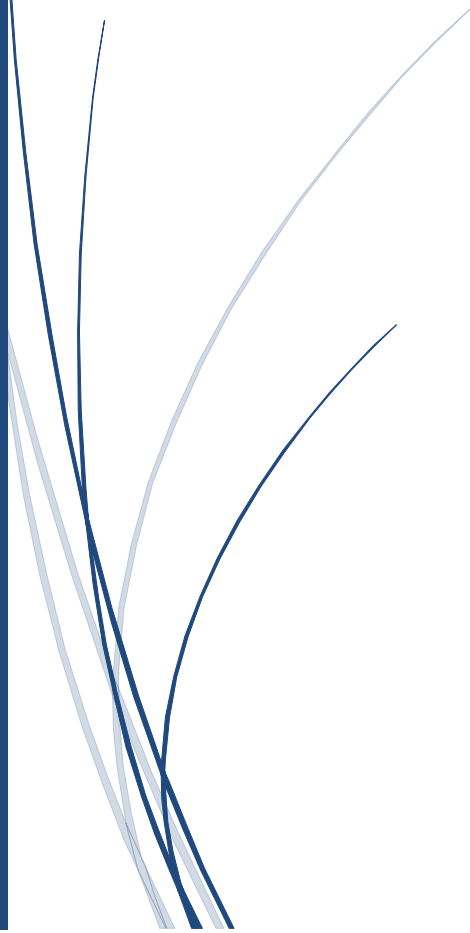


A thick dark blue vertical bar runs down the left side of the page. A blue arrow-shaped graphic points to the right from the bar, containing the date.

16/09/2016

# LA NOTATION INTERNE APPLIQUÉE A LA BH

Partie théorique

A series of thin, overlapping, curved lines in shades of blue and grey originate from the bottom left and curve upwards and to the right, creating a decorative, organic shape.

Inès Bourogaa encadrée par M.  
Radhouane Gouja

# DEDICACE

*Je dédie ce mémoire à :*

*Ma mère, qui n'a cessé de m'encourager, de me soutenir et qui a su me remettre sur les rails à chaque fois que je déviais. Je la remercie pour sa générosité.*

*Mon père, qui a toujours été là pour moi, qui m'a toujours aidée à surmonter toutes les difficultés et qui croît fort en moi. J'espère avoir été au niveau de ses attentes.*

*Mon mari, pour ses précieux conseils et pour son assistance. Il a toujours été pour moi un exemple de persévérance.*

*Ma fille, pour tout le temps que je n'ai pas pu lui donner pour pouvoir avancer dans ce travail.*

*Mes frères, pour leur présence dans ma vie et pour tout le bonheur dont ils m'entourent.*

*Et à ma grand-mère, que son âme repose en paix.*

**« Bourogaa Inés »**

# REMERCIEMENTS

*Je tiens à remercier toute personne ayant contribué à l'élaboration de ce travail de près ou de loin.*

*J'exprime ma gratitude pour le personnel de l'IFID, qui m'a soutenu tout au long de ces deux années et notamment pour **M. Sleheddine Loufichi** et **M. Mondher Ben Ammar** pour leur compréhension et leur écoute.*

*Je remercie très fort mon encadrant **M. Radouane Gouja** pour sa patience infinie et sa disponibilité. J'ai eu l'honneur et le privilège de travailler sous votre assistance et de profiter de vos qualités humaines, professionnelles et de vos conseils.*

*Je remercie très fort **M. Karim Mbarek** pour, avant tout, avoir accepté d'être mon tuteur, et aussi pour m'avoir accueillie les bras ouverts dans son bureau et avoir mis à ma disposition tout ce dont j'ai eu besoin. Je n'oublie pas sa bonne humeur et ses précieux conseils.*

# **SOMMAIRE**

<b>LISTE DES TABLEAUX</b> .....	<b>1</b>
<b>LISTE DES FIGURES</b> .....	<b>3</b>
<b>INTRODUCTION GENERALE</b> .....	<b>4</b>
<b>CHAPITRE I : LA RÉGLEMENTATION PRUDENTIELLE EN MATIÈRE DE RISQUE DE CRÉDIT</b> .....	<b>6</b>
<b>SECTION 1 : GÉNÉRALITÉS SUR LES RISQUES BANCAIRES</b> .....	<b>8</b>
<b>SECTION 2 : LES RÈGLES PRUDENTIELLES INTERNATIONALES : LES ACCORDS DE BÂLE</b> .....	<b>11</b>
<b>1- L'accord de Bâle I</b> .....	<b>11</b>
<b>2- L'accord de Bâle II</b> .....	<b>14</b>
<b>3- L'accord de Bâle III</b> .....	<b>28</b>
<b>SECTION 3 : LA RÉGLEMENTATION TUNISIENNE EN MATIÈRE DE GESTION DE RISQUE DE CRÉDIT</b> .....	<b>34</b>
<b>1- La division et la couverture du risque</b> .....	<b>34</b>
<b>2- La classification des actifs et la constitution de provisions</b> .....	<b>36</b>
<b>3- Implémentation de système de notation</b> .....	<b>37</b>
<b>CHAPITRE II : UNE REVUE DE LA LITTÉRATURE : UN PANORAMA DES DIFFÉRENTES TECHNIQUES DE NOTATION INTERNE</b> .....	<b>41</b>
<b>SECTION 1 : LES MÉTHODES D'ÉVALUATION DU RISQUE DE CRÉDIT</b> .....	<b>43</b>
<b>1- Les modèles de scoring</b> .....	<b>43</b>
<b>2- Les systèmes experts</b> .....	<b>46</b>
<b>SECTION 2 : LA NOTATION EXTERNE</b> .....	<b>49</b>
<b>1- Les agences de notation</b> .....	<b>49</b>
<b>2- Processus de notation</b> .....	<b>50</b>
<b>SECTION 3 : LES MÉTHODES DE LA NOTATION INTERNE</b> .....	<b>52</b>
<b>1- Les méthodes paramétriques</b> .....	<b>52</b>
<b>2- Les méthodes non paramétriques</b> .....	<b>61</b>

<b>SECTION 4 : LA MESURE DU RISQUE DE DÉFAUT À PARTIR DES PRIX DU MARCHÉ.....</b>	<b>65</b>
<b>1- Approche par les spreads : du prix des obligations corporate aux probabilités de défaut .....</b>	<b>65</b>
<b>2- L'utilisation des prix des actions pour estimer les probabilités de défaut : le modèle de Merton.....</b>	<b>67</b>
<b>SECTION 5 : LA MESURE DU RISQUE DE CRÉDIT AU NIVEAU DU PORTEFEUILLE .....</b>	<b>69</b>
<b>1- Le modèle KMV .....</b>	<b>69</b>
<b>2- Creditmetrix – le modèle de JP Morgan.....</b>	<b>74</b>
<b>3- CreditRisk + .....</b>	<b>76</b>
<b>4- CreditPortfolioView de McKingsey .....</b>	<b>76</b>
<b>CHAPITRE III : L'ÉLABORATION DU MODÈLE DE NOTATION INTERNE</b>	<b>80</b>
<b>SECTION 1 : PRÉSENTATION DE LA BH ET DES PME EN TUNISIE .....</b>	<b>81</b>
<b>1 - Activité et performance de la banque de l'habitat.....</b>	<b>81</b>
<b>2- Les PME en Tunisie .....</b>	<b>85</b>
<b>SECTION 2 : PRESENTATION DE L'ÉCHANTILLON ET DES VARIABLES ....</b>	<b>87</b>
<b>1- L'échantillonnage .....</b>	<b>87</b>
<b>2- Les variables du modèle .....</b>	<b>88</b>
<b>SECTION 3 : LA CONSTRUCTION DU MODÈLE SCORING PAR L'ANALYSE DISCRIMINANTE LINÉAIRE.....</b>	<b>98</b>
<b>1- La sélection des variables.....</b>	<b>98</b>
<b>2- La fonction score et l'interprétation des résultats .....</b>	<b>100</b>
<b>3 – La performance du modèle.....</b>	<b>103</b>
<b>SECTION 4 : LA CONSTRUCTION DU MODÈLE SCORING PAR LA RÉGRESSION LOGISTIQUE.....</b>	<b>108</b>
<b>1-La sélection des variables.....</b>	<b>108</b>
<b>2- La fonction score et l'interprétation des variables discriminantes.....</b>	<b>109</b>
<b>3 – La performance du modèle.....</b>	<b>112</b>

<b>SECTION 5 : LA CONSTRUCTION DU MODÈLE SCORING PAR LE RÉSEAU DE NEURONES .....</b>	<b>116</b>
<b>1- Le choix de la procédure et le partitionnement des données .....</b>	<b>116</b>
<b>2- Structure du réseau neuronal.....</b>	<b>117</b>
<b>3- Résultats obtenus.....</b>	<b>119</b>
<b>SECTION 6 : LA CONSTRUCTION DU MODÈLE DE NOTATION INTERNE .</b>	<b>123</b>
<b>1- La comparaison des résultats .....</b>	<b>123</b>
<b>2- La construction des notes à partir des scores .....</b>	<b>124</b>
<b>CONCLUSION GENERALE .....</b>	<b>127</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>129</b>
<b>ANNEXES.....</b>	<b>133</b>
<b>TABLES DES MATIERES .....</b>	<b>140</b>

## **LISTE DES TABLEAUX**

Tableau 1 : Les pondérations des risques .....	16
Tableau 2 : Les différentes approches d'évaluation des différents risques selon Bâle II .....	16
Tableau 3 : Coefficients de pondération des risques souverains .....	17
Tableau 4 : Coefficients de pondération des banques selon l'option 1 .....	18
Tableau 5 : Coefficients de pondération des banques selon l'option 2 .....	18
Tableau 6 : Coefficients de pondération des entreprises .....	19
Tableau 7 : Tableau récapitulatifs des différentes approches de la notation interne .....	23
Tableau 8 : Calendrier de mise en place du coussin de conservation des fonds propres .....	32
Tableau 9 : Taux de bon classement .....	61
Tableau 10 : Matrice annuelle de transition .....	75
Tableau 11 : Quelques ratios de la BH .....	82
Tableau 12 : Décomposition du ratio de couverture des risques .....	83
Tableau 13 : Les ratios de qualité des risques .....	84
Tableau 14 : Répartition des échantillons de construction et de validation .....	88
Tableau 15 : Liste des ratios financiers .....	89
Tableau 16 : Présentation de la variable évolution du CA .....	91
Tableau 17 : Signes attendus des variables quantitatives autres que les ratios .....	92
Tableau 18 : Présentation des variables qualitatives .....	93
Tableau 19 : Matrice de corrélation entre les variables quantitatives .....	95
Tableau 20 : Test V de Cramer sur les variables qualitatives .....	96
Tableau 21 : Test d'égalité des moyennes .....	99
Tableau 22 : Coefficients des variables discriminantes selon l'ADL .....	100
Tableau 23 : Aire sous la courbe ROC - ADL .....	104
Tableau 24 : Résultats des reclassements dans le 1 <sup>er</sup> échantillon de validation - ADL .....	106
Tableau 25 : Résultats des reclassements dans le 2 <sup>ème</sup> échantillon de validation - ADL .....	106
Tableau 26 : Sélection des variables par la RL .....	109
Tableau 27 : Coefficients de la fonction score et test de Wald avec la régression logistique .....	110
Tableau 28 : Résultats des reclassements dans l'échantillon de construction - RL .....	113
Tableau 29 : Résultats des reclassements dans le 1 <sup>er</sup> échantillon de validation - RL .....	114
Tableau 30 : Résultats des reclassements dans le 2 <sup>ème</sup> échantillon de validation - RL .....	114
Tableau 31 : Répartition des observations .....	117

Tableau 32 : Tableau de classement par le réseau de neurones .....	119
Tableau 33 : Importance des variables indépendantes.....	121
Tableau 34 : Tableau comparatif des aires sous les courbes ROC .....	123
Tableau 35 : Taux calculés sur l'échantillon de construction.....	123
Tableau 36 : Taux calculés sur le 1 <sup>er</sup> échantillon de validation .....	124
Tableau 37 : Taux calculés sur le 2 <sup>ème</sup> échantillon de validation.....	124
Tableau 38 : Classement des entreprises selon les notes .....	125



## **LISTE DES FIGURES**

Figure 1 : L'évolution des impayés du secteur bancaire des crédits aux entreprises .....	6
Figure 2 : La situation des emplois des banques résidentes en 2014.....	9
Figure 3 : Illustration du principe de pro-cyclicité en période de croissance .....	27
Figure 4 : Illustration du principe de pro-cyclicité en période de récession.....	27
Figure 5 : Des travaux empiriques de régression logistique .....	57
Figure 6 : Les étapes de construction d'un arbre de décision .....	62
Figure 7 : Schéma des réseaux de neurones.....	63
Figure 8 : Payoffs d'une obligation zéro-coupon .....	66
Figure 9 : Modélisation d'une entreprise endettée par une option d'achat.....	67
Figure 10 : Évolution du PNB de la BH (en MD) .....	81
Figure 11 : Évolution du résultat net de la BH (en %)......	82
Figure 12 : Répartition des crédits commerciaux .....	84
Figure 13 : Répartition des entreprises privée en Tunisie par taille .....	85
Figure 14 : Évolution des entrées et des sorties d'entreprises en Tunisie de 1997 à 2014.....	86
Figure 15 : Courbe ROC obtenue avec l'analyse discriminante.....	104
Figure 16 : Courbe ROC obtenue avec la régression logistique.....	112
Figure 17 : Architecture générale du réseau de neurones .....	118
Figure 18 : Courbe ROC - RN .....	121

## **INTRODUCTION GENERALE**

Cette dernière décennie s'est caractérisée par un ensemble de mutations de la scène économique et financière internationale. Ces changements sont venus accompagner le perpétuel mouvement de l'activité bancaire dont la devise est symbolisée par les concepts décloisonnement, déréglementation et délocalisation.

En effet, l'extension de l'activité bancaire, l'essor et l'innovation des produits financiers ont appuyé l'exposition du système bancaire aux risques, allant du traditionnel risque de crédit

au risque systémique, dit aussi « risque de faillite en chaîne ».

La récente crise financière et la chute de la rentabilité des banques ainsi que la disparition de certains géants financiers prouvent la vulnérabilité des banques, confirmant la nécessité absolue de mettre en place une réglementation des plus strictes.

C'est dans un tel cadre, que fut instauré le Comité de Bâle, régulateur suprême de l'activité bancaire à l'échelle internationale. Sa principale mission est, en effet, le renforcement de la sécurité et de la crédibilité du système bancaire. De même, les efforts de la Banque Centrale de Tunisie, régulateur de l'activité bancaire à l'échelle nationale, convergent dans le même sens.

En matière de risque de crédit, l'objectif poursuivi est de responsabiliser davantage les établissements, en leur offrant l'option d'apprécier le montant minimal de leurs fonds propres, indispensables à la compensation de leurs pertes, et ce, en leurs proposant deux approches selon leur degré de sophistication.

Du point de vue de la banque, le risque de crédit se définit, simplement, comme le risque que la contrepartie d'un engagement ne puisse ou ne veuille plus, à un moment donné, remplir ses obligations financières stipulées dans le contrat initial. Dans le pire des scénarii, la contrepartie fait faillite et la banque subit des pertes dont la sévérité dépend de plusieurs facteurs, parmi lesquels : le montant de l'exposition au moment du défaut, l'issue de la mise en jeu des garanties que la banque aura exigées lors de la mise en place du contrat, et enfin, l'issue du processus de recouvrement.

Ainsi, il représente l'une des causes majeures de la volatilité des résultats des institutions financières. Et s'il était, à l'origine, une préoccupation pour les seuls organismes bancaires, il concerne pourtant toutes les entreprises (notamment via les créances qu'elles accordent à leurs clients, qui sont des formes de prêt à court terme), et nombreuses sont aujourd'hui amenées à l'intégrer dans leur gestion afin de le minimiser. Ce risque est, en

effet, lourd de conséquences car toute dette non remboursée est, économiquement, une perte sèche que supporte le créancier.

Le risque de crédit fait partie intégrante de l'activité bancaire, dont la principale fonction demeure l'allocation des prêts. Les entreprises (PME) représentent les principaux clients de la banque et cela la rend vulnérable, du fait de la dépendance de l'activité des entreprises, à la fois, aux cycles économiques et à la conjoncture du secteur d'activité où elles opèrent.

L'appréciation du risque d'insolvabilité de l'entreprise est, donc, d'une importance capitale et nous pouvons schématiser ainsi le comportement de la banque conférée à ce risque ; un crédit n'est accordé que si le banquier estime que la probabilité de remboursement excède celle de non remboursement. Ainsi, la question qui s'impose est : Comment apprécier la capacité d'une entreprise à rembourser un crédit ? Et qu'elles sont les méthodes utilisées à cet effet?

L'étude des documents financiers produits par l'entreprise, qui s'attache aux critères de liquidité ou de la surface financière et qui envisage les perspectives de son développement, est la méthode la plus utilisée. Or, cette méthode rencontre vite des limites puisqu'elle ne prend pas en considération les critères qualitatifs.

L'objet de ce mémoire est de proposer une méthode de notation interne, qui prend en considération des variables qualitatives et aussi en s'appuyant sur des ratios financiers calculés à partir des états financiers.

Le présent mémoire est organisé en trois chapitres :

Dans le premier chapitre, nous aborderons la réglementation bancaire en matière de risque de crédit au niveau international et national.

Nous présenterons, dans le second chapitre, les méthodes d'évaluation du risque de crédit destiné aux entreprises.

Enfin, dans un troisième et dernier chapitre, nous tenterons d'exposer une étude empirique sur un échantillon d'entreprises tunisiennes de la Banque de l'Habitat, qui porte sur une comparaison de la performance de l'analyse discriminante linéaire, de la régression logistique et du réseau de neurones. Puis, nous en déduisons un système de notation interne

# CHAPITRE I : LA RÉGLEMENTATION PRUDENTIELLE EN MATIÈRE DE RISQUE DE CRÉDIT

## Introduction

Le code des sociétés commerciales tunisien définit l'ouverture de crédit comme le fait de « mettre directement ou indirectement à la disposition du bénéficiaire des moyens de paiement à concurrence d'une certaine somme d'argent ».

Le crédit bancaire peut être défini comme la mise à disposition par un établissement bancaire d'une ressource (somme d'argent ou biens) à une personne physique ou morale contre l'engagement de remboursement et moyennant des intérêts selon un échéancier. Le crédit repose sur la notion de confiance. En effet, plus le créancier a confiance en la capacité du débiteur à honorer ses engagements, plus il lui accordera de termes avantageux.

Une telle opération implique un risque de crédit, c'est-à-dire le risque que le créancier ne rembourse pas tout ou partie de sa dette. La maîtrise de ce risque est au cœur du métier des banques car il détermine la rentabilité des opérations effectuées, puisque toute dette non acquittée constitue une perte.

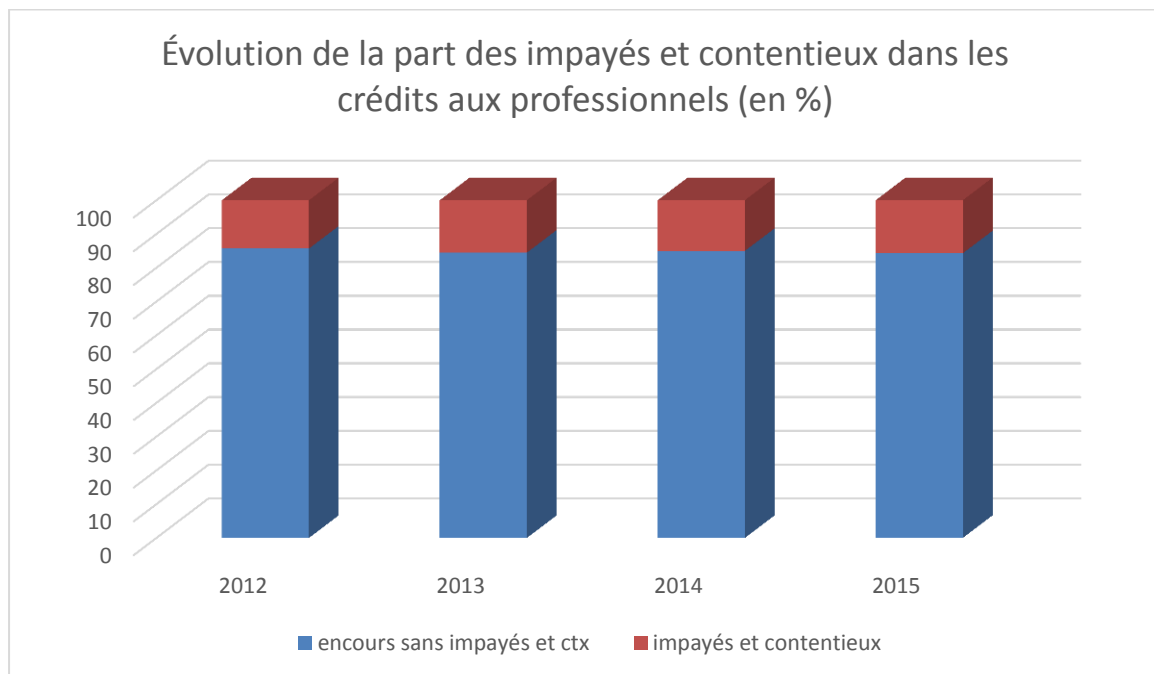


Figure 1 : L'évolution des impayés du secteur bancaire des crédits aux entreprises

Puisque l'activité d'intermédiation constitue la principale activité d'une banque, et la faillite d'une banque se répercute négativement sur les autres banques, les autorités de contrôle internationales (comité de Bâle) et nationales (BCT) ont mis en place des textes réglementaires pour protéger les intérêts des déposants et éviter l'effet de contagion. Ces réglementations prudentielles ont pour objectif de limiter les effets néfastes des prises de risque excessives, d'autant plus que la prise de risque constitue une source principale de profit pour la banque.

Ce chapitre s'articule en trois points : dans un premier temps nous allons présenter les risques inhérents à l'activité bancaire tout en insistant sur le risque de crédit, ensuite nous mettrons en avant les règles prudentielles internationales instaurées par le comité de Bâle, enfin, la dernière partie sera consacrée à la réglementation nationale tunisienne.

## SECTION 1 : GÉNÉRALITÉS SUR LES RISQUES BANCAIRES

« Le risque correspond à l'occurrence d'un fait imprévisible, ou à tout le moins certain, susceptible d'affecter les membres, le patrimoine, l'activité de l'entreprise et de modifier son patrimoine et ses résultats. »

De cette définition, nous pouvons ressortir deux caractéristiques fondamentales du risque. Premièrement, le risque est l'effet d'un événement aléatoire et imprévisible. Ensuite, les conséquences de l'occurrence de cet événement touchent le résultat de la banque.

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

- **Le risque de marché :**

Il s'agit du risque de perte suite à une variation défavorable du prix des instruments détenus dans le portefeuille de négociation ou dans le cadre d'une activité de marché. Le risque de marché englobe trois types de risques :

-*Le risque de taux d'intérêt* : Il s'agit du risque de perte suite à l'évolution défavorable du taux d'intérêt.

-*Le risque de change* : Il se traduit par une modification de la valeur d'un actif ou d'un flux monétaire suite au changement du taux de change.

-*Le risque de position sur actions et produits de base* : Il se traduit par l'évolution défavorable des prix de certains produits spécifiques tels que les actions, les matières premières et certains titres de créances.

- **Le risque opérationnel :**

Le comité de Bâle le définit comme « le risque de pertes directes ou indirectes résultant d'une inadéquation ou d'une défaillance attribuable à des procédures, des agents, des systèmes internes ou d'événements externes ». Le risque opérationnel renvoie donc à des inefficiences de l'organisation et du management de l'institution.

- **Le risque de crédit :**

Ce risque constitue le risque le plus important auquel est exposée une banque puisque le principal revenu d'une banque provient de l'octroi de crédits.

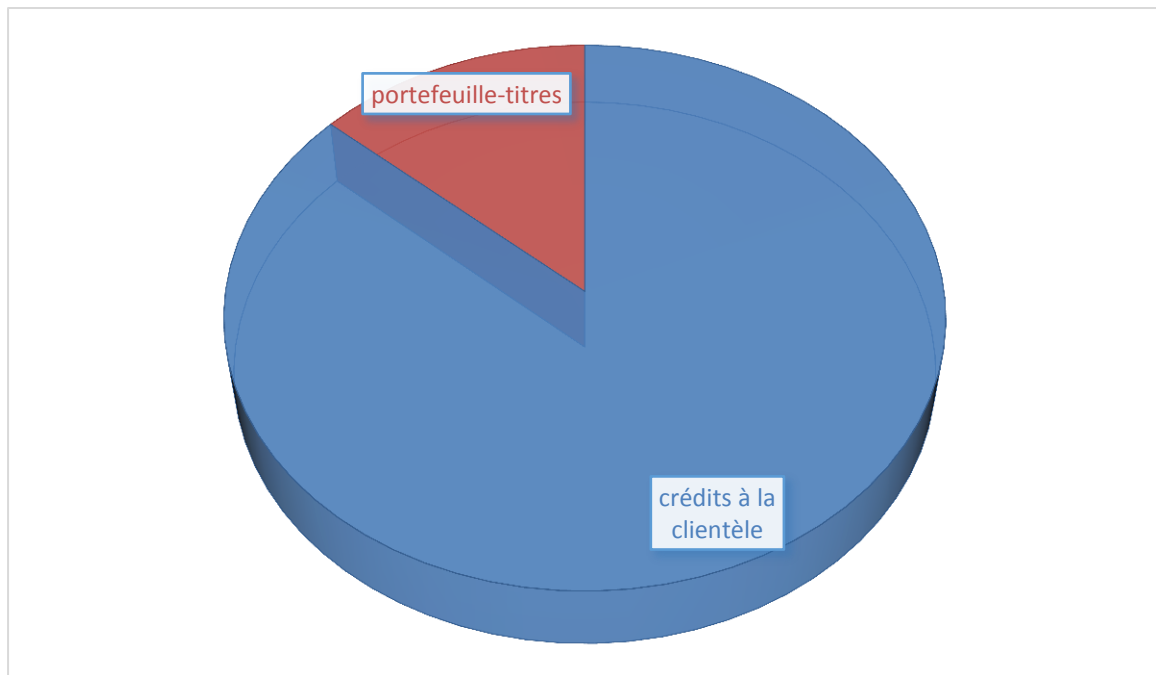


Figure 2 : La situation des emplois des banques résidentes en 2014

Heem (2000) définit le risque de crédit comme étant « le risque de voir son client ne pas respecter son engagement financier, à savoir, dans la plupart des cas, un remboursement de prêt ».

Roncalli (2004) définit le risque de crédit comme étant « le risque de pertes consécutives au défaut d'un emprunteur sur un engagement de remboursement de dettes qu'il a contracté ».

D'après le rapport de gestion (2005) de la Caisse Centrale Desjardins, « le risque de crédit correspond au risque de perte découlant du manquement d'un emprunteur ou d'une contrepartie de s'acquitter de ses obligations contractuelles, figurant ou non au bilan ».

Le risque de crédit peut prendre plusieurs appellations. En effet, on parle de risque de contrepartie dans les transactions de prêt sur le marché interbancaire et financier. Et on parle de risque de faillite ou de crédit proprement dit, en ce qui concerne les transactions sur le marché de crédit.

On distingue trois types de risque de crédit :

✓ **Le risque de défaut** : Il se caractérise par l'incapacité du débiteur à honorer ses engagements aux échéances convenues. L'agence de notation Moody's retient la définition suivante du risque de défaut : « tout manquement ou tout retard sur le paiement du principal ou des intérêts ».

Le Comité de Bâle considère qu'un débiteur est en défaut lorsque l'un ou plusieurs des événements suivants est constaté :

-L'emprunteur ne remboursera vraisemblablement pas en totalité ses dettes (principal, intérêts et commissions) ;

-La constatation d'une perte portant sur l'une de ses facilités : comptabilisation d'une perte, restructuration de détresse impliquant une réduction ou un rééchelonnement du principal, des intérêts ou des commissions ;

-L'emprunteur est en défaut de paiement depuis quatre-vingt-dix jours sur l'un de ses crédits;

-L'emprunteur est en faillite juridique.

✓ **Le risque de dégradation du spread** : Le spread de crédit est la prime de risque qui lui est associée. Sa valeur est déterminée en fonction du volume de risque encouru (plus le risque est élevé, plus le spread l'est). Le risque de dégradation du spread est le risque de voir se dégrader la qualité de la contrepartie (dégradation de sa note) et donc l'accroissement de sa probabilité de défaut. Cela conduit à une hausse de sa prime de risque, d'où la baisse de la marge sur intérêts.

✓ **Le risque de recouvrement** : Le taux de recouvrement permet de déterminer le pourcentage de la créance qui sera récupéré en entreprenant des procédures judiciaires, suite à la faillite de la contrepartie. Le recouvrement portera sur le principal et les intérêts après déduction du montant des garanties préalablement recueillies. Le taux de recouvrement constitue une source d'incertitude pour la banque dans la mesure où il est déterminé à travers l'analyse de plusieurs facteurs :

-La durée des procédures judiciaires qui varient d'un pays à un autre ;

-La valeur réelle des garanties ;

- Le rang de la banque dans la liste des créanciers.



## **SECTION 2 : LES RÈGLES PRUDENTIELLES INTERNATIONALES : LES ACCORDS DE BÂLE**

Créé en 1974 par les gouverneurs des banques centrales des pays du G10, le Comité de Bâle regroupe les banques centrales et les organismes de réglementation et de surveillance des principaux pays industrialisés. Rassemblant à l'origine les onze pays du G10 (Allemagne, Belgique, Canada, Etats-Unis, France, Italie, Japon, Pays-Bas, Royaume-Uni, Suède, Suisse), le cercle s'est depuis élargi, d'abord au Luxembourg et à l'Espagne, puis cette année à l'Australie, le Brésil, la Chine, la Corée, l'Inde, le Mexique, la Russie, Hong Kong, Singapour, l'Afrique du Sud, l'Arabie Saoudite, l'Argentine, l'Indonésie et la Turquie, pour atteindre aujourd'hui 27 membres.

