pour un deuxième logement et 1.50 pour un investissement.

La majorité des débiteurs sont des jeunes fonctionnaires de l'état marocain d'une occupation de premier rang.

(A) Foreclosure frequency		7,92%
(1) lender ajustement	Factor 0,95	7,52%
(2) Borrower ajustement		
Type d'emploi	Factor 1,00	7,52%
Type d'occupation	Factor 1,00	7,52%

▪ **Caractéristiques des prêts**

L'ajustement est ensuite fait à la lumière des caractéristiques des prêts telles que : l'objectif du prêt (eg rachat), type de paiement et amortissement, type de taux d'intérêt et enfin la fréquence de paiement.

Les créances cédées par Attijariwafa Bank sont amortissables par mensualités constantes payables, à terme échu, portant intérêt à un taux nominal fixe et, incluant les éventuelles bonifications et ne présentant aucun impayé à la Date de Cession.

(A) Foreclosure frequency		7,92%
(1) lender ajustement	Factor 0,95	7,52%
(2) Borrower ajustement		
Type d'emploi	Factor 1,00	7,52%
Type d'occupation	Factor 1,00	7,52%
(3) Loan ajustement		
Objectif d'emprunt	Factor 1,00	7,52%
Fréquence de paiement	Factor 1,00	7,52%
Type de taux d'intérêt	Factor 1,00	7,52%

▪ **Autres facteurs d'ajustement**

Il existe d'autres facteurs que les agences utilisent en fonction de la disponibilité des données et du type de l'ABS. Pour les RMBS on utilise en guise d'exemple les facteurs suivant :

Facteur	intervalle de multiplication	
Nombre d'emprunteurs	0,75	1,00
Saisonnalité	0,50	1,00
Type de documentation	1,00	4,00
Statut de résidence de l'emprunteur	1,00	1,50
Statut d'impayés	1,00	100%FF
Maturité de l'emprunt	0,60	1,30

Tableau 11 : Autres facteurs d'ajustement

Les ajustements doivent être faits pour chaque créance pour estimer la fréquence de perte individuelle, puis estimer la fréquence moyenne pondérée de tout le portefeuille.

III.4.2. Sévérité de perte (Loss Severity)

L'étape suivante consiste à déterminer la sévérité des pertes créance par créance par l'évaluation de l'écart entre le solde de l'emprunt, les intérêts accrus et le produit généré suite à la liquidation du contrat en défaut. Elle compare en d'autres termes le montant d'argent notionnel de l'emprunt à risque plus les frais de portage contre le produit de la forclusion qui est égale à la valeur du collatéral moins les frais de forclusion.

$$LS = \max\left\{\frac{\text{Solde courant} + \text{intérêts accrus} - \max(0, \text{Valeur propriété en détresse} - \text{coûts de forclusion})}{\text{Solde courant}}, \text{MLS}\right\}$$

LS : Loss Severity (sévérité de perte)

MLS : Minimum Loss Severity

MLS étant un minimum de perte constaté par les agences de notation pour capturer le seuil minimum de perte sur un emprunt. Pour Fitch et dans un scénario AAA le MLS est 25%, et ci-dessous un tableau pour les différents scénarios :

	AAAsf	AAsf	Asf	BBBsf	BBsf	Bsf
Minimum loss severity (%)	25	23	21	19	17	15

Tableau 12 : Scénarios des MLS

L'exemple suivant de Fitch illustre le calcul de la sévérité de la perte pour une créance donnée :

Current balance (EUR)	55,000
Accrued interest (see above) (EUR)	4,125
Distressed property value (see above) (EUR)	44,000
Foreclosure costs (see above) (EUR)	7,640
Loss Severity ^{with carry losses} = $\max\left\{\frac{55,000 + 4,125 - \max(0; 44,000 - 7,640)}{55,000}, 0\right\}$	41.39%
Result LS (with accrued interest) (%)	41.39
Recovery rate (with accrued interest) (1-LS) (%)	58.61

Source: Fitch

Figure 8 : Exemple de calcul du Loss severity

Pour le calcul des intérêts, Fitch utilise une période de forclusion dans le scénario AAA : 18 mois ce qui donne le calcul suivant :

Current balance (EUR)	55,000
Interest rate of the loan (%)	5
Foreclosure period in 'AAA' scenario	18 months
Accrued interest (55,000 x 5% x 1.5 years) (EUR)	4,125

Source: Fitch

Figure 9 : Exemple de calcul des intérêts accrus

Le calcul de la valeur de la propriété en détresse, Fitch utilise une indexation qui dépend de la région du collatéral :

Indexed Property Value

Property value (EUR)	100,000
Valuation year	2004
Year of analysis	2010
Valuation adjustment (typically based on property region and property type) (%)	110
Indexed property value (EUR)	110,000

Source: Fitch

Figure 10 : Exemple de calcul de la valeur indexée du logement

Distressed Property Value

Indexed property value (EUR)	110,000
Market value decline (MVD) for 'AAA' scenario (based on property region) (%)	60
Distressed property value (indexed property value*(1-MVD)) (EUR)	44,000

Source: Fitch

Figure 11 : Exemple du calcul de la valeur en détresse du logement

Et enfin les frais de forclusion :

Foreclosure Costs

Distressed property value (EUR)	44,000
Fixed costs (EUR)	5,000
Variable costs	6% of distressed property value
Foreclosure costs (EUR)	7,640

Source: Fitch

Figure 12 : Exemple de calcul des couts de forclusion

III.4.3. Perte brute (Gross Loss)

La perte brute est une mesure de la perte espérée pour chaque créance à une certaine notation qui correspond un scénario de stress particulier.

En pratique la perte brute est le produit de la fréquence de perte et la sévérité de perte, on donne ci-dessous un exemple de calcul de la perte brute ou espéré :

Gross Loss (GL)

FF (%)	22.29
LS (with accrued interest) (%)	41.39
Result gross loss (22.29% x 41.39%) (%)	9.23

Source: Fitch

Figure 13 : Exemple de calcul du FF, LS et la perte espérée

Une interprétation à donner pour ces chiffres ci-dessus pour la créance sujette de l'analyse : une créance qui a une chance de défaut ou perte estimé à 22.29% et qui provoque une perte de 41.39% en cas de perte, alors la perte espérée requiert 9.32% de rehaussement de crédit dans le scénario AAA.

III.4.4. Agrégation des résultats pour le portefeuille

Après avoir calculé la fréquence de perte, la sévérité de perte et la perte espérée pour chaque créance, il vient ensuite de calculer ses variables agrégées sur l'ensemble du portefeuille.

La pondération étant différente pour les variables calculées, par exemple la fréquence de perte et la perte brute par l'agrégation sur le portefeuille en prenant le solde courant de l'emprunt comme poids de pondération. Ainsi WAGL (Weighted-Average Gross Loss) représente l'espérance de perte pour le portefeuille suivant un scénario particulier.

WALS (Weighted-Average Loss Severity) est calculé par l'agrégation des LS créance par créance avec l'utilisation du solde courant de l'emprunt et la fréquence de perte comme poids de pondération.

Ci-après un exemple de calcul tiré des rapports de Fitch :

WAFF, WALS, WARR, WAGL Calculations		
	Loan 1	Loan 2
FF (%)	22.29	15.00
Current balance (GBP)	55,000	60,000
WAFF (%)	18.49	
LS with accrued interest (%)	41.39	5.00
Relative current balance (%)	47.83	52.17
Relative FF (%)	120.57	81.14
WALS (%)	25.98	
Recovery rate without accrued interest (%)	66.11	110.00
Relative current balance (%)	47.83	52.17
Relative WAFF (%)	120.57	81.14
WARR (%)	84.69	
Gross loss (%)	9.23	0.75
WAGL = WAFF x WALS (%)	4.80	

Source: Fitch

Figure 14 : Agrégation sur l'ensemble du portefeuille

Chapitre 3 : Etude pratique

I. Le cas des corporates

I.1. L'approche quantitative

I.1.1. Démarche de l'approche

L'approche quantitative se base sur la méthodologie statistique usuelle pour la résolution de la majorité des problématiques scientifiques, en effet cette approche s'applique suivant un ensemble d'étapes statistiques qui permettent de ressortir avec un modèle prédictif, utile et facile à implémenter. Les étapes principales à suivre sont :

- Définition des objectifs et existence des données
- Définitions de la variable cible
- Nettoyage et préparations de la base de données
- Présentation des données et analyse exploratoire
- Elaboration du modèle prédictif
- Suivi du modèle et présentation des résultats

1) Objectifs et existence des données

A la lumière de ce que nous avons présenté dans les parties précédentes, notre objectif est de détecter la possibilité de défaillance chez les émetteurs privés à l'aide d'un modèle statistique. Pour ce faire il faut se disposer des données passées des entreprises avec l'état de défaut s'il a eu lieu.

Pour cela nous utilisons une base de données fournie par la CMR qui comprend 80 entreprises non financières présentés sous forme anonyme. Les variables sont l'état de l'entreprise en 2006 si elle est défaillante ou pas et les ratios financiers qui vont servir à l'expliquer.

code	Situation de défaut	Année	Rentabilité économique	Vitesse de rotation du capital	PartEBEdsFraisfinanciers_1	Capacité d'endettement	Capacité de remboursement	Poids des charges financières	Rotation du Crédit clients	Rotation du Crédit fournisseurs	Importance fond de roulement	Importance BFR	
400262	1	2006	0,078823343	1,429644071	2,765693499398	2,731765284	0	0,029387411	137,005732	149,8670774	0,057837323	0,31425336	
400708	1	2006	0,026759849	1,914772147	5,353026596078		0	0,26928791	0,005085594	24,0448086	11,88611298	0,017169792	0,01683534
400891	1	2006	0,069347193	1,035158339	2,133498645615		0	0,17162354	0,010889199	24,4709376	10,30528358	-0,13555645	0,06571277
401834	1	2006	0,065789351	2,349080567	10,625084143352		0	0,015281935	83,261927		0	0,05230057	0,26305479
402369	1	2006	-0,013762716	0,918871681	0,863341880640		0	0,00382055	0,022216092	224,842527	51,81115562	0,29163104	0,43980669
402545	1	2006	0,109129752	1,712183729	3,986740429399		0	0,022042724	85,7446844	34,4823033	-0,03000771	0,34781736	

Tableau 13 : Extrait de la base de données

2) Définition de la variable cible et des ratios financiers

Chapitre 3 : Etude pratique

En analyse du risque de crédit, l'événement indésirable qu'on cherche à traiter peut être de deux natures. Il peut s'agir de la faillite, c'est-à-dire le prononcé d'un premier jugement, dans le cadre de l'une des procédures légales de faillite, par le tribunal. Comme il peut aussi s'agir du défaut, c'est-à-dire du non-respect d'un engagement de crédit.

Pour notre étude nous considérons le défaut ou le non-respect d'un engagement crédit, un évènement incertain qui peut se produire ou pas, ainsi la situation de défaut est la variable cible, prenant 0 ou 1 comme résultat.

$$\text{Situation de défaut} = \begin{cases} 0 & \text{absence de défaut} \\ 1 & \text{en cas de défaut} \end{cases}$$

Pour prédire la situation de défaut on utilise un ensemble de ratios financiers et d'indicateurs qui décrivent la situation financière de l'entreprise. Un ratio est un outil d'analyse financière qui compare, sous formule d'un coefficient, deux comptes ou groupes de comptes tirés des états de synthèse. Il permet donc de mesurer la santé financière d'une entreprise et de la comparer avec celles d'autres entreprises.

Code variable	Description
R1	Un ratio traduisant la rentabilité économique.
R2	Une variable qui décrit la vitesse de rotation du capital.
R3	La part de l'excédent brut d'exploitation dans les frais financiers.
R4	La capacité d'endettement.
R5	La capacité de remboursement.
R6	Le poids des charges financières.
R7	Le ratio de rotation des crédits clients.
R8	Le ratio de rotation crédit fournisseurs.
R9	Une variable traduisant l'importance du fond de roulement.
R10	Une variable traduisant l'importance du besoin en fond de roulement

Tableau 14 : Tableau des variables explicatives potentielles

3) Préparation de la base de données

Cette phase consiste à traiter les corrélations qui peuvent exister entre les différentes variables explicatives. Les variables qui présentent des fortes corrélations seront éradiquées. La deuxième des choses est le traitement des valeurs extrêmes, en effet les valeurs aberrantes seront remplacées par la valeur du quantile 5% en utilisant les méthodes de Winsorisation sous R.