S'agissant dans un premier temps de limiter le risque de faillite, le Comité s'est tout d'abord concentré sur le risque de crédit au niveau de l'accord de Bâle I, pour introduire le risque de marché et le risque opérationnel au niveau de l'accord de Bâle II. Ce dispositif prudentiel a vu ses limites suite aux conséquences de la crise financière de 2008, mettant en accent l'importance du risque systémique et du risque de liquidité, ce qui a amené le comité de Bâle sur la supervision bancaire à apporter des solutions afin de garantir la stabilité financière requise, d'où l'instauration des accords de Bâle III. Ces accords ont pour objectifs de renforcer la solidité financière du secteur bancaire par la mise en place de certaines recommandations relatives à la qualité des fonds propres et à la gestion du risque de liquidité, ce qui permettra de renforcer la capacité des banques à résister durant les périodes critiques.

La présente section est scindée en trois parties : les accords de Bâle I, les accords de Bâle II, et les accords de Bâle III.

### **1- L'accord de Bâle I**

Les accords dits Bâle I ont été appliqués par une centaine de pays dans le monde. Ils définissent un certain nombre de normes minimales que les banques doivent satisfaire. Le Comité de Bâle est créé en 1974, mais les premiers accords dits Bâle I ne sont signés qu'en 1988. Entre 1974 et 1988, plusieurs rapports et directives sont publiés par le Comité. Ils constituent les prémisses à l'accord de Bâle I.

La période allant de 1978 à 1988 se caractérise par une dérèglementation financière qui a permis aux banques de constituer des conglomérats internationaux. Face à cette

croissance débordante des établissements financiers, les autorités prudentielles ont souhaité encadrer la profession, notamment en instaurant des contraintes réglementaires en fonds propres.

L'Accord de Bâle de 1988 a placé au cœur de son dispositif le ratio de Cooke. Ce ratio tient ce nom de Peter Cooke, un directeur de la Banque d'Angleterre qui avait été un des premiers à proposer la création du comité de Bâle et fut son premier président. Ce ratio est aussi connu sous le nom de ratio de solvabilité et il a pour objectif de garantir un niveau minimal de capitaux propres afin d'assurer la solidité financière des banques. Selon l'accord de Bâle I, le ratio des fonds propres réglementaires d'un établissement de crédit par rapport à l'ensemble des engagements de crédit pondérés de cet établissement ne peut pas être inférieur à 8%.

$$\text{Ratio de Cooke : } \frac{\text{Fonds Propres Nets}}{\text{Risque pondéré}} \geq 8\%$$

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

### 1-1- Les fonds propres nets

Pour le calcul du ratio de Cooke, les fonds propres nets sont constitués de deux types de fonds :

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

Avec : Tier Two > Tier One

Et : Tier One / Risque Pondéré  $\geq$  4%

*Tier One* : Le Tier 1 consiste en la partie jugée la plus solide (le noyau dur) des capitaux propres des institutions financières. Il rassemble essentiellement le capital social, les

résultats mis en réserves et les intérêts minoritaires dans les filiales consolidées moins les actions auto-détenues et le goodwill.

*Tier Two* : Le Tier 2 ou les fonds propres complémentaires est principalement constitué des provisions, de titres subordonnés à durées indéterminées, et d'obligations convertibles ou remboursables en actions.

### 1-2- Le risque pondéré

Le risque pondéré se mesure ainsi :

$$\text{Risque Pondéré} = \sum (\text{Expositions} * \text{Pondérations})$$

*Exposition* : l'exposition désigne l'ensemble des encours de crédit et des autres engagements

*Les pondérations* : Le comité de Bâle a défini des taux de pondération forfaitaires qui reflètent le risque associé à chaque catégorie d'actif et qui dépendent de la nature de l'emprunteur :

- 0% : les engagements envers l'État
- 20% : les engagements envers les banques et les collectivités locales
- 50% : les engagements envers les entreprises et les particuliers ayant des garanties permettant de réduire le risque à 50% à l'instar des prêts hypothécaires et des crédits-bails immobiliers
- 100% : les autres engagements

Cela signifie que, par exemple, si une banque accorde un prêt de 100 dinars à une collectivité locale, son engagement sera de 100 x 20%, soit 20 dinars, et elle ne sera dans l'obligation de ne disposer que de 1.6 TND de fonds propres (8% x 20).

### 1-3- Les limites de Bâle I

L'accord de Bâle I a permis, grâce au ratio de Cooke, d'assurer la stabilité financière et d'inciter les banques à renforcer leurs fonds propres. Mais sa « simplicité qui a dans un premier temps constitué sa force, est devenu un handicap » affirme Tiesset et al (2005).

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

De même, selon Dumontier et al (2008), « les capitaux propres minimaux sont déterminés par la nature des emprunteurs, et non pas par leurs risques de défaut effectifs ». Et Roncalli (2004) affirme que le choix de la limite de 8% ainsi que celui des pondérations n'a pas de fondements théorique ou économique.

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

Le comité de Bâle a émis un nombre d'amendements pour palier à ces insuffisances. Mais bien que l'accord ait été aménagé, sa refonte s'est avérée nécessaire.

## **2- L'accord de Bâle II**

L'objectif essentiel de Bâle II réside dans le renforcement de la stabilité bancaire. Il s'agit en fait pour le comité de Bâle de combler les lacunes de Bâle I en abandonnant le système de couverture forfaitaire imposé aux banques pour adopter une réglementation qui tienne non seulement compte du capital minimal, mais aussi de la réalité économique des preneurs de crédit et du risque réel à couvrir.

C'est ainsi qu'en juin, après cinq ans de consultation et trois études d'impact successives, le comité de Bâle adopte un nouveau dispositif d'adéquation des fonds propres. Ce dispositif prévoit une couverture plus fine et plus complète des risques bancaires, et incite les établissements bancaires à améliorer leur gestion interne des risques.

Le ratio Bâle II repose sur trois piliers complémentaires. Le premier pilier concerne l'exigence minimale en fonds propres intégrant en plus du risque de crédit, le risque de marché et le risque opérationnel, qui n'étaient pas pris en considération dans l'approche Bâle I. Le deuxième pilier concerne le contrôle du processus de gestion des risques et la couverture en capitaux par les autorités prudentielles. Enfin, le troisième pilier définit les obligations de publication imposées aux banques et établissements assimilés visant à renforcer la transparence.

Nous aborderons l'accord de Bâle II comme indiqué ci-dessous :

#### 1/ champs d'application

- précision des entités financières concernées

#### 2/ premier pilier

- exigences minimales en fonds propres:
  - risque de crédit: approche standard et approche fondée sur les notations internes et titrisations
  - risque opérationnel
  - risque de marché

#### 3/ deuxième pilier

- processus de surveillance prudentielle

#### 4/ troisième pilier

- discipline de marché

### 2-1- Champs d'application

Bâle II précise le champ d'application des directives adoptées. La surveillance s'effectue sur une base consolidée comme dans le cadre de l'accord sur les fonds propres et le CBSB exige l'application des recommandations à toute société holding responsable d'un groupe bancaire. Le comité exige donc une consolidation à tous les niveaux. Il précise les modalités de la consolidation en fonction de la nature des filiales ou participations :

- Filiales dont le domaine d'activité principal est la banque, les titres et autres activités financières.
- Participations minoritaires significatives dans des entités exerçant dans les domaines de la banque, des titres et des autres activités financières.
- Filiales d'assurances.

### 2-2- Pilier 1 : L'exigence minimale en fonds propres

Le pilier 1 définit les exigences minimales en fonds propres. Il vise à assurer une couverture minimale par des fonds propres, des risques de crédit, de marché et opérationnel. Par rapport au ratio de solvabilité de Bâle I, l'originalité de Bâle II tient à l'élargissement des risques couverts et à la possibilité pour les établissements bancaires de choisir différents niveaux de sophistication pour le calcul des exigences en fonds propres. Ainsi, il leur est

possible, pour le risque de crédit et le risque opérationnel, de recourir soit à des pondérations forfaitaires graduées en fonction de la qualité de contrepartie, soit à des notations internes.

Le ratio de Cooke est alors remplacé par le ratio de Mc Donough :

$$\text{Ratio Mc Donough : } \frac{\text{Fonds Propres Nets}}{\text{Risques pondérés}} \geq 8\%$$

Avec risques pondérés = risque de crédit + risque de marché + risque opérationnel

La pondération des risques se présente comme suit :

<i>Nature du risque</i>	<i>Pondération</i>
Risque de crédit	75%
Risque opérationnel	20%
Risque de marché	5%

*Tableau 1 : Les pondérations des risques*

En outre, le pilier 1 de Bâle II a présenté les différentes méthodes d'estimation des risques :

<i>Nature du risque</i>	<i>Méthodes</i>
<i>Risque de crédit</i>	Méthode standard
	Notation interne (IRB)
<i>Risque opérationnel</i>	Approche de base
	Approche standard
	Approche AMA
<i>Risque de marché</i>	Approche standard
	Modèles internes

*Tableau 2 : Les différentes approches d'évaluation des différents risques selon Bâle II*

En ce qui nous concerne, nous nous contenterons de présenter les approches de mesure du risque de crédit.

### 2-2-1- L'approche standard

Dans l'approche standardisée, les fonds propres réglementaires sont rattachés à l'exposition au risque, pondérée de façon à traduire le risque de crédit de l'actif considéré. En effet, elle est fondée sur une classification des risques, obtenue à partir des notations externes délivrées par des agences de notation, des banques centrales, des assureurs crédit, etc.

Les créances individuelles sont pondérées en fonction de plusieurs catégories d'emprunteurs décrites ci-dessous :

- **Créances sur les emprunteurs souverains :**

Les pondérations des états sont estimées par les agences de notation spécialisées, agréées par l'autorité de contrôle. Les pondérations au risque pour les expositions souveraines sont résumées ci-dessous :

<i>Notations</i>	AAA à AA-	A+ à A-	BBB+ à BBB-	BB+ à BB-	< B-	Non noté
<i>Pondérations</i>	0%	20%	50%	100%	150%	100%

*Tableau 3 : Coefficients de pondération des risques souverains<sup>1</sup>*

- **Créances sur les organismes publics :**

Les créances sur les organismes publics (PSE : Public Sector Entities), entités du secteur public ne relevant pas d'administrations centrales (par exemple : les autorités locales, les gouvernements régionaux, etc.), sont traitées comme celles des banques. Toutefois, le superviseur national peut leur accorder un traitement de faveur.

- **Créances sur les Banques Multilatérales de Développement :**

Une pondération de 0% est applicable aux BMD qui répondent aux critères suivants :

- leur notation à long terme est AAA ;
- la notation à long terme de leurs actionnaires souverains est AA ;
- processus de gestion drastique.

<sup>1</sup>Source : Pascal DUMONTIER, Denis DUPRÉ (2005) « *Pilotage Bancaire : les normes IAS et la réglementation Bâle II* ». Revue Banque Edition

Parmi les banques éligibles, nous trouvons le groupe banque mondiale (BIRD, SFI : Société Financière Internationale), la Banque Asiatique de Développement et la Banque africaine de Développement.

- **Créances sur les banques :**

Le nouvel accord propose deux options. Chaque autorité de contrôle nationale appliquera une option à l'ensemble des banques de sa juridiction. Aucune banque non notée ne peut recevoir un taux de pondération inférieur à celui de son état d'incorporation.

Option 1 :

Selon cette option, les créances des banques reçoivent la pondération la plus favorable, immédiatement après celle applicable aux créances sur son état d'incorporation. Pour les banques notées BB- à B- de pays non notés, la pondération est bornée à 100%.

<i>Notations</i>	AAA à AA-	A+ à A-	BBB+ à BBB-	BB+ à BB-	< B-	Non noté
<i>Pondérations du pays</i>	0%	20%	50%	100%	150%	100%
<i>Pondérations de la banque</i>	20%	50%	100%	100%	150%	100%

*Tableau 4 : Coefficients de pondération des banques selon l'option 1<sup>2</sup>*

Option 2 :

Dans la seconde option, la pondération dépendra de l'appréciation de la banque par les agences de notation, avec possibilité d'application d'une pondération préférentielle aux créances d'une durée ne dépassant pas les trois mois. La pondération sera celle immédiatement la plus favorable, avec une quotité plancher de 20% et une exclusion des banques dont la pondération est de 150%.

<i>Notations</i>	AAA à AA-	A+ à A-	BBB+ à BBB-	BB+ à BB-	< B-	Non noté
<i>Pondérations du pays</i>	0%	50%	50%	100%	150%	50%
<i>Pondérations de la banque</i>	20%	20%	20%	500%	150%	100%

*Tableau 5 : Coefficients de pondération des banques selon l'option 2<sup>3</sup>*

<sup>2</sup>idem



- **Créances sur les entreprises d'investissement :**

La pondération est similaire à celle des créances sur les banques, si les entreprises d'investissement sont soumises aux mêmes dispositifs de surveillance et de réglementation que les banques. Autrement, elles suivront les règles applicables aux entreprises.

- **Créances sur les entreprises :**

La pondération des créances sur les entreprises est réduite en fonction de l'appréciation de l'agence de notation. Aucune créance sur une entreprise non notée ne pourra être dotée d'une meilleure pondération que celle appliquée aux créances sur l'état où elle siège.

Notations	AAA à AA-	A+ à A-	BBB+ à BBB-	BB+ à BB-	< B-	Non noté
Pondérations	0%	50%	50%	100%	150%	50%

Tableau 6 : Coefficients de pondération des entreprises<sup>4</sup>

- **Créances sur les banques de détail :**

La pondération est de 75% pour les prêts à la consommation pour particulier et microentreprise, avec un plafond de 0,2% du portefeuille par contrepartie et 1 million d'euros comme exposition maximale pour chaque client.

- **Créances garanties par immobilier résiduel :**

Les prêts garantis entièrement par des hypothèques occupées par les emprunteurs ou pas encore, prennent une pondération de 35%. Pour être éligible à ce taux de pondération, les banques doivent se conformer aux règles nationales de financement du logement. L'autorité nationale peut hausser ces pondérations si ces critères ne sont pas satisfaits. En cas de retard de paiement de 90 jours, la pondération sera de 100%.

- **Créances garanties par immobilier commercial :**

Dans ce cas, la pondération est de 100 %. Dans des cas exceptionnels (des marchés établis depuis longtemps, les hypothèques sur des bureaux à usages multiples ou à locataires multiples), une pondération sélective de 50 % est appliquée à condition que le prêt ne doit pas excéder 50 % de la valeur de marché ou 60 % de la valeur hypothécaire de la garantie. Toutefois, le taux de perte sur l'année en cours de ce type de prêt ne doit pas excéder 0,3 %. Il ne doit pas dépasser 0.5 % sur l'ensemble de l'immobilier commercial.

<sup>3</sup>idem

<sup>4</sup>idem

- **Arriérés de prêts ou créances impayées :**

La partie non garantie d'un prêt (autre qu'un prêt hypothécaire résidentiel) échu depuis 90 jours, hors provision spécifiques, est pondérée à :

- 150%, en cas de provision spécifique représentant moins de 20% de l'encours du prêt ;
- 100%, si les provisions spécifiques sont supérieures à 20% ;
- 100%, lorsque les provisions sont au moins égales à 50% de l'encours du crédit, mais l'autorité peut réduire ce taux à 50%.

Les sûretés et garanties admises pour déterminer la partie couverte d'un prêt échu sont les mêmes que celles utilisées pour atténuer le risque de crédit.

- **Créances à risque élevé :**

Ces créances se verront appliquer une pondération minimale de 150% à tout actif net de provision, sans garantie due depuis 90 jours ainsi qu'à d'autres actifs : capital risque, investissement en capital investissement sur décision de l'autorité de contrôle, créances sur les pays souverains et autres entités du secteur public, banques et entreprises notées moins de B-, créances sur les entreprises notées en dessous de BB-, créances douteuses (impayés de plus de 90 jours), toute créance jugée risquée par l'autorité de contrôle nationale.

- **Produits hors bilan :**

Les éléments hors bilan seront convertis en équivalent-crédit au moyen de facteurs de conversion (Credit Conversion Factor : CCF), qui seront comme suit :

- Les engagements à moins d'un an reçoivent un coefficient de 20% ;
- Les engagements d'une durée initiale supérieure à un an reçoivent un coefficient de 50% ;
- Seuls les engagements révocables sans condition ont un facteur de conversion de 0%.

### **2-2-2- L'approche basée sur la notation interne (IRB) :**

La partie la plus innovante du dispositif Bâle II est, sans doute, l'approche des notations internes (Internal Rating Based Approach : IRBA). L'objectif recherché, à travers cette dernière, est d'encourager les banques à concevoir leurs propres systèmes internes, pour atteindre une mesure fine de leur risque et des fonds propres nécessaires à sa couverture.

L'approche IRB se base sur l'estimation de la probabilité de défaut. Selon Roncalli (2004), cette méthode est plus sensible au risque que la méthode standard.

L'exigence en fonds propres dépend de quatre paramètres qui sont les suivants :

- La probabilité de défaut (PD) : Elle correspond à la probabilité de défaillance d'une contrepartie sur un horizon d'un an et est exprimée en pourcentage.
- La perte en cas de défaut (LGD) : Elle correspond au taux de perte en cas de défaut.
- L'exposition en cas de défaut (EAD) : Elle correspond à l'encours de crédit et aux autres engagements, y compris les engagements hors-bilan.
- L'échéance de la créance (M) : Elle correspond à la maturité restante.

Deux méthodes de notation internes sont proposées aux banques, suivant leur degré desophistication : la méthode simple dite méthode de base et la méthode élaborée nommée méthode avancée.

#### **2-2-2-1- Estimation de la PD :**

Pour les expositions sur les entreprises ou les banques, la probabilité de défaut ne peut pas être inférieure à 0,03 %.

#### **2-2-2-2- Estimation de la LGD :**

##### **Approche IRB simple :**

Dans l'approche fondation, les taux standard pour les créances non garanties sont :

- 45% pour les prêts « senior » ne comportant pas de garanties ;
- 75% pour les prêts subordonnés ne comportant pas de garantie particulière.

La LGD peut ensuite être ajustée pour tenir compte des collatéraux et garanties.

##### **Approche IRB avancée :**

Sous cette approche, les autorités de supervision autorisent les banques à utiliser leurs propres estimations de la LGD. Le comité de Bâle recommande des estimations ajustées du cycle économique, nécessitant des historiques longs comprenant au moins une récession.

Trois méthodes sont en vigueur :

#### **a- L'approche par les matrices de transition :**

Cette approche simple, du fait de l'absence de modélisation, utilise les probabilités de défaut des tables de défaut historique et des matrices de transition. Elle suppose la stabilité, dans le temps, des informations. Cette dernière représente sa principale faiblesse à côté du regroupement des contreparties par classes dont l'homogénéité des comportements est critiquable.

**b- L'approche par les spreads de signature :**

Elle se dresse sur l'hypothèse que le prix des obligations reflète toute l'information disponible sur la probabilité de défaut de l'émetteur. La différence de celui-là et une créance sans risque (Souverain AAA) comprenant une probabilité de défaut implicite.

Elle suppose, également, l'efficacité du marché et que la valeur du spread est déterminée par des facteurs identifiables. Toutefois, elle présente une insuffisance qui réside dans la décomposition du spread<sup>5</sup>.

**c- L'approche par la volatilité des actifs :**

Elle utilise des modèles estimant une contrepartie en défaut, si la valeur de ses actifs devient inférieure à la valeur de sa dette. En simulant l'évolution de la valeur des actifs, il serait possible d'estimer la probabilité que celle-ci se trouve, à un horizon déterminé, inférieure à la valeur de la dette.

**2-2-2-3- Estimation de l'EAD**

- **Montant EAD minimum**

Toutes les expositions correspondent aux montants dus à la banque (avant déduction des provisions spécifiques). L'encours lors du défaut (EAD) des montants utilisés ne doit pas être inférieur au montant auquel les fonds propres réglementaires auraient été réduits, si l'encours avait été totalement enregistré en pertes.

Il ne doit pas, non plus, être inférieur aux provisions spécifiques et aux dépréciations partielles.

- **Les encours du bilan**

Les compensations entre prêts et dépôts sont reconnues comme dans l'approche standard, sous les mêmes conditions.

- **Les engagements hors bilan**

Les engagements de financement non utilisés sont multipliés par un facteur de conversion:

- 50% pour les engagements supérieurs à un an ;
- 20% pour les engagements inférieurs à un an ;
- 75% pour les facilités d'émission d'effets (Note Insurance Facility : NIF) et les facilités de prise ferme renouvelable (Revolving Underwriting Facility : RUF).

---

<sup>5</sup> Le spread reflète non seulement le risque de taux, le risque de liquidité de marché, mais aussi le risque de crédit de l'émetteur, ce qui complique l'isolement de ce risque

Après validation du régulateur, les banques utilisant l'IRBA peuvent appliquer leurs propres facteurs de conversion pour le calcul de l'EAD à l'exception de ceux pondérés à 100%.

#### 2-2-2-4- Estimation de M

Pour l'approche IRB fondation, la banque est tenue d'utiliser une maturité fixe (de 2,5 ans), pour tous ses engagements, avec la possibilité d'un ajustement, exigé par régulateur national.

Quant à l'approche IRB avancée, la banque doit mesurer l'échéance effective. Quoique, le superviseur peut en dispenser la banque pour la petite clientèle dont le chiffre d'affaires et le montant total des actifs sont inférieurs à 500 millions d'euros. Ces emprunteurs bénéficieront, donc, d'une échéance de 2,5 ans.

La maturité M, hormis les instruments à court terme définis par le superviseur, est comprise entre 1 et 5. Elle reprend la formulation de la duration suivante :

$$MA = \frac{\sum_{t=1}^n t \times CF_t}{\sum_{t=1}^n CF_t}$$

Avec :

t : la maturité

CF : le flux financier à cette maturité

L'échéance réelle d'un prêt, au sens Bâle II (y compris l'engagement de financement), est en effet, égale à la moyenne des maturités, auxquelles interviennent les flux de recouvrements, pondérées par les montants de ces flux actualisés.

<i>Approches</i>	<i>Paramètres à estimer</i>
<i>IRB simple</i>	PD
<i>IRB avancée</i>	PD, LGD, EAD

*Tableau 7 : Tableau récapitulatifs des différentes approches de la notation interne*

Une fois les paramètres estimés, le calcul de l'exigence en fonds propres se fait comme suit :

$$\text{Exigences en Fonds Propres} = \text{PD} \times \text{LGD} \times \text{M} \times \text{EAD}$$

### 2-3- Pilier 2 : la procédure de surveillance prudentielle

Le deuxième pilier énonce des principes importants à la surveillance prudentielle. Le processus de surveillance prudentielle doit garantir que les banques disposent de fonds propres leur permettant de couvrir les différents risques qu'elle encourt, et il doit aussi inciter les banques à élaborer et utiliser les meilleures techniques de surveillance et de gestion des risques. Le rôle des autorités est de juger la qualité de l'évaluation interne des banques et d'imposer des changements en cas de besoin. Le comité ajoute que si le montant des fonds propres est étroitement lié à l'importance des risques, les banques doivent intégrer d'autres moyens permettant de limiter les risques à l'instar du renforcement de la gestion des risques et l'établissement de limites internes.

Le deuxième pilier a deux objectifs. En effet, il vise, dans un premier temps, à inciter les banques à développer des techniques de gestion de leurs risques et de leur niveau de fonds propres, et dans un deuxième temps, permettre aux autorités de régulation de majorer les exigences de capital réglementaire si nécessaire.

Cette nécessité doit s'appliquer de deux façons :

- Le backtesting: la banque doit prouver la validité de ses méthodes statistiques sur des périodes assez longues (5 à 7 ans).
- Le stress-testing: La banque doit prouver, lors de simulations de situations extrêmes, la validité de ses fonds propres en cas de crise économique. Le régulateur pourra en fonction de ces résultats imposer la nécessité de fonds propres supplémentaires.

Selon l'accord de Bâle II, le deuxième pilier se base sur quatre principes importants :

- Principe 1 : Un système de mesure interne permettant d'évaluer le niveau des fonds propres nécessaires pour couvrir le risque auquel la banque est exposée est exigé, ainsi qu'une stratégie de maintien de cette évaluation.
- Principe 2 : Les autorités de contrôle (BCT) doivent s'assurer de la mise en place de ce système ainsi que de la stratégie de maintien mise en place.
- Principe 3 : Les autorités de contrôle sont en droit d'exiger un niveau de fonds propres supérieur au niveau des exigences minimums.

- Principe 4 : Les autorités de contrôle doivent veiller à ce que le niveau de fonds propres de la banque ne soit pas inférieur au niveau minimum exigé, sinon, elles doivent intervenir de telle manière à le ramener à son niveau exigé.

#### **2-4- Pilier III : la discipline de marché**

Le troisième pilier « vise à améliorer l'information communiquée au marché par les banques et ainsi à exercer sur ces dernières une pression plus forte de nature à favoriser une meilleure gestion de leurs risques et à l'adoption de comportements plus responsables » (Noyer, 2004).

Ainsi, le troisième pilier traite la publication d'informations quantitatives et qualitatives se rapportant le niveau des fonds propres, le niveau de risque et la modalité d'évaluation du risque. Il vise à renforcer la transparence financière en améliorant la communication d'informations au grand public sur les actifs, les risques et leur gestion.

L'objectif sous-jacent est d'uniformiser les pratiques bancaires en ce qui concerne la communication financière et de faciliter, par conséquent, la lecture des informations comptables et financières des banques d'un pays à l'autre.

Pour assurer la discipline du marché, il est nécessaire de renforcer la communication financière afin de favoriser la transparence et la crédibilité, et de réduire l'incertitude du marché par rapport aux risques.

Les autorités disposent de plusieurs moyens de pression qui peuvent aller de la dissuasion psychologique aux sanctions financières. Ces moyens de pression sont liés aux pouvoirs juridiques détenus par les autorités de contrôle, mais si les informations financières liées à des pondérations avantageuses ne sont pas publiées, les autorités peuvent refuser à la banque la pondération en question.

Donc, la logique qui sous-tend ce pilier 3 est que l'amélioration de la communication financière permet de renforcer la discipline de marché, qui à son tour contribue à renforcer la solidité du système bancaire. L'information est mise à la disposition du public sur les actifs, les risques et leur gestion. Egalement, les pratiques doivent être transparentes et uniformisées.

## 2-5- Les insuffisances de l'accord de Bâle II

L'objectif de l'accord de Bâle II était de palier aux insuffisances de l'accord de Bâle I. Cependant la crise financière de 2007 a remis en cause le dispositif de Bâle II, mettant en avant ses faiblesses.

Pour commencer, la crise des subprimes et l'affaire Kerviel ont permis de mettre en exergue l'insuffisance des fonds propres exigés par le ratio Mc Donough pour la couverture des différents risques.

Comparé au ratio de Cooke, le ratio de Mc Donough permet une couverture plus complète des risques. Cependant, ce dernier ignore le risque de liquidité bancaire, qui est très important pour les banques.

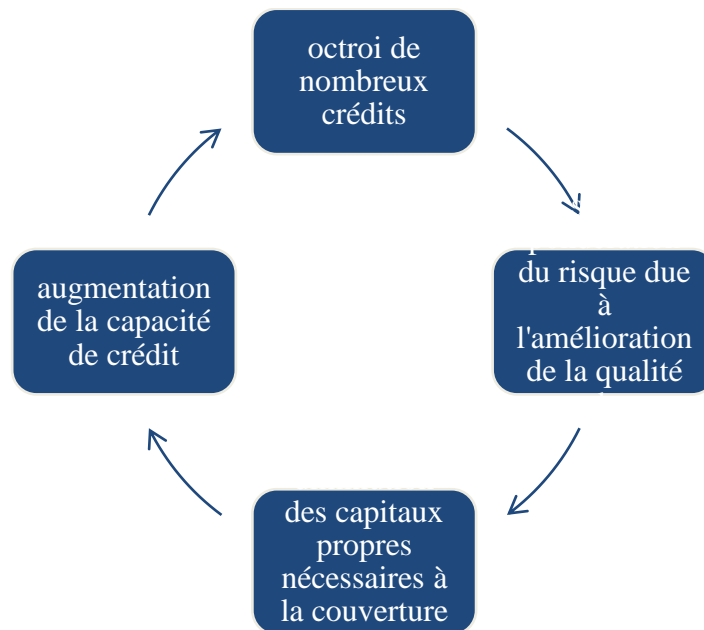
Ensuite, le dispositif avancé de Bâle II encourage l'implication des banques, elles-mêmes, dans leur contrôle. Néanmoins, un tel dispositif ne peut fonctionner sans un contrôle externe des autorités réglementaires (BCT). Or la défaillance de la Société Générale représente un exemple bien précis qui remet en cause l'efficacité de la gestion des risques en internes. En effet, des carences graves du système de contrôle interne ont causé des pertes de l'ordre de 4.9 milliards d'euros.

De plus, la méthode standard consiste à utiliser des systèmes de notation fournis par des agences de notation. Or leur évaluation peut être biaisée.

Enfin, le principe de pro-cyclicité mène vers le Credit Crunch. Ce principe réside dans le fait que, vu que les banques ont la possibilité de pondérer elles-mêmes leur risque de crédit, elles auront tendance à accentuer l'effet de la conjoncture en vigueur sur leur politique de crédit.



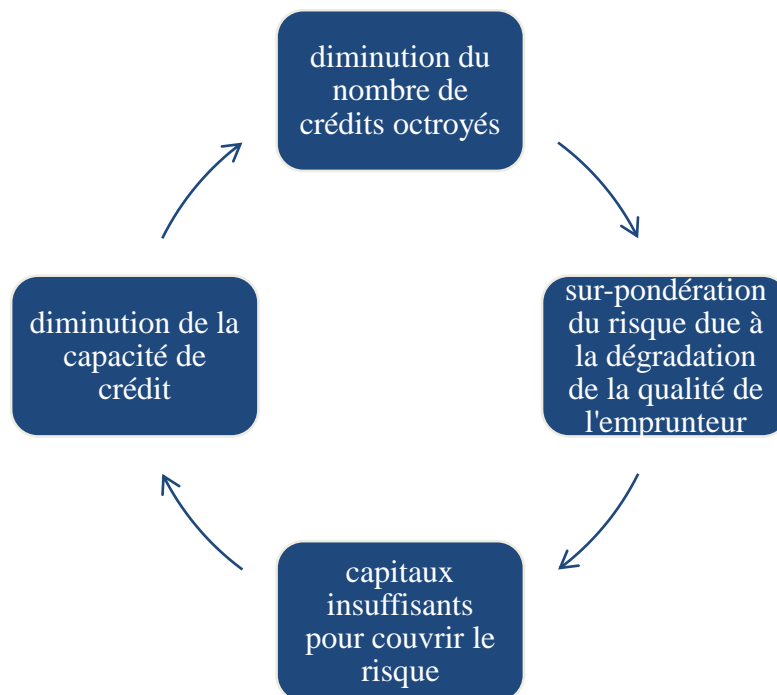
**En période de croissance :**



*Figure 3 : Illustration du principe de pro-cyclicité en période de croissance*

Ainsi, en période de croissance, il s'agit d'un cercle vertueux. L'augmentation des crédits aura un effet positif sur l'économie.