Pour étudier la corrélation on utilise la matrice de corrélation. Les variables dont la corrélation est supérieure à 0.3 (- Référence [W-6] -) seront sélectionnées pour ne garder qu'une seule.

	rentabilité	vitesse_rot_K	parts_EBE_ff	capacité_endett	capacité_remb	poids_cf	rotation_cc	rotation_cf	importance_FR	importance_BFR
rentabilité	1.00000000	0.07285204	0.08388775	0.07832854	0.06837115	-0.03259472	-0.12121546	0.10166585	0.2119957	0.08943002
vitesse_rot_K	0.07285204	1.00000000	0.01690390	-0.05692961	-0.09334488	-0.33091029	-0.58186981	0.04184243	-0.2833857	-0.28504910
parts_EBE_ff	0.08388775	0.01690390	1.00000000	0.11648205	-0.16754774	-0.48658944	-0.10769792	-0.19987892	0.1867174	-0.35624233
capacité_endett	0.07832854	-0.05692961	0.11648205	1.00000000	-0.06234299	0.02245231	0.06807911	0.07487565	0.1020211	0.10394710
capacité_remb	0.06837115	-0.09334488	-0.16754774	-0.06234299	1.00000000	0.33506706	-0.00299854	-0.12319279	0.2696464	0.15008289
poids_cf	-0.03259472	-0.33091029	-0.48658944	0.02245231	0.33506706	1.00000000	0.37757058	0.16656720	0.1630004	0.77842027
rotation_cc	-0.12121546	-0.58186981	-0.10769792	0.06807911	-0.00299854	0.37757058	1.00000000	0.05852550	0.2129175	0.41649407
rotation_cf	0.10166585	0.04184243	-0.19987892	0.07487565	-0.12319279	0.16656720	0.05852550	1.00000000	0.1281290	0.23982259
importance_FR	0.21199568	-0.28338575	0.18671743	0.10202113	0.26964635	0.16300044	0.21291746	0.12812901	1.0000000	0.42014494
importance_BFR	0.08943002	-0.28504910	-0.35624233	0.10394710	0.15008289	0.77842027	0.41649407	0.23982259	0.4201449	1.00000000

Tableau 15 : Matrice de corrélation

On remarque que le ratio d'importance du BFR présente une forte corrélation avec le ratio du poids des charges financières : 0.78. Egalement il présente une corrélation modérée avec les ratios parts de l'EBE dans les frais financiers, rotation du crédit client et le ratio d'importance du fond de roulement.

Egalement le ratio du poids des charges financières est corrélé avec le ratio de la vitesse de rotation du capital, la capacité de remboursement, les parts d'EBE dans les frais financières et le ratio de rotation des crédits client.

Le ratio de rotation des crédits client est corrélé avec le ratio de la vitesse de rotation du capital.

Par la suite les variables : ratio d'importance du BFR, ratio du poids des charges financières et ratio de rotation des crédits client vont être éliminés.

En ce qui concerne les valeurs extrêmes, elles seront remplacées par le quantile d'ordre 5% avec la méthode winsorisation sous R. Ci-après un exemple du graphe du ratio de la capacité d'endettement avant et après la winsorisation.

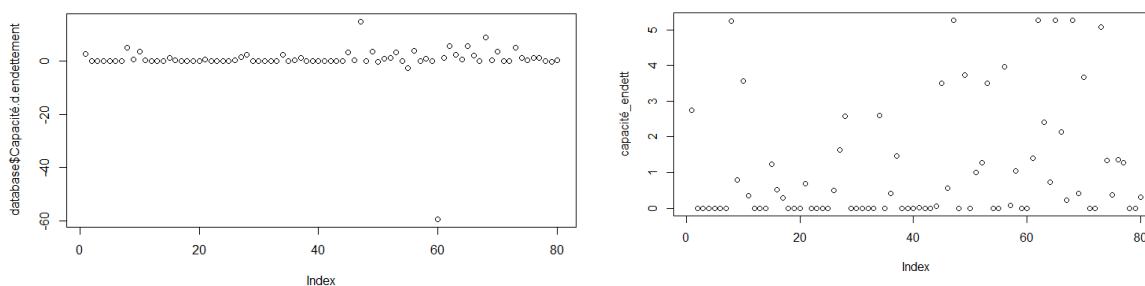


Tableau 16 : La capacité d'endettement avant et après winsorisation

4) Analyse exploratoire (statistiques descriptives)

Une suite logique de ce qui précède est la statistique descriptive des variables retenues dans la base de données. Le tableau suivant fournit les statistiques de base des variables :

	vars	n	mean	sd	median	min	max	range	skew	kurtosis	se
default	1	80	0.50	0.50	0.50	0.00	1.00	1.00	0.00	-2.02	0.06
rentabilité	2	80	0.06	0.06	0.05	-0.04	0.19	0.23	0.45	0.10	0.01
vitesse_rot_K	3	80	1.85	0.86	1.63	0.88	3.88	3.00	0.93	-0.07	0.10
parts_EBE_ff	4	80	14.39	24.78	2.84	0.00	90.56	90.56	2.23	3.79	2.77
capacité_endett	5	80	1.06	1.61	0.15	0.00	5.26	5.26	1.50	0.98	0.18
capacité_remb	6	80	0.10	0.13	0.02	0.00	0.37	0.37	0.93	-0.61	0.01
rotation_cf	7	80	30.13	38.64	10.85	0.00	121.51	121.51	1.14	0.01	4.32
importance_FR	8	80	0.09	0.12	0.06	-0.11	0.33	0.44	0.45	-0.57	0.01

Tableau 17 : statistiques descriptives des variables de la base de données

Ce tableau montre que les valeurs prises par les sept ratios retenus sont dispersées. Elles diffèrent fortement d'une entreprise à une autre. Ces valeurs s'étalent sur un intervalle de 0.23 points (de -0,04 à 0,19) pour R1 (ratio de rentabilité économique) ; de 3 points pour R2 (ratio décrivant la vitesse de rotation du capital). Concernant la part de l'EBE dans les frais financiers, cette marge s'étend sur un large intervalle de 90.56 points ; de 5.26 points pour R4 (ratio qui traduit la capacité d'endettement), de 0,37 points pour R5 (capacité de remboursement) ; de 121.51 pour R8 (ratio de rotation crédit fournisseurs). Finalement de 0.44 pour le ratio traduisant l'importance du fond de roulement.

La base de données comprend donc 80 observations, et 7 variables indépendantes. La variable défaut se partage entre la population, c'est-à-dire 50% des entreprises ont eu un problème de défaillance.

	0	1
Defaut		
Nombre d'observation	40	40

Tableau 18 : répartition des entreprises selon la défaillance

1.1.2. Application des méthodes statistiques

Avant d'entamer la partie modélisation, nous divisons l'échantillon total en deux sous-échantillon, un échantillon d'apprentissage servant à trouver le bon modèle et un échantillon de test pour tester la stabilité de notre modèle. Or pour maîtriser les résultats il faut avoir la possibilité de choisir le germe (seed) pour générer un échantillonnage aléatoire.

En effet le choix du germe génère à chaque fois la même loi uniforme et par suite les mêmes échantillons d'apprentissage et de test. Sous R la commande '*set.seed(n)*' fixe n en tant que germe pour le générateur intégré de la loi uniforme. Dans la suite l'échantillon d'apprentissage va comprendre 60% de l'échantillon total ce qui laisse 40% pour l'échantillon de test.

1) La régression logistique

Comme déjà expliqué dans la partie théorique le principe de la régression logistique est d'expliquer la probabilité qu'une variable binaire prend 0 et 1 avec un ensemble de variables explicatives quantitatives.

La démarche suivie consiste à retenir le bon modèle à partir du modèle complet qui comprend toutes les variables explicatives. C'est-à-dire prendre premièrement le modèle complet et éliminer avec un critère de sélection bien précis les variables non significatives en faisant le test de Wald ou le test du rapport de vraisemblance. Cette méthode est connue sous le nom de Stepwise ou méthode pas à pas descendante.

Ci-après l'output de la régression logistique avec le modèle complet :

Coefficients:					
	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)	
(Intercept)	3.08222	1.18246	2.607	0.00914	**
rentabilité	-1.12832	6.30251	-0.179	0.85792	
vitesse_rot_K	-1.05785	0.45550	-2.322	0.02021	*
parts_EBE_ff	-0.01698	0.01569	-1.083	0.27889	
capacité_endett	-0.53152	0.23358	-2.275	0.02288	*
capacité_remb	-1.90360	3.00768	-0.633	0.52679	
rotation_cf	-0.01783	0.01127	-1.582	0.11360	
importance_FR	6.35319	3.74833	1.695	0.09009	.

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					
Null deviance: 70.681 on 50 degrees of freedom					
Residual deviance: 51.699 on 43 degrees of freedom					
AIC: 67.699					

Tableau 19 : régression logistique avec le modèle complet

La sortie donne les coefficients estimés relatifs à chaque variable explicative dans le modèle, l'erreur standard, la z-value qui n'est que le rapport entre l'estimateur et l'erreur standard et enfin la p-value. D'après la sortie nous constatons que deux variables sont significatives au seuil $\alpha = 5\%$ notamment la vitesse de rotation du capital et le ratio de la capacité d'endettement.

Ensuite la déviance résiduelle du modèle est 51.7 avec 43 degrés de liberté. Le modèle vide qui ne contient que la constante a une déviance de 70.7 avec 50 degré de liberté sachant que la taille de l'échantillon de test est de 51 observations. Le critère de sélection AIC (Akaike Information Criterion) est de 67.7.

Il vient maintenant d'utiliser la méthode Stepwise pour restreindre le modèle complet, ceci fait nous aurons le modèle finale qui contient deux variables explicatives et la constante.

Coefficients:				
	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	2.6782	0.9053	2.958	0.00309 **
vitesse_rot_K	-1.1690	0.4160	-2.810	0.00495 **
capacité_endett	-0.4653	0.2158	-2.156	0.03106 *

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1				
Null deviance: 70.681 on 50 degrees of freedom				
Residual deviance: 56.733 on 48 degrees of freedom				
AIC: 62.733				

Tableau 20 : régression logistique avec le modèle finale

Le modèle s'écrit donc sous la forme suivante :

$$Z = 2.68 - 1.17 * R2 - 0.47 * R4$$

Avec R2 est la vitesse de rotation du capital et R4 le ratio de la capacité d'endettement. Plus ces deux indicateurs sont importants plus le Z score est faible. Or dans la théorie le Z score varie dans le même sens que la probabilité de défaut en considérant la fonction logistique.

$$PD = \frac{1}{1 + e^{-Z}}$$

$$PD = \frac{1}{1 + e^{-2.68 + 1.17 * R2 + 0.47 * R4}}$$

Cela paraît logique si on considère une entreprise avec un bon ratio de la capacité d'endettement est une vitesse de rotation de capital importante elle sera moins en risque de défaut.

Quant à l'adéquation du modèle nous allons utiliser comme prévu dans la partie théorique le test de Hosmer-Lemshow qui se base sur la statistique de Pearson pour tester si les valeurs prédites sont proches ou pas des valeurs réelles.

Hosmer and Lemeshow goodness of fit (GOF) test
data: training_0\$default, fitted(model2)
X-squared = 12.686, df = 8, p-value = 0.1231

Tableau 21 : test de Hosmer-Lemshow

Nous remarquons que la p-value associé à ce test est inférieure au seuil $\alpha = 5\%$ donc on accepte l'hypothèse nulle qui affirme que le modèle est adéquat.

2) L'analyse discriminante

Pour réaliser l'analyse discriminante nous devons vérifier en premier lieu les hypothèses de base notamment la normalité multivariée, l'homogénéité de la matrice de covariance et l'indépendance des observations.

- La normalité multivariée

\$`multivariateNormality`					
		Test	Statistic	p value	Result
1	Mardia	Skewness	137.7568	0.0001	NO
2	Mardia	Kurtosis	0.2559	0.7980	YES
3		MVN	<NA>	<NA>	NO

Tableau 22 : Test de normalité multivariée

L'hypothèse de normalité multivariée est violée d'après le tableau ci-dessus, vu que l'un des deux tests indique qu'il y a absence de normalité.

- L'indépendance

On suppose que l'hypothèse d'indépendance est vérifiée car on a éliminé les variables qui causent une forte corrélation. Comme prévu dans la partie théorique l'ensemble des variables retenues dans la base de données représentent des corrélations faibles ne dépassant pas 0.3 en valeur absolue

- L'homogénéité de la matrice de covariance

Box's M-test for Homogeneity of Covariance Matrices	
data:	training_0[, -1]
Chi-Sq (approx.)	= 52.24, df = 28, p-value = 0.003599

Tableau 23 : test de Box-M

On remarque qu'au niveau de risque $\alpha = 5\%$ l'homogénéité des matrices de covariances n'est pas vérifiée. Cela veut dire que les matrices de covariances intergroupes ne sont pas égales.

La plupart des hypothèses sont donc violés, cependant nous allons procéder à l'exécution de l'analyse discriminante car elle montre sa robustesse malgré la violation des hypothèses de la normalité et l'hétéroscédasticité.

Chapitre 3 : Etude pratique

Pour ce faire, nous devons déterminer d'abord parmi les variables explicatives celles qui montrent un pouvoir discriminant entre les groupes des entreprises. C'est pour cette raison que nous allons faire un test d'ANOVA d'égalité de la moyenne pour toutes les variables explicatives.

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
rentabilité	1	0.763	0.7632	4.180	0.044555	*
vitesse_rot_K	1	2.373	2.3729	12.997	0.000571	***
parts_EBE_ff	1	0.061	0.0607	0.333	0.565939	
capacité_endett	1	2.492	2.4919	13.649	0.000426	***
capacité_remb	1	0.027	0.0273	0.150	0.700015	
rotation_cf	1	1.059	1.0589	5.800	0.018591	*
importance_FR	1	0.080	0.0795	0.436	0.511360	
Residuals	72	13.145	0.1826			

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1						

Tableau 24 : ANOVA pour tester l'égalité des moyennes

Si la p-value propre à chaque variable est supérieure au seuil 5% nous acceptons l'hypothèse nulle affirmant que les moyennes des groupes sont égales.

Nous utilisons par la suite la méthode stepwise en se basant sur Lambda de Wilks pour déterminer les variables qui sont significativement discriminantes.

	vars	Wilks.lambda	F.statistics.overall	p.value.overall	F.statistics.diff	p.value.diff
1	vitesse_rot_K	0.8484977	8.749125	0.00475718	8.749125	0.00475718
2	capacité_endett	0.7513934	7.940660	0.00104910	6.203152	0.01619031

Tableau 25 : variables retenus par la méthode stepwise

Les variables qui discriminent le plus sont ceux ayant des moyennes des groupes différents, nous allons retenir deux variables : la vitesse de rotation du capital et la capacité d'endettement, tel que le cas de la régression logistique.

Prior probabilities of groups:	
0	1
0.5098039	0.4901961

Group means:		
	vitesse_rot_K	capacité_endett
0	2.289186	1.4993395
1	1.581110	0.6628511

Coefficients of linear discriminants:	
	LD1
vitesse_rot_K	-1.079904
capacité_endett	-0.434184

Tableau 26 : résultat de l'analyse discriminante

La sortie de l'analyse discriminante fournit trois indicateurs importants. Les probabilités a priori donnent la probabilité qu'une nouvelle entreprise soit défaillante ou pas en se basant sur la proportion au préalable des deux groupes. En guise d'exemple pour une entreprise en dehors de l'échantillon d'apprentissage a une probabilité de 0.49 d'être en situation de défaut.

Le deuxième indicateur fournit les moyennes de chaque variable explicative au sein de chaque groupe. En moyenne les entreprises qui n'ont pas fait défaut ont une vitesse de rotation du capital de 2.29 tandis que les entreprises défaillantes ont une vitesse de rotation du capital de 1.58 inférieure à celle des non défaillants.

Le troisième bloc donne les coefficients de la fonction discriminante qui sépare les deux groupes. Ainsi la fonction Z score croît inversement avec les deux indicateurs comme c'est le cas pour la régression logistique.

$$Z \text{ score} = -1.08 * R2 - 0.43 * R4$$

Il suffit maintenant de calculer les scores moyens qui vont être des seuils pour la discrimination des nouvelles entreprises.

	défaillantes	saines
score moyen	0.5749794	-0.5528648

Tableau 27 : le score moyen de chaque groupe

Pour distinguer les entreprises saines des défaillantes on établit la règle de décision suivante :

$$\begin{cases} \text{Entreprise saine} & \text{si } Z \text{ score} < -0.01 \\ \text{Entreprise défaillante} & \text{si } Z \text{ score} > -0.01 \end{cases}$$

3) Les réseaux de neurones

Cette méthode, à l'inverse de l'analyse discriminante, ne demande pas de vérifier les hypothèses de base sur l'échantillon d'apprentissage. Nous établissons donc le modèle des réseaux de neurones sur notre échantillon normalisé. En effet les variables explicatives ne sont pas toutes comprises entre 0 et 1, c'est pour cela nous les normalisons suivant la formule ci-après :

$$X \leftarrow \frac{X - \min(X)}{\max(X) - \min(X)}$$

Nous utilisons l'échantillon d'apprentissage après la normalisation pour établir le réseau de neurones. Les inputs sont les variables explicatives retenus après l'élimination des variables corrélées et l'output est la variables à expliquer : la situation de défaut.

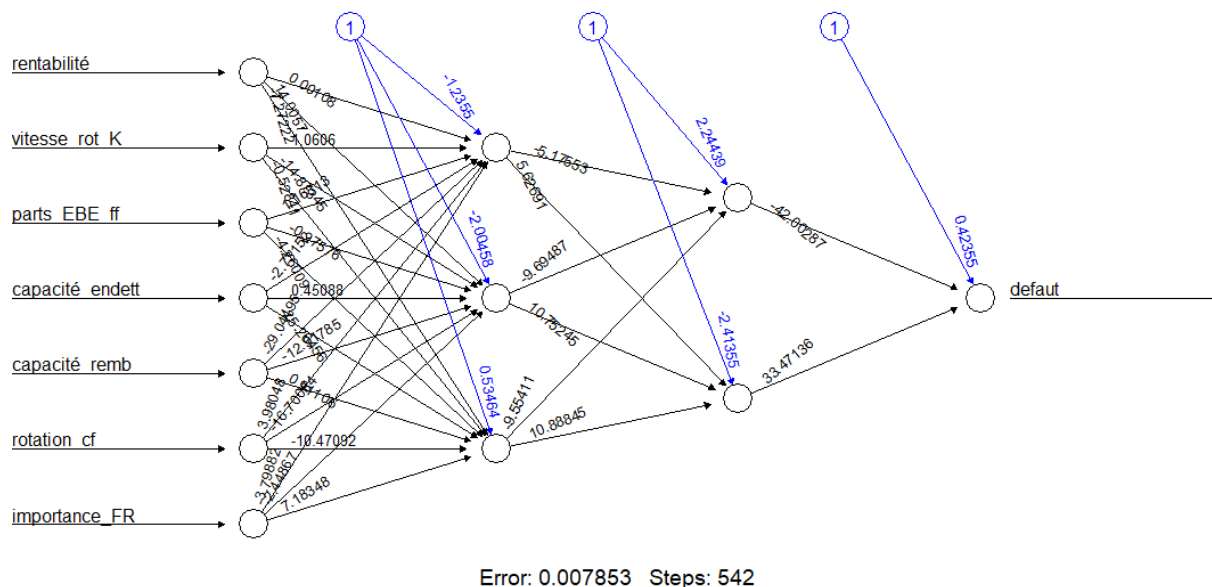


Figure 15 : le graphe du réseau de neurones

Le graphe ci-dessus représente le réseau de neurones qui traite notre cas, il se compose de la couche d'entrée (inputs), la couche de sortie (output) et les couches cachées qui jouent le rôle d'intermédiaire entre l'entrée et la sortie. Chaque couche contient un ensemble de neurones ayant un poids par rapport aux autres neurones et un biais.

La valeur de chaque neurone se calcule en multipliant les valeurs des neurones attachés par leurs poids et en ajoutant le biais. Par exemple la sortie finale sera :

$$Output = 0.42 - 42.00 * neurone(11) + 33.47 * neurone(12)$$

Par récurrence on calcule les valeurs des neurones de la couche 3 après avoir calculé les valeurs des neurones de la couche 2 et ainsi de suite.

Le nombre de couche cachée est ajustable selon le choix de l'utilisateur de la méthode, on ajoute tant de couches tant le réseau donne une performance meilleure.

I.1.3. Comparaison des méthodes

Après l'implémentation des trois des méthodes on est contraint de choisir une seule pour pouvoir aboutir à une notation quantitative pour ensuite l'agréger avec les résultats de l'analyse qualitative. Pour cela on construit la matrice de confusion qui croisent les valeurs prédites avec les valeurs réelles et pouvoir en tirer un taux d'erreur pour faire la comparaison. Puis nous allons établir la courbe de ROC qui un indicateur pour visualiser la performance de la méthode.

1) Matrice de confusion et taux d'erreur

- Régression logistique

	Valeurs prédites		
	0	1	
Valeurs réelles	0	8	2
	1	6	13

Tableau 28 : Matrice de confusion de la régression logistique

$$\text{Taux d'erreur} = 0.28$$

Nous pouvons dire dans ce cas que 28% des entreprises dans l'échantillon de test ont été mal classifié.

- Analyse discriminante

	Valeurs prédites		
	0	1	
Valeurs réelles	0	8	2
	1	6	13

Tableau 29 : Matrice de confusion de l'analyse discriminante

$$\text{Taux d'erreur} = 0.28$$

On trouve les mêmes résultats que la régression logistique avec le germe d'échantillonnage avec lequel nous travaillons. Cependant si on change le germe on aura des résultats différents.

- Réseaux de neurones

	Valeurs prédites		
	0	1	
Valeurs réelles	0	10	6
	1	4	9

Tableau 30 : Matrice de confusion de la régression logistique

$$\text{Taux d'erreur} = 0.34$$

Pour la méthode des réseaux de neurones que 34% des entreprises de l'échantillon de test ont été mal classifiées

2) Courbe de ROC

On donne ci-après les courbes de ROC des trois méthodes ainsi que l'AUC ou la surface sous la courbe :

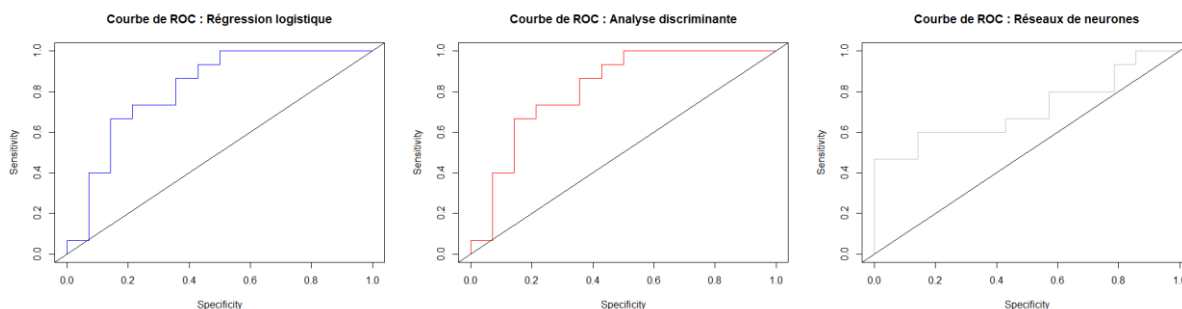


Figure 16 : Courbes de ROC des 3 méthodes

Nous constatons que la courbe de ROC pour les 3 méthodes est suffisamment loin de la première bissectrice à tel point que nous pouvons considérer que les trois méthodes sont bonnes. Pour plus de précision on utilise l'AUC qui n'est que l'aire sous la courbe.

	Régression logistique	Analyse discriminante	Réseaux de neurones
AUC	0,81	0,81	0,71

Tableau 31 : AUC des trois méthodes

La régression logistique et l'analyse discriminante sont meilleures que les réseaux de neurones. L'égalité entre les deux premières méthodes est due au choix du germe.

3) Conclusion sur le choix de la meilleure méthode

Selon le critère du taux d'erreur de classification et l'AUC nous retenons la régression logistique et l'analyse discriminante et on rejette les réseaux de neurones. Or après plusieurs itérations avec le changement du germe de l'échantillon la majorité prévoit un taux d'erreur faible et une AUC importante pour la régression logistique au détriment de l'analyse discriminante.

Une raison de plus pour rejeter la méthode de l'analyse discriminante est la violation des hypothèses de base, on a vu que le test de normalité multivariée et l'homogénéité des matrices de covariance ne sont pas vérifiés, ce qui nous laisse la méthode de régression logistique, d'où on retient le Z score finale de la méthode :

Chapitre 3 : Etude pratique

$$Z \text{ score} = 2.68 - 1.17 * R2 - 0.47 * R4$$

Avec $R2$ = La vitesse de rotation du capital et $R4$ = La capacité d'endettement. En effet, le ratio $R2$ reflète l'importance du chiffre d'affaire par rapport aux capitaux propres et le ratio $R4$ décrit la capacité d'une entreprise à s'endetter sans remettre en cause sa solvabilité.

1.1.4. Etude de cas

Nous étudions par la suite le cas de deux corporates : **Le groupe Addoha** et **le groupe OCP**.

1) Le groupe Addoha

Calculons le Z-score pour le cas du groupe Addoha :

On a

$$Z \text{ score} = 2.68 - 1.17 * R2 - 0.47 * R4$$

Avec

$$R2 = \frac{\text{Chiffre d'affaire}}{\text{Capitaux propres} + \text{Endettements nets}} = 0,21$$

$$R4 = \frac{\text{Dettes de financement}}{\text{Capitaux propres} + \text{Endettements nets}} = 0,20$$

Alors

$$\mathbf{Z \text{ score}_{Addoha} = 2,34}$$

2) Groupe OCP

Calculons le Z-score pour le cas de l'OCP:

On a

$$Z \text{ score} = 2.68 - 1.17 * R2 - 0.47 * R4$$

Chapitre 3 : Etude pratique

Avec

$$R2 = \frac{\text{Chiffre d'affaire}}{\text{Capitaux propres} + \text{Endettements nets}} = 0,4$$

$$R4 = \frac{\text{Dettes de financement}}{\text{Capitaux propres} + \text{Endettements nets}} = 0,5$$

Alors

$$\mathbf{Z\ score_{OCP} = 1,98}$$

1.2. L'approche qualitative

Il faut être prudent dans la lecture de ces scores qualitatifs car ils restent subjectifs et différents d'un analyste à un autre. On s'est mis d'accord, avec notre encadrant à la CMR, sur le score pour chaque élément de facteur en se basant sur une modeste analyse financière des rapports d'activités de l'entreprise.