**En cas de récession :**



*Figure 4 : Illustration du principe de pro-cyclicité en période de récession*

En période de récession, le cercle vertueux devient un cercle vicieux. Les banques manquent de capitaux pour couvrir leur risque de crédit. Étant sous-capitalisés, elles se retrouvent face à deux alternatives : augmenter leur capital ou diminuer le nombre de crédits octroyés. Or, en période de récession économique, une augmentation de capital est onéreuse et difficile. La banque va donc préféré un raffermissement de ses politiques de crédits. Les banques sont à cours de liquidité et le marché interbancaire est affecté. On parle alors d'un Credit Crunch, phénomène redouté par les banques et néfaste sur l'économie.

Pour conclure, l'accord de Bâle II repose sur 3 piliers :

- Le premier pilier porte sur les règles de calcul de l'exigence minimale de fonds propres en définissant une méthodologie spécifique à chaque type de risque et selon la nature des actifs.
- Le deuxième pilier introduit les mesures de validation des procédures de suivi et de contrôle des risques avec la possibilité de compléter le montant des fonds propres s'il est insuffisant.
- Le troisième pilier préconise des dispositions particulières au sujet de la discipline de marché et la transparence dans la circulation de l'information.

Bien que l'accord de Bâle II présente une amélioration par rapport à celui de Bâle I, il demeure insuffisant, et c'est pour ce qu'il a laissé sa place à l'accord de Bâle III.

### **3- L'accord de Bâle III**

Vu l'ampleur et la rapidité avec laquelle la crise financière des subprimes s'est propagée à travers le monde, et vu le caractère imprévisible des crises, l'accord de Bâle III a été conçu pour pallier aux insuffisances constatées dans l'accord de Bâle II et garantir la solidité financière des banques.

#### **3-1- Présentation de l'accord de Bâle III**

Pour commencer, l'accord de Bâle III a redéfinit les fonds propres réglementaires de la façon suivante :

##### **Fonds propres de base (Tier 1) :**

Le Tier 1 est composé des actions ordinaires et assimilées appelées « noyau dur » et des autres éléments de T1.

- Noyau dur :

La crise a montré que les pertes de crédit et les dépréciations sont couvertes par les bénéfices non distribués, lesquels entrent dans la composition des actions ordinaires corporelles (*tangible commonequity*). Il est composé des éléments suivants :

- Actions ordinaires émises par la banque ;
- Primes liées au capital résultant de l'émission des actions ordinaires et assimilées ;
- Bénéfices non distribués ;
- Encours accumulés d'autres revenus généraux et des autres réserves publiées ;
- Actions ordinaires émises par les filiales consolidées de la banque et détenues par des tiers (intérêts minoritaires), qui satisfont aux critères d'inclusion dans les actions ordinaires et assimilées ;
- Ajustements réglementaires appliqués au calcul des actions ordinaires et assimilées.

- Autres éléments de T1 :

Les autres éléments de T1 doivent être constitués d'instruments qui sont subordonnés (hybrides), assortis de dividendes ou de coupons non cumulatifs dont le versement est entièrement discrétionnaire, et ne comporter ni date d'échéance ni incitation au remboursement. Ils sont constitués de la somme des éléments suivants :

- Instruments émis par la banque qui satisfont aux critères d'inclusion dans les autres éléments de T1 (et qui ne font pas partie des actions ordinaires et assimilées) ;
- Primes liées au capital résultant de l'émission des instruments compris dans les autres éléments de T1 ;
- Instruments émis par les filiales consolidées de la banque et détenues par des tiers, qui satisfont aux critères d'inclusion dans les autres éléments de T1, et qui ne font pas partie des actions ordinaires et assimilées ;
- Ajustements réglementaires appliqués au calcul des autres éléments de T1.

**Les fonds propres complémentaires (Tier2)**

Le Tier 2 a pour objet de procurer une capacité d'absorption des pertes en cas de liquidation. Les fonds propres complémentaires (T2) sont constitués de la somme des éléments suivants :

- Instruments émis par la banque qui satisfont aux critères d'inclusion dans T2 (et qui n'entrent pas dans la composition de T1) ;
- Primes liées au capital résultant de l'émission des instruments inclus dans T2 ;
- Instruments émis par les filiales consolidées de la banque et détenus par des tiers, qui satisfont aux critères d'inclusion dans T2 et qui n'entrent pas dans la composition de T1 ;
- Certaines provisions pour pertes sur prêts ;
- Ajustements réglementaires appliqués au calcul de T2.

Dans un deuxième temps, afin de dépasser les difficultés observées lors de la crise et dans le but de protéger le secteur bancaire contre les risques auxquels les établissements de crédit sont exposés tels que notamment le risque de crédit et le risque de liquidité, le comité de Bâle a instauré de nouvelles réformes portant principalement sur le renforcement des fonds propres, sur l'ajustement de la liquidité ainsi que sur la redéfinition du rôle des agences de notation.

Ces réformes consistent en :

**Le renforcement des exigences en matière de fonds propres :**

Les conséquences de la crise ont permis de mettre en valeur l'importance du risque systémique<sup>6</sup> (propagation d'une banque à l'ensemble du secteur), du risque lié à la procyclicité et de la couverture des risques liés aux engagements du bilan et du hors bilan. De tels constats mettent en évidence la nécessité d'instaurer un cadre macroprudentiel concernant la qualité des fonds propres et la gestion des différents risques auxquels les établissements de crédit sont exposés.

Pour ce, la norme de Bâle III vise à améliorer la qualité des fonds propres en augmentant la part des fonds propres Tier 1.

---

<sup>6</sup>Le risque systémique est le risque lié à des difficultés qui peuvent rejaillir sur l'activité et provoquer sa rupture. Le risque systémique se traduit par la perte de confiance dans l'établissement et le système et peut avoir des incidences néfastes sur la place financière, sur la scène économique et sur le plan international

- 2013 : Fonds propres à 8% des engagements dont 4.5% de Tier One
- 2014 : Fonds propres à 8% des engagements dont 5.5% de Tier One
- 2015 : Fonds propres à 8% des engagements dont 6% de Tier One
- 2016 : Fonds propres à 8.625% des engagements dont 6% de Tier One
- 2017 : Fonds propres à 9.25% des engagements dont 6% de Tier One
- 2018 : Fonds propres à 9.875% des engagements dont 6% de Tier One
- 2019 : Fonds propres à 10.5% des engagements dont 6% de Tier One

De plus, l'accord de Bâle III vise le renforcement de la couverture par fonds propres de certaines titrisations et sollicite les banques à analyser plus rigoureusement la qualité des crédits octroyés. Pour ce, le comité de Bâle tend à consolider les piliers 2 et 3 de l'accord de Bâle II sur la surveillance prudentielle et la discipline de marché. Parallèlement, afin de protéger les banques contre le risque de contrepartie, le comité de Bâle a mis en place plusieurs requêtes à respecter à savoir :

- L'augmentation de la précision en matière de fonds propres afin d'assurer la cohérence entre ces fonds et la couverture du risque de contrepartie.
- L'augmentation de la qualité des fonds propres exigés pour couvrir le risque de dépréciation de la valeur de marché d'un engagement.
- L'orientation vers une notation interne adéquate (limiter le rôle des agences de notation) et l'instauration de nouvelles normes plus strictes pour la gestion du risque de crédit.
- Favoriser les contreparties centrales en les pondérant par des coefficients faibles et surpondérer les expositions sur les établissements financiers par rapport aux expositions sur les entreprises non financières.
- L'évolution de la procédure de « stress testing » par la prise en compte des risques agrégés, par la variation des horizons temporels, par l'évaluation des interactions entre le risque de crédit et le risque de liquidité ainsi que par l'analyse des nouveaux produits afin de détecter un risque potentiel.

Ensuite, l'accord de Bâle III a instauré un ratio d'effet de levier dans le but d'éviter un fort endettement des banques, vu qu'un surendettement risque de détériorer la capacité des banques à honorer leurs engagements et d'engendrer un risque systématique.

L'accord de Bâle III a aussi introduit des volants contracycliques pour lutter contre le phénomène de pro-cyclicité, pouvant être défini comme la tendance qu'ont les institutions

financières à amplifier le cycle économique, notamment en période de récession. Pour ce, le comité de Bâle impose de réserver une partie du surplus réalisé lors des périodes de croissance (2.5%) qui s'ajoutera au ratio de fonds propres pour le faire passer de 8 à 10.5%. Il s'agit alors d'un provisionnement dynamique. Donc, ces réserves de fonds propres, constituées principalement de résultat réservé en période de prospérité (haut de cycle), seront utilisées en phase de récession.

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Coussin de conservation des FP				0.625%	1.25%	1.875%	2.5%
Ratio minimal de solvabilité + coussin de conservation	8%	8%	8%	8.625%	9.25%	9.875%	10.5%

*Tableau 8 : Calendrier de mise en place du coussin de conservation des fonds propres<sup>7</sup>*

### **L'amélioration de la communication et de la politique de rémunération**

Les exigences en matière de communication financière dans le cadre de Bâle III portent essentiellement sur :

- L'obligation de publier certains éléments de rémunération surtout en lien avec la performance et la prise de risque des établissements financiers.
- L'adoption d'une meilleure communication sur le portefeuille de négociation et surtout en lien avec la titrisation.
- L'instauration de nouvelles pratiques de rémunération en supprimant certains bonus tels que les bonus de garantie ainsi qu'en différant le versement des bonus.
- L'amélioration de la coopération des superviseurs nationaux (création des collèges) afin de garantir un meilleur contrôle des groupes bancaires.

### **L'amélioration de la gestion de la liquidité**

Des normes sur le risque de liquidité sont également introduites par l'accord de Bâle III. En effet, Le Comité de Bâle a mis en place deux ratios de liquidité dont le premier est un ratio de liquidité à court terme (LCR), imposant aux banques de détenir suffisamment d'actifs liquides de haute qualité pour faire face à des graves difficultés de financement, sur la base d'un scénario défini par les responsables prudentiels. Ce ratio est complété par un ratio structurel de liquidité à long terme (NSFR), conçu pour corriger les asymétries de

<sup>7</sup> Source : « Réponse du comité de Bâle à la crise financière », octobre 2010

liquidité. Ce dernier ratio couvre donc l'ensemble du bilan et incite les banques à recourir à des sources de financement stables.

### **3-2- Les limites de l'accord de Bâle III**

Les accords de Bâle III ont apportés plusieurs solutions aux insuffisances de Bâle II en termes de solidité financière (exigences de fonds propres, réserves contracycliques) et de liquidité. Toutefois, ces accords présentent des limites. En effet, les nouvelles exigences pèsent d'une manière importante sur le concours à l'économie. Dans une économie d'endettement où les différentes activités sont financées à travers le secteur bancaire, l'instauration des normes de Bâle III fait diminuer les ressources consenties aux crédits, ce qui abaisse par conséquent le concours à l'économie et peut agir sur la rentabilité des banques à portefeuille peu risqué.

En outre, le dispositif de Bâle III a pour vocation d'être appliqué à l'échelle internationale. Or cette réglementation prudentielle n'est pas appliquée par un nombre important de pays. De plus, l'accord de Bâle III ne traite pas de manière compréhensive le risque systémique.

En guise de conclusion, l'accord de Bâle III présente des avancées positives et permet de faire face aux insuffisances constatées durant et après la crise de 2008 qui a affecté le système bancaire. Cet accord a permis d'améliorer la qualité des fonds propres, de prendre des mesures en ce qui concerne la liquidité et d'amortir les chocs en instaurant un coussin de sécurité contracyclique, tout en introduisant des exigences en matière de communication et de bonne gouvernance. Néanmoins, cet accord présente plusieurs limites, notamment en relation avec le financement de l'économie et avec les approches différenciées d'application des procédures (Etats Unis et Europe par exemple).

## SECTION 3 : LA RÉGLEMENTATION TUNISIENNE EN MATIÈRE DE GESTION DE RISQUE DE CRÉDIT

En s'inspirant de la réglementation internationale, la Banque Centrale de Tunisie, qui représente l'autorité de contrôle, a mis en place une réglementation dans le but d'assurer la sécurité et la pérennité du système bancaire tunisien.

La BCT a ainsi publié la circulaire 91-24 en décembre 1991, modifiée le 29/06/2012 et qui traite, entre autres, la division et la couverture des risques, la classification des actifs et la constitution des provisions. Elle vient aussi de publier la circulaire 16-06 le 11 octobre 2016 relative aux systèmes de notation des contreparties.

### 1- La division et la couverture du risque

#### 1-1- La division du risque

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

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

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

Enfin, selon l'article 3 de la circulaire 91-24, le montant total des risques encourus sur les personnes ayant des liens<sup>8</sup> avec l'établissement de crédit ne doit pas dépasser une seule fois les fonds propres nets.

---

<sup>8</sup> D'après l'article 23 de la loi 2001-65 du 10 juillet 2001 relative aux établissements de crédit : « Est considéré comme personne ayant des liens avec l'établissement de crédit :

- tout actionnaire dont la participation excède, directement ou indirectement, 5% du capital de l'établissement de crédit, ainsi que son conjoint, ses ascendants et descendants ;
- le président-directeur général de l'établissement de crédit, le président du conseil d'administration, le directeur général, les membres du conseil d'administration, les directeurs généraux adjoints, les membres du conseil de surveillance, les membres du directoire et les commissaires aux comptes ainsi que les conjoints des personnes susvisées, leurs ascendants et descendants ;
- toute entreprise dont l'une des personnes visées ci-dessus est soit propriétaire, soit associée ou mandataire délégué ou dans laquelle elle est directeur ou membre de son conseil d'administration ou de son directoire ou de son conseil de surveillance ;
- toute filiale ou toute entreprise dans laquelle l'établissement de crédit détient une participation au capital dont la proportion est telle qu'elle conduit à la contrôler ou à influencer de manière déterminante sur son activité. »



## 1-2- La couverture du risque

L'article 4 de la loi 91-24 stipule qu'en 1992, les fonds propres nets doivent représenter au moins 8% du total de son actif (bilan et hors bilan), pondéré en fonction des risques encourus.

$$\frac{\text{Fonds Propres Nets}}{\text{risques pondérés}} \geq 8\%$$

Ce ratio devrait être porté à 9% fin 2013 et 10% fin 2014. D'où le ratio actuel se présente comme suit :

$$\frac{\text{Fonds Propres Nets}}{\text{risques pondérés}} \geq 10\%$$

Avec Fonds Propres Nets = Fonds Propres de Base + Fonds Propres Complémentaires

**Fonds propres de base** : Ils se composent de :

- Le capital social ;
- Les réserves hormis celles de réévaluation ;
- Le fonds social (affectation des résultats) ;
- Le report à nouveau créditeur ;
- Le résultat net de la distribution de dividendes.

Ces fonds propres sont diminués de :

- La part non libéré du capital ;
- Le rachat par l'établissement de crédit de ses propres titres ;
- Les non-valeurs nettes des amortissements ;
- Les résultats déficitaires en instance d'approbation ;
- Le report à nouveau débiteur ;
- Les participations et toutes les créances assimilables à des fonds propres des autres établissements de crédit.

**Fonds propres complémentaires** : Ils se composent de :

- Les réserves de réévaluation ;
- Les subventions non remboursables ;
- Les provisions collectives dans la limite de 1.25% des risques encourus ;
- Les plus-values latentes sur titres de placement<sup>9</sup> ;
- Les fonds propres provenant de l'émission de titres à durée indéterminée et des emprunts subordonnés.

## **2- La classification des actifs et la constitution de provisions**

### **2-1- La classification des actifs**

D'après l'article 8 de la circulaire 91-24, les banques sont tenues de procéder à la classification de leurs actifs autres que ceux détenus sur la BCT ou l'État, et ce quel qu'en soit la forme (bilan ou hors bilan) et qu'ils soient libellés en dinars ou en devises. Les actifs seront par conséquent classés en actifs courants et en actifs classés.

**Les actifs courants** : ils représentent les actifs pour lesquels la banque n'a pas d'incident de paiement. Le remboursement est presque sûr et ils sont détenus sur des entreprises dont la situation financière est équilibrée. Les actifs courants sont divisés en deux classes :

- Classe 0 : les actifs sains ;
- Classe 1 : les actifs nécessitant un suivi particulier.

À la différence des actifs de la classe 0, ceux de classe 1 sont détenus sur des entreprises ayant un secteur d'activité connaissant des difficultés ou ayant une situation financière en dégradation.

**Les actifs classés** : Ils représentent les actifs dont le remboursement est incertain. Ils sont divisés en quatre classes :

- Classe 2 : les actifs incertains (impayé compris entre 3 et 6 mois) ;
- Classe 3 : les actifs préoccupants (impayé compris entre 6 mois et 1 an) ;
- Classe 4 : les actifs compromis (impayé supérieur à 1 an).

---

<sup>9</sup> Une décote de 55% est appliquée sur la différence positive calculée entre le prix de marché et la coût d'acquisition.

## 2-2- La constitution de provisions

Les banques doivent constituer des provisions en adéquation avec la classification de leurs actifs.

- Classe 0 :
  - Classe 1 :
- } Absence de provision ;
- Classe 2 : 20% du total engagement ;
  - Classe 3 : 50% du total engagement ;
  - Classe 4 : 100% du total engagement.

De même, selon l'article 10 de la circulaire 91-24, des provisions collectives, servant à couvrir les risques latents sur les actifs courants, doivent être constituées. Le montant de ces provisions est de 1% des actifs de la classe 0 et de la classe 1.

Les banques sont également dans l'obligation de constituer des provisions additionnelles sur les actifs de la classe 4 ayant une ancienneté supérieure à 3 ans. Ces provisions sont calculées comme suit :

- 40% pour les actifs ayant une ancienneté comprise entre 3 et 5 ans ;
- 70% pour les actifs ayant une ancienneté comprise entre 6 et 7 ans ;
- 100% pour les actifs ayant une ancienneté supérieure à 8 ans.

## 3- Implémentation de système de notation<sup>10</sup>

La circulaire 2016-06 imposent aux banques et aux établissements financiers de mettre en place un système de notation respectant les exigences minimales, au plus tard fin décembre 2017. Entre temps, ils doivent adresser à la BCT une feuille de route pour l'implémentation du système de notation, et ce au plus tard fin décembre 2016.

La même circulaire commence par quelques définitions. Ainsi, elle définit le défaut comme étant « une situation où un établissement estime improbable que la contrepartie rembourse en totalité son engagement sans qu'elle ait besoin de prendre des mesures appropriées telles que la réalisation d'une garantie ou lorsque l'arriéré de la contrepartie sur l'un de ses engagements significatifs dû à l'établissement dépasse 90 jours. » De même, selon cette circulaire un système de notation représente « L'ensemble des méthodes, des procédés, des contrôles, des systèmes de collecte de données et des systèmes informatiques

<sup>10</sup> D'après la circulaire 2016-06 du 11 octobre 2016 relative au système de notation des contreparties

qui permettent l'évaluation du risque de crédit, la notation des contreparties et leur affectation à une classe de risque et la quantification du défaut et des estimations de pertes pour un type de contrepartie donnée ». Les définitions de la circulaire sont en harmonie avec celles présentes dans les accords de Bâle.

La circulaire ajoute que la notation interne doit servir lors de l'octroi de crédits, pour la définition de la politique de tarification à appliquer et de la politique de gestion des risques, ainsi que dans l'allocation interne des fonds propres en préparation de l'adoption de l'approche basée sur les notations internes de l'accord de Bâle II.

### **3-1- Paramètres de notation et structure du système de notation**

Les banques et les établissements financiers doivent noter chaque entité juridique distincte sur laquelle l'établissement détient une exposition ainsi que tous les garants personnes morales.

D'après l'article 4 de la circulaire, le système de notation doit satisfaire aux exigences suivantes :

- a) Il comprend deux paramètres distincts : des facteurs spécifiques à la contrepartie qui portent sur l'appréciation du risque attaché à la contrepartie elle-même, quelle que soit la nature de la transaction et des facteurs spécifiques à la transaction qui intègrent la nature de l'opération et l'appréciation de la qualité des garanties reçues en couverture.
- b) Il comporte une échelle de notation des contreparties qui reflète exclusivement la quantification de leur risque de défaut. Cette échelle comporte au moins sept notes pour les contreparties qui ne sont pas en défaut et une note pour les contreparties en défaut. Chaque note correspond à un niveau de risque défini sur la base d'un ensemble de critères de notation spécifiques et suffisamment distincts permettant d'évaluer le risque de défaut des contreparties concernées.
- c) Les établissements définissent la relation entre les notes des contreparties associées à un niveau de risque de défaut et les critères utilisés pour déterminer ce niveau.
- d) Les établissements dont les portefeuilles sont concentrés sur un segment de marché spécifique et dans une certaine fourchette de risque de défaut doivent disposer d'un nombre suffisant de notes de contreparties dans cette fourchette pour éviter une concentration excessive des contreparties sur une note donnée.

e) Les concentrations importantes sur une note donnée doivent être justifiées par des preuves empiriques convaincantes établissant que la catégorie de contreparties en question est couverte par une fourchette raisonnablement étroite de probabilité de défaut et que le risque de défaut inhérent à toutes les contreparties en faisant partie correspond à cette fourchette.

La circulaire insiste aussi sur l'exhaustivité et la pertinence des informations utilisées pour la notation. Et, par souci de prudence, impose la prise en compte des conditions économiques défavorables et des événements imprévus, soit en procédant périodiquement et au moins une fois par an à la simulation de situations de crises plausibles pour fonder les notations, soit sans préciser un scénario de crise particulier, en considérant des facteurs de vulnérabilité caractérisant la contrepartie face à des situations économiques difficiles ou des événements imprévus.

### **3-2- Documentation relative au système de notation**

La circulaire énumère l'ensemble de la documentation exigée par la BCT, ainsi que les règles de conservation de cette documentation.

### **3-3- Gouvernance et contrôle du système de notation**

La structure chargée de la gestion du risque de crédit au sein des établissements est responsable de la conception ou la sélection du système de notation, de sa mise en œuvre, de sa surveillance et de son efficacité.

La structure d'audit interne est tenue de revoir, au moins une fois par an, le système de notation et son fonctionnement, et de s'assurer du respect des exigences minimales définies dans la présente circulaire. Cette revue donne lieu à la rédaction d'un rapport qui doit être transmis à la Banque Centrale de Tunisie au plus tard un mois après sa validation par le conseil.

L'organe de direction doit valider les différences importantes entre la procédure établie et la pratique. Il doit veiller en permanence à la bonne marche du système de notation et à son efficacité. Il doit aussi tenir le conseil informé de tous les changements ou exceptions majeurs par rapport aux politiques approuvées ayant un impact significatif sur le fonctionnement du système de notation.

Le conseil valide le système de notation des contreparties y compris les principaux éléments des processus de notation.

## Conclusion

La mise en place des différentes réglementations prudentielles visent essentiellement à assurer la stabilité financière et à surmonter les crises, devenues de nos jours de plus en plus graves.

En effet, la crise des subprimes était directement liée au risque de crédit, qui a fait subir aux banques des pertes sèches énormes puisque les clients sont devenus incapables d'honorer leurs engagements.

D'où la nécessité de la notation des créances, afin de renforcer le contrôle du risque de crédit bancaire en prévoyant la défaillance des clients. Dans le chapitre suivant, nous présenterons les différentes méthodes de notation interne.

## CHAPITRE II : UNE REVUE DE LA LITTÉRATURE : UN PANORAMA DES DIFFÉRENTES TECHNIQUES DE NOTATION INTERNE

---

### Introduction

L'analyse financière est une discipline classique d'appréciation du risque de crédit. Elle a été développée au XXème siècle, et plus précisément à partir de 1929. Elle s'est affinée au cours des vingt dernières années. Cependant, dans la mise en place du nouveau dispositif Bâle II, les banques portent de plus en plus d'intérêt aux outils de notation. En effet, le comité de Bâle a introduit, de manière explicite, la notation des emprunteurs et des contreparties servant au calcul final du capital économique.

La notation est « un processus d'évaluation du risque attaché à un titre de créance, synthétisé en une note, permettant un classement en fonction des caractéristiques particulières du titre et des garanties offertes par l'émetteur ».<sup>11</sup>

L'adoption d'un système de notation interne par la banque permet de répondre à plusieurs objectifs. Pour commencer, alors qu'une analyse financière permet d'apprécier uniquement les risques potentiels d'une entreprise, le système de notation interne permet de les quantifier et d'anticiper le gain ou la perte engendrée par cette même entreprise en attribuant des notes sur la base des informations quantitatives et qualitatives.

De même, le système de notation interne permet à la banque d'estimer le montant des fonds propres nécessaire pour couvrir le risque de crédit, la banque sera alors capable d'allouer de façon optimale ces fonds propres exigés pour couvrir le risque de crédit. La banque peut également s'appuyer sur les informations fournies par la notation pour établir une tarification juste et transparente dans laquelle chaque client assume individuellement le coût des risques qu'il présente à la banque prêteuse des fonds.

La notation externe est intéressante, dans la mesure où les agences de rating utilisent l'approche standard et dévoilent le niveau de risque des entreprises notées. Encore faut-il que toutes les entreprises soient notées ; or, ce n'est pas le cas, notamment pour les PME, qui constituent, essentiellement, le portefeuille des banques. Cette absence de notation revient, soit au refus de ces entreprises de se faire noter, par crainte de frais supplémentaires, soit par inexistence des agences de notation dans le pays. Ainsi, les banques ne disposant pas

---

<sup>11</sup>Kariotis,D.(1995), La notation financière :une nouvelle approche de risque de crédit, revue Banque Éditeur

de sources d'information sur le risque, doivent développer leur propre système de notation. Dans ce type de notation, les banques évaluent elles-mêmes le risque de défaillance des contreparties en exploitant les informations qu'elles détiennent sur les emprunteurs. Elles classent ces derniers en groupes de risques leur permettant d'apprécier la qualité de la contrepartie et la probabilité de défaut par classe de risque.

Dans ce deuxième chapitre, nous allons commencer par présenter les outils de la notation interne, puis nous passerons en revue les méthodes de la notation qui sont soit paramétriques, soit non paramétriques, et nous terminerons par les modèles dominants d'évaluation du risque de crédit.



## SECTION 1 : LES MÉTHODES D'ÉVALUATION DU RISQUE DE CRÉDIT

Il existe, aujourd'hui, deux méthodes de notation des crédits au niveau individuel et qui représentent :

- les modèles de score, qui s'appuient sur des outils quantitatifs,
- les systèmes experts adoptés par les agences de notation et les banques, reposant sur des méthodes essentiellement qualitatives.

L'approche de ces deux derniers est cependant différente, bien qu'ils constituent tous les deux des outils d'aide à la décision d'octroi de crédit.

### 1- Les modèles de scoring

Étant des outils de mesure du risque, les modèles de scoring utilisent des données historiques et des techniques statistiques afin de déterminer l'influence des différentes caractéristiques des emprunteurs sur leur probabilité de défaut. Ils procurent des scores qui donnent, à leur tour, une mesure ordinaire du risque de défaut. Les institutions financières utiliseront, par la suite, ces notes pour répertorier les emprunteurs en deux catégories de risque et affecter chaque contrepartie à la classe qui lui correspond. Chaque classe est, en effet, caractérisée par un niveau de risque traduisant des probabilités de transition vers des classes inférieures dont les prêts présentent une sous-performance.

#### 1-1- Méthodologie d'élaboration d'un modèle de score

Le crédit scoring s'appuie sur l'analyse discriminante qui représente une méthode statistique. Cette dernière procure, sur la base d'un ensemble d'attributs caractérisant chaque élément d'une population, une distinction de plusieurs classes homogènes comparées à un critère préétabli et l'affectation de chaque nouvel élément à la classe à laquelle il correspond. Il comprend deux étapes : la détermination d'une note limite et l'utilisation de cette note pour tout nouveau dossier de crédit.<sup>12</sup>

L'élaboration d'un modèle de score demande, dans un premier lieu, la disponibilité de deux échantillons distincts, comprenant chacun un nombre suffisant d'individus ayant fait défaut :

---

<sup>12</sup> De Coussergue, S. Gestion de la banque

- l'échantillon de construction : à partir duquel sont estimés les coefficients de la fonction score;
- l'échantillon de validation : permettant de vérifier la pertinence et l'efficacité de la fonction discriminante ou celle des scores, préalablement construite.

En second lieu, il est indispensable de faire certains choix concernant des éléments déterminants de la qualité du modèle score :

#### **a. Le choix du critère de défaut :**

Ce choix doit être, en effet, compris entre la défaillance, dont l'appréciation comporte une part de subjectivité, et le défaut, qui lui, est défini de façon précise.

#### **b. Le choix des échantillons de défaut :**

L'échantillon doit présenter un nombre suffisant de défauts et doit être représentatif de la population analysée. Le meilleur cas de figure serait que les données couvrent un cycle économique (7ans selon le comité de Bâle). L'horizon choisi, quant à lui, sera d'un an, si l'on utilise les données de l'année précédente ( $n - 1$ ) pour prévoir les défauts de l'année en cours ( $n$ ), et de deux ans si l'on retient l'information de l'année ( $n - 2$ ), etc.

#### **c. Le choix des variables explicatives :**

Ces variables traduisent des dimensions variées du défaut. Il peut s'agir de critères financiers, facilement quantifiables, ou de critères plus qualitatifs tous aussi importants.

Enfin, pour parvenir à la fonction score, il faut mettre des pondérations sur chacun des critères. Le score sera ensuite la somme pondérée des scores correspondants à chaque critère. Dans ce qui suit, les méthodes de crédit scoring évoquées concernent uniquement les entreprises.