1.2.1. Etude de cas

1) Le groupe Addoha

Le tableau ci-dessous représente le résultat de la notation qualitative du groupe Addoha. Le détail du score de chaque élément est donné dans l'Annexe A.

Facteurs de notation intrinsèque	Pondération	Score	Score pondéré
<u>FACTEURS ENVIRONNEMENTAUX</u>	25%		0,97
Environnement macroéconomique	10%		0,34
<i>Maturité</i>	3,67%	4	4*3,67%
<i>Diversité</i>	2,67%	3	3*2,67%
<i>Soutenabilité</i>	3,67%	3	3*3,67%
Environnement opérationnel	7%		0,23
<i>Gouvernance systémique</i>	3%	3	3*3%
<i>Infrastructure</i>	2%	4	4*2%
<i>Information</i>	2%	3	3*2%

Chapitre 3 : Etude pratique

Environnement Sectoriel	8%		0,40
<i>Pression concurrentielle</i>	4%	4	4*4%
<i>Degré de maturité</i>	4%	6	6*4%
<u>FACTEURS QUALITATIFS</u>	40%		1,42
Produits - Distribution - Marque	15%		0,50
<i>Diversité des produits</i>	5%	3	3*5%
<i>Distribution et parts de marché</i>	5%	4	4*5%
<i>Reconnaissance de la marque</i>	5%	3	3*5%
Gouvernance et gestion des risques	15%		0,65
<i>Gouvernance idiosyncrasique</i>	5%	5	5*5%
<i>Qualité de la gestion stratégique</i>	5%	5	5*5%
<i>Qualité de l'exécution opérationnelle</i>	5%	3	3*5%
Positionnement concurrentiel	10%		0,27
<i>Compétitivité prix</i>	3%	2	2*3%
<i>Compétitivité hors-prix</i>	3%	3	3*3%
<i>Développement - Technologie - Innovation</i>	4%	3	3*4%
<u>FACTEURS FINANCIERS</u>	35%		1,09
Rentabilité	10%		0,34
<i>Marge de profit</i>	4%	4	4*4%
<i>Rotation des actifs</i>	3%	2	2*3%
<i>Levier financier</i>	3%	4	4*3%
Liquidité	10%		0,30
<i>Liquidité des actifs</i>	5%	3	3*5%
<i>Refinancement et gestion de la liquidité</i>	5%	3	3*5%
Flexibilité financière	15%		0,45
<i>Couverture des intérêts par les cash-flows</i>	8%	3	3*8%
<i>Dette en années de cash-flows</i>	7%	3	3*7%
Score pondéré total			3,48

Tableau 32 : Résultat du score qualitatif du groupe Addoha

Alors selon la grille de notation ce score est associé à la notation **BBB-**.

2) Le groupe OCP

Le tableau ci-dessous représente le résultat de la notation qualitative de l'OCP. Le détail du score de chaque élément est donné dans l'**Annexe A**.

Chapitre 3 : Etude pratique

Facteurs de notation intrinsèque	Pondération	Score	Score pondéré
<u>FACTEURS ENVIRONNEMENTAUX</u>	25%		0,68
Environnement macroéconomique	10%		0,20
<i>Maturité</i>	3,67%	2	2*3,67%
<i>Diversité</i>	2,67%	2	2*2,67%
<i>Soutenabilité</i>	3,67%	2	2*3,67%
Environnement opérationnel	7%		0,28
<i>Gouvernance systémique</i>	3%	4	4*3%
<i>Infrastructure</i>	2%	3	3*2%
<i>Information</i>	2%	5	5*2%
Environnement Sectoriel	8%		0,20
<i>Pression concurrentielle</i>	4%	2	2*4%
<i>Degré de maturité</i>	4%	3	3*4%
<u>FACTEURS QUALITATIFS</u>	40%		1,32
Produits - Distribution - Marque	15%		0,40
<i>Diversité des produits</i>	5%	4	4*5%
<i>Distribution et parts de marché</i>	5%	2	2*5%
<i>Reconnaissance de la marque</i>	5%	2	2*5%
Gouvernance et gestion des risques	15%		0,5
<i>Gouvernance idiosyncrasique</i>	5%	3	3*5%
<i>Qualité de la gestion stratégique</i>	5%	3	3*5%
<i>Qualité de l'exécution opérationnelle</i>	5%	4	4*5%
Positionnement concurrentiel	10%		0,42
<i>Compétitivité prix</i>	3%	5	5*3%
<i>Compétitivité hors-prix</i>	3%	5	5*3%
<i>Développement - Technologie - Innovation</i>	4%	3	3*4%
<u>FACTEURS FINANCIERS</u>	35%		1,25
Rentabilité	10%		0,44
<i>Marge de profit</i>	4%	5	5*4%
<i>Rotation des actifs</i>	3%	3	3*3%
<i>Levier financier</i>	3%	5	5*3%
Liquidité	10%		0,35
<i>Liquidité des actifs</i>	5%	3	3*5%
<i>Refinancement et gestion de la liquidité</i>	5%	4	4*5%
Flexibilité financière	15%		0,46

<i>Couverture des intérêts par les cash-flows</i>	8%	4	4*8%
<i>Dette en années de cash-flows</i>	7%	2	2*7%
Score pondéré total			3,25

Tableau 33 : Résultat du score qualitatif de l'OCP

Alors selon la grille de notation ce score est associé à la notation **BBB-**.

1.3. L'agrégation des scores

Nous avons vu la notation des corporates en question par les deux approches. Dans cette partie, nous essayerons d'agréger les scores qualitative et quantitative pour obtenir une notation finale qui reflète la situation financière de chaque entreprise. Pour cela, nous utilisons des pondérations qui expliquent bien le poids de chaque approche. L'approche qualitative sera pondérée par 80% puisqu'elle analyse presque tous les facteurs importants qui expliquent la situation financière, tandis que l'approche quantitative sera pondérée par 20%.

1.3.1. Le groupe Addoha

$$\text{Score final}_{\text{Addoha}} = 3,48 * 80\% + 2,34 * 20\% = 3,25$$

D'après la grille de notation 3,25 correspond à la notation **BBB-**. Et puisque le groupe Addoha est un groupe en soi, donc il ne reçoit aucun support parental, donc il ne va pas bénéficier de crans de plus.

Par la suite :

$$\text{Notation final}_{\text{Addoha}} = \text{BBB} -$$

1.3.2. Le groupe OCP

$$\text{Score final}_{\text{OCP}} = 3,25 * 80\% + 1,98 * 20\% = 2,99$$

D'après la grille de notation 2,99 correspond à la notation **BBB+**. Et puisque l'OCP est un groupe en soi, donc il ne reçoit aucun support parental, donc il ne va pas bénéficier de crans de plus.

Par la suite :

$$\text{Notation final}_{\text{OCP}} = \text{BBB} +$$

Un récapitulatif des résultats de notation des corporates est dans le tableau ci-dessous :

Approches Corporates	Qualitative	Quantitative	Note agrégée	Commentaires
Groupe Addoha	BBB-	Z score= 2,34	BBB-	Solvabilité moyenne et la qualité est inférieure
Groupe OCP	BBB-	Z score= 1,98	BBB+	Solvabilité moyenne et la qualité est inférieure

Tableau 34 : Résultat final de notation des corporates

II. Le cas des sociétés de financement (Banques)

II.1. L'approche quantitative

II.1.1. Démarche de l'approche

Dans le cas de la notation des banques, il n'est pas utile d'utiliser la régression logistique pour des raisons que nous avons déjà citées auparavant, c'est pour cela que nous adoptons par la suite la régression logistique ordinale. L'objectif de cette méthode c'est d'estimer un modèle à partir des ratios (variables explicatives) des banques déjà notées par S&P, et de l'appliquer avec les mêmes coefficients pour le cas des ratios de banques en question, avec la détermination des seuils de transition d'une notation à une autre (pour une grille de notations utilisée par ladite agence).

En utilisant une base de données qui comporte 51 banques avec leurs notations de la part de l'agence S&P et 3 ratios pour chacune, nous avons obtenu le résultat sous R comme suit :

Pseudo R-deux

Cox et Snell	,248
Nagelkerke	,264
McFadden	,101

Fonction de liaison
: Logit.

Tableau 35 : Pseudo R-carré du modèle-Sortie SPSS-

Chapitre 3 : Etude pratique

formula: Codage.2 ~ Ratio.1 + Ratio.2 + Ratio.3							
data: base							
link	threshold	nobs	logLik	AIC	niter	max.grad	cond.H
logit	flexible	51	-65.10	144.21	6(0)	2.52e-11	6.4e+03
Coefficients:							
Ratio.1	Ratio.2	Ratio.3					
-2.146	36.318	-18.743					
Threshold coefficients:							
A B	B C	C D	D E				
-6.482	-4.262	-2.736	-1.215				

Tableau 36 : Les seuils et les coefficients estimés du modèle- Sortie R-

formula: Codage.2 ~ Ratio.1 + Ratio.2 + Ratio.3							
data: base							
link	threshold	nobs	logLik	AIC	niter	max.grad	cond.H
logit	flexible	51	-65.10	144.21	6(0)	2.52e-11	6.4e+03
Coefficients:							
	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)			
Ratio.1	-2.1458	0.6276	-3.419	0.000628	***		
Ratio.2	36.3183	16.7344	2.170	0.029986	*		
Ratio.3	-18.7435	7.0373	-2.663	0.007734	**		

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1							
Threshold coefficients:							
	Estimate	Std. Error	z value				
A B	-6.4819	1.3767	-4.708				
B C	-4.2615	0.9885	-4.311				
C D	-2.7362	0.9044	-3.025				
D E	-1.2146	0.8443	-1.439				

Tableau 37 : Les seuils et les coefficients du modèle avec p-value- Sortie R-

Nous vérifions la corrélation entre les variables :

	Ratio.1	Ratio.2	Ratio.3
Ratio.1	1.0000000	0.4777744	-0.5123909
Ratio.2	0.4777744	1.0000000	-0.1456721
Ratio.3	-0.5123909	-0.1456721	1.0000000

Tableau 38 : Matrice de corrélation des variables

En se basant sur ces conditions :

Corrélation	Négative	Positive
Faible	de -0,5 à 0,0	de 0,0 à 0,5
Forte	de -1,0 à -0,5	de 0,5 à 1,0

Tableau 39 : Conditions pour le degré de corrélation

D'après ces sorties, nous remarquons que :

- Les variables explicatives sont tous significatives (p-value inférieure à 5%).
- Les valeurs du pseudo R-carré du modèle sont quasi acceptable et respectable (le cas de la régression logistique). En effet, nous n'attendons pas à ce qu'elles soient aussi grandes, et les valeurs de 0,2 à 0,4 indiquent un bon ajustement du modèle.
- Les variables ne sont pas fortement corrélées l'une à l'autre.

Nous vérifions par la suite la corrélation entre la variable à expliquer Y et les variables explicatives X_i en utilisant le rapport de corrélation empirique qui offre une mesure simple de la liaison entre une variable qualitative et une variable quantitative sous la formule suivante :

$$\tilde{\eta} = \frac{\text{Variance intergroupe}}{\text{Variance totale}}$$

Sous R, nous avons obtenu les rapports de corrélation suivants :

	Ratio 1	Ratio 2	Ratio 3
La variable Y	0.42	0.19	0.58

Tableau 40 : Le rapport de corrélation entre la variable Y et les X_i – Sortie R-

Plus la valeur est proche de 1 et plus la variance inter-groupes a un poids important par rapport à la variance intra-groupes, et donc plus Y est en lien avec X. Nous remarquons qu'il y a une corrélation entre les X_i et la variable Y et surtout pour le ratio 1 et le ratio 3. Donc ces ratios apportent de l'information sur Y.

Par conséquent, nous avons obtenu un bon modèle que nous pouvons l'utiliser par la suite.

En vue de bien appliquer la méthode de la régression logistique ordinaire il faut que les classes de la variable Y doivent être du plus faible au plus élevé, et puisque le logiciel R reçoit que la notation A-1 est plus élevée que celle A-1+ nous serons obligé de recoder ces notations d'une manière ordonnée avec des lettres de A à E.

Nous considérons le codage des notations suivant :

Chapitre 3 : Etude pratique

A correspond à la notation **C**

B correspond à la notation **B**

C correspond à la notation **A-2**

D correspond à la notation **A-1**

E correspond à la notation **A-1+**

Et avec les ratios suivants :

$Ratio\ 1 = \frac{\text{Charges générales d'exploitation}}{\text{Produit net bancaire}}$: Les banques utilisent le coefficient d'exploitation pour calculer leur gain réel.