- Les paramètres quantitatifs : Les principaux paramètres quantitatifs représentent, généralement, des ratios fournis par l'analyse financière des comptes de l'entreprise.
- Les paramètres qualitatifs<sup>13</sup> : Le secteur d'activité, la pluralité des décideurs, la compétence des décideurs, l'âge du débiteur, la qualité du climat social, la forme juridique du débiteur, l'existence d'un service de contrôle de gestion. Pour que le modèle de score soit valable, les facteurs de risque ne doivent pas être corrélés.

<sup>13</sup> SARDI A., JACOB H. (2001), Management des risques bancaires, Éditions AFGES

**d. Le choix des procédés utilisés :**

Plusieurs techniques peuvent intervenir lors de la construction d'un modèle de score. Nous nommerons quelques une d'entre elles :

- les techniques économétriques paramétriques ;
  - les techniques de classification issues de l'analyse des données ou analyse discriminante factorielle, visant à trouver une représentation géométrique du nuage de points représentant les scores affectés, respectivement, aux entreprises saines et entreprises défailtantes ;
  - les techniques d'intelligence artificielle (réseaux des neurones), modèles capables de trouver la solution d'un problème par auto-apprentissage, à partir d'une base d'exemples.
- Nous décrirons, dans ce qui suit, les méthodes les plus utilisées.

**e. Les méthodes de validation :**

Elles sont fondées sur les méthodes habituelles de l'inférence statistique<sup>14</sup> et sur des procédures de test de robustesse consistant à estimer le modèle sur des échantillons de contrôle qui contiennent d'autres sélections d'entreprise en défaut ou solvable.

Cette procédure passe, aussi, par la conformité des signes des coefficients du modèle aux principes de l'analyse financière (ex : une augmentation d'un ratio de rentabilité doit réduire la probabilité de défaut) et par la vérification de la stabilité des résultats dans le temps.

**1-2- Condition d'utilisation<sup>15</sup>**

- Le modèle doit jouir d'un maximum d'informations ;
- Les coefficients de la fonction score doivent être significatifs et conformes aux attentes ;
- Les populations d'emprunteurs (les segments de clientèle sur lesquels est estimé le modèle de score) doivent être relativement homogènes ;
- Le modèle doit être estimé sur une population qui contient un nombre assez important d'individus (assez d'emprunteurs en défaut ou non) pour être représentatif du portefeuille de crédit ;

<sup>14</sup> DICTSH M. , PETEY J. (2003), *Mesure et gestion du risque de crédit dans les institutions financières*, Revue Banque Édition

<sup>15</sup> Idem

- Le modèle doit bien prévoir le défaut : les taux de bon reclassement doivent être les plus élevés possibles ;
- Les performances du modèle doivent être stables au cours du temps. Il faudra donc que les coefficients du modèle soient régulièrement ré-estimés du fait des changements dans la composition du portefeuille ainsi que des caractéristiques des variables explicatives ;
- Les performances du modèle doivent être stables à un instant donné : les tests doivent être effectués sur des populations différentes.

### **1-3- Intérêt et limites des modèles de scoring<sup>16</sup>:**

Les modèles de scores mesurent mal les changements modifiant le comportement des emprunteurs par rapport au défaut ;

- Ils négligent les éléments qualitatifs relatifs à la qualité des dirigeants ou aux caractéristiques particulières des marchés sur lesquels opèrent les emprunteurs;
- Ils ne peuvent pas détecter les changements relatifs au comportement des emprunteurs vis-à-vis du défaut ;
- Leur nature statistique fait qu'ils comportent des erreurs qui consistent à classer en défaut des emprunteurs sains et vis-versa, ce qui engendre des coûts pour le prêteur ;
- Ils ne peuvent, aucunement, se substituer à une théorie de défaillance.

## **2- Les systèmes experts**

Même si le crédit scoring constitue la référence en matière de mesure du risque de crédit, dans la clientèle de la banque de détail et celle des PME, il n'apporte pas les mêmes bénéfices pour les grands clients corporate, d'où la nécessité des systèmes experts. En effet, ces systèmes présentent l'avantage de prendre les règles de décision des experts en matière d'évaluation du risque de crédit (de manière totalement empirique en interrogeant les responsables crédits) et de confronter leurs avis pour parvenir à un consensus sur leurs pratiques.

---

<sup>16</sup> Idem

## 2-1- Construction d'un système expert<sup>17</sup>

La méthodologie d'élaboration passe par les trois étapes suivantes :

### **a. Explicitation de l'expertise :**

Il s'agit de transformer une connaissance implicite en un système de règles explicites. Cette étape repose sur la confrontation de l'ensemble des règles formalisées par un groupe d'experts, dont le but est de faire ressortir une base de règles et normes communes.

### **b. Formalisation de l'expertise :**

L'objectif poursuivi est de transformer ces dires d'experts en un système de règles formelles, automatisables et généralisables (formalisé par exemple dans une « grille » de notation, assortie de pondérations des diverses règles).

### **c. Validation :**

Les règles font l'objet d'une double validation :

- Une validation qualitative, qui consiste à se placer dans un contexte réel et à vérifier si le système reproduit le raisonnement de l'analyste. Elle peut être accomplie, par exemple, en comparant les conclusions du système avec celles des analystes sur une population test ;
- Une validation quantitative, qui comporte une vérification empirique sur la base d'historiques de défaillance, de la pertinence des règles de décisions intégrées au système.

## 2-2- Avantages et limites d'un système expert :

- La règle de décision est construite à partir de l'expérience et fait l'objet d'une validation à posteriori.
- La formulation finale est facilement intelligible car elle reproduit le mode de raisonnement des experts en matière de crédit.
- Un système expert sait intégrer des informations qualitatives, contrairement à un modèle de score, qui utilise des techniques statistiques.
- Il intègre des effets de l'environnement, dont l'interaction avec les variables financières est complexe, et contribue ainsi à la précision de l'évaluation du risque.

<sup>17</sup>Saydoud, S. (2008), *Gestion du risque de crédit – Approche résultant des recommandations de Bâle II*

- Les systèmes experts ne nécessitent pas de longs historiques de données, ce qui leur confère un avantage sur les méthodes de scoring. C'est l'une des raisons pour lesquelles l'adoption de ces systèmes est recommandée.

Toutefois, les systèmes experts présentent des limites dont on retiendra principalement:

- Tout d'abord, ils peuvent comprendre une part importante de subjectivité, dans la mesure où certaines informations reposent sur l'appréciation de l'expert ;

- La difficulté d'aboutir à un consensus sur les règles de décision, conduit souvent à donner une part trop importante aux jugements des experts les plus influents dans l'institution financière ; - L'absence de vérification de la pertinence et de la cohérence des résultats de ces systèmes par une approche « scientifique».

En guise de conclusion, Les systèmes experts et les modèles de scoring sont les deux principaux outils utilisés, dans les banques, pour les demandes de crédit, mais aussi, pour noter les emprunteurs. Les deux types de modèles utilisent des informations comptables et financières ou qualitatives. Les premiers sont plus fréquemment utilisés dans la mesure du risque des grands clients corporate, alors que les seconds sont adaptés à celle de la clientèle de la banque de détail et des PME. Les scores sont des outils statistiques convenant au traitement de masse de grands portefeuilles, compte tenu des enjeux actuels de l'utilisation de tels outils. Il importe de bien mesurer les limites de la méthode des scores et de prendre des précautions lors de son emploi. Malgré les insuffisances que présentent les systèmes experts, ils restent, tout de même, un outil important d'appréciation du risque de crédit. D'autant plus que la méthodologie retenue est en harmonie avec les exigences du comité de Bâle. C'est la raison pour laquelle le régulateur a reconnu la pertinence du système dans la mesure du risque de crédit, dans les deux approches (Standard et IRB).

## SECTION 2 : LA NOTATION EXTERNE

Pour les banques ne disposant pas de structures internes d'évaluation du risque de défaut, le recours aux agences de notation devient systémique. Ces dernières, et par le biais de la méthode standard, constituant l'aspect clé du dispositif Bâle II, détermineront les exigences en fonds propres. Elles se chargent, notamment, d'évaluer le risque présenté par un émetteur d'instruments financiers et diffusent, régulièrement, des notes qui indiquent la qualité des émissions.

### 1- Les agences de notation

Une agence de rating de crédit (Crédit Rating Agency) a pour rôle de donner son opinion sur la capacité d'une entité à faire face, en temps réel, aux échéances en principal et en intérêts. Cette opinion est traduite en note pour permettre une comparaison entre les entités notées. Une agence de notation n'agit pas en tant que conseiller de l'émetteur ou des utilisateurs de ses notes, même quand elle est rémunérée par ceux-ci. Elle est totalement indépendante et sert les intérêts exclusifs des investisseurs. Il existe, aujourd'hui, une dizaine d'agences de notation d'importance significative. Moody's, Standard & Poor's et Fitch sont, grâce à leur dimension mondiale, les trois agences de référence.

#### 1-1- Rôle des agences de notation

Les informations publiées par les agences de notations permettent :

- La réduction de l'asymétrie de l'information sur les marchés financiers ;
- L'amélioration de l'efficacité des marchés d'instruments de dette (les cours de ces instruments varient en fonction des taux d'intérêts, mais aussi, en fonction de la qualité de la signature de l'émetteur) ;
- La diversification des sources de financement pour les émetteurs : en faisant mieux connaître leur qualité de crédit, les émetteurs peuvent approcher différentes sources de financement et jouir de meilleures conditions de taux.

#### 1-2- Typologie des notes :

Les notes attribuées par les agences de notation peuvent porter sur l'émetteur lui-même ou sur une émission de titres.

- La note portant sur l'émetteur lui-même est dite note de référence. Elle permet de connaître sa capacité à faire face à ses obligations, même en l'absence d'une émission de titres ;
- La note portant sur une émission de titres est spécifique à un titre émis sur le marché. Elle montre la capacité de l'émetteur à payer la totalité du principal et des intérêts de la dette en question.

Une autre distinction sur les notes du même émetteur peut être faite par rapport à l'échéance : - Note à long terme : AAA, AA, ..., D. Cette note mesure la capacité de l'entité à faire face à ses engagements financiers à horizon de 1 à 3 ans. Elle mesure la probabilité de défaillance ainsi que la perte potentielle, une fois le défaut survenu.

- Note à court terme : F1, F2, F3, B et C. Elle mesure la capacité de l'entité à faire face à ses engagements financiers de moins d'un an.

## 2- Processus de notation

Le processus de la notation externe passe, généralement, par les étapes suivantes :

**a. La demande de notation :** Le processus de notation est enclenché à la demande de l'entreprise. La demande doit s'accompagner de tous les documents relatifs à la situation financière, comptable et juridique de la contrepartie.

**b. La désignation du comité de notation:** L'agence désignera un comité de notation constitué de cinq membres au minimum : l'analyste en charge du dossier, le responsable régional, le responsable de la ligne de métier, un ou deux analystes spécialistes du secteur d'activité, un ou deux cadres ayant en moins un grade de Directeur. Ce comité a pour rôle de valider la note de la contrepartie.

**c. L'analyse des données :** Après examen des données disponibles, l'analyste présente, au comité, un rapport de notation et une proposition de notes. L'étude comportera obligatoirement un ou plusieurs entretiens avec le management de l'entreprise afin de commenter le rapport.

**d. La validation de la note :** Le comité de notation et de vote se réunit et les notes sont alors décidées grâce à un vote à la majorité simple des membres du comité.

**e. La publication des notes:** Les notes accordées sont publiées, avec autorisation du demandeur, par un communiqué de presse. Elles sont également diffusées sur les sites



internet de l'agence, sur Bloomberg, Reuters ou encore publiées dans les agences de presse internationales.

**f. Le suivi et la modification de la note** : L'agence de notation se fait souscrire un engagement d'information et d'entretien avec les bénéficiaires, afin qu'elle puisse suivre, en permanence, les conditions de la contrepartie et modifier sa note, ou éventuellement, la retirer à l'initiative de l'entité notée.

## SECTION 3 : LES MÉTHODES DE LA NOTATION INTERNE

Il existe une panoplie de méthodes statistique de scoring pouvant être utilisées au sein d'une banque. Ces méthodes sont paramétriques ou non. Elles permettent la mise en place d'un système de notation interne efficient, qui permet à l'institution de prévoir convenablement la défaillance de ses clients, d'alléger le volume du contentieux et des impayés et par conséquent d'améliorer la rentabilité de la banque.

Dans ce qui suit, nous détaillerons les méthodes les plus utilisées telles que l'analyse discriminante, la régression linéaire, la régression logistique, l'arbre de décision et les réseaux neuronaux.

D'après Ramousse R., Le Berre M. et Le Guelte L. (1996), un test paramétrique requiert un modèle à fortes contraintes (normalité des distributions, égalité des variances) pour lequel les mesures doivent avoir été réalisées dans une échelle au moins d'intervalle. Ces hypothèses sont d'autant plus difficiles à vérifier que les effectifs étudiés sont plus réduits.

En revanche, un test non paramétrique est un test dont le modèle ne précise pas les conditions que doivent remplir les paramètres de la population dont a été extrait l'échantillon. Cependant certaines conditions d'application doivent être vérifiées. Les échantillons considérées doivent être aléatoires (lorsque tous les individus ont la même probabilité de faire partie de l'échantillon) et simples, c'est-à-dire que tous les individus qui doivent former l'échantillon doivent être prélevés indépendamment les uns des autres, et éventuellement indépendants les uns des autres (emploi de tables de nombres aléatoires). Les variables aléatoires prises en considération sont généralement supposées continues.

### 1- Les méthodes paramétriques

#### 1-1- L'analyse discriminante

D'après Wiki stat, l'analyse discriminante consiste à modéliser une variable  $Y_i$  qualitatif à  $m$  modalités. Dans notre cas, le nombre de modalités s'élève à deux (entreprise défaillante et entreprise saine). La modélisation en question se base sur  $p$  variables quantitatives  $X_j$  avec  $j = 1 ; \dots ; p$ .

- $Y_i$  : la variable à prévoir ( $Y_i = 0$  : « saine » ;  $Y_i = 1$  : « défaillante »)
- $X_j$  : les variables prédictives

Comme son nom l'indique, l'analyse discriminante cherche à discriminer entre les deux classes d'entreprises (ou d'individus s'il s'agit de crédit à la consommation) et de tirer des conclusions concernant l'affectation d'une nouvelle relation dans le groupe qui le convient.

Selon Ben Amor et Al (2012), l'application de l'analyse discriminante repose essentiellement sur les hypothèses suivantes :

- La normalité des distributions ;
- L'homogénéité des matrices des variances-covariances entre les deux groupes ;
- Absence de corrélations entre moyennes et variances.

Il est à noter que cette technique a été proposée, pour la première fois, par Fischer (1936). Dans ce qui suit, nous allons présenter deux applications de l'analyse discriminante utilisées pour prévoir la défaillance des entreprises : le modèle d'Altman (1968) et le modèle de Conan et Holder (1979).

### 1-1-1- Le modèle d'Altman (1968)

Altman a développé un modèle de creditscoring, appelé aussi Z-score, en se basant sur un échantillon composé de 33 entreprises saines (50%) et 33 entreprises défaillantes (50%), et en adoptant l'analyse discriminante multivariée<sup>18</sup>.

Altman a entamé ses travaux avec une batterie de 22 ratios financiers, pour ne terminer qu'avec 5 ratios servant à départager au mieux les 2 groupes d'entreprises.

Les 5 ratios sont les suivants :

$$R1 : \text{ratio de liquidité} = \frac{\text{Fonds de roulement}}{\text{Actif total}}$$

$$R2 : \text{ratio de rentabilité cumulative} = \frac{\text{Réserves}}{\text{Actif total}}$$

$$R3 : \text{Ratio de rentabilité} = \frac{\text{Excédent brut d'exploitation}}{\text{Actif total}}$$

$$R4 : \text{Ratio de structure du capital} = \frac{\text{Fonds propres}}{\text{Dettes totales}}$$

$$R5 : \text{Ratio d'efficacité} = \frac{\text{Chiffre d'affaires}}{\text{Actif total}}$$

<sup>18</sup> En statistique, les analyses multivariées ont pour caractéristique de s'intéresser à la distribution conjointe de plusieurs variables. (Définition de Wikipédia)

Et la fonction Z-score obtenue se présente comme suit :

$$Z = 1.2 R1 + 1.4 R2 + 3.3 R3 + 0.6 R4 + 0.9 R5$$

Altman a aussi conclu les règles de décision suivantes :

- Une entreprise est jugée saine si son score  $\geq 2.99$  ;
- Une entreprise est jugée défailante si son score  $< 1.81$  ;
- Les entreprises possédant un score compris entre 1.81 et 2.99 posent un problème. Altman a alors fixé un seuil de  $2.675 \approx 2.7$  pour minimiser l'erreur de classification.

On obtient ainsi la règle de décision suivante :

- Une firme est saine si son score  $\geq 2.7$  ;
- Une firme est défailante si son score  $< 2.7$ .

Le taux de bon classement observé par Altman sur cet échantillon s'élevait à 95%. Et celui observé sur l'échantillon de validation s'élevé à 82%.

### **1-1-2- La modèle de Conan et Holder (1979)<sup>19</sup> :**

En se basant aussi sur l'analyse discriminante, Conan et Holder ont établi une fonction score avec un échantillon de 190 petites et moyennes entreprises industrielles équitablement réparties en deux classes : 95 entreprises saine (50%) et 95 entreprises défailantes (50%).

Ils ont entamé leurs travaux avec une batterie de 31 ratios financiers, pour ne terminer qu'avec 5 ratios servant à départager au mieux les 2 groupes d'entreprises.

Les 5 ratios sont les suivants :

$$R1 = \frac{\text{Excédent brut d'exploitation}}{\text{Endettement total}}$$

$$R2 = \frac{\text{Capitaux permanents}}{\text{Total bilan}}$$

$$R3 = \frac{\text{Valeurs réalisables et disponibles}}{\text{Total bilan}}$$

<sup>19</sup> La référence en ce qui concerne le modèle d'Altman et celui de Conan et Holder est la thèse de doctorat de AsmaGuizani (2014) : « Traitement des dossiers refusés dans le processus d'octroi de crédits aux particuliers ».

$$R4 = \frac{\text{Frais financiers}}{\text{Chiffre d'affaires HT}}$$

$$R5 = \frac{\text{Frais de personnel}}{\text{Valeur ajoutée}}$$

La fonction Z-score obtenue se présente alors comme suit :

$$Z = 0.24 R1 + 0.22 R2 + 0.16 R3 - 0.84 R4 - 0.10 R5$$

Les auteurs ont conclu les règles de décision suivantes :

Ils ont affecté une probabilité de défaillance pour chaque entreprise en fonction du score obtenu.

- Si score est  $> 0.1$  : La situation financière est bonne : probabilité de défaillance inférieure à 30% ;
- Si  $0.1 < \text{score} < 0.4$  : Il s'agit d'une zone d'alerte : probabilité de défaillance entre 30% et 65% ;
- Si  $-0.05 < \text{score} < 0.04$  : L'entreprise est en danger : probabilité de défaillance entre 65% et 90% ;
- Si score  $< -0.05$  : L'entreprise est défaillante : probabilité de défaillance  $> 90\%$ .

L'analyse discriminante présente une multitude d'avantages telles que la simplicité dans la mise en œuvre, la facilité de maintenance et la robustesse dans le temps. En effet, selon Bardos et al. (1997), « *l'analyse discriminante présente des avantages en termes de robustesses aux fluctuations conjoncturelles et de maintenance* ». Cependant, l'analyse discriminante présente aussi de nombreux inconvénients dont principalement l'utilisation de variables quantitatifs seulement. Cet inconvénient est dépassé par la régression logistique que nous présenterons dans ce qui suit.

## **1-2- La régression logistique**

### **1-2-1- Définitions**

La régression logistique est une technique statistique permettant d'expliquer une variable qualitative à deux modalités ou plus. Dans notre cas, il s'agit de deux variables qui sont « défaillante » ou « saine ». Cette variable est aussi appelée variable dichotomique. Les variables explicatives peuvent être discrètes ou continues. La régression logistique permet de prévoir la probabilité de l'occurrence de l'évènement, soit la probabilité de défaillance.

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

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

### 1-1-3- Les propriétés mathématiques de la régression logistique<sup>20</sup> :

Soient :

$Y_i$  = la variable à expliquer

- $Y_i = 1$  : la firme  $i$  est saine
- $Y_i = 0$  : la firme  $i$  est défaillante

$X$  = la matrice des variables explicatives

Prenons l'exemple de :

- 3 variables explicatives
- N entreprises

On obtient alors la matrice  $X$  suivante :

$$\begin{pmatrix} X_{11} & X_{12} & X_{13} \\ X_{21} & X_{22} & X_{23} \\ X_{i1} & X_{i2} & X_{i3} \\ X_{n1} & X_{n2} & X_{n3} \end{pmatrix}$$

Pour une entreprise  $i$ , la variable  $Y_i$  est la suivante :

$$Y_i = \begin{cases} 1 & \text{si } \beta X_i + U_i > 0 \\ 0 & \text{si } \beta X_i + U_i \leq 0 \end{cases}$$

Avec  $\beta$  : les coefficients des ratios à estimer.

<sup>20</sup> Ce développement se réfère à l'ouvrage : *Économétrie des variables qualitatives*, Alban Thomas et au support de cours de Monsieur Mohamed Hlel.

$U_i$ : termes d'erreur, moyenne = 0, variance = 1. Ces erreurs suivent la loi logistique de fonction de répartition :  $F(x) = \frac{e^x}{1 + e^x}$ , il s'agit du modèle logit. Et si l'on suppose que les termes d'erreur suivent une loi normale, alors il s'agit d'un modèle probit.

La méthode d'estimation est le maximum de vraisemblance :

$P_i$  = la probabilité de défaillance de l'entreprise  $i$  :

○  $P_i = P(Y_i=0/X_i) = P(X_i\beta + U_i \leq 0) = P(U_i \leq -X_i\beta) = F(-X_i\beta) = \frac{e^{-X_i\beta}}{1 + e^{-X_i\beta}} = \mathbf{F(-score)}$

La probabilité de non défaillance de l'entreprise  $i$  :

○  $P(Y_i=1/X_i) = P(X_i\beta + U_i > 0) = P(U_i > -X_i\beta) = 1 - P(U_i \leq -X_i\beta) = 1 - \frac{e^{-X_i\beta}}{1 + e^{-X_i\beta}} = \frac{e^{X_i\beta}}{1 + e^{X_i\beta}} = \mathbf{F(score)}$

Soit  $L$  la vraisemblance de l'échantillon

$$L = \prod_{i=1}^n [F(-X_i\beta)]^{y_i} \times [F(X_i\beta)]^{1-y_i}$$

$$\text{Log}(L) = \sum_{i=1}^n [y_i \ln F(-X_i\beta) + (1 - y_i) \ln F(X_i\beta)]$$

Il s'agit alors d'estimer le vecteur des  $\beta$  qui maximise la vraisemblance.

- **Les principaux travaux empiriques**

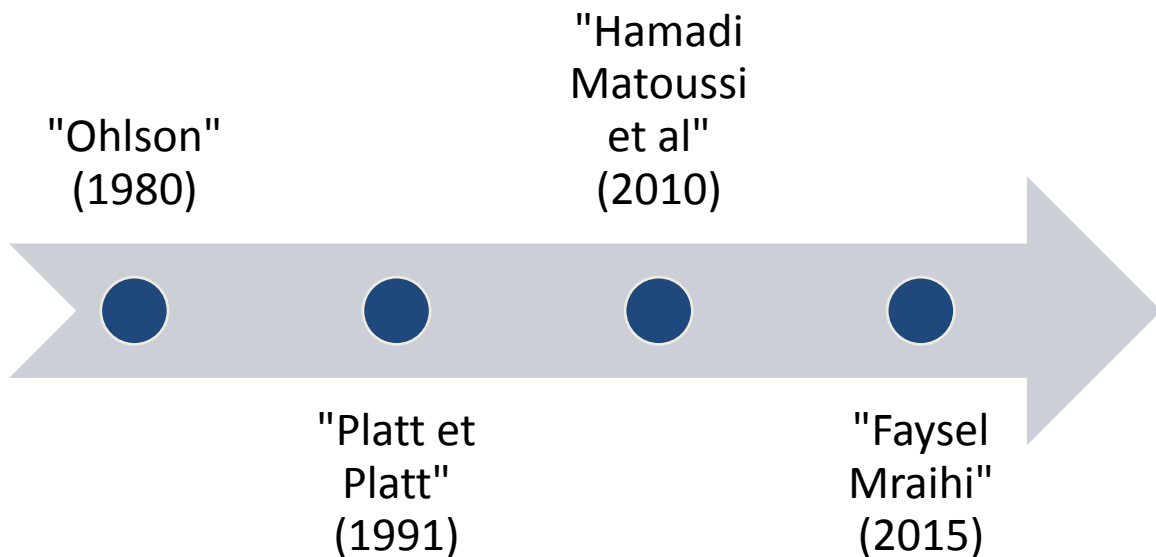


Figure 5 : Des travaux empiriques de régression logistique

**Le modèle de « Ohlson » (1980)**

Ohlson est le premier à avoir utilisé la régression logistique pour étudier la défaillance des entreprises.

En se basant sur un échantillon de plus de 2000 entreprises industrielles cotées en bourse, dont 135 sont défaillantes, Ohlson a mis en place un modèle permettant de prévoir la probabilité de défaut des entreprises.

Il a utilisé une batterie de 9 ratios qui sont les suivants :

$$R1 = \ln \left( \frac{\text{actif total}}{\text{PNB ajusté}} \right) \text{ avec PNB ajusté} = \frac{\text{PNB nominal}}{\text{PNB réel}} \times 100$$

$$R2 = \frac{\text{Dette totale}}{\text{Actif total}}$$

$$R3 = \frac{\text{Fond de roulement}}{\text{Actif total}}$$

$$R4 = \frac{\text{Dettes à court terme}}{\text{Actif circulant}}$$

$$R5 = \begin{cases} 1 & \text{si dette totale} > \text{total actif} \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

$$R6 = \frac{\text{Résultat net}}{\text{Actif total}}$$

$$R7 = \frac{\text{Fonds générés par l'exploitation}}{\text{dette totale}}$$

$$R8 = \begin{cases} 1 & \text{si l'entreprise a connu une perte durant les deux premières années} \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

$$R9 = \frac{\text{Résultat net } N - \text{Résultat net } (N-1)}{|\text{Résultat net } N| + |\text{Résultat net } (N-1)|}$$

La fonction score obtenue est appelée « O » score et se présente comme suit :

$$\langle \mathbf{O} \rangle \text{ score} = -1.32 - 0.40 R1 + 6.03 R2 - 1.43 R3 + 0.757 R4 - 2.37 R5 - 1.83 R6 - 1.72 R7 + 0.285 R8 - 0.521 R9$$

Avec la probabilité de défaillance  $P = \frac{e^{\text{"O"score}}}{1 + e^{\text{"O"score}}}$



Les règles de décisions sont les suivantes :

- Si  $P < 0.5$  : l'entreprise est défailtante
- Si  $P \geq 0.5$  : l'entreprise est saine

- **Le modèle de « Platte et Platt » (1991)**

Platt et Platt ont analysé la défailtance des firmes en utilisant la régression logistique et en se basant sur un échantillon de 182 entreprises observées sur la période allant 1972 à 1987.

Ils ont utilisé entre autres les ratios  $\frac{\text{Cashes flows}}{\text{Chiffre d'affaires}}$  et  $\frac{\text{Immobilisations nets}}{\text{total actif}}$ .

Le modèle qu'ils ont mis en place a permis d'avoir un taux de bon classement global de 86.5%.

- **Les modèles dans le contexte tunisien**

Matoussi et al (2010) ont mené une analyse sur la défailtance des entreprises tunisiennes, en se basant sur un échantillon de 1435 entreprises industrielles ayant obtenu un crédit entre 2003 et 2006.

En effet, ils ont commencé leur analyse avec une batterie de 26 ratios : ratios relatif à l'exploitation, ratios d'endettement, ratios de sensibilité, ratios de structure...

Confronté à un problème de multicolinéarité, ils ont terminé leur analyse avec 8 variables qui sont les suivantes :

$$R1 : \text{Liquidité des comptes clients} = \frac{\text{Clients-clients nets}}{\text{Clients bruts}}$$

$$R2 : \text{Couverture BFR} = \frac{\text{BFR}}{\text{FR}}$$

$$R3 : \text{Couverture des dettes} = \frac{\text{Passif courant}}{\text{Chiffre d'affaires}}$$

$$R4 : \text{Valeur liquidative} = \frac{\text{Total passif}}{\text{Total actif}}$$

$$R5 : \text{Structure financière} = \frac{\text{Capitaux propres}}{\text{Capitaux permanents}}$$

$$R6 : \text{Rotation des stocks} = \frac{\text{Chiffre d'affaires}}{\text{Stocknet}}$$

R7 : Taille de l'entreprise =  $\ln(\text{total actif})$

R8 : Garanties =  $\ln(\text{garanties})$

La fonction alors obtenue se présente comme suit :

$$\mathbf{Z = -12.122 R1 + 0.501 R2 + 22.9965 R3 - 0.843 R4 + 7.6334 R5 + 0.0961 R6 + 3.5208 R7 - 0.2477 R8}$$

Ce modèle a permis d'obtenir un taux de bon classement global de 88.7% sur l'échantillon initial et un taux de bon classement de 72.17% sur l'échantillon de validation.

De même, Mraïhi (2015) a mené une analyse sur la défaillance des entreprises tunisiennes sur un échantillon de 212 entreprises équitablement réparties entre les deux groupes, sur la période allant de 2005 à 2010. Il a entamé son analyse avec une batterie de 87 ratios et, confronté à un problème de multicollinéarité, a achevé son analyse avec seulement 12 ratios.

R1 : Ratio de liquidité immédiate =  $\frac{\text{Liquidité et équivalent de liquidité}}{\text{Passif courant}}$

R2 : Ratio de solvabilité =  $\frac{\text{Capitaux permanents}}{\text{Total bilan}}$

R3 : Ratio du degré de liquidité =  $\frac{\text{Actif courant}}{\text{Total actif}}$

R4 : Ratio d'autonomie financière =  $\frac{\text{Fonds propres}}{\text{Total actif}}$

R5 : Ratio de structure de dette =  $\frac{\text{Dettes à court terme}}{\text{Total passif}}$

R6 : Ratio du degré de renouvellement des immobilisations =  $\frac{\text{amortissement des immobilisations}}{\text{immobilisations brutes}}$

R7 : Ratio du degré de liquidité =  $\frac{\text{Fonds de roulement}}{\text{Total actif}}$

R8 : Ratio de liquidité réduite =  $\frac{\text{Actif courant hors stock}}{\text{Passif courant}}$

R9 : Ratio de liquidité =  $\frac{\text{Actif circulant hors stock}}{\text{Total actif}}$

R10 : Ratio d'endettement =  $\frac{\text{Dettes à long et moyen terme}}{\text{Flux de trésorerie}}$

R11 : Ratio de rentabilité =  $\frac{\text{bénéfice net}}{\text{Total passif}}$

R12 :  $\frac{\text{Total actif}}{\text{Total passif}}$

La fonction score obtenue se présente alors comme suit :

$$Z = 14.057 R1 - 131.311 R2 - 272.144 R3 + 10.482 R4 - 23.350 R5 + 66.129 R6 + 178.682 R7 - 13.401 R8 + 87.654 R9 - 0.501 R10 - 15.515 R11 + 52.925 R12 + 126.426$$

Le taux de bon classement se présente comme suit :

<i>Le nombre d'années avant la défaillance</i>	<i>Taux de bon classement</i>
1 année	100%
2 années	99.34%
3 années	96.71%

*Tableau 9 : Taux de bon classement*

## **2- Les méthodes non paramétriques**

### **2-1- L'arbre de décision**

Il s'agit d'une technique non paramétrique. Cela signifie qu'elle ne prévoit aucune hypothèse quant à la distribution des données.

Selon Catherine (2004), cette méthode consiste à mettre en place « un arbre décisionnel en se basant sur un échantillon de firmes : défaillantes et saines », qui seront décomposés en sous-groupes en se basant sur différents critères. Cette opération sera répétée jusqu'à ce que l'on obtienne des sous-groupes composés que d'entreprises défaillantes ou saines. « On obtient alors des nœuds dits purs ». Un nœud pur est un nœud qui ne contient que des entreprises saines ou défaillantes.

Friedman et al (1985) ont initié l'application de la méthode de l'arbre de décision dans le domaine du crédit scoring. Ils ont fini par trouver un taux de bon classement de 89%.

La constitution de l'arbre de décision suit la démarche suivante :

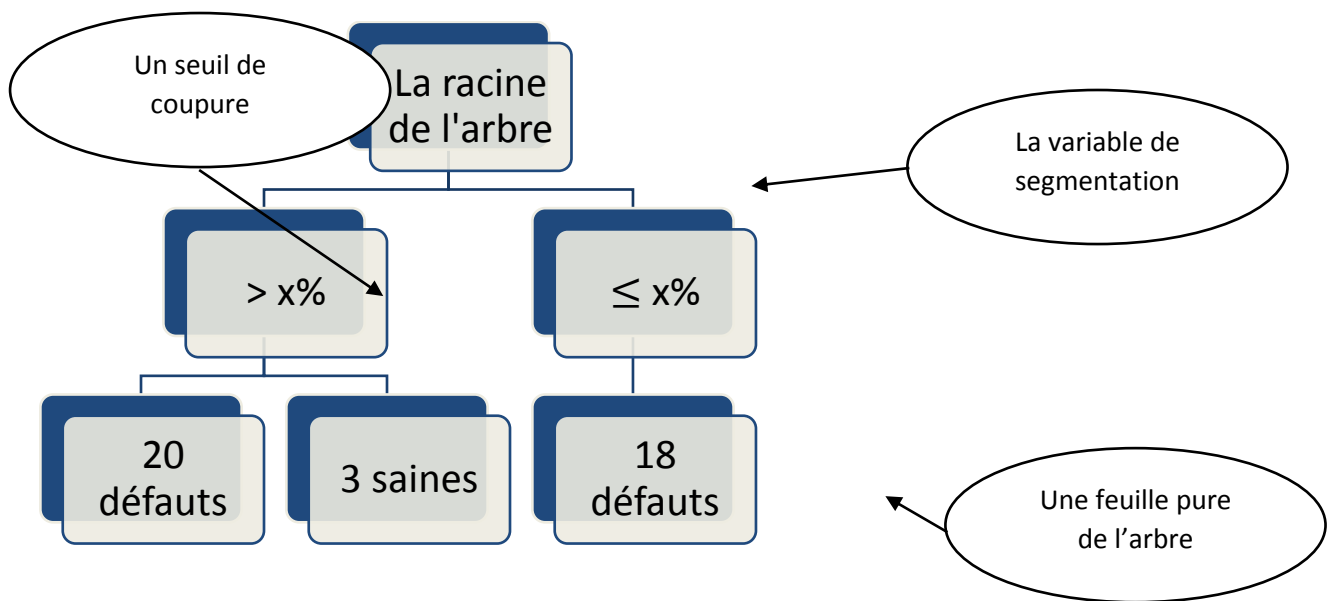


Figure 6 : Les étapes de construction d'un arbre de décision

La construction d'un arbre de décision repose donc sur trois points essentiels :

- 1- Le choix de la variable de segmentation la plus discriminante
- 2- Le choix du point de coupure pour les variables continues
- 3- Le choix de la taille de l'arbre ou le nombre de feuilles

## 2-2- Les réseaux neuronaux

D'après Hafedh (2016), « les réseaux de neurones sont, à l'origine, une tentative de modélisation mathématique du cerveau humain ».

Les premiers travaux de Mac Culloch et Pitts datent de 1943. L'objectif est d'estimer une variable « Y » à partir d'une ou de plusieurs variables explicatives « X », et ce en les pondérant avec des coefficients « W » appelés poids synaptiques.

Selon Tufféry (2012), les réseaux de neurones présentent des avantages tels que la prise en compte des relations non linéaires entre les variables étudiées et l'extraction des règles à partir de données bruitées et imprécises.

Charada et al (1990) sont les pionniers de l'application de la méthode des réseaux neuronaux dans le cadre du crédit.

Les réseaux de neurones sont constitués de 3 étapes :

- Les entrées (inputs) : les  $X_i$  qui sont les variables explicatives, dans notre cas il s'agit des ratios financiers
- Les sorties (outputs) : réponse binaire (0/1)
- Les couches cachées : elles sont constituées de fonctions de sommation et de transfert.

Un réseau de neurone peut être schématisé ainsi :

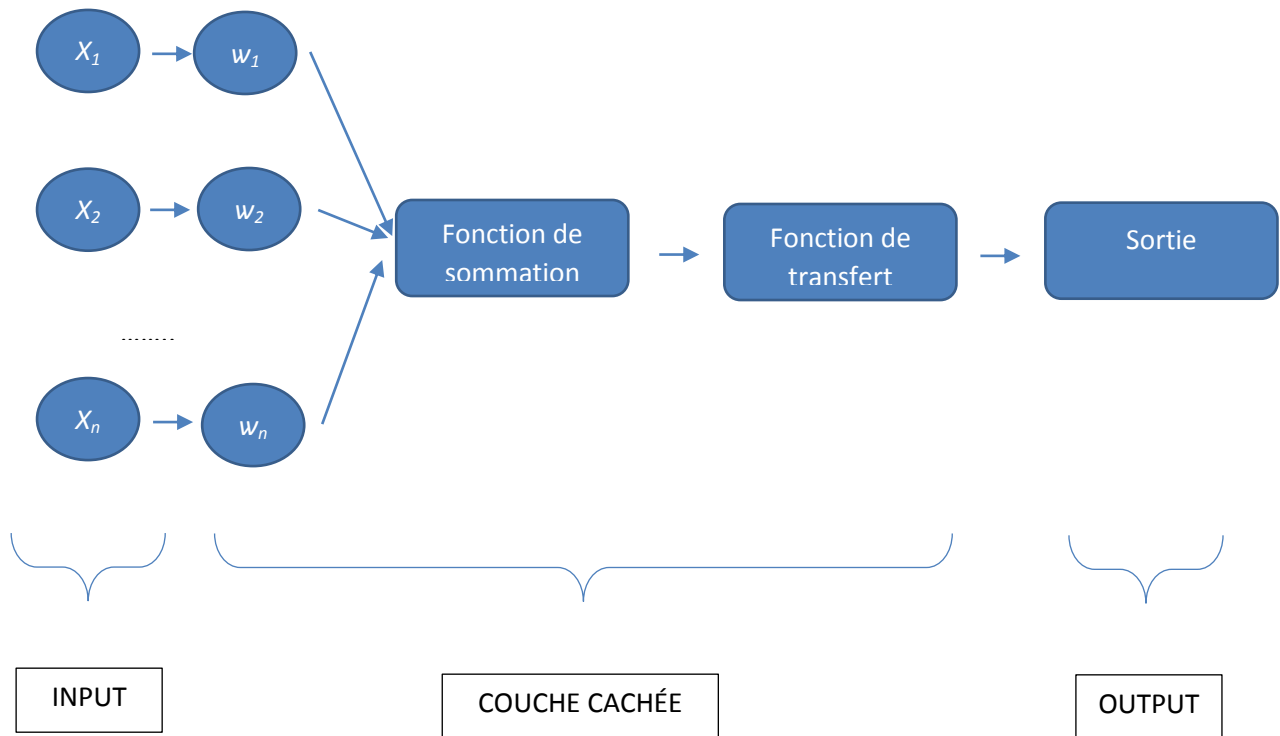


Figure 7 : Schéma des réseaux de neurones<sup>21</sup>

- Fonction de sommation :  $a = \sum w_i * X_i - b$  avec  $w_i$  le coefficient attribué à chaque ratio.
- Fonction de transfert ou fonction d'activation :  $f(a)$ , il s'agit généralement de la fonction sigmoïde  $\frac{1}{1+e^{-a}}$ .

Les résultats ainsi obtenus se sont avérés positifs. En effet, d'après les initiateurs de cette méthode appliquée au creditscoring, ils ont obtenu un taux de bon classement de 81.81%, comparé à un taux de 74.28% en appliquant l'analyse discriminante.

<sup>21</sup> Schéma produit par A. Guizani (2014) dans sa thèse de doctorat : « Traitement des dossiers refusés dans le processus d'octroi de crédits aux particuliers »

En outre, Ouertani et al (2010) ont fini par conclure leur étude comparative entre l'analyse discriminante, la régression logistique, l'arbre de décision et les réseaux de neurones par le fait que les réseaux de neurones sont les plus performants.

Toutefois les réseaux de neurones présentent des inconvénients comme la complexité de la méthode. De plus, plus le nombre de couches est important, plus le taux de bon classement est meilleur sur l'échantillon d'apprentissage, mais pas sur l'échantillon test. Les réseaux de neurones sont aussi qualifiés de « boîte noire » car le fonctionnement des neurones est difficile à extraire.

## SECTION 4 : LA MESURE DU RISQUE DE DÉFAUT À PARTIR DES PRIX DU MARCHÉ<sup>22</sup>

Le risque de crédit peut être évalué à partir des prix de marché de titres dont les valeurs sont affectées par le défaut. Ces titres incluent des obligations d'entreprises, des actions et des dérivés du crédit.

### 1- Approche par les spreads : du prix des obligations corporate aux probabilités de défaut

Les spreads de taux dérivés du marché peuvent servir à déterminer les probabilités de défaut. Toutefois, cette approche ne concerne que les grandes entreprises pour lesquelles un tel marché obligataire existe.

Pour simplifier, supposons que l'obligation donne lieu à un paiement de 100 dans une période. Il est alors possible de calculer un rendement de marché  $r$ , à partir du prix  $P$ , comme solution de :

$$P = \frac{100}{1+r}$$

Ce taux  $r$  peut être comparé au taux de rendement sans risque noté  $r_f$ . On note  $f$  le taux de récupération et  $\pi$  la probabilité de défaut sur la période. À la maturité, l'obligation peut être en défaut ou non. Sa valeur est de 100 s'il n'y a pas de défaut et,  $f \times 100$  en cas de défaut.

Les paiements à l'échéance de l'obligation (payoffs) peuvent être décrits par un processus de défaut simplifié présenté ci-dessous :

<sup>22</sup> Cette partie se base sur le cours de monsieur Mohamed Hlel (2016)

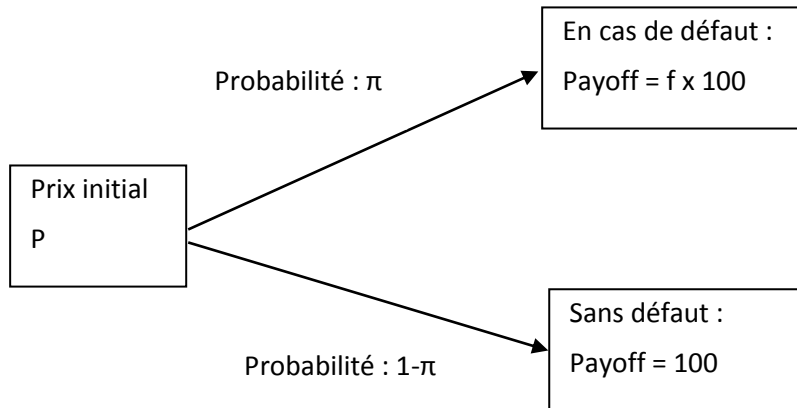


Figure 8 : Payoffs d'une obligation zéro-coupon<sup>23</sup>

Selon le principe de l'évaluation risque neutre<sup>24</sup>, le prix courant doit être l'espérance mathématique des flux dans les deux états, actualisés au taux sans risque. D'où,

$$P = \frac{100}{1+r^*}(1-\pi) + \frac{100}{1+r^*}(f \times \pi) = \frac{100}{1+r}$$

Notons que l'on actualise avec le taux sans risque car le principe de l'évaluation risque neutre ne prend pas en compte la prime de risque.

$$\frac{1}{1+r^*}(1-\pi) + \frac{1}{1+r^*}(f \times \pi) = \frac{1}{1+r}$$

$$\frac{1}{1+r} = \frac{1-\pi(1-f)}{1+r^*}$$

$$\pi = \frac{1}{1-f} \times \frac{r-r^*}{1+r}$$

En négligeant les termes de second ordre, l'expression se simplifie et devient la suivante :

$$r-r^* \approx \pi(1-f)$$

L'équation ne permet que de trouver une probabilité de défaut risque neutre. Ainsi, si les investisseurs exigent une compensation pour assumer le risque de crédit, alors le spread du crédit inclura une prime de risque notée  $rp$  telle que :

<sup>23</sup> Source : note de cours de M. Hlel (IFID 2016)

<sup>24</sup> L'univers risque neutre est un univers dans lequel tous les agents économiques sont neutres face au risque, ce qui revient à dire qu'ils n'exigent pas de compensation pour le risque pris.



$$r - r^* = \pi'(1 - f) + rp$$

## 2- L'utilisation des prix des actions pour estimer les probabilités de défaut : le modèle de Merton

Le modèle de Merton (1974), appelée aussi modèle de la firme, décrit le risque de crédit en modélisant le défaut comme le résultat de l'exercice d'une option détenue par les actionnaires d'une société. Selon Merton, l'évènement de défaut surgit lorsque le niveau de l'actif de la société passe en dessous du niveau de ces dettes. Il s'agit d'une approche purement structurelle du défaut.

Si le niveau des dettes est supérieur au niveau de l'actif, alors l'actionnaire de l'entreprise endettée pour un montant D ne détient qu'une option d'achat (call) de la situation nette de cette entreprise de prix d'exercice E et de même maturité que la dette. Les cashflows générés par cette option sont représentés comme suit :

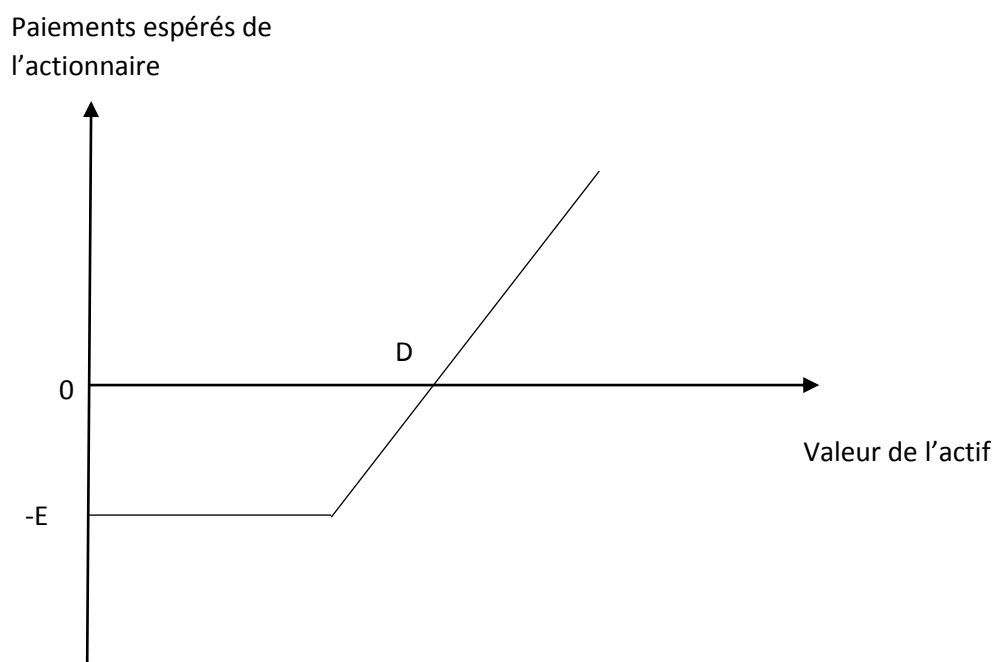


Figure 9 : Modélisation d'une entreprise endettée par une option d'achat

Le graphique ci-dessus est caractéristique des paiements attendus d'une option d'achat. En effet, pour le propriétaire qui est créancier résiduel, plus la valeur des actifs est importante, plus il tire profit de son action, après paiements des prêteurs. D'autre part, sa

perte est limitée à ses fonds propres (-E sur le graphique). Par conséquent, la valeur des actions d'une entreprise endettée peut être assimilée à celle d'un call sur ses actifs, dont le prix d'exercice correspond à la valeur des dettes D de l'entreprise.

Par ailleurs, l'approche structurelle de Merton a connu de nombreux développements. Elle n'est plus cantonnée à l'hypothèse de départ, selon laquelle, le défaut ne peut survenir qu'à l'échéance.

L'avantage d'une telle approche réside principalement dans le fait que qu'elle infère la situation de l'entreprise à partir de l'information contenue dans les prix du marché financier. Elle peut donc s'appliquer à toute société cotée. Elle résulte en des probabilités de défaut tourné vers le futur qui reflètent les croyances du marché des actions et les anticipations de l'évolution future des résultats de l'entreprise.

Cependant, cela en fait aussi la faiblesse de l'approche. Le champ d'application de l'approche est limité par le fait de devoir systématiquement disposer de données de marché. De plus, les cours boursiers traduisent souvent l'effet de phénomènes tel que l'existence de bulles et des anomalies de marché, qui tendent à augmenter la volatilité des cours, ce qui fait que les prédictions de la probabilité de défaut extraite par cette méthode peuvent être fréquentes. Enfin, le modèle n'est applicable qu'aux marchés financiers efficients.

Malgré les limites de cette approche, elle demeure appliquée par de nombreuses banques en complément avec d'autres approches plus conventionnelles de l'évaluation du risque de crédit.

## **SECTION 5 : LA MESURE DU RISQUE DE CRÉDIT AU NIVEAU DU PORTEFEUILLE**

La critique commune à toutes les méthodes mentionnées précédemment est qu'aucune d'entre elles n'offre de vision globale du portefeuille de crédit. En effet, les modèles d'évaluation du risque au niveau individuel ne considèrent que le risque relatif à une seule entité à la fois. Ils ne prennent pas en compte l'effet de diversification existant au niveau du portefeuille. Or, en réalité, les prêts d'un même portefeuille interagissent entre eux. Une analyse globale au niveau du portefeuille est donc indispensable.

En adoptant une approche au niveau du portefeuille, on peut mesurer le risque de concentration résultant d'une exposition accrue à un emprunteur en particulier ou à des groupes d'emprunteurs corrélés entre eux. De même, une vue d'ensemble du portefeuille permet de mieux appréhender le problème de corrélation des crédits. Il faut donc considérer le risque marginal induit par un titre individuel au portefeuille et non le risque de ce titre en particulier.

### **1- Le modèle KMV**

Certains modèles reposent sur l'hypothèse qu'une contrepartie est en défaut lorsque la valeur de ses actifs devient inférieure à la valeur de sa dette. En simulant, à l'aide d'un processus de diffusion (gaussien, poisson,...), l'évolution future de la valeur des actifs, il est possible de déterminer la probabilité que celle-ci se trouve, à un horizon donné, inférieure à la valeur de la dette. Cette probabilité est la probabilité de défaut.

#### **1-1- Principe du modèle**

Contrairement à d'autres modèles qui considèrent le défaut comme une donnée exogène, s'attachant uniquement, sur la base des spreads de marché, à estimer les probabilités conditionnelles de défaut et l'exposition en cas de défaut. Ce modèle se base au contraire sur la recherche d'une explication de l'événement de défaut. Cette explication repose par exemple sur une modélisation de la valeur de la firme.

En 1974, Merton publie un modèle de valorisation de la firme qui repose sur le principe que les actionnaires et créanciers sont en fait des détenteurs d'options. D'un côté, les actionnaires ont une perte limitée à leur investissement initial et bénéficient de toute augmentation de la valeur des actifs de la firme au-delà de la valeur de la dette. En effet, si à l'échéance de la dette, la valeur des actifs de la firme est inférieure au montant de celle-ci, la

firme qui liquide ses actifs ne peut honorer sa dette et est ainsi en défaut. Dans ce cas, les actions ont une valeur nulle, et l'actionnaire a perdu sa mise de fonds initiale. Si par contre à l'échéance de la dette, la valeur des actifs est supérieure à celle de la dette, la liquidation des actifs sert à rembourser celle-ci et le surplus est réparti entre les actionnaires. L'actionnaire est par conséquent détenteur d'un call sur la valeur des actifs de prix d'exercice la valeur de la dette et d'échéance l'échéance de la dette. En effet, si à l'échéance de la dette, la valeur des actifs de la firme est inférieure au montant de celle-ci, l'option a une valeur nulle puisqu'elle termine en dehors de la monnaie. Si en cours de vie de l'option, la valeur de la firme est inférieure à la valeur de la dette, l'option est en dehors de la monnaie, mais conserve une valeur de temps.

De l'autre côté, les créanciers ont également intérêt à ce que la société ait une valeur des actifs supérieure à la valeur de la dette afin d'être remboursée. Par contre, ils ont intérêt à ce que la valeur des actifs soit la moins volatile possible. Ils sont donc selon l'approche de Merton, vendeurs de put sur la valeur des actifs, d'échéance l'échéance de la dette, de prix d'exercice la valeur de la dette et de prime le service de la dette (intérêts). Si la valeur de la firme diminue et devient négative, les créanciers ont intérêt à liquider la société sur laquelle ils supportent de plus en plus le risque (put vendu qui devient de plus en plus dans la monnaie).

## **1-2- Hypothèses du modèle**

Parmi les sociétés proposant un modèle d'évaluation du risque de crédit reposant sur la valeur de la firme, la société KMV occupe aujourd'hui une place dominante.

Cette approche repose sur l'hypothèse qu'une firme s'approche du défaut lorsque la valeur de ses actifs descend au-dessous de la valeur comptable de sa dette. La détermination de la probabilité de défaut s'appuie sur modélisation stochastique de la valeur des actifs, qui permet d'établir une distribution, à chaque instant futur, de l'écart entre la valeur des actifs et la valeur de la dette. De cette distribution sont directement extraites les probabilités de défaut qui correspondent à la densité de probabilités attachée aux valeurs négatives de la distribution situées au-dessous d'un certain seuil.

Les auteurs du modèle estiment en effet, sur la base d'une observation historique, que le défaut ne survient pas dès que la valeur des actifs franchit à la baisse le seuil de la valeur comptable de la dette, mais à un niveau un peu plus bas, appelé « le seuil de défaut » (default point). La distribution pertinente estimée par KMV est en conséquence celle de

l'écart entre la valeur des actifs et le seuil de défaut. La densité de probabilité attachée aux valeurs négatives de cet écart est la vraie mesure de la probabilité de défaut.

L'utilisation du modèle soulève deux grands types de questions :

- la première est celle de son paramétrage. Comment estimer respectivement la valeur des actifs et sa volatilité ? Comment estimer le point de défaut ?
- La seconde est celle des hypothèses sous-jacentes. La modélisation de la constatation du défaut rend-elle correctement compte de la réalité ? Le choix de la valeur comptable de la dette en tant que valeur explicative importante du défaut est en particulier discuté, la valeur de marché de la dette paraissant à certains un variable explicatif plus pertinent.

### **1-3- Le paramétrage du modèle**

#### **L'estimation de la valeur des actifs et de sa volatilité**

La valeur des actifs est une variable dominante du modèle KMV. Celui-ci fait en effet l'hypothèse que le défaut se produit lorsque cette valeur descend au-dessous de la valeur comptable de la dette, à un niveau inférieur appelé seuil de défaut.

Le défaut se produit en conséquence lorsque :  $(\text{Valeur des actifs} - \text{seuil de défaut}) < 0$  avec :  $\text{seuil de défaut} < \text{valeur comptable de la dette}$ .

La valeur des actifs est supposée égale à la valeur actuelle, calculée sur une durée de vie infinie, des flux opérationnels futurs générés par l'entreprise. N'étant pas cotée, son estimation est difficile, et le paramétrage de son processus d'évolution dans le temps ne peut reposer sur l'analyse historique. Les auteurs du modèle apportent une réponse construite sur la théorie des options. L'hypothèse principale est qu'une action peut être assimilée à un call sur la valeur des actifs d'une firme, dont le prix d'exercice est la valeur de la dette. Les actionnaires ont en effet le droit de rembourser les créanciers et de liquider les actifs de la firme, l'opération s'accompagnant d'un flux (payoff) égal à  $\text{Max}(0, \text{Valeur des actifs} - \text{valeur de la dette})$ , c'est-à-dire un payoff strictement équivalent à celui de l'achat d'un call sur la valeur des actifs, de prix d'exercice la valeur comptable de la dette. Cette équivalence repose sur le fait que les actionnaires ne sont pas obligés de verser la différence, si elle est négative, entre la valeur des actifs liquidés et la valeur de la dette. Le payoff est donc limité à la baisse à 0, et le gain en théorie illimité, tel celui d'une option :

$$S_0 \begin{cases} (V_t - D) & \text{si } V_t > D \\ 0 & \text{si } V_t < D \end{cases}$$

$D$  est le prix d'exercice du call, l'action donnant le droit d'acheter les actifs de la firme à la valeur comptable de la dette.

Le prix d'une action est donc celui d'un call de prix d'exercice  $D$ , de durée de vie infinie, et dont la valorisation dépend du niveau initial de la valeur des actifs, sous-jacent de l'option, et de la volatilité de la valeur des actifs.

L'estimation de la valeur des actifs et de sa volatilité repose sur l'établissement d'un système de 2 équations à 2 inconnues. La première équation exprime la volatilité du cours de l'action, observée sur les marchés pour les entreprises cotées, par une fonction de la volatilité de la valeur des actifs et de la valeur des actifs elle-même. La deuxième équation exprime le cours de l'action par la formule théorique d'un call sur la valeur des actifs, qui dépend de cette variable et de sa volatilité.

On a donc:

$$- \sigma_s = f_1(\sigma_v, V) \quad (1)$$

$$- S = f_2(\sigma_v, V) \quad (2)$$

Soit un système de deux équations à deux inconnues, qui admet un couple unique de solutions,  $\sigma_v$  et  $V$ , variables que l'on cherche à estimer.

### Estimation du seuil de défaut

L'hypothèse centrale du modèle est que la firme fait défaut lorsque la valeur des actifs descend au-dessous de la valeur comptable de sa dette. Le seuil de défaut, inférieur au niveau de la dette, est un paramètre du modèle. Le choix de la valeur nominale de la dette peut paraître surprenant, dans la mesure où le défaut résulte plutôt d'un écart entre la valeur des actifs et le service de la dette. Les auteurs du modèle légitiment leur choix par une étude historique des défauts, qui montre que la variable choisie (valeur des actifs – valeur nominale de la dette) est un bon prédicateur du défaut. Celui-ci ne se produit d'ailleurs pas au moment où la valeur des actifs « casse » la valeur nominale de la dette, mais à un niveau inférieur.

La discussion sur la pertinence relative du service de la dette vis-à-vis de la valeur comptable trouve son issue dans l'hypothèse d'un endettement revolving de la firme par achat de zéro-coupons de maturité équivalente ou pas à la date de constatation de l'éventuel

défaut. A chaque date de constatation, la valeur nominale de la dette est sous cette hypothèse égale au flux de paiement. Une hypothèse alternative paraît intéressante, qui consiste à prévoir la faillite à partir de l'écart entre la valeur des actifs et la valeur du marché de la dette. Cet écart représente la valeur théorique de la firme, dont le passage au-dessous de zéro peut signifier un état de défaut prochain.

La variable explicative du défaut ne reflète évidemment pas une situation de trésorerie, mais un indicateur plus large de l'état de santé de l'entreprise. De manière concrète, l'origine de la faillite de nombreuses entreprises est l'impossibilité de faire face au service de la dette dans un contexte de baisse des taux et d'endettement à taux fixe. Un tel scénario se traduit par une dégradation du *mark to market* de la dette, non nécessairement compensée par une appréciation de la valeur des actifs.

### **Mesure de la probabilité de défaut**

La valeur théorique de la firme est égale à la valeur des actifs diminuée de la valeur de marché de la dette.

Le calcul de la probabilité de défaut est issu de la distribution des « distances au défaut », elle-même déterminée par le processus suivi par la valeur des actifs. La volatilité de la valeur des actifs dépend de cinq facteurs : la valeur des actions, la volatilité de la valeur des actions, la valeur de marché de la dette, la volatilité de la valeur de marché de la dette et la covariance entre la valeur de la dette et la valeur des actions.

Sous l'hypothèse que la valeur des actifs suit un processus log-normal, la distribution des « distances au défaut » est elle-même log-normale.