$Ratio\ 2 = \frac{\text{Dotations aux provisions}}{\text{Encours de crédit}}$: Ce ratio donne une indication sur les provisions pour anticiper les futures pertes sur prêts.

$Ratio\ 3 = \frac{\text{Résultats nets}}{\text{Capitaux propres} + \text{Dettes subordonnées}}$: Ce ratio mesure le bénéfice généré par les capitaux propres.

Notre modèle à suivre dans la notation des banques marocaines est le suivant :

$$\text{Score} = -2,145 * \text{Ratio1} + 36,318 * \text{Ratio2} - 18,743 * \text{Ratio3}$$

En tenant compte les seuils suivant :

$$\text{Si} \begin{cases} \text{Le score} < -6,481 & \text{alors la note est } A \Leftrightarrow C \\ -6,481 \leq \text{Le modèle} < -4,261 & \text{alors la note est } B \Leftrightarrow B \\ -4,261 \leq \text{Le modèle} < -2,736 & \text{alors la note est } C \Leftrightarrow A - 2 \\ -2,736 \leq \text{Le modèle} < -1,214 & \text{alors la note est } D \Leftrightarrow A - 1 \\ \text{Le modèle} \geq -1,214 & \text{alors la note est } E \Leftrightarrow A - 1 + \end{cases}$$

II.1.2. Etude de cas

Nous étudions par la suite le cas de deux banques : **Attijariwafa Bank** et **la Banque Centrale Populaire**.

1) Attijariwafa Bank

Chapitre 3 : Etude pratique

Les valeurs de ratios concernant cette banque sont comme suit :

$$\text{Ratio1} = 0,3919$$

$$\text{Ratio2} = 0,0086$$

$$\text{Ratio3} = 0,0826$$

Alors le modèle sera :

$$\text{Score} = -2,145 * \text{Ratio1} + 36,318 * \text{Ratio2} - 18,743 * \text{Ratio3}$$

Alors

$$\text{Score} = -2,145 * 0,3919 + 36,318 * 0,0086 - 18,743 * 0,0826$$

Par la suite

$$\text{Score}_{\text{Attijari}} = -2,07$$

On constate que la valeur du score est comprise entre $[-2,736 ; -1,214]$, alors la notation d'Attijariwafa Bank par la méthode quantitative correspond à **A - 1**.

Pour une bonne précision, **A - 1** correspond aux notations suivantes : **A** ou **A +**.

2) La Banque Centrale Populaire

Les valeurs de ratios concernant cette banque sont comme suit :

$$\text{Ratio1} = 0,4795$$

$$\text{Ratio2} = 0,0141$$

$$\text{Ratio3} = 0,0779$$

Alors le modèle sera :

$$\text{Score} = -2,145 * \text{Ratio1} + 36,318 * \text{Ratio2} - 18,743 * \text{Ratio3}$$

Alors

$$\text{Score} = -2,145 * 0,4795 + 36,318 * 0,0141 - 18,743 * 0,0779$$

Par la suite

$$\text{Score}_{\text{BCP}} = -1,98$$

On constate que la valeur du score est comprise entre $[-2,736 ; -1,214]$, alors la notation de la Banque Centrale Populaire correspond à **A - 1**.

Chapitre 3 : Etude pratique

Pour une bonne précision, **A – 1** correspond aux notations suivantes : **A** ou **A +**.

II.2. L'approche qualitative

Il faut être prudent dans la lecture de ces scores qualitatifs car ils restent subjectifs et différents d'un analyste à un autre.

II.2.1. Etude de cas

1) Attijariwafa Bank

Le tableau ci-dessous représente le résultat de la notation qualitative d'Attijariwafa Bank. Le détail du score de chaque élément est donné dans l'Annexe A.

Facteurs de notation intrinsèque	Pondération	Score	Score pondéré
<u>FACTEURS ENVIRONNEMENTAUX</u>	20%		0,69
Environnement macroéconomique	8%		0,21
<i>Maturité</i>	2,67%	3	3*2,67%
<i>Diversité</i>	2,67%	3	3*2,67%
<i>Soutenabilité</i>	2,67%	2	2*2,67%
Environnement opérationnel	7%		0,30
<i>Gouvernance systémique</i>	3%	4	4*3%
<i>Infrastructure</i>	2%	5	5*2%
<i>Information</i>	2%	4	4*2%
Environnement réglementaire	5%		0,18
<i>Réglementation</i>	3%	4	4*3%
<i>Supervision</i>	2%	3	3*2%
<u>FACTEURS QUALITATIFS</u>	50%		1,89
Positionnement stratégique	15%		0,54
<i>Parts de marché</i>	6%	3	3*6%
<i>Diversification opérationnelle</i>	5%	4	4*5%
<i>Diversification géographique</i>	4%	4	4*4%
Gouvernance et gestion des risques	20%		0,80
<i>Gestion des risques</i>	10,5%	4	4*10,5%
<i>Contrôles</i>	9,5%	4	4*9,5%
Qualité des actifs	15%		0,55
<i>Performance qualitative des portefeuilles</i>	5%	2	2*5%

Chapitre 3 : Etude pratique

<i>Concentration sectorielle</i>	5%	3	3*5%
<i>Concentration des contreparties</i>	5%	6	6*5%
<u>FACTEURS FINANCIERS</u>	30%		1,41
Rentabilité	10%		0,52
<i>Rendement net des actifs</i>	6%	6	6*6%
<i>Efficacité opérationnelle</i>	4%	4	4*4%
Liquidité	10%		0,35
<i>Liquidité des actifs</i>	5%	4	4*5%
<i>Refinancement et gestion de la liquidité</i>	5%	3	3*5%
Capitalisation	10%		0,54
<i>Levier financier</i>	4%	6	6*4%
<i>Capital réglementaire</i>	6%	5	5*6%
Score pondéré total			3,99

Tableau 41 : Résultat du score qualitatif d'Attijariwafa Bank

Alors selon la grille de notation ce score est associé à la notation **BB**.

2) La Banque Centrale Populaire

Le tableau ci-dessous représente le résultat de la notation qualitative de la banque Centrale Populaire. Le détail du score de chaque élément est donné dans l'Annexe A.

Facteurs de notation intrinsèque	Pondération	Score	Score pondéré
<u>FACTEURS ENVIRONNEMENTAUX</u>	20%		0,77
Environnement macroéconomique	8%		0,32
<i>Maturité</i>	2,67%	4	4*2,67%
<i>Diversité</i>	2,67%	3	3*2,67%
<i>Soutenabilité</i>	2,67%	5	5*2,67%
Environnement opérationnel	7%		0,28
<i>Gouvernance systémique</i>	3%	4	4*3%
<i>Infrastructure</i>	2%	5	5*2%
<i>Information</i>	2%	3	3*2%
Environnement réglementaire	5%		0,17
<i>Réglementation</i>	3%	3	3*3%
<i>Supervision</i>	2%	4	4*2%
<u>FACTEURS QUALITATIFS</u>	50%		2,07
Positionnement stratégique	15%		0,67
<i>Parts de marché</i>	6%	5	5*6%
<i>Diversification opérationnelle</i>	5%	5	5*5%

Chapitre 3 : Etude pratique

<i>Diversification géographique</i>	4%	3	3*4%
Gouvernance et gestion des risques	20%		0,80
<i>Gestion des risques</i>	10,5%	4	4*10,5%
<i>Contrôles</i>	9,5%	4	4*9,5%
Qualité des actifs	15%		0,60
<i>Performance qualitative des portefeuilles</i>	5%	4	4*5%
<i>Concentration sectorielle</i>	5%	4	4*5%
<i>Concentration des contreparties</i>	5%	4	4*5%
<u>FACTEURS FINANCIERS</u>	30%		1,45
Rentabilité	10%		0,52
<i>Rendement net des actifs</i>	6%	6	6*6%
<i>Efficacité opérationnelle</i>	4%	4	4*4%
Liquidité	10%		0,45
<i>Liquidité des actifs</i>	5%	5	5*5%
<i>Refinancement et gestion de la liquidité</i>	5%	4	4*5%
Capitalisation	10%		0,48
<i>Levier financier</i>	4%	6	6*4%
<i>Capital réglementaire</i>	6%	4	4*6%
Score pondéré total			4,29

Tableau 42 : Résultat du score qualitatif de la Banque Centrale Populaire

Alors selon la grille de notation ce score est associé à la notation **B+**.

II.3. L'agrégation des scores

Dans ce qui suit, nous calculons la notation finale agrégée de la même façon que dans le cas des corporates.

II.3.1. Attijariwafa Bank

$$\text{Score final}_{\text{Attijari}} = 3,99 * 80\% - 2,07 * 20\% = 2,78$$

D'après la grille de notation, 2,78 correspond à la notation **BBB+**. Et puisque Attijariwafa Bank est un groupe en soi, donc il ne reçoit aucun support parental. En matière des facteurs de supports nationaux, la **Propension au Support** des autorités nationales est FAIBLE, et le degré d'**Importance Systémique** de la Banque sur son marché national est MOYEN. Donc nous pouvant ajouter 1 cran à la note **BBB+** et on tombe sur la note **A-**.

Cette notation inclue toute une probabilité de soutien de l'Etat en cas de problèmes.

Par la suite :

$$\text{Notation final}_{\text{Attijari}} = A -$$

La banque Attijariwafa est bien notée, mais le risque peut être présent dans certaines circonstances économiques.

II.3.2. La Banque Centrale Populaire

$$\text{Score final}_{\text{BCP}} = 4,29 * 80\% - 1,98 * 20\% = 3,03$$

D'après la grille de notation, 3,03 correspond à la notation **BBB**. Et puisque la Banque centrale populaire est un groupe en soi, donc il ne reçoit aucun support parental. En matière des facteurs de supports nationaux, la **Propension au Support** des autorités nationales est FAIBLE, et le degré d'**Importance Systémique** de la Banque sur son marché national est MOYEN. Donc nous pouvant ajouter 1 cran à la note **BBB** et on tombe sur la note **BBB+**.

Cette notation inclue toute une probabilité de soutien de l'Etat en cas de problèmes.

Par la suite :

$$\text{Notation final}_{\text{BCP}} = \text{BBB} +$$

La banque centrale populaire a une solvabilité moyenne et une qualité inférieure.

Un récapitulatif des résultats de notation des banques est dans le tableau ci-dessous :

Approches Banques	Qualitative	Quantitative	Note agrégée	Commentaires
Attijariwafa Bank	BB	A ou A+	A-	Bonne qualité mais le risque peut être présent dans certaines circonstances économique
Banque Centrale Populaire	B+	A ou A+	BBB+	Solvabilité moyenne et la qualité est inférieure

Tableau 43 : Résultat final de notation des banques

Le tableau ci-dessous représente une comparaison entre les notations obtenues et celles données par S&P :

Chapitre 3 : Etude pratique

Approches Entreprises	Qualitative	Quantitative	Note agrégée	Notation de S&P
Attijariwafa Bank	BB	A ou A+	A-	BB (Le 15 Décembre 2016)
Banque Centrale Populaire	B+	A ou A+	BBB+	BB+ (Le 13 Janvier 2014)
Groupe Addoha	BBB-	Z score= 2,34	BBB-	-----
Groupe OCP	BBB-	Z score= 1,98	BBB+	BBB- (Le 27 Juin 2017)

Tableau 44 : Comparaison des notations obtenues avec celles de S&P

Conclusion générale

L'objectif général de notre projet c'est la mise en place d'un processus de notation, qui pourrait aider la CMR, à évaluer le niveau de risque et le niveau d'engagement concernant le remboursement des émetteurs faisant appel public à l'épargne. Pour ce faire, nous avons d'abord distingué entre les entreprises du secteur financier (banques) et les autres du secteur non financier (corporates) tout en adoptant une méthodologie basée sur 2 approches quantitative et qualitative.

Concernant les corporates nous avons traité le cas de deux entreprises : Groupe Addoha et l'OCP, tandis que pour les banques nous avons étudié le cas de: Attijariwafa Bank et la Banque Centrale Populaire. Après avoir récupéré la base de données, on a choisi rigoureusement l'ensemble des ratios financiers qui sont utiles à la prédiction de la défaillance.

La méthodologie adoptée est clôturée par l'agrégation des scores (quantitative et qualitative) pour chacune des 4 entreprises afin d'aboutir à une notation finale qui reflète la situation financière de l'entreprise en question, et qui représentera par la suite une référence pour réduire le risque lié aux crédits accordée par la CMR aux entreprises financières et non financières.

En comparant les résultats de notation obtenus dans notre projet avec ceux de l'agence S&P (standard & poor's), nous ne trouverons pas une grande différence au niveau de la grille de notation adoptée. Si nous considérons juste notre notation qualitative nous remarquons que c'est presque la même notation que celle adoptée par S&P.

En effet, les raisons par lesquelles nous justifions ces petites différences entre les résultats c'est que l'agence S&P n'adopte que l'approche qualitative et elle tient souvent en compte la notation du pays de l'entreprise notée et surtout pour le cas des banques. En outre, les deux notations sont réalisées sur 2 périodes différentes (les rapports d'activités des entreprises sont différents). En plus de cela, nous avons pris en considération l'approche quantitative dans la notation finale de l'entreprise.