Le processus d'évolution de la valeur des actifs conduit donc à exprimer la valeur  $V_T$ , valeur des actifs à l'échéance et permet d'établir la distribution de la valeur des actifs à une échéance  $T$  et pour un seuil de défaut fixé et constant. La probabilité de défaut, autrement dit la probabilité que la valeur des actifs  $V_T$  soit inférieure au seuil de défaut  $D$  à une échéance  $T$  s'exprime sous la forme :

$$P = [\ln (D / V_T) + (0,5 * \sigma^2 * T)] / \sigma$$

Ainsi, dans ce modèle, la probabilité de défaut est une fonction croissante de la volatilité des actifs et de l'horizon du risque.

## 2- Creditmetrix – le modèle de JP Morgan

### 2-1- Principe du modèle

Credit-Metrics modélise l'évolution du spread de chaque émetteur en supposant que celui-ci dépend du niveau de rating de cet émetteur. Deux émissions de même rating, mais d'émetteurs différents seront donc supposées avoir le même spread.

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

1. On attribue une notation à chaque émetteur (ou émission) en fonction de sa solvabilité présumée. Cette notation peut être par exemple celle publiée par les agences spécialisées (standard&Poors, Moody's...) ou une notation interne ;
2. On détermine une matrice de transition de rating. Cette matrice consiste à donner pour un émetteur auquel on a attribué un rating actuel, les différents ratings potentiels de cet émetteur à un horizon de temps donné, ainsi que les probabilités associées de se trouver dans cet état. Nous trouvons ci-dessous l'exemple d'une telle matrice. Cette matrice peut être obtenue à partir des matrices historiques fournies par les agences de notation, ou peut être établie par estimation statistique ;
3. À chaque type de rating, on attribue une courbe des taux prenant en compte le risque spécifique de cette catégorie de rating par rapport à un émetteur sans risque de crédit. Cette courbe des taux peut être déterminée à partir d'un panel d'émissions ayant ce rating ;
4. À chaque émetteur (ou émission), on attribue un taux de recouvrement en cas de faillite. Ce taux de recouvrement est celui que donnera le liquidateur aux créanciers de la société en cas de faillite. Afin de prendre en compte le caractère spécifique de chaque émission et en particulier les garanties associées, il peut être plus judicieux d'attribuer un taux de recouvrement par émission plutôt que par émetteur.

La méthode permet également de se baser sur l'espérance et la volatilité du taux de recouvrement correspondant au rating et à la séniorité de la dette.

### 2-2- Paramétrage du modèle

#### ➤ *Matrices de transition*

Les agences de notation publient régulièrement des informations relatives à l'évolution de la notation des émetteurs dans le temps. Ces informations sont regroupées dans des tableaux qui indiquent, soit directement le taux de défaut historique des émetteurs



selon leur notation et sur un horizon donné, soit les changements de notation au cours du temps. Les tableaux décrivant l'évolution dans le temps de la notation d'un panel d'émetteurs sont appelés « matrices de transition » et constituent un outil privilégié d'estimation des probabilités conditionnelles de défaut.

La matrice annuelle de transition décrit le changement de notation, sur un horizon d'un an, d'un panel d'émetteurs.

Soit la matrice annuelle de transition suivante :

Rating	AAA	AA	A	BBB	BB	B	CCC	default
AAA	90,81 %	8,33 %	0,68 %	0,06 %	0,12 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %
AA	0,70 %	90,65 %	7,79 %	0,64 %	0,06 %	0,14 %	0,02 %	0,00 %
A	0,09 %	2,27 %	91,05 %	5,52 %	0,74 %	0,26 %	0,01 %	0,06 %
BBB	0,02 %	0,33 %	5,95 %	86,93 %	5,30 %	1,17 %	0,12 %	0,18 %
BB	0,02 %	0,14 %	0,67 %	7,73 %	80,53 %	8,84 %	1,00 %	1,06 %
B	0,00 %	0,11 %	0,24 %	0,43 %	6,48 %	83,46 %	4,08 %	5,20 %
CCC	0,22 %	0,00 %	0,22 %	1,30 %	2,38 %	5,00 %	64,85 %	19,79 %
default	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	100 %

Tableau 10 : Matrice annuelle de transition

Cette table s'analyse comme suit, en lisant par exemple la ligne BBB du tableau ci-dessus :

Notation initiale	Notation potentielle dans un an	Probabilité
BBB	AAA	0,02 %
	AA	0,33%
	A	5,95 %
	BBB	86,93 %
	BB	5,30 %
	B	1,17 %
	CCC	0,12 %
	D	0,18 %
	100,00 %	

La probabilité pour notre actif de notation initiale BBB de rester BBB après une période d'un an est de 86,93 %, celle de devenir B est de 1,17%, celle de faire défaut est de 0,18%.

*Remarque* : supposons que le nombre de transitions au cours de l'horizon temporel est au maximum de 1 transition (pas de transition multiple)

➤ **Probabilités conditionnelles de défaut**

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

### **3- CreditRisk +**

Creditrisk + permet de modéliser la perte d'une valeur d'un portefeuille obligataire consécutive aux défaillances des entreprises qui le composent. L'approche repose sur une modélisation multifonctionnelle de la probabilité de défaut, la corrélation entre les états de défaut étant expliquée par la dépendance de la situation financière des firmes à des variables communes. Une des particularités de ce modèle est son absence d'explications ou d'hypothèses sur les causes des défaillances des emprunteurs.

La procédure CreditRisk + comprend trois étapes :

- 1/ L'estimation de la fréquence de défaut de chaque emprunteur ;
- 2/ L'appréciation de l'ampleur de la perte en cas de défaut ;
- 3/ L'évaluation de la distribution des prêts pour l'ensemble du portefeuille.

### **4- CreditPortfolioView de McKingsey**

CreditPortfolioView est un modèle développé par Wilson<sup>25</sup> (1987, 1997) et commercialisé par McKinsey. C'est un modèle multifactoriel utilisé pour simuler la distribution des pertes. Pour chaque cotation, et en tenant compte de l'industrie et du pays, les probabilités de migration sont conditionnées par des facteurs macro-économiques tels que le PIB le niveau des taux d'intérêt à long terme, les dépenses gouvernementales, le taux d'épargne, etc.

---

<sup>25</sup> Wilson T. C. 1987. « Portfolio Credit Risk I » Risk 10 (9) septembre.

Wilson T. C. 1997. « Portfolio Credit Risk II » Risk 10 (10) octobre.

CreditPortfolioView part de la constatation que les probabilités de défaut ainsi que les autres cas de migration sont intimement liés à la situation économique. Les cycles de crédit sont donc corrélés avec les cycles économiques. Ce modèle tente donc de formaliser ce lien.

La probabilité de défaut prend la forme suivante :

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

Avec :

$P_{j,t}$  : la probabilité conditionnelle de défaut du pays ou de l'industrie  $j$  à la période  $t$ .

$J$  : Pays/industrie.

$Y_{j,t}$  : La valeur de l'index du pays ou de l'industrie  $j$  calculée à partir du modèle multifactoriel à la période  $t$ .

L'index macro-économique qui traduit la situation économique pour chaque pays prend la forme suivante :

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

Avec :

- $\gamma_{j,t}$  : La valeur de l'index à la période  $t$  pour le  $j^{\text{ème}}$  pays/industrie/cotation;
- $\beta_j = (\beta_{j,0}, \beta_{j,1}, \beta_{j,2}, \dots, \beta_{j,m})$  sont les coefficients à estimer pour le  $j^{\text{ème}}$  pays/industrie/cotation.
- $X_{j,t} = (X_{j,1,t}, X_{j,2,t}, \dots, X_{j,m,t})$  la valeur des facteurs macro-économique, à la date  $t$ , pour le  $j^{\text{ème}}$  pays/industrie,
- $v_{j,t}$  : le terme d'erreur, supposé être indépendant de  $X_{j,t}$ .

Les variables macro-économiques sont spécifiées pour chaque pays. Lorsque les informations sont disponibles, ces variables sont associées à chaque couple pays/industrie. Les probabilités  $P_{j,t}$ , de même que l'index  $\gamma_{j,t}$  et le coefficient  $\beta_j$  sont définies au niveau pays/industrie.

Les variables macro-économiques suivent un modèle (uni-varié) autorégressif d'ordre 2 :

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

où :  $X_{j,i,t-1}$ ,  $X_{j,i,t-2}$  sont les valeurs que prennent les variables macro-économiques;

$\gamma_j$  sont les coefficients à estimer;

$e_{j,i,t}$  est le terme d'erreur.

Il s'agit de résoudre le système suivant :

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

$$Y_{j,t} = \beta_{j0} + \beta_{j,1} X_{j,1,t} + \beta_{j,2} X_{j,2,t} + \beta_{j,m} X_{j,m,t} + v_{j,t}$$

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

Une fois ce système résolu, le point de départ devient l'une des matrices de transition des agences de rating (Moody's ou Standard & Poor's). Les probabilités de transition de ces agences sont inconditionnelles puisqu'elles se basent sur des données historiques.

Selon qu'il s'agit d'une période de récession ou d'expansion, les probabilités calculées par le modèle ( $SDP_t$ ) seront supérieures ou inférieures à celles fournies par les agences de rating ( $\phi SDP_t$ ).

$\frac{SDP_t}{\phi SDP} > 1 \text{ si récession}$ $\frac{SDP_t}{\phi SDP} < 1 \text{ si expansion}$
--

CreditPortfolioView propose d'utiliser ces ratios pour corriger les probabilités historiques (inconditionnelles) et produire donc des matrices de transition qui tiennent compte de la situation économique (conditionnelles).

KMV et CreditPortfolioView partent donc du même principe : les probabilités de migration sont intimement liées à la situation économique. KMV a choisi d'adopter une approche micro-économique qui relie les probabilités de défaut à la valeur marchande des actifs de l'emprunteur. Quant à CreditPortfolioView, il établit un lien entre les facteurs macro-économiques et les probabilités de migration (y compris le défaut).

La mise en place de CreditPortfolioView nécessite la disponibilité de l'information économique aussi bien par pays que par industrie.

## Conclusion

Il existe ainsi une multitude de techniques de creditscoring. Elles peuvent être paramétriques ou non. Elles jouent un rôle important dans les banques. En effet, grâce à elles, la banque est capable d'automatiser la décision d'octroi de crédits, d'où un gain en terme de temps dans le traitement du dossier et une standardisation des procédures.

D'après Koutanaei (2015), les méthodes de notation des crédits présentent des avantages tels que :

- une baisse des coûts de l'analyse du dossier de crédit ;
- un processus décisionnel efficace et rapide lors de l'octroi de crédit ;
- une meilleure probabilité de recouvrement ;
- un niveau de risque faible.

De plus, grâce à ces méthodes, la banque pourrait calculer les provisions sur la base du niveau réel de risque et non pas de manière forfaitaire. En outre, selon Guizani (2014), ces méthodes permettent à la banque de calculer différents scores nécessaires pour contrôler le risque de crédit, à l'instar du :

- score d'octroi : ce score est accordé aux nouveaux dossiers de crédit ;
- score comportemental : ce score permet d'estimer la probabilité de défaut tout au long de la période de crédit ;
- score de recouvrement : ce score permet d'estimer le montant à récupérer ;
- score d'attrition : ce score estime la probabilité qu'un client change de banque.

Par la suite, nous nous contenterons d'étudier le score comportemental.

## CHAPITRE III : L'ÉLABORATION DU MODÈLE DE NOTATION INTERNE

---

### **Introduction**

La mise en place d'un système de notation interne s'avère de nos jours très important au sein du système bancaire tunisien, afin de pouvoir gérer le risque de crédit de la manière la plus efficiente, et par conséquent de se conformer à la réglementation prudentielle internationale (accords de Bâle) et à la réglementation nationale (circulaire 2016-06 de la BCT).

La mise en place d'un tel système implique l'analyse de la situation financière des entreprises emprunteuses. Cette analyse nécessite le recours à des ratios comptables et à des variables qualitatives sur lesquels se base une analyse financière approfondie.

L'objectif de notre étude est de développer un modèle de prévision de la défaillance des entreprises proche de la réalité. Pour ce faire, nous allons développer trois modèles et nous les confronterons pour retenir le modèle le plus performant, qui nous servira pour établir un système de notation interne.

La mise en place des modèles est précédée par le choix des variables de l'étude.

## SECTION 1 : PRÉSENTATION DE LA BH ET DES PME EN TUNISIE

La Banque de l'Habitat est une société anonyme créée en mai 1989 par la transformation de la CNEL en banque commerciale. Son activité est régie par la loi du 10 juillet 2001 relative aux établissements de crédit.

Son capital a connu en 2015 une augmentation de 80 MD dont 50 MD en numéraire et 30 MD par incorporation des réserves. Il est ainsi passé de 90 MD à 170MD. 55.63% du capital est détenu par l'État tunisien et des entreprises publiques (ETAP, CNAM, office de commerce, CNSS, SNIT et AFH).

### 1 - Activité et performance de la banque de l'habitat<sup>26</sup>

#### 1-1- Le produit net bancaire

Le PNB de la banque s'est élevé à 266.5 MD enregistrant une croissance de 8.4% par rapport à 2014, contre un accroissement sectoriel moyen de 6.3%. Cela a fait en sorte que la part de marché de la BH dans le secteur s'est améliorée, lui permettant de se placer en 5<sup>ème</sup> rang contre 6<sup>ème</sup> en 2014.

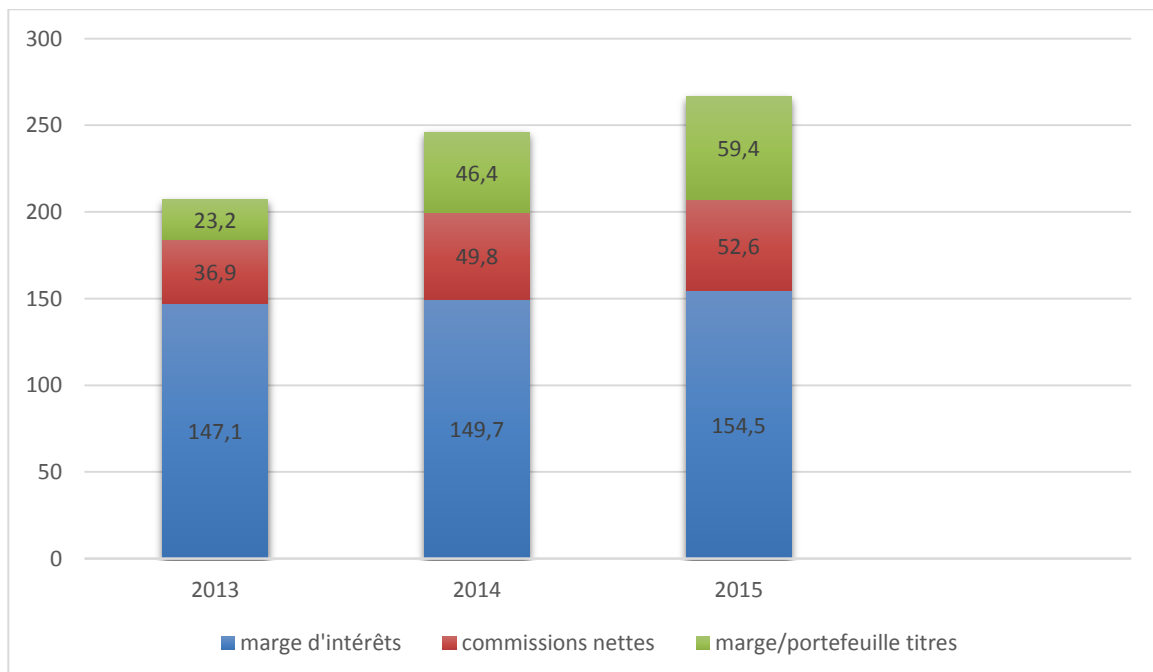


Figure 10 : Évolution du PNB de la BH (en MD)

<sup>26</sup> Source : rapport annuel de 2015 de la BH

Comme le montre le graphique ci-dessus, la marge d'intérêts constitue la composante principale du PNB. Le rythme de croissance de cette dernière s'est accéléré par rapport à 2014, passant de 1.8% à 3%.

### 1-2- Le résultat net de l'exercice

Le résultat net a connu une progression de 40% en 2015 par rapport à l'année 2014 clôturant l'exercice 2015 à 70.6MD.

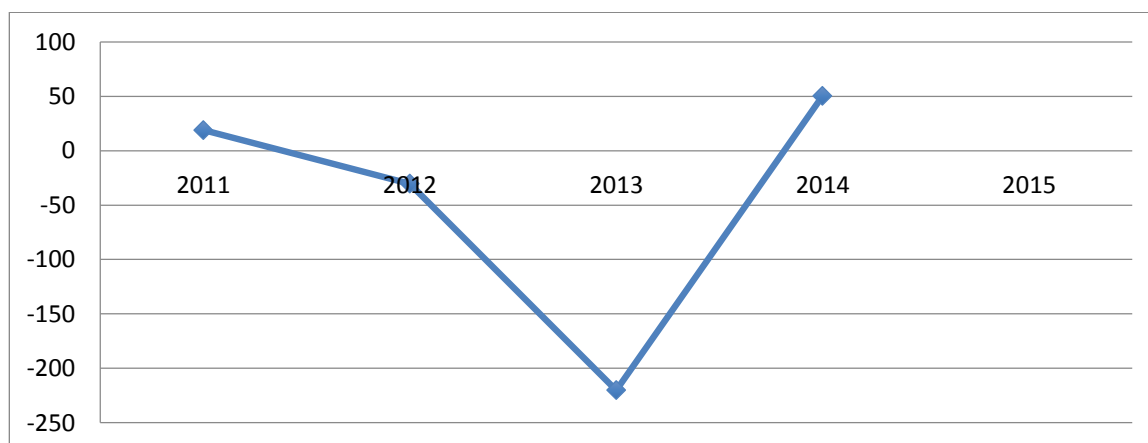


Figure 11 : Évolution du résultat net de la BH (en %)

### 1-3- Quelques ratios

Le tableau ci-dessous présente des ratios de la BH :

	2013	2014	2015
Ratio de structure (crédits/dépôts)	102.6%	102.9%	113.7%
ROE (B <sup>ce</sup> net/capitaux propres)	-70.4%	18.1%	15.4%
ROA (B <sup>ce</sup> net/total actif)	-3.0%	-0.8%	1.0%
Ratio de liquidité	101.0%	124.2%	84.3%

Tableau 11 : Quelques ratios de la BH

Le ratio de structure est en augmentation en 2014 comme en 2015. Cela signifie que la BH accorde plus de crédits qu'elle ne collecte de dépôts. Le surplus de crédits est alors financé par d'autres ressources qui coûtent plus cher que les dépôts.



Le ROE a connu une diminution par rapport 2014 malgré l'augmentation du bénéfice net de 2015. Ce déclin s'explique par le renforcement des capitaux propres effectué par la banque dans le cadre de plan de restructuration de 2014 imposé par le FMI.

Le ROA donne des informations sur l'utilisation que fait une entreprise de ses actifs nets pour générer de la rentabilité. Il a connu une amélioration en 2015, pour passer de -0.8% en 2014 à 1% en 2015.

Le ratio de liquidité a connu une baisse significative en 2015 pour passer au-dessous de la limite de 100%, ce qui laisse entendre que la BH connaît des problèmes de liquidité.

- **Ratio de couverture des risques**

	2013	2014
<b>Capitaux propres</b>	<b>277</b>	<b>458.1</b>
Actif net pondéré	6474.2	5796
Total capitaux propres nets de base	246.4	437.7
<b>Ratio de couverture des risques (Tier 1)</b>	<b>3.81%</b>	<b>7.55%</b>
Fonds propres complémentaires	57.8	159.3
Total fonds propres nets	304.1	597.0
<b>Ratio global de couverture des risques</b>	<b>4.7%</b>	<b>10.3%</b>

*Tableau 12 : Décomposition du ratio de couverture des risques*

Le ratio de couverture des risques, appelé aussi ratio Mc Donough, d'après l'accord de Bâle II doit être supérieur ou égal à 8%. En 2013, ce ratio était nettement inférieur à 8%. Cependant, en 2014, il a plus que doublé et a dépassé la limite de 8%.

- **Ratios de contrôle des risques**

Norme 1 : a – « Les risques individuels dépassant 5% des fonds propres nets ne doivent pas excéder globalement 3 fois les fonds propres nets de la banque. » ➡ **1.2 FPN**

Norme 1 : b – « les risques individuels dépassant 15% des fonds propres nets ne doivent pas excéder globalement 1.5 fois les fonds propres nets de la banque. » ➡ **0 client**

Norme 2 : « Le risque encouru sur un même bénéficiaire ne doit pas excéder 25% des fonds propres nets de la banque. » ➡ **0 client**

Norme 3 : « Le risque global encouru sur les parties liées ne doit pas dépasser 1 fois les fonds propres nets de la banque. » ➡ **0.7 FPN**

- **Ratios de qualité des risques**

	2013	2014	2015
NPL	21.6%	19.0%	17.5%
Taux de couverture des créances classées	65.29%	70.40%	73.00%

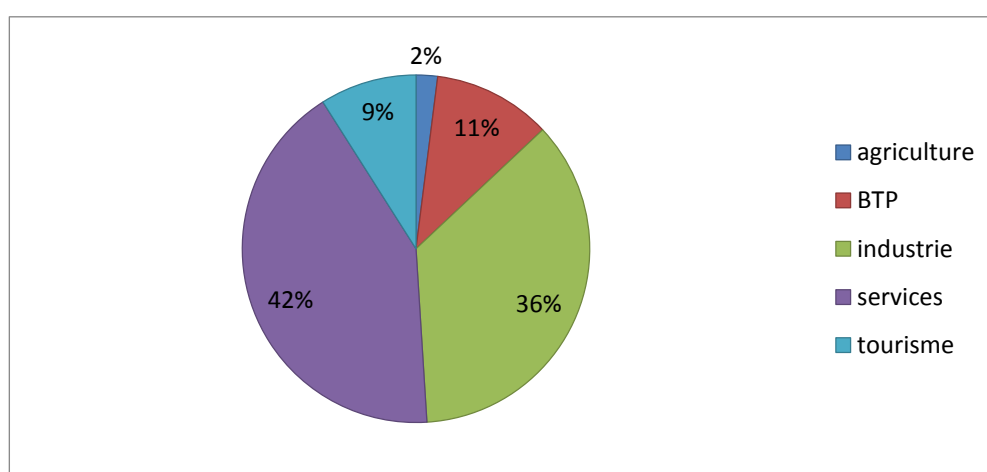
*Tableau 13 : Les ratios de qualité des risques*

Le taux de créances classées n'a cessé de diminuer depuis 2013, ce qui traduit une meilleure maîtrise des actifs classés. De même, le taux de couverture des créances classées est en augmentation

### 1-3- Les crédits commerciaux<sup>27</sup>

Boostés par une accélération de la production ayant atteint 439.3 MD en 2015 contre 379.8MD en 2014, l'encours des crédits commerciaux a aussi connu une progression de plus de 20% s'élevant à 1928.1 MD en 2015.

La répartition des crédits commerciaux par secteurs d'activités se présente comme suit :



*Figure 12 : Répartition des crédits commerciaux*

La répartition fait ressortir les deux constats suivants :

- L'industrie et les services ont bénéficié des concours de la banque les plus importants.
- Le secteur du tourisme ne représente que 9% du total des crédits commerciaux.

<sup>27</sup> Source : rapport annuel de 2015 de la BH

## 2- Les PME en Tunisie

Il n'existe pas de définition harmonisée à travers les différentes institutions. Toutefois, on peut retenir les définitions suivantes :

Selon le Conseil du Marché Financier<sup>28</sup>, « sont [...] considérées comme petites et moyennes entreprises (PME), conformément aux recommandations du Conseil Interministériel du lundi 13 mars 2006, les entreprises dont les critères d'actifs immobilisés nets et d'effectif n'atteignent pas les seuils suivants:

- quatre millions de dinars en ce qui concerne le montant d'actifs immobilisés nets;
- et 300 personnes en ce qui concerne l'effectif total ».

Selon le code d'investissement, est considérée PME toute entreprise dont l'investissement ne dépasse pas les cinq millions de dinars, fonds de roulement inclus.

L'INS (Institut National de la Statistique) qualifie une entreprise de PME selon le nombre d'employés. Ainsi une entreprise employant jusqu'à 6 salariés est une micro-entreprise. Entre 6 et 49 salariés, il s'agit de petites entreprises. Et de 50 à 199 salariés, on parle de moyennes entreprises.

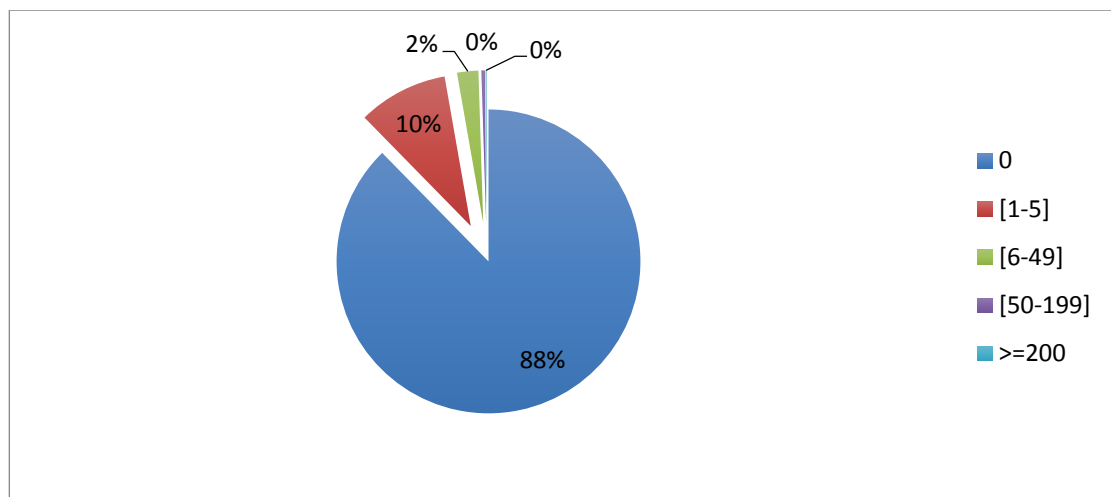


Figure 13 : Répartition des entreprises privée en Tunisie par taille<sup>29</sup>

Le diagramme ci-dessus permet de constater que les entreprises privées sont principalement des entreprises individuelles n'employant pas de salariés (88%), ce qui

<sup>28</sup>Bulletin du CMF 2588 du Mercredi 03 Mai 2006

<sup>29</sup> Source : [www.ins.tn](http://www.ins.tn)

encourage le chômage. De même, le diagramme met en relief l'importance de la proportion des PME en Tunisie.

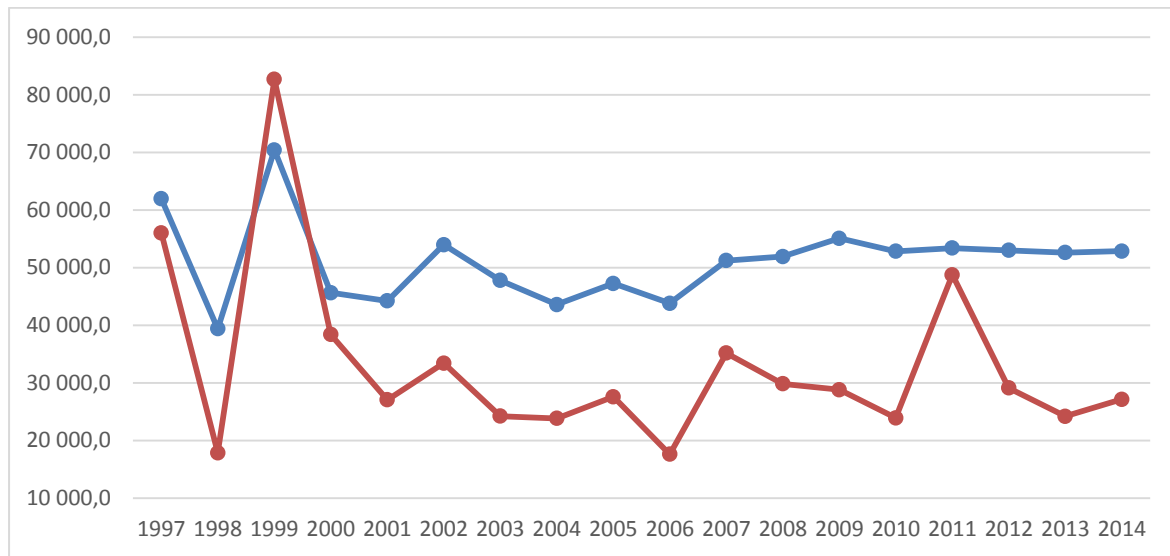


Figure 14 : Évolution des entrées et des sorties d'entreprises en Tunisie de 1997 à 2014<sup>30</sup>

Sur la période allant de 2010 à 2014, le nombre d'entreprises créées a connu son apogée en 2011, pour ensuite décroître jusqu'en 2013. Puis, en 2014, le nombre d'entreprises créées a connu une augmentation. Sur la même période, les sorties d'entreprises ont connu une évolution similaire mais avec des variations plus marquées.

Toutefois, malgré les fluctuations le rythme de création et disparition d'entreprises demeure invariable depuis l'année 2000.

D'après une enquête effectuée par CONNECT (confederation Of Tunisian Citizen Entreprises), l'insécurité et la corruption constituent les contraintes les plus sévères au développement de l'entreprise.

De plus, d'après la même enquête ainsi que selon une étude effectuée par l'OCDE (organisation de Coopération et de Développement Économique)<sup>31</sup> les PME en Tunisie rencontre un problème de financement. En effet, les garanties demandées par les banques sont jugées excessives et l'insuffisance des garanties constitue un frein d'accès au financement pour 68.8%<sup>32</sup> des PME. C'est ainsi que l'OCDE à proposer parmi les actions qu'il juge prioritaire de « soutenir la coordination entre les différentes institutions et les fonds apportant un soutien au secteur des PME ».

<sup>30</sup> Idem

<sup>31</sup> Politiques en faveur des PME Afrique du Nord et Moyen-Orient, 2014

<sup>32</sup> L'accès au financement des PME en Tunisie, CONNECT, 2015

## **SECTION 2 : PRESENTATION DE L'ÉCHANTILLON ET DES VARIABLES**

Cette section est destinée à la présentation de l'échantillon sur lequel porte notre étude ainsi que des variables introduites dans le modèle.

### **1- L'échantillonnage**

L'échantillonnage a été effectué sur des PME clientes de la BH et opérant dans différents secteurs d'activité (industriel, commercial, touristique...). La base de données a été extraite des dossiers de crédits présentés à la sous-direction « Crédits aux PME » et avant l'obtention de la décision de crédit. Ainsi, les dossiers acceptés comme les dossiers rejetés ont été pris en considération.

Les échantillons utilisés pour la construction du modèle sont de deux types : un échantillon de construction et un échantillon de validation.

#### **1-1- L'échantillon de construction**

L'échantillon de construction est composé de 113 entreprises dont 57 sont saines et 56 défailtantes, soit 80% de l'ensemble de l'échantillon.

Le critère de défaillance a été pris en compte en se référant à la définition bâloise, selon laquelle une entreprise est défailtante à partir de 90 jours d'impayé, délai à partir duquel l'impayé influence les écritures comptables. Ainsi, une entreprise est considérée défailtante si elle appartient au moins à la classe 2.

L'étude porte sur une durée d'une année allant du 01/01/2014 au 31/12/2014. Les entreprises étudiées ont bénéficié d'au moins un crédit sur la période allant de 2010 à 2014.

Le choix de ces entreprises a été fait de manière aléatoire.

#### **1-2- Les échantillons de validation**

- **Out-of-sample**

Cet échantillon de validation est constitué de 28 entreprises sur l'année 2014. Il servira à s'assurer de la performance du modèle construit en testant sa stabilité dans l'espace.

Le premier échantillon de validation est réparti en 15 entreprises saines et 13 entreprises défaillantes.

- **Out-of-time**

Cet échantillon de validation est constitué des mêmes entreprises considérées dans l'échantillon de construction, mais sur l'année 2015. L'effectif de cet échantillon s'élève à 113 entreprises. Il servira à s'assurer de la performance du modèle construit en testant sa stabilité dans le temps.

Le deuxième échantillon de validation est réparti en 58 entreprises saines et 55 entreprises défaillantes. En effet, 4 entreprises saines en 2014 sont devenues défaillantes en 2015, et 5 entreprises défaillantes en 2014 sont devenues saines en 2015.

Le tableau ci-dessous résume la répartition des entreprises saines et défaillantes dans l'échantillon de construction et dans les échantillons de validation.

<i>Catégorie d'entreprises</i>	<i>Échantillon de construction</i>		<i>Échantillon de validation 1</i>		<i>Échantillon de validation 2</i>	
	<i>Nombre</i>	<i>%</i>	<i>Nombre</i>	<i>%</i>	<i>Nombre</i>	<i>%</i>
Saines	57	50.44	15	53.57	58	51.33
Défaillantes	56	49.56	13	46.43	55	48.67
Total	113	100	28	100	113	100

*Tableau 14 : Répartition des échantillons de construction et de validation*

## **2- Les variables du modèle**

### **2-1- La variable dépendante**

La variable dépendante, notée  $Y$ , est une variable binaire qui prend la valeur de 0 pour les entreprises saines et 1 pour les entreprises défaillantes. Cette variable a été déterminée d'après la classe de risque de l'entreprise fournie par la Centrale Risque de la banque.

$$Y = \begin{cases} 0 & \text{si l'entreprise appartient à la classe 0 ou 1} \\ 1 & \text{si l'entreprise à la classe 2, 3 ou 4} \end{cases}$$

## 2-2- Les variables explicatives

Notre étude se base sur des variables quantitatives et qualitatives.

### 2-2-1- Les variables quantitatives

Les variables quantitatives se composent de ratios financiers ainsi que de trois autres variables quantitatives discrètes et d'une variable quantitative continue.

- **Les ratios financiers**

L'étude a été effectuée avec 19 ratios financiers parmi les plus fondamentaux. Il s'agit des ratios suivant :

	<b>Signification</b>	<b>Mesure</b>	<b>Signe escompté</b>
R1	Indicateur de taille	$\ln(\text{actif})$	
R2	Structure financière 1	DLMT/capitaux propres	(-)
R3	Structure financière 2	DLMT/capitaux permanents	(-)
R4	Autonomie financière	Capitaux propres/dette	(+)
R5	Autonomie financière CT	Capitaux propres/DCT	(+)
R6	Poids des charges fin.	Charges fin./CA	(-)
R7	Structure d'endettement à CT	DCT/total passif	(-)
R8	Structure d'endettement à LT	DLMT/total passif	(+)
R9	ROE	RN/capitaux propres	(+)
R10	ROA	RN/actif	(+)
R11	Marge nette	RN/CA	(+)
R12	Profitabilité	BaII/total actif	(+)
R13	Solvabilité 1	Capitaux propres/passif	(+)
R14	Solvabilité 2	Frais financiers/EBE	(-)
R15	Liquidité 1	FR/actif	(+)
R16	Liquidité 2	Actif CT/passif CT	(+)
R17	Liquidité 3	Actif CT/total actif	(+)
R18	Rotation de l'actif	CA/total actif	(+)
R19	Rotation des immobilisations	CA/immobilisations nettes	(+)

Tableau 15 : Liste des ratios financiers

La taille de l'entreprise (R1) représente un dilemme. En effet, si l'on peut penser que plus la taille de la firme est importante, plus elle est puissante et, par conséquent plus elle est solvable, on peut aussi penser que plus la taille est modérée, plus la firme est gérable et, par conséquent, plus elle est solvable. Krichène et al (2010) ont utilisé la taille de la firme pour discriminer entre les firmes saines et défailtantes. Ils ont conclu que la taille permet d'accroître la probabilité de non défailtance.

Quant aux ratios de structure financière (R2 et R3), ils représentent la part des dettes à moyen et long termes par rapport aux capitaux propres et permanents. Plus ces ratios sont faibles, plus la situation de l'entreprise est confortable. Dans le cadre de leur étude portant sur la faillite des entreprises tunisiennes, Matoussi et al (2010) ont conclu que les ratios de structure financière impactent de manière positive la probabilité de faillite.

Rangau et al (2010) ont expliqué le défaut des PME par une batterie de 20 ratios financiers. Parmi ces ratios, ils ont utilisé les ratios d'endettement (R6, R7 et R8) et ils ont conclu que leur effet sur la solvabilité de la firme est néfaste. En effet, une entreprise trop endettée a moins de chance d'honorer ses engagements car le poids des charges financières est important par rapport aux revenus. Cependant, meilleure est l'autonomie financière (R4 et R), meilleure sera la situation financière.

Altman et al (2007) et Wijekoon (2016) ont utilisé des ratios de rentabilité dans leur étude (R9, R10, R11 et R12). Ils ont conclu que l'effet de ces ratios sur la probabilité de survie d'une firme est positif.

Altman et al (2007) ont mené une analyse de la défailtance des entreprises chinoises, dans laquelle ils ont utilisé des ratios de liquidité (R15, 16 et 17). Ils ont conclu que l'impact des ratios de liquidité sur la survie des entreprises est positif. De même, Mraïhi (2015) et Ben Amora et al (2014) ont conclu des analyses menées sur des entreprises respectivement tunisiennes et québécoises, que la probabilité de survie augmente avec les ratios de liquidité. En effet, ces ratios doivent être suffisamment importants afin que l'entreprise puisse honorer ses engagements à court terme. Plus les ratios de liquidité sont importants, plus l'entreprise est solvable (R13 et R14), et, par conséquent, moins sa probabilité de défaut est élevé.

Lakhsan (2014) et Krichène et al (2010) ont utilisé les ratios de rotation pour expliquer la défailtance des firmes, respectivement, sri lankaises et tunisiennes. Ils ont conclu que l'effet de ces ratios sur la pérennité des entreprises est positif. En effet, les ratios



de rotation de l'actif ou des immobilisations traduisent l'efficacité des actifs ou immobilisations à générer des produits.

- **Les autres variables quantitatives discrètes**<sup>33</sup>

Notre étude prend en considération trois variables quantitatives discrètes autres que les ratios présentés ci-dessus.

La première variable (V1) est le nombre de partenaires financiers y compris la BH. Cette variable ne s'arrête pas aux banques mais prend aussi en considération les établissements de leasing, qui constituent des concurrents indirects pour les banques.

La deuxième variable (V2) est la période pendant laquelle l'entreprise est en relation avec la banque, mesurée en année. Cette variable reflète la relation avec la banque.

La dernière variable (V3) est relative à la société. Il s'agit du nombre d'année depuis la création de la société.

- **La variable quantitative continue**

Cette variable (V4) représente l'évolution du chiffre d'affaires. Vu le nombre élevé des valeurs, il est préférable d'exprimer l'évolution du chiffre d'affaires en classes de largeur égale. Ainsi, nous sommes en présence de cinq classes numérotées de 1 à 4 par ordre croissant :

Valeurs prises par la variable	intervalles
1	< 0%
2	0% - 50%
3	50% - 100%
4	>100%

*Tableau 16 : Présentation de la variable évolution du CA*

<sup>33</sup> L'évaluation du risque de crédit des entreprises, Joanna N.S. Mekanny et Chantal Yienezoun, (2013)

Variable	Signe attendu
V1	?
V2	+
V3	+
V4	+

Tableau 17 : Signes attendus des variables quantitatives autres que les ratios

### 2-2-2-2- Les variables qualitatives

Elles sont au nombre de 13 et se présentent comme suit :

Variables	Significations	Valeurs prises	Signes attendus
Q1	Appartenance à un groupe	0 : non 1 : oui	+
Q2	Taille des clients principaux	0 : petite 1 : moyenne 2 : importante 3 : très importante	+
Q3	Concentration du portefeuille clients	0 : faible 1 : moyenne 2 : élevée 3 : très élevée	+
Q4	Type de marché	0 : cyclique 1 : continu	+
Q5	Nature des garanties	0 : hypothèque 1 : autres 2 : les deux	
Q6	Avantage concurrentiel	0 : absent 1 : présent	+
Q7	Barrières à l'entrée	0 : faibles 1 : moyennes 2 : importantes 3 : très importantes	+
Q8	Niveau de diversification du produit	0 : faible 1 : moyen	+

		2 : important 3 : très important	
Q9	Risque de rupture technologique	0 : non 1 : oui	
Q10	Stabilité et visibilité sur les cash-flows futurs	0 : non 1 : oui	+
Q11	Cessibilité des actifs	0 : facile 1 : modérée 2 : difficile 3 : très difficile	
Q12	Nature du marché géographique	0 : régional 1 : national 2 : international	+
Q13	Forme juridique	1 : entreprise individuelle 2 : SUARL 3 : SARL 4 : SA	+

Tableau 18 : Présentation des variables qualitatives

### 2-3- L'analyse de la corrélation entre les variables

La régression est sensible au problème de multicolinéarité. Les variables ne doivent donc pas être trop corrélées entre elles.

Le traitement de la corrélation entre les variables quantitatives et qualitatives ne se fait pas de la même manière.

#### 2-3-1- Les variables quantitatives

Le coefficient de corrélation linéaire simple, dit de Bravais-Pearson (ou de Pearson), est une normalisation de la covariance par le produit des écarts-type des variables :

$$\rho_{X,Y} = \frac{cov(X,Y)}{\sigma_X \sigma_Y}$$

Avec :

- $\text{cov}(X, Y)$  : la covariance entre les deux variables X et Y ;
- $\sigma_X \sigma_Y$  : le produit des écart-types des variables X et Y.

Le tableau ci-dessous permet de constater les fortes corrélations entre les variables quantitatives.

Corrélations																							
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	V1	V2	V3	V4
R1	1																						
R2	,09	1																					
R3	-,05	,09	1																				
R4	-,14	-,04	-,00	1																			
R5	-,08	-,04	,01	0,65	1																		
R6	,07	-,01	,06	-,17	-,15	1																	
R7	-,08	-,08	-,15	-,17	-,26	-,05	1																
R8	,05	,22	,02	-,12	-,04	,13	-,10	1															
R9	-,18	-,26	-,01	-,04	-,05	,03	,14	-,09	1														
R10	-,04	-,02	,03	0,23	,18	-,25	,09	-,15	-,00	1													
R11	-,03	-,00	-,01	0,19	,17	-,29	,11	-,21	,17	0,63	1												
R12	-,09	-,05	,04	0,19	,16	-,21	,05	-,08	,09	0,86	,53	1											
R13	-,15	-,08	,10	0,5	,45	-,13	-,16	-,11	-,05	,32	,19	,28	1										
R14	,05	,01	,07	-,01	-,02	,22	,30	-,10	,29	,03	,07	,00	-,04	1									
R15	-,00	-,13	,03	0,43	,43	-,23	-,11	-,21	,01	,31	,27	,38	,27	,02	1								
R16	-,17	-,05	-,00	,10	,21	-,10	-,16	-,05	-,00	,07	,08	,09	,15	-,01	,38	1							
R17	-,27	-,19	-,16	,18	,08	-,25	,34	-,4	,18	,26	,36	,29	,04	,09	,39	,17	1						
R18	-,3	-,10	,03	0,34	,10	-,23	,06	-,18	-,04	,33	,16	,37	,07	-,05	,26	,14	,35	1					
R19	-,14	-,02	-,01	,06	,00	-,07	,12	-,09	,00	,05	,02	,04	,02	-,01	,17	,00	,17	,26	1				
V1	0,65	,01	-,03	,11	,00	,02	-,20	,01	-,12	,08	,12	,02	,08	-,05	,08	-,02	-,16	-,18	-,07	1			
V2	-,04	,04	,17	,11	-,01	,02	-,01	-,06	,06	,00	-,01	-,02	-,06	,19	-,00	-,08	-,00	,12	-,04	,00	1		
V3	,08	-,07	,07	,04	-,01	-,11	-,03	-,08	-,07	,01	,01	,01	,01	-,06	,10	,03	,16	,08	-,01	,28	,01	1	
V4	-,15	-,03	,01	,04	-,02	,10	-,00	,00	-,09	-,15	-,09	-,18	-,07	-,00	-,04	,09	,15	-,06	-,01	-,09	-,21	0,68	1

Tableau 19 : Matrice de corrélation entre les variables quantitatives.

Le tableau permet de constater quatre corrélations supérieures à 0.6 :

- R4 : autonomie financière et R5 : autonomie financière a CT ;
- R10 : ROA et R11 : marge nette ;
- R10 : ROA et R12 : profitabilité ;
- R1 : taille et V1 : nombre de partenaires financiers ;
- V3 : nombre d'années depuis la création et V4 : évolution du CA.

Nous éliminons alors les ratios suivants : R1, R5, R10 et V4.

### 2-3-2- Les variables qualitatives

Le test de Khi-deux sert à établir s'il existe deux variables qualitatives croisées dans un tableau de contingence. Quant à lui, le test V de Cramer permet de comparer l'intensité du lien entre ces deux variables. Il est égal à la racine carrée du  $\chi^2$  divisé par le  $\chi^2$  max.

$$V = \sqrt{\frac{\chi^2}{\chi^2_{max}}} = \sqrt{\frac{\chi^2}{n \times [\min(l, c) - 1]}}$$

Le V de Cramer est compris entre 0 et 1. Plus il tend vers 0 et plus l'indépendance entre les variables étudiées est forte. En revanche, plus il est élevé plus les variables sont dépendantes. Le tableau ci-dessous permet de constater les fortes corrélations entre les variables qualitatives étudiées :

	Y	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13
Y	1,000													
Q1	,173	1,000												
Q2	,138	,343	1,000											
Q3	,117	,249	,786	1,000										
Q4	,211	,032	,149	,152	1,000									
Q5	,077	,217	,138	,091	,033	1,000								
Q6	,210	,277	,358	,223	-,063	,112	1,000							
Q7	,336	,222	,080	-,004	-,005	,184	,334	1,000						
Q8	,287	,405	,142	-,082	,253	,175	,301	,249	1,000					
Q9	,318	,004	,011	-,023	,157	-,113	-,081	-,122	,038	1,000				
Q10	,247	,215	,214	,090	,183	,094	,194	,011	,309	,068	1,000			
Q11	,310	,100	,054	-,118	,117	-,028	,180	-,082	,193	,181	,248	1,000		
Q12	,146	,382	,487	,447	,144	,273	,465	,179	,236	,094	,120	,038	1,000	
Q13	,289	,200	,108	,065	,054	,106	,112	,289	,214	,045	,098	-,010	,141	1,000

Tableau 20 : Test V de Cramer sur les variables qualitatives

Le tableau permet de constater une seule corrélation significative, entre Q2 : « taille des clients principaux » et Q2 : « concentration du portefeuille clients ». Nous éliminerons alors la variable Q2 pour garder les 12 autres.

Ainsi, les tests de corrélation entre les variables explicatives et ceux entre la variable dépendante et les variables explicatives ont permis d'éliminer cinq variables, dont quatre quantitatives et une qualitative.

On retient alors les variables : R2, R3, R4, R6, R7, R8, R9, R11, R12, R13, R14, R15, R16, R17, R18, R19, V1, V2, V3, Q1, Q3, Q4, Q5, Q6, Q7, Q8, Q9, Q10, Q11, Q12 et Q13.

On constate qu'il reste 31 variables. Le nombre de variables restantes est important. Pour ce, nous procéderons à une analyse en composantes principales dans le but de réduire le nombre de variables quantitatives et à une analyse des correspondances multiples pour réduire le nombre de variables qualitatives.

Dans cette section, nous avons présenté les échantillons qui seront utilisés par la suite. Nous avons aussi présenté les variables à utiliser et effectuer les tests nécessaires sur ces variables afin de pouvoir les utiliser dans ce qui suit.

Dans les sections suivantes, nous allons estimer la défaillance des PME de la BH par trois méthodes, qui sont l'analyse discriminante linéaire, la régression logistique et les réseaux de neurones.

## **SECTION 3 : LA CONSTRUCTION DU MODÈLE SCORING PAR L'ANALYSE DISCRIMINANTE LINÉAIRE**

Trois objectifs principaux peuvent être assignés à l'analyse discriminante linéaire (ADL) :

- Déterminer les variables explicatives les plus discriminantes vis-à-vis des classes déterminées ;
- Déterminer à quel groupe appartient un individu à partir de ses caractéristiques ;
- Et enfin valider une classification ;

### **1- La sélection des variables**

Le test du F et du Lambda de Wilks s'observe dans le tableau « Tests of Equality of Group Means ». L'examen du F permet de distinguer les variables discriminantes (au seuil de 10%) qui sont les suivantes : R3, R6, R9, R15, Q3, Q4, Q7, Q9, Q11 et Q13. De plus, d'après le test du Lambda de Wilks, la variable Q13 est celle qui a la plus grande influence, puisque son Lambda de Wilks est le plus faible.

Nous retenons alors 4 ratios et 6 variables qualitatives. On remarque que le nombre de variables qualitatives est supérieur au nombre de variables quantitatives, malgré qu'au départ le nombre de variables quantitatives était supérieur.



Tests of Equality of Group Means

	Wilks' Lambda	F	df1	df2	Sig.
R2	,974	1,355	1	51	,250
R3	,931	2,084	1	51	,095
R4	,998	,082	1	51	,776
R6	,942	2,577	1	51	,085
R7	,989	,547	1	51	,463
R8	,984	,818	1	51	,370
R9	,922	2,551	1	51	,066
R11	,999	,055	1	51	,815
R12	,986	,739	1	51	,394
R13	,995	,232	1	51	,632
R14	,978	1,159	1	51	,287
R15	,935	2,405	1	51	,097
R16	,972	1,450	1	51	,234
R17	,987	,693	1	51	,409
R18	1,000	,018	1	51	,894
R19	,976	1,252	1	51	,268
V1	,995	,256	1	51	,615
V2	,997	,174	1	51	,678
V3	,982	,958	1	51	,332
Q1	,999	,033	1	51	,857
Q3	,935	3,563	1	51	,065
Q4	,907	5,230	1	51	,026
Q5	,994	,308	1	51	,581
Q6	,999	,074	1	51	,787
Q7	,945	2,971	1	51	,091
Q8	,983	,865	1	51	,357
Q9	,945	2,949	1	51	,092
Q10	,995	,256	1	51	,615
Q11	,929	3,893	1	51	,054
Q12	,995	,239	1	51	,627
Q13	,876	7,188	1	51	,010

Tableau 21 : Test d'égalité des moyennes

## 2- La fonction score et l'interprétation des résultats

Étant donné que nous avons  $k=2$  groupes, nous pouvons construire  $k-1=1$  fonction discriminante. Cette dernière s'écrit en fonction des variables significatives sélectionnées ci-dessus.

### 2-1- La fonction score

Le tableau ci-dessous présente les coefficients des variables discriminantes :

Canonical Discriminant Function	
Coefficients	
	Function
	1
R3	-,044
R6	-,904
R9	,267
R15	,534
Q3	,007
Q4	,667
Q7	,167
Q9	1,101
Q11	,591
Q13	,734
(Constant)	-4,502

Unstandardized coefficients

Tableau 22 : Coefficients des variables discriminantes selon l'ADL

Les signes des coefficients sont en accord avec la logique financière et économique. Ils représentent les poids des variables discriminantes.

$$Z = -4.502 + 0.267 R3 - 0.904 R6 - 0.044 R9 + 0.534 R15 + 0.007 Q3 + 0.667 Q4 + 0.167 Q7 + 1.101 Q9 + 0.591 Q11 + 0.734 Q13$$

Avec :

Z = valeur du score

$$R3 = \frac{DLMT}{\text{Capitaux permanents}}$$

$$R6 = \frac{\text{Charges financières}}{CA}$$

$$R9 = \frac{RN}{\text{Capitaux propres}}$$

$$R15 = \frac{FR}{\text{Actif}}$$

Q3 = concentration du portefeuille clients

Q4 = type de marché

Q7 = barrières à l'entrée

Q9 = risque de rupture technologique

Q11 = cessibilité des actifs

Q13 = forme juridique

## 2-2- L'interprétation des variables discriminantes

Dans ce qui suit, nous nous attarderons sur les variables discriminantes :

- **R3 = dettes à moyen et long termes / capitaux permanents**

Ce ratio rapporte les dettes de l'entreprise à ses capitaux permanents. Plus le ratio est élevé, plus l'entreprise est endettée. Il apprécie la capacité d'endettement et doit être inférieur à 1, sinon la marge de manœuvre de l'entreprise est insuffisante.

Le signe négatif se justifie par le fait que plus le ratio est élevé plus la probabilité de défaillance augmente.

- **R6 = charges financières / chiffre d'affaires**

Ce ratio rapporte les charges financières au chiffre d'affaires. Il mesure le poids des charges financières par rapport au chiffre d'affaires. Plus il est élevé, plus l'entreprise a de difficultés à rembourser ce qu'elle doit.

Le signe négatif se justifie par le fait que plus le ratio est élevé plus la probabilité de défaillance augmente.

- **R9 = résultat net / capitaux propres**

Ce ratio illustre le rendement des fonds propres. Il s'agit du ROE. Il doit être assez élevé pour attirer les investisseurs. Toutefois, un taux faible pourrait correspondre à une phase d'investissement importante.

Le signe positif se justifie par le fait que dans la plupart des cas, plus le rendement des fonds propres est important, meilleure est la situation de l'entreprise.

- **R15 = fonds de roulement / total actif**

Ce ratio rapporte le fond de roulement au total actif. Ce ratio indique l'importance du fonds de roulement pour l'entreprise. Un ratio trop faible expose l'entreprise à des difficultés financières, s'il est trop fort, cela signifie qu'elle immobilise des capitaux au détriment de sa rentabilité. Ce ratio dépend fortement de l'activité de l'entreprise.

Le signe positif se justifie par le fait que plus le fonds de roulement est important pour l'entreprise, meilleure est sa situation.

- **Q3 = concentration du portefeuille clients**

L'analyse de corrélation effectuée dans la première section a montré que la concentration du portefeuille clients est fortement corrélée avec la taille des clients. Cela s'explique que plus l'entreprise a des clients de taille importantes et plus son portefeuille clients est concentré. La taille des clients et par analogie la concentration du portefeuille clients influencent les ventes et donc la rentabilité de l'entreprise. De plus, un portefeuille clients concentré reflète une bonne fidélisation des clients.

Le signe positif se justifie par le fait que plus le portefeuille clients est concentré, plus l'entreprise est rentable.

- **Q4 = type de marché**

Il s'agit d'une variable binaire. Le marché est soit cyclique, soit continu. La variable prend la valeur 0 pour les marchés cycliques et 1 pour les marchés continus.

Le signe positif montre que les marchés continus sont plus rentables.

- **Q7 = barrières à l'entrée**

Il s'agit d'une variable qualitative ordinale, qui évalue les barrières à l'entrée dans le domaine d'activité de l'entreprise. Des barrières à l'entrée hautes sont accommodantes pour l'entreprise. En effet, elles freinent la concurrence.

Le signe positif justifie le fait que plus les barrières sont importantes, plus l'entreprise est protégée.

- **Q9 = risque de rupture technologique**

Il s'agit d'une variable binaire qui prend la valeur 0, si l'entreprise ne subit pas de risque de rupture technologique et 1 si l'entreprise subit un risque de rupture technologique. Celles qui subissent le risque sont celles qui utilisent les nouvelles technologies.

Le signe positif reflète que les entreprises ancrées dans la technologie sont plus performantes.

- **Q11 = cessibilité des actifs**

Il s'agit d'une variable qualitative ordinale qui évalue la cessibilité des actifs de l'entreprise. Cette variable est importante pour la banque puisqu'elle permet à cette dernière d'agir sur les actifs de l'entreprise en cas de défaillance de paiement.

Le signe positif de la variable montre que plus l'entreprise possède des variables cessibles, plus elle est rentable.

- **Q13 = forme juridique**

Cette variable prend les valeurs suivantes :

1 : s'il s'agit d'une entreprise individuelle ;

2 : s'il s'agit d'une SUARL ;

3 : s'il s'agit d'une SARL ;

4 : s'il s'agit d'une SA.

Les formes juridiques sont classées par ordre d'importance.

Le signe positif confirme que les sociétés de tailles importantes sont plus rentables.

### **3 – La performance du modèle**

Il s'agit de mesurer la performance du modèle pour pouvoir valider le modèle et, par la suite, comparer les trois modèles entre eux.

#### **3-1- La courbe de performance ROC (Receiver Operating Characteristic)**

La courbe ROC est un outil d'évaluation et de comparaison des modèles .

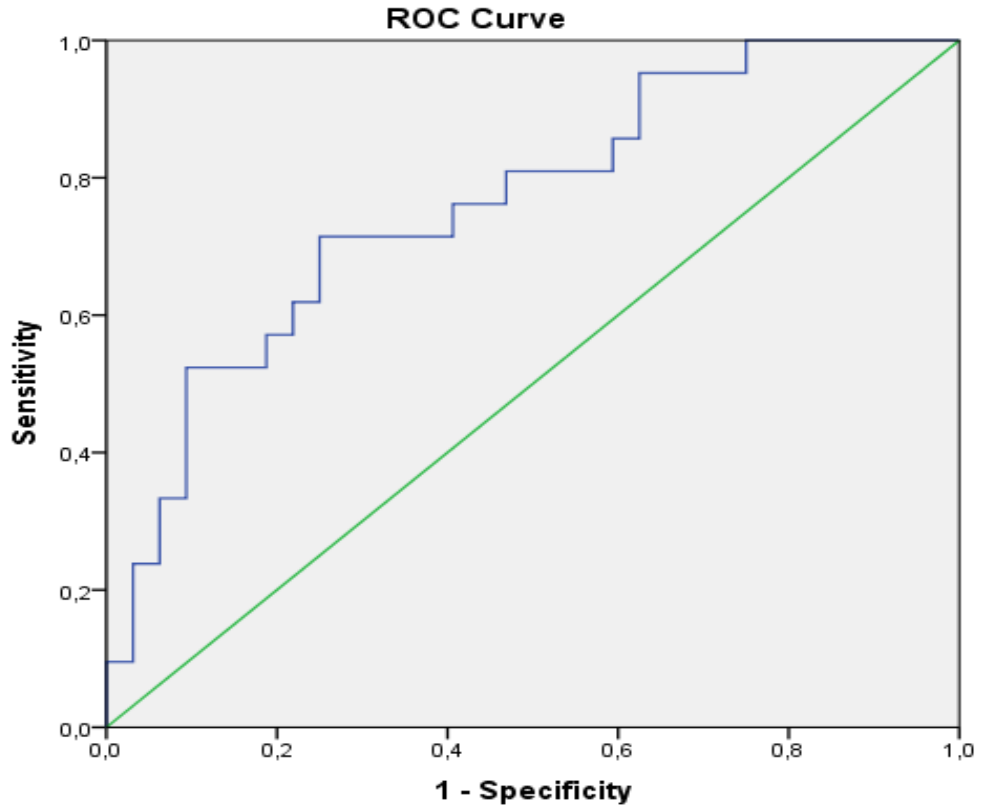


Figure 15 : Courbe ROC obtenue avec l'analyse discriminante

Nous constatons que la courbe ROC du modèle se situe entre la courbe ROC du modèle parfait et la courbe ROC du modèle aléatoire. La surface sous la courbe ROC donne la valeur de 0.777, ce qui indique une assez bonne performance en matière de classement des entreprises.

**Area Under the Curve**

Test Result Variable(s): Probabilities of Membership in Group 1 for Analysis 1

Area	Std. Error <sup>a</sup>	AsymptoticSig. <sup>b</sup>	Asymptotic 95% Confidence Interval	
			LowerBound	UpperBound
.777	,064	,001	,650	,903

a. Under the nonparametric assumption

b. Null hypothesis: true area = 0.5

Tableau 23 : Aire sous la courbe ROC - ADL

### 3-2- La méthode de resubstitution et de validation croisée

Nous allons commencer par reclasser les entreprises de l'échantillon de construction en utilisant la règle de classification selon les scores. Puis, nous traiterons de la même manière les échantillons de validation.

Le tableau ci-dessous présente les résultats de la reclassification des entreprises de l'échantillon de construction :

Classes		Classes selon les scores		Total
		0	1	
Classes réelles	0	48	9	57
	1	14	42	56

*Tableau : Résultats des reclassements dans l'échantillon de construction -ADL*

Nous pouvons en déduire :

**Le taux de bon classement** =  $(48+42)/113 = 79.65\%$

**Le taux d'erreur de classement** =  $(9+14)/113 = 20.35\%$

**Le taux de bon classement des entreprises saines** =  $48/57 = 84.21\%$

**Le taux de bon classement des entreprises défaillantes** =  $42/56 = 75\%$

Le taux global de bon classement s'élève à 79.65%. Ce taux est assez bon.