Le travail élaboré n'est qu'une étape primaire aussi bien pour une carrière professionnelle que pour des études approfondies. Et parmi les perspectives de ces études qu'il faut penser à la création des agences de notation au Maroc ainsi que l'élaboration d'un processus de notation des pays afin de bien noter les entreprises et les banques.

Bibliographie

- [B-1] Trueck S., Svetlozar T. Rachev, *Rating Based Modeling of Credit Risk: Theory and Application of Migration Matrices*, Academic Press, Elsevier, 2009.
- [B-2] Glenn M. Schultz, Frank J. Fabozzi, *Investing in Mortgage-Backed and Asset-Backed Securities*, Wiley finance, 2016.
- [B-3] Risk assessment section, *Advancing Credit Risk Management through Internal Rating Systems*, Bank of Japan, 2005.
- [B-4] Oumachtaq H., *Mise en place d'un système de notation interne à la CMR*, Centre de documentation, INSEA, 2015.
- [B-5] Attijari titrisation, *La note d'information : FT Miftah*, 2017.
- [B-6] Groupe Attijariwafa Bank, *rapport annuel consolidé*, 2017
- [B-7] OCP Group, *rapport annuel consolidé*, 2017.
- [B-8] Groupe Addoha, *rapport annuel consolidé*, 2017.
- [B-9] Groupe BCP, *rapport annuel consolidé*, 2017.
- [B-10] Fitch Ratings, *EMEA RMBS Rating Criteria*, Fitch, 2016.
- [B-11] Cours de Micro & Macro économétrie, Touhami ABDELKHALEK.
- [B-12] Cours de Solvabilité des entreprises d'assurances et de réassurance, Salma BERRADA SOUNI. 2018
- [B-13] Cours de l'économie bancaire et monétaire, Mohammed CHATER. 2018
- [B-14] Cours de Modèles Linéaires Généralisés (GLM), Abdelaziz CHAOUBI. 2018

Webographie

- [W-1] West Africa Rating Agency, méthodologie de notation des banques, 2016,
<http://emergingmarketsratings.com/sites/default/files/Me%CC%81thodologie%20de%20notation%20des%20Banques%20-%20WARA.pdf>, Consulté le 19 Mars 2018
- [W-2] West Africa Rating Agency, Méthodologie de notation des Entreprises Industrielles (Corporates), 2016,
<http://emergingmarketsratings.com/sites/default/files/Me%CC%81thodologie%20de%20notation%20des%20Corporates%20-%20WARA.pdf>, Consulté le 19 Mars 2018
- [W-3] Tim Thatcher, *Discriminant analysis*, 2015,
<http://discriminantanalysis.readthedocs.io/en/latest/>, Consulté le 12 Avril 2018
- [W-4] Michael Nielsen, *Using neural nets to recognize handwritten digits*, Chapter 1, 2017,
<http://neuralnetworksanddeeplearning.com/chap1.html>, consulté le 12 Avril 2018
- [W-5] Manuel Molina, *The guard's dilemma*,
<http://www.cienciasinsezo.com/en/tag/roc-curve/>, consulté le 05 Mai 2018
- [W-6] San José state university,
<http://www.sjsu.edu/faculty/gerstman/StatPrimer/correlation.pdf>, consulté le 10 Mai 2018,

Annexes

Annexe A

La notation qualitative détaillée des entreprises

- Attijariwafa Bank

FACTEURS ENVIRONNEMENTAUX

Environnement macroéconomique :

<i>Maturité</i>	Le groupe Attijariwafa bank adopte un plan stratégique 2016-2020 (Energies 2020). Ainsi, ce groupe affirme poursuivre la mise en œuvre de sa stratégie de développement à l'international à travers notamment le renforcement de sa présence au Maghreb et le développement des activités en Afrique centrale et occidentale.
<i>Diversité</i>	Nature diversifiée en fonction des besoins et objectifs des clients (dépôts bancaires, OPCVM, épargne-bancassurance,...).
<i>Soutenabilité</i>	Continuation de la croissance soutenue, rentable et saine en Afrique (croissance interne).

Environnement opérationnel :

<i>Gouvernance systémique</i>	<p>Le système de gouvernance d'Attijariwafa bank a également institué le principe de collégialité des décisions dans la gestion du groupe:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Un comité DG. • Un comité exécutif dirige la banque sur le plan opérationnel, organisationnel et administratif. • Des comités spécialisés présidés par le président directeur général ou un membre de la direction générale qui s'ajoutent aux organes de gouvernance et complètent le dispositif. <p>Après l'analyse de tout les facteurs de la gouvernance systémique chacun à sa pondération on obtient le score et la notation suivantes :</p>
<i>Infrastructure</i>	Poursuite de la simplification des processus et de l'organisation et de la rationalisation des moyens.
<i>Information</i>	Dans les conditions prévues à l'article 76 de la Loi, la Société de Gestion est tenue de remettre à tout Porteur de Titres, dans un délai maximum de trois

Annexes

	(3) mois après la clôture de chaque exercice, un rapport annuel d'activité, ainsi que plusieurs documents concernant le groupe sont disponible au public.
--	---

Environnement réglementaire :

<i>Réglementation</i>	Attijariwafa bank est tenue de respecter sur le périmètre social les exigences en fonds propres calculées suivant les mêmes normes prudentielles exigées par Bank Al-Maghreb sur le périmètre consolidé.
<i>Supervision</i>	Supervision financière par le pilotage et le suivi des réalisations financières des filiales consistant à assister la construction des plans à moyen terme, à piloter les processus budgétaires et les reporting financiers.

FACTEURS QUALITATIFS

Positionnement stratégique :

<i>Parts de marché</i>	Attijariwafa Bank détient la part du lion dans les crédits de trésorerie avec une part de 23,2%, et dans les crédits à l'équipement avec 32,7%. Et classée 2eme dans les crédits à l'habitat avec 24% et dans la promotion immobilière avec 18,4%. Et 3eme dans les crédits à la consommation avec 19,4% de la part du marché. Dans la catégorie des dépôts, AWB (25 %) rejoint BMCE et CIH pour former le trio gagnant.
<i>Diversification opérationnelle</i>	En 2017 : Nombre de clients est plus de 8,8 millions par rapport à 8,4 millions en 2016, et presque 50 produits. Tellement le nombre de client est grand, alors leur pouvoir diminue.
<i>Diversification géographique</i>	La répartition des engagements par zone géographique montre que l'exposition du Groupe est concentrée au Maroc avec environ 76,7% suivi de la Tunisie, le reste étant réparti entre les pays africains subsahariens. Au niveau de l'épargne, un accroissement de 29,3 milliards DH en comparaison avec fin juin 2016 (+7,4%) avec une répartition géographique équilibrée.

Gouvernance et gestion des risques :

<i>Gestion des risques</i>	Elle adopte une gestion proactive du risque (d'après une conférence du PDG). C'est-à-dire prévenir le mal avant qu'il survient. C'est une gestion de moyen et
----------------------------	---

Annexes

	long terme.
<i>Contrôles</i>	Trois organes de contrôle de gestion, issus du conseil d'administration ont été mis en place : un comité stratégique, un comité des rémunérations et un comité d'audit des comptes.

Qualité des actifs :

<i>Performance qualitative des portefeuilles</i>	Une performance de l'action Attijariwafa bank de 16,2% contre 9,5% pour le secteur bancaire et 9,4% pour le MASI entre le 31 décembre 2016 et le 14 septembre 2017.
<i>Concentration sectorielle</i>	Première capitalisation du secteur bancaire et 2ème du Royaume : 97,7 milliards DH au 14 septembre 2017.
<i>Concentration des contreparties</i>	La politique d'expansion internationale du Groupe induit des risques dus à une concentration des contreparties appartenant à une même région géographique. Le risque de concentration du crédit peut découler de l'exposition envers des contreparties individuelles.

FACTEURS FINANCIERS

Rentabilité :

<i>Rendement net des actifs</i>	Le ROA (Return On Asset) est de 1,3% << 5 (très petit) donc la rentabilité des actifs est insuffisante.
<i>Efficacité opérationnelle</i>	-Accélérer la capture des économies d'échelle. -Hisser les pratiques managériales, les capacités d'exécution, les standards de qualité de service, de contrôle des risques et de gestion du capital humain au niveau des meilleures pratiques internationales.

Liquidité :

<i>Liquidité des actifs</i>	Ratio LCR : 142%.
<i>Refinancement et gestion de la liquidité</i>	Une capacité extrêmement forte de cet OPCVM à préserver le capital et à maintenir la liquidité en limitant les risques de crédit, de marché et de liquidité sur le marché marocain.

Capitalisation :

<i>Levier financier</i>	endettement net / capitaux propres= ROE = 8,26% qui est inférieure à celui de 2016 donc c'est un mauvais signe de rentabilité (les capitaux utilisés par l'entreprise ne sont pas rentables).
-------------------------	---

Annexes

<i>Capital réglementaire</i>	Le mode de gestion du risque opérationnel a pour enjeux de contribuer à la réduction du capital réglementaire au titre de ce risque.
------------------------------	--

- **La Banque Centrale Populaire**

FACTEURS ENVIRONNEMENTAUX

Environnement macroéconomique :

<i>Maturité</i>	Au terme de l'année 2017, le groupe Banque Centrale Populaire réaffirme sa position de leader et affiche une importante progression de ses agrégats économiques et financiers, reflet de la dynamique de croissance et de performance amorcée dans le sillage du plan stratégique Elan 2020.
<i>Diversité</i>	La BCP s'impose de fait comme l'un des principaux investisseurs du Royaume, jouant un rôle de premier plan sur le marché aussi bien en tant que principale contrepartie pour les diverses opérations de sa clientèle qu'à travers l'activité de gestion de fonds.
<i>Soutenabilité</i>	Progression soutenue des créances sur la clientèle. Les créances sur la clientèle au niveau du groupe, quant à elles, ont augmenté de 6,9%. Ainsi, au terme de l'exercice 2016, le déficit budgétaire poursuit son atténuation pour se situer à 4% du PIB (Vs. 4,3% en 2015), parfaitement en ligne avec l'objectif à moyen terme de soutenabilité des finances publiques.

Environnement opérationnel :

<i>Gouvernance systémique</i>	Le groupe banque populaire comprend la BCP et les banques populaires régionales. Le comité directeur du groupe élit cinq présidents des conseils de surveillance des BPR et cinq du conseil d'administration du BCP. La BCP est une société à conseil d'administration qui détermine les orientations de l'activité de la BCP et veille à leur mise en œuvre par l'organe de direction., elle est l'organisme central des BPR dont elle coordonne la politique financière, leur refinancement et la gestion des excédents de trésorerie et aussi les services d'intérêt commun de ses organismes.
<i>Infrastructure</i>	La division architecture et infrastructure au sein de la BCP s'occupe de la gestion, la consolidation et la maintenance des plateformes et des infrastructures des systèmes d'information et de communication.
<i>Information</i>	La direction de la BCP est responsable de l'établissement et la présentation sincère des états financiers conformément aux standards internationaux IFRS. La direction est en effet responsable de concevoir, mettre en place et contrôler l'élaboration et la

Annexes

	présentation les états financiers sans fraudes ou erreurs.
--	--

Environnement réglementaire :

<i>Réglementation</i>	La BCP s'adapte au mieux à la réglementation nationale bancaire qui cherche à s'aligner en permanence sur les standards internationaux tels que Bâle III et la contribution au projet de mise en œuvre des normes comptables IFRS9.
<i>Supervision</i>	La supervision en matière de réglementation est partagée entre les instances de gouvernance, les instances de gestion de risque et les instances de control interne.

FACTEURS QUALITATIFS

Positionnement stratégique :

<i>Parts de marché</i>	La BCP continue sa tendance de leader dans la collecte des dépôts avec une part de marché de 26.3% en 2017. Ses ressources non rémunérées s'élèvent à 66.1%. La banque détient 51.8% des parts de marché pour les dépôts des marocains du monde. Elle améliore sa position dans le marché vers 24% pour la distribution des crédits.
<i>Diversification opérationnelle</i>	En 2017 : Le nombre de clients est de 5.8 millions contre 5.5 millions en 2016. Et presque 7 produits. Tellement le nombre de client est grand, alors leur pouvoir diminue.
<i>Diversification géographique</i>	Le groupe BCP poursuit son expansion géographique vers la zone UEMOA par sa filiale banque atlantique dans les pays du Bénin, Côte d'Ivoire, Mali et d'autres..., Son réseau occupe principalement le Maroc, la zone offshore, l'Afrique et l'Europe.

Gouvernance et gestion des risques :

<i>Gestion des risques</i>	La BCP adopte une structure coopérative entre les instances de control interne le pôle Risk Management et les instances de gouvernance. Elle continue à renforcer son dispositif d'identification et suivi des risques par grands domaines de risque évoqué par la réglementation Bâle III : risque de crédit, risque de marché, risque opérationnel et le risque ALM.
<i>Contrôles</i>	Les outils utilisés par le contrôle de gestion: Analyses Financières. Suivi des performances et Reporting. Comptabilité analytique et Budget. Suivi de la politique financière et de la notation de la Banque. L'élaboration et la maintenance du système

Annexes

	d'information.
--	----------------

Qualité des actifs :

<i>Performance qualitative des portefeuilles</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Compartiment de change L'activité de change construit 24% de l'encours brut global en 2017 où l'encours de change a connu une augmentation, la position de change globale long de 680 MDH • Compartiment obligataire Le portefeuille obligataire constitue 39% des encours brut global de 2017 • Compartiment actions et OPCVM diversifié L'encours du portefeuille Actions et OPCVM Diversifié s'affiche à 2,5 MMDH au 31 décembre 2017, et la VAR de la poche Action se situe à 14,7 MDH.
<i>Concentration sectorielle</i>	Le Crédit populaire du Maroc dispose d'un dispositif de gestion et de suivi du risque de concentration sectorielle s'articulant autour de limites sectorielles dont le monitoring et le suivi impliquent l'application de mesures adaptées en fonction de la limite atteinte.
<i>Concentration des contreparties</i>	la Banque dispose d'importants outils lui permettant de cerner ses risques de concentration, dont un outil dédié à la gestion des groupes de contreparties liées, et une base de données des promoteurs et projets opérant dans le secteur de la promotion immobilière.

FACTEURS FINANCIERS

Rentabilité :

<i>Rendement net des actifs</i>	Le bénéfice net généré par le total des actifs ou ROA (Return On Asset) est de 0.98% << 5 (très petit) donc la rentabilité des actifs est insuffisante.
<i>Efficacité opérationnelle</i>	La BCP vise l'amélioration de l'efficacité opérationnelle par l'industrialisation des filières qui est un chantier dont l'objectif est de piloter et professionnaliser les filières de la BCP et développer les capacités centrales de pilotage.

Liquidité :

<i>Liquidité des actifs</i>	Ratio LCR : 120%.
<i>Refinancement et gestion de la liquidité</i>	Le portefeuille titres est constitué majoritairement de bons du Trésor, d'OPCVM et, dans une moindre mesure, de positions sur actions liquides. La position du groupe en tant que leader dans la collecte de dépôts à vue constitue un outil pertinent pour le financement global du groupe.

Annexes

Capitalisation :

<i>Levier financier</i>	Endettement net / capitaux propres= ROE = 7,79% qui est inférieure à celui de 2016 donc c'est un mauvais signe de rentabilité (les capitaux utilisés par l'entreprise ne sont pas rentables).
<i>Capital réglementaire</i>	Ce capital nous aide à calculer le ratio de solvabilité qui est de 13,32% en augmentation de 65 point de base par rapport à 2016 (12,67%).

- **Groupe ADDOHA**

FACTEURS ENVIRONNEMENTAUX

Environnement macroéconomique :

<i>Maturité</i>	Le groupe Addoha a opté pour une autre stratégie. Ce groupe a consacré cette année pour accélérer le rythme d'activité du moyen standing et de l'Afrique afin de trouver un équilibre notamment avec le ralentissement que connaît le secteur au Maroc, ainsi que plusieurs programmes de logements sociaux dans le cadre des objectifs de l'Etat marocain. Après 3 années de rigueur nécessaire, le Groupe ADDOHA entre ainsi dans une nouvelle étape de son développement il lance un nouveau plan stratégique PRIORITE AU CASH 2020.
<i>Diversité</i>	Une assise foncière importante et diversifiée.
<i>Soutenabilité</i>	La génération du cash est soutenable en 2017.

Environnement opérationnel :

<i>Gouvernance systémique</i>	Depuis toujours, le management du Groupe ADDOHA s'est bâti sur l'expertise éprouvée de ses dirigeants et sur son haut niveau de compétences et de technicité. Ainsi, afin d'apporter un regard neuf et indépendant, le Conseil d'Administration compte parmi ses membres plusieurs personnalités extérieures.
<i>Infrastructure</i>	Levier stratégique inhérent à son activité, le Groupe ADDOHA s'est constitué une assise foncière de qualité de près de 4000 hectares. Au sein de ce patrimoine, plus de 970 hectares représentent une réserve stratégique d'une valeur comptable de près de 1,8 Md MAD.
<i>Information</i>	Les états financiers consolidés du Groupe ADDOHA ont été préparés conformément aux Normes Internationales d'Information Financières

Annexes

	(IAS/IFRS) publiées par l'International Accounting Standards Board (IASB) et adoptées par l'Union Européenne.
--	---

Environnement sectoriel :

<i>Pression concurrentielle</i>	Tandis qu'il y a une grande concurrence entre les promoteurs immobiliers, les amicales d'habitat pratiquent des prix 20 à 30% moins élevés que la promotion immobilière en s'appuyant principalement sur l'exonération fiscale, et les promoteurs crient à la concurrence déloyale.
<i>Degré de maturité</i>	Le projet de loi des Finances 2018 est accompagné d'un rapport économique et financier qui souligne la nécessité de relancer le secteur immobilier. Pour ce faire, le ministère des Finances précise que la mise en place de nouvelles stratégies est incontournable. Il est alors indispensable d'instaurer une politique d'habitat plus réactive et régionalisée, ainsi qu'un meilleur ciblage.

FACTEURS QUALITATIFS

Produits - Distribution - Marque :

<i>Diversité des produits - Gamme</i>	Le groupe Addoha s'investit dans plusieurs types de bien immobilier, notamment des appartements de moyen et haut standing, des appartements économiques, des lots de terrains et des villas semi finies. Ce groupe s'est imposé sur le marché en proposant une offre diversifiée répondant aux attentes de toutes les catégories socio-économiques.
<i>Distribution et parts de marché</i>	Leader dans le secteur de la promotion immobilière. En effet, selon une enquête du Ministère de l'Habitat, le Maroc a besoin de 121 700 logements de moyen standing à horizon 2020, le groupe Addoha a une part de marché naturelle à prendre sur ce segment.
<i>Reconnaissance de la marque</i>	Leader en matière d'accès à un logement abordable pour les ménages à faible revenu, Il s'agira de renforcer son offre sur le logement Moyen Standing, avec notamment sa marque CORALIA déjà bien ancrée sur le marché.

Gouvernance et management :

<i>Gouvernance idiosyncrasique</i>	Grand groupe familial à une faiblesse concernant les décisions qui sont principalement centralisées. Par
------------------------------------	--

Annexes

	ailleurs, dans une optique d'optimisation et de réalisation de ses objectifs, ce Groupe dispose de six comités internes.
<i>Qualité de la gestion stratégique</i>	Procédure de contrôle de qualité et service après-vente à améliorer.
<i>Qualité de l'exécution opérationnelle</i>	Il s'agit du Guichet Unique. Véritable gain de temps pour le client, ce service permet au futur acquéreur d'être assisté pour toutes les formalités administratives, juridiques et bancaires, et ce, jusqu'à la remise des clefs.

Positionnement concurrentiel :

<i>Compétitivité prix</i>	Leader en matière d'accès à un logement économique abordable pour les ménages à faible revenu.
<i>Compétitivité hors-prix</i>	Parmi les points forts du groupe Addoha c'est avoir une légitimité historique et une forte expertise, la proximité et l'écoute du client, la conception de projets de qualité, ainsi qu'une présence dans 19 villes du Royaume.
<i>Développement - Technologie - Innovation</i>	Une stratégie de développement ambitieuse en Afrique subsaharienne.

FACTEURS FINANCIERS

Rentabilité :

<i>Marge de profit</i>	Marge de profit = Résultat Net (RN) / Chiffre d'Affaires (CA) = 0,17 Puisque ce ratio n'est pas élevé alors la marge n'est pas performante.
<i>Rotation des actifs</i>	Ratio de rotation de l'actif = Chiffre d'Affaires/ Total de l'actif = 0,15 Les sociétés qui enregistrent de grandes marges bénéficiaires ont tendance à présenter un ratio de rotation de l'actif plus bas.
<i>Levier financier</i>	Endettement net / capitaux propres= ROE = 5,30% qui est inférieure à celui de 2016 (7,98%) donc c'est un mauvais signe de rentabilité (les capitaux utilisés par l'entreprise ne sont pas rentables).

Liquidité :

<i>Liquidité des actifs</i>	Ratio de liquidité à court terme = Actif circulants/Passif circulant = 372%.
<i>Refinancement et gestion de la liquidité</i>	Les cashflows générés permettront de poursuivre le désendettement global du groupe, acquérir du foncier liquide et assurer une capacité de distribution de dividendes. Le nouveau plan vient poursuivre la politique de génération de cash qui table sur un niveau de cashflows opérationnels positif de 5,6 MMDH sur la période 2018-2020.

Annexes

Flexibilité financière :

<i>Couverture des intérêts par les cash-flows</i>	Les cash flow, dans le nouveau plan stratégique Priorité Au Cash 2020, permettront de poursuivre le désendettement global du groupe, acquérir du foncier liquide, et assurer une capacité de distribution de dividendes.
<i>Dettes en années de cash-flows</i>	Le plan stratégique adopté a permis à Addoha de dégager suffisamment de cash pour rembourser sa dette et répondre aux exigences des investisseurs en Bourse, ce plan vient poursuivre la politique de génération de cash qui table sur un niveau de cash-flows opérationnels positif de 5,6 MMDH sur la période 2018-2020.

- **OCP**

FACTEURS ENVIRONNEMENTAUX

Environnement macroéconomique :

<i>Maturité</i>	Le secteur de la recherche, l'extraction et la transformation des phosphates a une maturité assez longue vu que le Maroc détient les deux tiers de la réserve mondiale et aussi ce secteur est monopolisé par l'OCP tel que stipulé par la loi.
<i>Diversité</i>	Le Groupe OCP est un producteur d'engrais verticalement intégré, présent sur l'ensemble de la chaîne de valeur des phosphates, et spécialisé dans l'extraction, la production et la commercialisation de phosphates, d'acide phosphorique (dont l'acide phosphorique purifié) et d'engrais phosphatés.
<i>Soutenabilité</i>	En sa qualité en tant que leader du secteur en Afrique et par sa contribution intéressante dans le PIB du Maroc, l'OCP assure une soutenabilité à long terme.

Environnement opérationnel :

<i>Gouvernance systémique</i>	La Société est administrée par un Conseil d'Administration, composé de trois membres au moins et de douze membres au plus pris parmi les actionnaires. La durée des fonctions des administrateurs est de trois années concernant les premiers administrateurs nommés par les statuts et de six années pour les administrateurs nommés par les assemblées générales.
<i>Infrastructure</i>	Une gamme diversifiée de moyen de transport et de distribution des phosphates tels que les trains, les pipelines et les convoyeurs à bandes. Des complexes industriels énormes sur les villes de Khouribga, Safi et

Annexes

	Jorf Lasfar.
<i>Information</i>	Un système d'information rigide à la rigueur mais devant l'environnement incertain peut induire un certain degré de risque à envisager.

Environnement sectoriel :

<i>Pression concurrentielle</i>	En l'absence de la concurrence nationale, l'OCP fait face au marché international ainsi l'OCP est sous l'influence permanente de la loi de l'offre et la demande au niveau globale.
<i>Degré de maturité</i>	Le degré de maturité du secteur s'étend vers le long terme en fonction des réserves des phosphates.

FACTEURS QUALITATIFS

Produits - Distribution - Marque :

<i>Diversité des produits - Gamme</i>	L'OCP a développé ses capacités de transformation du phosphate brute en plusieurs produits très demandés dans l'industrie agro-alimentaire.
<i>Distribution et parts de marché</i>	L'OCP détient presque 50% des parts de marché dans le monde pour les roches de phosphate et l'acide phosphorique, avec une distribution maritime qui atteint le monde entier.
<i>Reconnaissance de la marque</i>	La marque est reconnue pour les grands importateurs comme l'Amérique du nord, l'Asie et l'Europe.

Gouvernance et management :

<i>Gouvernance idiosyncrasique</i>	En sa qualité d'établissement public, l'OCP suit en permanence les directives de l'Etat marocain en vue de participer à la croissance du pays et surtout dans le secteur secondaire.
<i>Qualité de la gestion stratégique</i>	L'OCP opte pour une vision qui suit son degré de maturité à long terme à travers une gestion stratégique bien adaptée.
<i>Qualité de l'exécution opérationnelle</i>	Une bonne qualité d'exécution opérationnelle tout en cherchant à minimiser le risque.

Positionnement concurrentiel :

<i>Compétitivité prix</i>	Le Groupe fait face à une concurrence intense de la part de producteurs étrangers. La roche de phosphate, l'acide phosphorique et les engrais phosphatés sont échangés sur les marchés internationaux. Les clients fondent leurs décisions d'achat principalement sur le prix de livraison, le service à la clientèle, la qualité du produit et le temps de mise sur le marché.
<i>Compétitivité hors-prix</i>	Le Groupe concurrence un certain nombre de producteurs étrangers, y compris certains producteurs qui bénéficient d'un soutien

Annexes

	gouvernemental en tant qu'entités publiques ou subventionnées par le gouvernement. Certains concurrents du Groupe peuvent avoir des avantages concurrentiels similaires, voire supérieurs, à ceux du Groupe.
<i>Développement - Technologie - Innovation</i>	L'OCP est doté d'un certain nombre d'organe de recherche et développement et des partenariats avec des entreprises spécialisé en matière de développement et d'innovation.

FACTEURS FINANCIERS

Rentabilité :

<i>Marge de profit</i>	Marge de profit = Résultat Net (RN) / Chiffre d'Affaires (CA) = 0,09 Puisque ce ratio n'est pas élevé alors la marge n'est pas performante.
<i>Rotation des actifs</i>	Ratio de rotation de l'actif = Chiffre d'Affaires/ Total de l'actif = 0,31 Les sociétés qui enregistrent de grandes marges bénéficiaires ont tendance à présenter un ratio de rotation de l'actif plus bas.
<i>Levier financier</i>	Endettement net / capitaux propres= ROE = 0,78% qui est inférieure à celui de 2016 (1,42%) donc c'est un mauvais signe de rentabilité (les capitaux utilisés par l'entreprise ne sont pas rentables).

Liquidité :

<i>Liquidité des actifs</i>	Une approche conservatrice en termes de liquidité est adoptée et consiste à maintenir un certain niveau de liquidité en sus de lignes de crédit avec des périodes de tirages suffisamment flexibles. 3
<i>Refinancement et gestion de la liquidité</i>	La politique de refinancement vise à diversifier les sources de financement du Groupe tout en favorisant la flexibilité et l'optimisation des coûts.

Flexibilité financière :

<i>Couverture des intérêts par les cash-flows</i>	Le Groupe est engagé dans un programme d'investissement important à forte intensité capitalistique. Le financement du programme est assuré en partie par des cash-flows générés par l'activité mais aussi par des financements externes. L'activité du Groupe et sa situation financière pourraient être impactés si celui-ci se retrouve dans l'incapacité de lever les fonds nécessaires à des conditions de coût acceptables.
<i>Dettes en années de cash-flows</i>	TD(Total des dettes)/EBITDA(Earnings Before Interest Tax Depreciation and Amortization) TD/EBITDA = 9.18%, une bonne maîtrise de la structure de l'endettement.

Annexe B

Le code R de la régression logistique

```
database=read.csv2("database_default.csv", sep = ";")

#install.packages("psych", dependencies = TRUE)

library(MASS)

library(psych)

library("ROCR")

library(neuralnet)

code=database$code;defaut=database$Situation.de.défaut;annee=database$Année;rentabilité=data
base$Rentabilité.économique;vitesse_rot_K=database$Vitesse.de.rotation.du.capital;parts_EBE_ff=d
atabase$PartEBEdsFraisfinanciers_1;capacité_endett=database$Capacité.d.endettement;capacité_re
mb=database$Capacité.de.remboursement;poids_cf=database$Poids.des.charges.financières;rotatio
n_cc=database$Rotation.du.Crédit.clients;rotation_cf=database$Rotation.du.Crédit.fournisseurs;imp
ortance_FR=database$Importance.fond.de.roulement;importance_BFR=database$Importance.BFR

database_1=cbind(code,defaut,rentabilité,vitesse_rot_K,parts_EBE_ff,capacité_endett,capacité_remb,
poids_cf,rotation_cc,rotation_cf,importance_FR,importance_BFR)

describe(database_1)

plot(capacité_endett)

rentabilité=winsor(rentabilité,0.05);vitesse_rot_K=winsor(vitesse_rot_K,0.05);parts_EBE_ff=winsor(p
arts_EBE_ff,0.05);capacité_endett=winsor(capacité_endett,0.05);capacité_remb=winsor(capacité_remb,0.05);poids_cf=winsor(poids_cf,0.05);rotation_cc=winsor(rotation_cc,0.05);rotation_cf=winsor(rotation_cf,0.05);importance_FR=winsor(importance_FR,0.05);importance_BFR=winsor(importance_BFR,0.05)

database_2=cbind(code,defaut,rentabilité,vitesse_rot_K,parts_EBE_ff,capacité_endett,capacité_remb,poids_cf,rotation_cc,rotation_cf,importance_FR,importance_BFR)

describe(database_2)

database_3=data.frame(defaut,rentabilité,vitesse_rot_K,parts_EBE_ff,capacité_endett,capacité_remb,poids_cf,rotation_cc,rotation_cf,importance_FR)

correlation=cor(database_3,method = c("pearson", "kendall", "spearman"))

round(correlation,2)

#=====Partitionnement de l'échantillon=====#
```

Annexes

```
set.seed(101)

ind=sample(2,nrow(database_3),replace = TRUE,prob = c(0.6,0.4))

training_0=database_3[ind==1,]

testing_0=database_3[ind==2,]

#=====Régression logistique=====#

model <- glm (formula = default ~ ., data = training_0, family = binomial(link="logit"))

summary(model)

model1 <- glm (default ~ vitesse_rot_K + capacité_endett + rotation_cf, data = training_0, family =
binomial(link = "logit"))

summary(model1)

model2 <- glm (default ~ vitesse_rot_K + capacité_endett, data = training_0, family = binomial(link =
"logit"))

summary(model2)

model3 <- glm (default ~ 1, data = training_0, family = binomial(link = "logit"))

pseudo_r=1-logLik(model2)/logLik(model3)

step(model)

=====Prédiction=====

prob_reg=predict.glm(model2,newdata = testing_0, type = "response")

pred_reg=ifelse(prob_reg>0.5,1,0)

table_reg=table(pred_reg,testing_0$default)

err_class_reg=1-sum(diag(table_reg))/sum(table_reg)

# roc_reg <- roc(testing_0$default ~ prob_reg, data = testing_0)

# plot(roc_reg)
```

Annexes

=====**Courbe de ROC et mesure AUC**=====

```
library("ROCR")  
pred <- prediction(prob_reg, testing_0$default)  
perf <- performance(pred, measure = "tpr", x.measure = "fpr")  
plot(perf, col="blue", main="Courbe de ROC", xlab="Specificity",  
      ylab="Sensitivity")  
abline(0, 1)  
auc_reg <- performance(pred, measure = "auc")  
auc_reg <- auc_reg@y.values[[1]]
```

=====**ANOVA Analysis**=====

```
Y=data.frame(default,rentabilité,vitesse_rot_K,parts_EBE_ff,capacité_endett,capacité_remb,poids_cf  
,rotation_cc,rotation_cf,importance_FR,importance_BFR)  
anova_analysis=aov(default~.,data=Y)  
summary(anova_analysis)
```

Le code R de l'analyse discriminante

#=====**Analyse discriminante**=====#

```
discriminant_an <- lda(testing_0$default ~  
testing_0$rentabilité+testing_0$vitesse_rot_K+testing_0$parts_EBE_ff+testing_0$capacité_endett+testing_0$capacité_remb+testing_0$poids_cf+testing_0$rotation_cc+testing_0$rotation_cf+testing_0$importance_FR, data=training_0)  
discriminant_an_1 <- lda(testing_0$default ~ testing_0$vitesse_rot_K+testing_0$capacité_endett,  
data=training_0)  
lda_test_sample=data.frame(testing_0$default,testing_0$vitesse_rot_K,testing_0$capacité_endett)
```

Annexes

====Prédiction====

```
lda_pred=predict(discriminant_an_1,testing_0)
table_lda=table(lda_pred$class,testing_0$default)
err_class_lda=1-sum(diag(table_lda))/sum(table_lda)
mean(lda_pred$class==testing_0$default)
```

====Courbe de ROC et AUC====

```
pred_lda <- prediction(lda_pred$posterior[,2], testing_0$default)
perf_lda <- performance(pred_lda,"tpr","fpr")
plot(perf_lda, col="red", main="Courbe de ROC", xlab="Specificity",ylab="Sensitivity")
abline(0, 1)
auc_lda <- performance(pred_lda, measure = "auc")
auc_lda <- auc\_lda@y.values\[\[1\]\]
```

Le code R des réseaux de neurones

#====Réseaux de neurone====#

====Normalisation Minmax des variables====

```
rentabilité=(rentabilité-min(rentabilité))/(max(rentabilité)-min(rentabilité))
vitesse_rot_K=(vitesse_rot_K-min(vitesse_rot_K))/(max(vitesse_rot_K)-min(vitesse_rot_K))
parts_EBE_ff=(parts_EBE_ff-min(parts_EBE_ff))/(max(parts_EBE_ff)-min(parts_EBE_ff))
capacité_endett=(capacité_endett-min(capacité_endett))/(max(capacité_endett)-
min(capacité_endett))
rotation_cc=(rotation_cc-min(rotation_cc))/(max(rotation_cc)-min(rotation_cc))
rotation_cf=(rotation_cf-min(rotation_cf))/(max(rotation_cf)-min(rotation_cf))
```

Annexes

```
importance_FR=(importance_FR-min(importance_FR))/(max(importance_FR)-min(importance_FR))  
  
database_4=data.frame(default,rentabilité,vitesse_rot_K,parts_EBE_ff,capacité_endett,capacité_remb,  
poids_cf,rotation_cc,rotation_cf,importance_FR)
```

```
=====Partitionnement de l'échantillon=====
```

```
set.seed(101)  
  
ind=sample(2,nrow(database_4),replace = TRUE,prob = c(0.6,0.4))  
  
training=database_4[ind==1,]  
  
testing=database_4[ind==2,]
```

```
=====Réseaux de neurone=====
```

```
set.seed(333)  
  
neural_model=neuralnet(formula =  
training$default~training$rentabilité+training$vitesse_rot_K+training$parts_EBE_ff+training$capacit  
é_endett+training$capacité_remb+training$poids_cf+training$rotation_cc+training$rotation_cf+trai  
ning$importance_FR,  
  
    data=training,  
  
    hidden=c(3,2),  
  
    err.fct="ce",  
  
    linear.output=FALSE)  
  
plot(neural_model)
```

```
=====prédiction=====
```

```
prediction=compute(neural_model,training[,-1])  
  
head(prediction$net.result)  
  
head(training$default)
```

```
=====Erreur de classification training=====
```

```
prediction_1=compute(neural_model,training[,-1])
```

Annexes

```
prob_1=prediction_1$net.result
pred_1=ifelse(prob_1>0.5,1,0)
table_1=table(pred_1,training$default)
err_class1=1-sum(diag(table_1))/sum

=====Erreur de classification testing=====

prediction_2=compute(neural_model,testing[,-1])
prob_2=prediction_2$net.result
pred_2=ifelse(prob_2>0.5,1,0)
table_2=table(pred_2,testing$default)
err_class_neur=1-sum(diag(table_2))/sum(table_2)

detach(package:neuralnet,unload = T)

=====Courbe de ROC et AUC=====

library(ROCR)
pred_neur <- prediction(prob_2, testing$default)
perf_neur <- performance(pred_neur,"tpr","fpr")
plot(perf_neur, col="green", main="Courbe de ROC", xlab="Specificity",ylab="Sensitivity")
abline(0, 1)
auc_neur <- performance(pred_neur, measure = "auc")
auc_neur <- auc_neur@y.values[[1]]
hhhh=edit(Y)

# scores <- data.frame()
# scores <- edit(scores)
```

Le code R de la régression logistique ordinale

Annexes

```
getwd();  
base=read.csv2("Reg-Log-Ordinal.csv");  
base;  
C=base$Codage.2;  
C;  
library(ordinal)  
  
sortie<-clm(Codage.2~Ratio.1 + Ratio.2 + Ratio.3, data=base)  
sortie;
```

=====Résultats du modèle avec les p-value=====

```
summary(sortie);
```

=====Matrice de corrélation=====

```
x=base[,c(6,7,8)];
```

```
x;
```

```
cor(x);
```

=====Fonction définie la variance inter-groupe=====

```
VarInter <- fonction(X, Y) {  
moyennes = tapply(X, INDEX=Y, FUN=mean)  
effectifs = tapply(X, INDEX=Y, FUN=length)  
res = (sum(effectifs * (moyennes - mean(X))^2))/length(X)  
return(res)  
}
```

=====Fonction définie la variance totale=====

Annexes

```
VarTot <- function(X) {  
  return(sum((X - mean(X))^2)/length(X))  
}  
  
=====Calcul du rapport de corrélation entre Y et les Xi=====  
  
b=base[,c(5)];  
  
b;  
  
-----Pour ratio1-----  
  
a1=base[,c(6)];  
  
a1;  
  
C1=VarInter(a1, b) / VarTot(a1);  
  
C1;  
  
-----Pour ratio2-----  
  
a2=base[,c(7)];  
  
a2;  
  
C2=VarInter(a2, b) / VarTot(a2);  
  
C2;  
  
-----Pour ratio3-----  
  
a3=base[,c(8)];  
  
a3;  
  
C3=VarInter(a3, b) / VarTot(a3);  
  
C3;
```