Le taux de bon classement des entreprises saines est nettement supérieur au taux de bon classement des entreprises défaillantes (84.21% contre 75%). Cela signifie que le modèle reconnaît mieux les entreprises saines.

Dans l'objectif de tester la performance du modèle, nous reproduirons la même chose sur les échantillons de validation.

- **Out of sample**

Le tableau ci-dessous présente les résultats de la reclassification des entreprises dans le premier échantillon de validation :

Classes		Classes selon les scores		Total
		0	1	
Classes réelles	0	9	6	15
	1	2	11	13

Tableau 24 : Résultats des reclassements dans le 1<sup>er</sup> échantillon de validation -ADL

Nous pouvons en déduire :

**Le taux de bon classement** =  $(9+11)/28 = 71.42\%$

**Le taux d'erreur de classement** =  $(6+2)/28 = 28.57\%$

**Le taux de bon classement des entreprises saines** =  $9/15 = 60\%$

**Le taux de bon classement des entreprises défaillantes** =  $11/13 = 84.62\%$

Le taux de bon classement global s'élève à 71.42%. Bien qu'il soit inférieur au taux de bon classement dans l'échantillon de construction, il demeure assez bon.

Toutefois, le taux de bon classement des entreprises saines est médiocre et nettement inférieur à celui des entreprises défaillantes (60% contre 84.62%). Cela signifie que le modèle ne classe pas correctement les entreprises saines.

- **Out of time**

Le tableau ci-dessous présente les résultats de la reclassification des entreprises dans le deuxième échantillon de validation :

Classes		Classes selon les scores		Total
		0	1	
Classes réelles	0	45	13	58
	1	17	38	55

Tableau 25 : Résultats des reclassements dans le 2<sup>ème</sup> échantillon de validation - ADL

Nous pouvons en déduire :

**Le taux de bon classement** =  $(45+38)/113 = 73.45\%$

**Le taux d'erreur de classement** =  $(13+17)/113 = 26.55\%$

**Le taux de bon classement des entreprises saines** =  $45/58 = 77.59\%$

**Le taux de bon classement des entreprises défaillantes** =  $38/55 = 69.09\%$



Le taux de bon classement global s'élève à 73.45%.

Enfin, les résultats obtenus permettent de conclure que le modèle est plutôt bon. Nous allons toutefois le comparer aux deux autres modèles, qui sont la régression logistique et le réseau de neurones, pour choisir le modèle le plus performant.

## SECTION 4 : LA CONSTRUCTION DU MODÈLE SCORING PAR LA RÉGRESSION LOGISTIQUE

Après avoir élaboré le modèle de scoring par l'analyse discriminante, nous utiliserons dans cette section la régression logistique.

### 1-La sélection des variables

Les variables significatives ont été sélectionnées grâce à la méthode descendante de Wald. La méthode descendante est une technique qui permet de sélectionner un sous-ensemble de variables. Cette méthode relève quasiment du même ordre que la méthode ascendante à l'exception près qu'elle s'effectue dans le sens inverse.

En effet, elle consiste à prendre en compte l'ensemble des variables contenues dans le modèle global, et à éliminer une à une les variables pour lesquelles la statistique Wald est inférieure à 0.1.

La statistique de Wald permet de connaître l'apport de chaque prédicteur à l'amélioration du modèle. Elle indique si chaque coefficient contribue significativement à l'amélioration du modèle.

Les étapes sont résumées dans le tableau ci-dessous :

Étape	Variable éliminée	Variable introduite	% correct
2	V1		100
3	Q6		100
4	Q4		100
5	Q14		100
6	Q13		100
7	R2		100
8	R8		100
9	Q8		100
10	R9		100
11	R11		100
12	Q5		100
13	R3		100
14	R16		100
15	R19		100

16	R12		100
17	R6		100
18	Q3		100
19	V3		100
20	V2		84.9
21	Q12		84.9
22	Q10		84.9
23		V2	94.3
24	Q1		90.6
25		Q4	91.8
26	R18		94.3

*Tableau 26 : Sélection des variables par la RL*

Le logiciel est arrivé à la solution finale après 26 étapes. Le tableau ci-dessus constate les variables éliminées ou ajoutées à chaque étape. La dernière colonne indique le pourcentage de bon classement. En fin de processus, il atteint 94.3%.

## **2- La fonction score et l'interprétation des variables discriminantes**

### **2-1-La fonction score**

Le tableau ci-dessous présente les coefficients des variables retenus dans la fonction score, ainsi que les résultats du test Wald et sa significativité :

<b>Variable</b>	<b>Coefficient</b>	<b>Wald</b>	<b>Significativité</b>
R4	2.148	7.563	0.006
R7	-9.562	5.208	0.022
R13	18.990	7.792	0.005
R15	18.078	8.876	0.003
R17	13.579	7.389	0.007
V2	0.394	5.025	0.025
Q4	3.239	5.084	0.024
Q7	2.473	8.497	0.004
Q9	3.889	3.444	0.063

Q11	1.123	0.580	0.053
Constante	1.916	0.613	0.434

Tableau 27 : Coefficients de la fonction score et test de Wald avec la régression logistique

On constate que toutes les variables retenues sont significatives, puisque leurs significativités sont inférieures à 10%. Cependant la constante n'est pas significative puisque sa significativité est de 0.434.

La fonction score obtenue par la régression logistique s'écrit alors ainsi :

$$Z = 1.916 + 2.148 R4 - 9.562 r7 + 18.078 R15 + 13.579 R17 + 0.394 V2 + 3.239 Q4 + 2.473 Q7 + 3.889 Q9$$

Avec :

Z = valeur du score

$$R4 = \frac{\text{Capitaux propres}}{\text{Total dettes}}$$

$$R7 = \frac{\text{Dette à court terme}}{\text{Total passif}}$$

$$R13 = \frac{\text{Capitaux propres}}{\text{Total passif}}$$

$$R15 = \frac{\text{Fonds de roulement}}{\text{total actif}}$$

$$R17 = \frac{\text{ACTif court terme}}{\text{total actif}}$$

Q4 = type de marché

Q7 = barrières à l'entrée

Q9 = risque de rupture technologique

Q11 = cessibilité des actifs

### 1-2-2- L'interprétation des variables discriminantes

- **R4 = capitaux propres / total dettes**

Ce ratio rapporte les fonds propres au total de la dette. Il reflète l'autonomie financière de l'entreprise. Plus il est élevé, meilleure est l'autonomie de l'entreprise.

Le signe positif traduit le fait que plus l'autonomie d'une entreprise est élevée, plus elle est solvable.

- **R7 = dettes à court terme / total passif**

Ce ratio reflète la structure de l'endettement à court terme. Plus il est important, plus la part des dettes à court terme dans le bilan est importante. Ceci reflète une structure financière trop endettée.

Le signe négatif traduit le fait que plus l'entreprise est endettée, moins elle est solvable.

- **R13 = capitaux propres / total passif**

Il s'agit d'un ratio de solvabilité. Plus la part des fonds propres est importante dans le passif plus l'entreprise est solvable, d'où le signe positif obtenu pour ce ratio.

- **R15 = fonds de roulement / total actif**

Le fonds de roulement financier est la différence entre les actifs dont l'échéance se situe à plus d'un an et les dettes dont l'échéance se situe à moins d'un an. Il mesure les ressources dont l'entreprise dispose à moyen et long terme hors chiffre d'affaires pour financer son exploitation courante. Ce ratio exprime le degré de liquidité de l'entreprise.

Le signe positif du ratio montre que plus la part du fonds de roulement est importante dans l'actif, plus l'entreprise est solvable.

- **R17 = actif à court terme / total actif**

Il s'agit aussi d'un ratio de liquidité qui rapporte l'actif à court terme au total actif. Plus il est important, moins l'entreprise est menacée de faillite, d'où le signe positif

- **Q4 = type de marché**

Il s'agit d'une variable binaire. Le marché est soit cyclique, soit continu. La variable prend la valeur 0 pour les marchés cycliques et 1 pour les marchés continus.

Le signe positif montre que les marchés continus sont plus rentables.

- **Q7 = barrières à l'entrée**

Il s'agit d'une variable qualitative ordinale, qui évalue les barrières à l'entrée dans le domaine d'activité de l'entreprise. Des barrières à l'entrée hautes sont accommodantes pour l'entreprise. En effet, elles freinent la concurrence.

Le signe positif justifie le fait que plus les barrières sont importantes, plus l'entreprise est protégée.

- **Q9 = risque de rupture technologique**

Il s'agit d'une variable binaire qui prend la valeur 0, si l'entreprise ne subit pas de risque de rupture technologique et 1 si l'entreprise subit un risque de rupture technologique. Celles qui subissent le risque sont celles qui utilisent les nouvelles technologies.

Le signe positif reflète que les entreprises ancrées dans la technologie sont plus performantes.

- **Q11 = cessibilité des actifs**

Il s'agit d'une variable qualitative ordinale qui évalue la cessibilité des actifs de l'entreprise. Cette variable est importante pour la banque puisqu'elle permet à cette dernière d'agir sur les actifs de l'entreprise en cas de défaillance de paiement.

Le signe positif de la variable montre que plus l'entreprise possède des variables cessibles, plus elle est rentable.

### 3 – La performance du modèle

Il s'agit de mesurer la performance du modèle pour pouvoir valider le modèle et, par la suite, comparer les trois modèles entre eux.

#### 3-1- La courbe de performance ROC (Receiver Operating Characteristic)

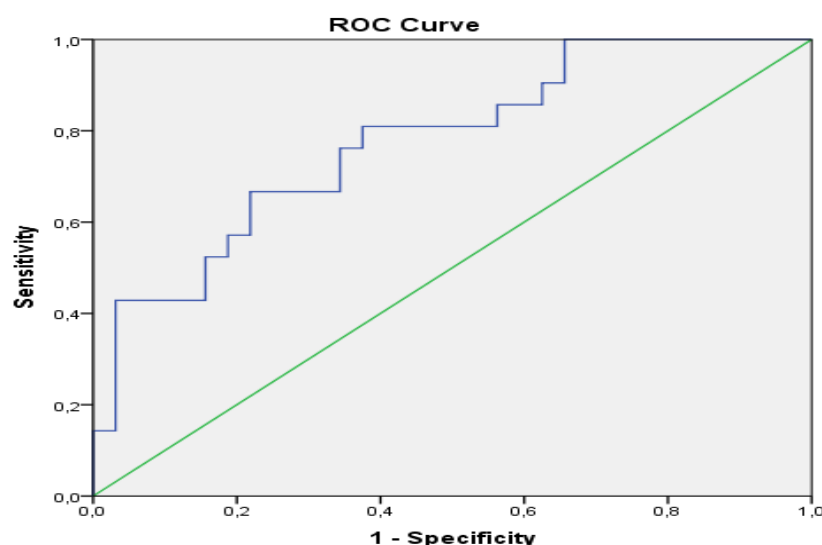


Figure 16 : Courbe ROC obtenue avec la régression logistique

Nous constatons que la courbe ROC du modèle se situe entre la courbe ROC du modèle parfait et la courbe ROC du modèle aléatoire. La surface sous la courbe ROC donne la valeur de 0.867, ce qui indique une bonne performance en matière de classement des entreprises, puisque la valeur est proche de 1.

Nous commencerons par reclasser les entreprises de l'échantillon de construction en utilisant la règle de classification selon les scores. Puis, nous traiterons de la même manière les échantillons de validation.

Le tableau ci-dessous présente les résultats de la reclassification des entreprises de l'échantillon de construction :

Classes		Classes selon les scores		Total
		0	1	
Classes réelles	0	51	6	57
	1	10	46	56

*Tableau 28 : Résultats des reclassements dans l'échantillon de construction - RL*

Nous pouvons en déduire :

**Le taux de bon classement** =  $(51+46)/113 = 85.84\%$

**Le taux d'erreur de classement** =  $(6+10)/113 = 14.16\%$

**Le taux de bon classement des entreprises saines** =  $51/57 = 89.47\%$

**Le taux de bon classement des entreprises défaillantes** =  $46/56 = 82.14\%$

Le taux global de bon classement s'élève à 85.84%. Ce taux est bon.

De même, le taux de bon classement des entreprises saines et celui des entreprises défaillantes sont bons et ne présentent pas de disparités importantes. Le modèle est alors équilibré.

Dans l'objectif de tester la performance du modèle, nous reproduirons la même chose sur les échantillons de validation.

- **Out of sample**

Le tableau ci-dessous présente les résultats de la reclassification des entreprises dans le premier échantillon de validation :

Classes		Classes selon les scores		Total
		0	1	
Classes réelles	0	12	3	15
	1	2	11	13

*Tableau 29 : Résultats des reclassements dans le 1<sup>er</sup> échantillon de validation - RL*

Nous pouvons en déduire :

**Le taux de bon classement** =  $(12+11)/28 = 82.14\%$

**Le taux d'erreur de classement** =  $(2+3)/28 = 17.86\%$

**Le taux de bon classement des entreprises saines** =  $12/15 = 80\%$

**Le taux de bon classement des entreprises défaillantes** =  $11/13 = 84.62\%$

Le taux de bon classement global s'élève à 82.14% et il est bon.

- **Out of time**

Le tableau ci-dessous présente les résultats de la reclassification des entreprises dans le deuxième échantillon de validation :

Classes		Classes selon les scores		Total
		0	1	
Classes réelles	0	51	7	58
	1	8	47	55

*Tableau 30 : Résultats des reclassements dans le 2<sup>ème</sup> échantillon de validation - RL*

Nous pouvons en déduire :

**Le taux de bon classement** =  $(51+47)/113 = 86.73\%$

**Le taux d'erreur de classement** =  $(8+7)/113 = 13.27\%$

**Le taux de bon classement des entreprises saines** =  $51/58 = 87.93\%$

**Le taux de bon classement des entreprises défaillantes** =  $47/55 = 85.45\%$



Le taux de bon classement global s'élève à 86.73%.

Enfin, les résultats obtenus permettent de conclure que le modèle est bon. Nous allons toutefois le comparer aux deux autres modèles, qui sont l'analyse discriminante et le réseau de neurones, pour choisir le modèle le plus performant.

## SECTION 5 : LA CONSTRUCTION DU MODÈLE SCORING PAR LE RÉSEAU DE NEURONES

Un réseau de neurones est un ensemble d'outils de modélisation de données non linéaires composé de couches d'entrée et de sortie, et d'une ou de deux couches masquées. Les connexions entre les neurones de chaque couche comprennent des pondérations associées qui sont ajustées itérativement par l'algorithme d'apprentissage pour minimiser les risques d'erreur et produire des prévisions précises. Nous utiliserons cette méthode pour analyser la solvabilité des entreprises clientes de la BH.<sup>34</sup>

### 1- Le choix de la procédure et le partitionnement des données

#### 1-1- Le choix de la procédure

PASW Neural Networks<sup>35</sup> permet de choisir entre la procédure perceptron multicouches (MLP) et la procédure de fonctions à base radiale (RBF). Ces deux procédures sont des techniques d'apprentissage supervisées, c'est-à-dire qu'elles établissent les relations impliquées par les données. Elles utilisent des architectures d'anticipation, ce qui signifie que les données se déplacent dans une seule direction : elles partent des nœuds d'entrée et atteignent les nœuds de sortie en passant par la couche masquée. Le choix se fait en fonction du type de données ainsi que du niveau de complexité à découvrir. En effet, la procédure MLP est capable d'identifier des relations plus complexes, tandis que la procédure RBF est généralement plus rapide.

Dans notre cas, nous opterons pour la procédure MLP. Les variables dépendantes peuvent être des variables d'échelle, des variables qualitatives, ou la combinaison des deux. Si une variable dépendante possède un niveau de mesure d'échelle, alors le réseau neuronal prédit des valeurs continues qui sont des approximations de la valeur véritable d'une fonction continue des données d'entrée. Si une variable dépendante est qualitative, alors le réseau de neurones est utilisé pour classer les observations dans la meilleure catégorie d'après les variables indépendante d'entrée.

<sup>34</sup> Source : guide IBM SPSS Neural Networks 20

<sup>35</sup> PASW Neural Networks et PASW Statistics Base, anciennement nommés SPSS Neural Networks et SPSS Statistics Base, font partie de la gamme PredictiveAnalytics Software de SPSS Inc.

## 1-2- Le partitionnement des données

		N	Percent
Sample	Training	112	82,5%
	Testing	24	17,5%
Valid		136	100,0%
Excluded		5	
Total		141	

Tableau 31: Répartition des observations

Le tableau ci-dessus indique la méthode de partitionnement de l'ensemble de données en échantillons d'apprentissage, de test et traité. L'échantillon d'apprentissage comprend les enregistrements de données utilisés pour former le réseau neuronal. Environ 80% des observations traitées doit être affecté à l'échantillon d'apprentissage pour l'obtention d'un modèle. Nous avons choisi une proportion de 80% pour être en harmonie avec l'échantillon utilisé dans l'analyse discriminante linéaire et la régression logistique. L'échantillon de test est un ensemble indépendant d'enregistrements de données utilisé pour tester la robustesse du modèle. L'échantillon traité est un autre ensemble indépendant d'enregistrements de données utilisé pour évaluer le réseau neuronal final ; le nombre d'observations exclues donne une estimation de la capacité de prévision du modèle car toutes les observations n'ont pas été utilisées pour construire le modèle.

Il est à noter que, pour la construction du réseau neuronal toutes les variables ont été prises en compte. En effet, les réseaux de neurones ne sont pas affectés par le problème de multi colinéarité.

## 2- Structure du réseau neuronal

Un réseau MLP est une fonction des mesures qui minimise l'erreur dans la prévision du manquement. La figure suivante permet de saisir la forme de cette fonction.

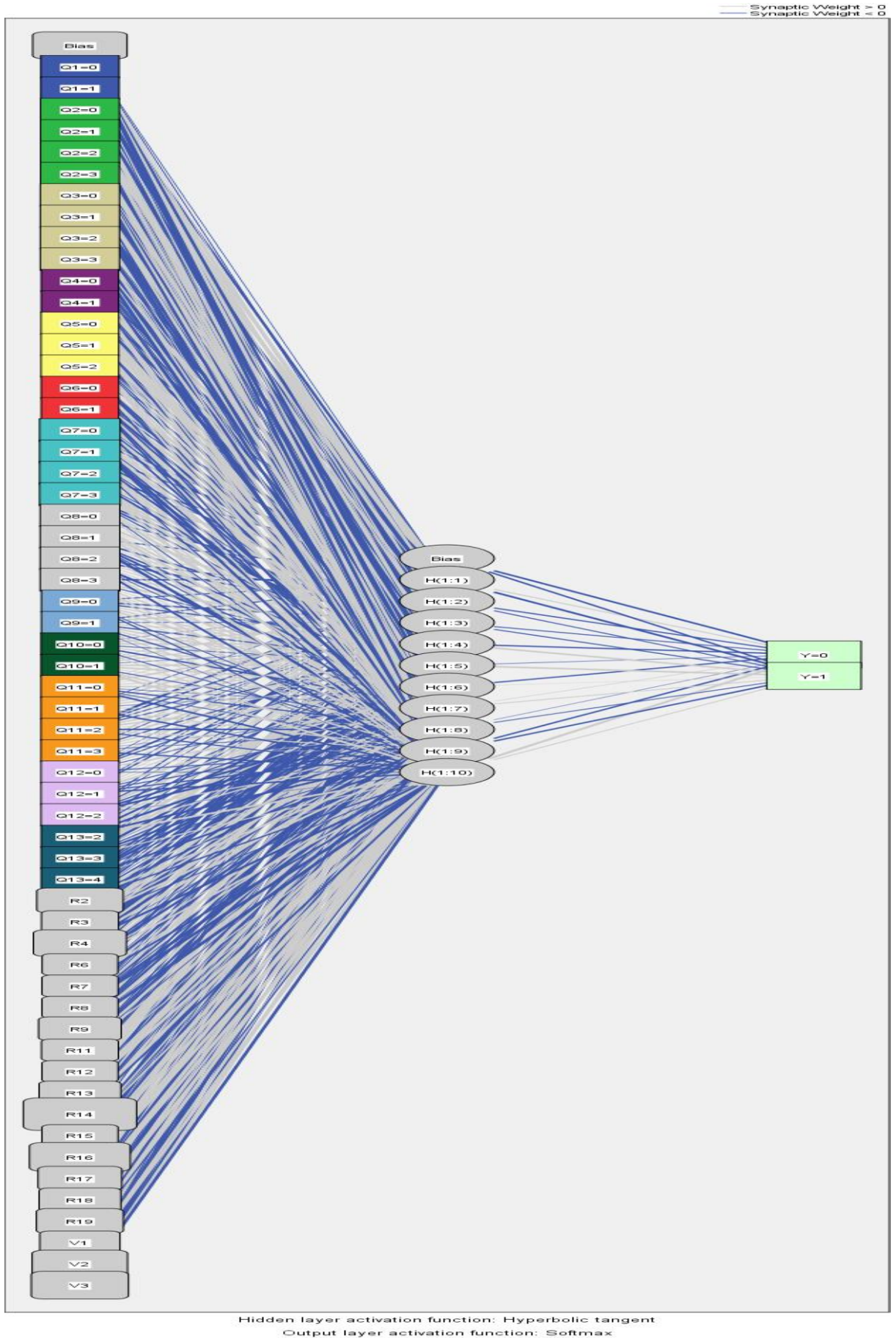


Figure 17 : Architecture générale du réseau de neurones

Cette structure est appelée architecture d'anticipation car le flux des connexions du réseau progresse de la strate d'entrée vers la strate de résultat sans former de boucles de réaction. Dans cette figure :

- La strate d'entrée contient les variables indépendantes ;
- La strate masquée contient les unités ou nœuds non observables. La valeur de chaque unité masquée constitue une fonction des variables indépendantes ;
- La strate de résultat contient les réponses. Dans la mesure où l'historique du manquement est une variable qualitative comprenant deux modalités, celle-ci est recodée en deux variables indicatrices. Chaque unité de résultat constitue une fonction des unités masquées.<sup>36</sup>

### 3- Résultats obtenus

#### 3-1- Les taux de bon classement

		Classification		
Sample	Observed	Predicted		
		0	1	Percent Correct
Training	0	47	10	81,8%
	1	27	28	52,6%
		71,2%		
Testing	0	12	0	100,0%
	1	10	2	85,7%
		90,9%		

Dependent Variable: Y

*Tableau 32 : Tableau de classement par le réseau de neurones*

Le pourcentage de bon classement est de l'ordre de 71.2%, ce qui est considéré comme un bon résultat. Cependant, nous constatons que le modèle est meilleur pour classer les entreprises saines (81.8% de bon classement) que les entreprises défailtantes (52.6% de bon classement). Ceci est nuisible pour la banque qui risque alors d'octroyer des crédits à des entreprises non saines. Le contraire aurait constitué un manque à gagner à la banque, puisqu'elle se serait abstenue d'accorder des crédits à des entreprises saines.

Quant aux résultats obtenus sur l'échantillon test, ils sont nettement meilleurs. Mais, étant donné que la taille de l'échantillon est petite, il est difficile de tirer des conclusions. En

<sup>36</sup>Source : guide IBM SPSS Neural Networks 20

effet, cette méthode ne permet pas de donner une explication sur la façon dont s'opère le classement. La procédure est une boîte noire, qui malgré cet obstacle conduit à de bons résultats.

### 3-2- Le pouvoir classifiant des variables indépendantes

Les réseaux de neurones permettent d'identifier le pouvoir classifiant de chaque variable.

Independent Variable Importance		
	Importance	Normalized Importance
Q1	,005	3,0%
Q2	,006	3,7%
Q3	,009	5,2%
Q4	,001	0,7%
Q5	,006	3,4%
Q6	,006	3,4%
Q7	,006	3,6%
Q8	,011	6,3%
Q9	,005	2,7%
Q10	,001	0,8%
Q11	,011	6,3%
Q12	,006	3,3%
Q13	,007	4,4%
R1	,012	6,8%
R2	,112	65,1%
R3	,004	2,1%
R4	,096	55,9%
R5	,101	58,8%
R6	,002	1,1%
R7	,003	1,7%
R8	,002	1,1%
R9	,013	7,7%
R10	,003	1,5%
R11	,007	4,1%
R12	,002	1,2%
R13	,019	10,8%
R14	,172	100,0%
R15	,004	2,1%
R16	,015	8,5%
R17	,001	0,9%
R18	,015	8,9%
R19	,137	79,8%

V1	,029	16,7%
V2	,042	24,4%
V3	,116	67,6%
V4	,013	7,5%

Tableau 33 : Importance des variables indépendantes

L'importance d'une variable indépendante mesure l'évolution de la valeur du réseau prévue par le modèle pour différentes valeurs de la variable indépendante. L'importance normalisée correspond simplement aux valeurs d'importance divisées par les valeurs d'importance les plus élevées et exprimées en pourcentages.

Nous constatons que les variables qui ont des pouvoirs classifiants les plus importants (supérieurs à 50%), sont les variables R2, R4, R5, R14, R19 et V3. Ce sont toutes des variables quantitatives.

### 3-3- La courbe ROC

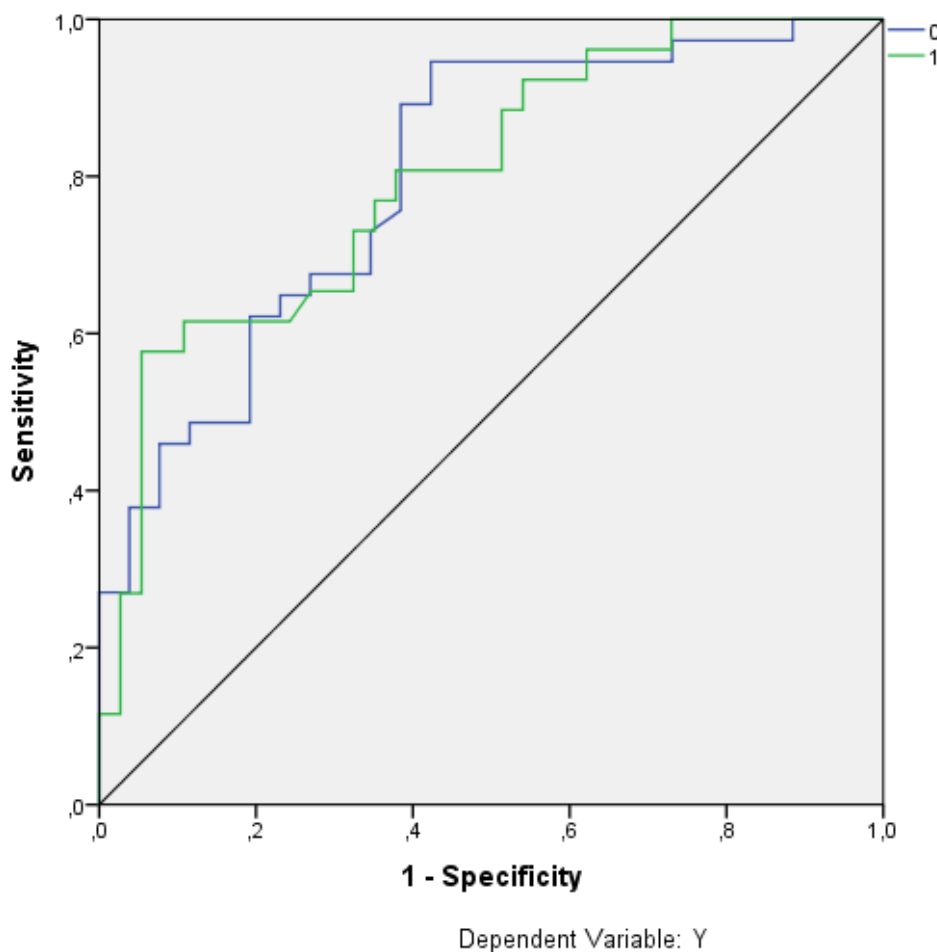


Figure 18 : Courbe ROC - RN

Nous constatons que la courbe ROC du modèle se situe entre la courbe ROC du modèle parfait et la courbe ROC du modèle aléatoire. La surface sous la courbe ROC donne la valeur de 0.800 pour  $Y = 1$ , ce qui indique une bonne performance en matière de classement des entreprises, puisque la valeur est proche de 1.

Dans la section suivante, nous comparerons les résultats des trois approches et nous construirons les notes avec les scores obtenus par la méthode la plus performante.



## SECTION 6 : LA CONSTRUCTION DU MODÈLE DE NOTATION INTERNE

L'objectif de cette dernière section est la construction du modèle de notation interne. Nous commencerons alors par sélectionner le modèle le plus performant pour pouvoir attribuer les notes sur la base des résultats obtenus par ce modèle.

### 1- La comparaison des résultats

Nous comparerons les trois méthodes à l'aide des outils de mesure de la performance.

#### 1-1- Les courbes ROC

Ces courbes de performance permettent d'avoir des informations concernant les erreurs de classement. Il est difficile de les comparer à l'œil nu. Par contre, il est possible de comparer les surfaces sous les courbes.

	<i>ADL</i>	<i>RL</i>	<i>RN</i>
<i>Aires sous les courbes</i>	0.777	0.867	0.800

Tableau 34 : Tableau comparatif des aires sous les courbes ROC

Le tableau ci-dessous permet de constater la supériorité de la régression logistique sur les deux autres méthodes.

#### 1-2- La méthode de resubstitution et de validation croisée

- Le tableau ci-dessous récapitule les taux calculés sur l'échantillon de construction :

	<i>ADL</i>	<i>RL</i>	<i>RN</i>
<i>Taux de bon classement global</i>	79.65%	85.84%	71.2%
<i>Taux de bon classement des entreprises saines</i>	89.47%	89.47%	81.8%
<i>Taux de bon classement des entreprises défailiantes</i>	75%	82.14%	52.6%

Tableau 35 : Taux calculés sur l'échantillon de construction

Les résultats confirment les résultats obtenus par les courbes ROC. La régression logistique fournit des taux meilleurs que ceux obtenus par l'analyse discriminante linéaire et le réseau de neurones.

- Le tableau ci-dessous récapitule les taux calculés sur le premier échantillon de validation :

	<i>ADL</i>	<i>RL</i>	<i>RN</i>
<i>Taux de bon classement global</i>	71.42%	82.14%	90.9%
<i>Taux de bon classement des entreprises saines</i>	60%	80%	100%
<i>Taux de bon classement des entreprises défailtantes</i>	84.62%	84.62%	85.7%

*Tableau 36 : Taux calculés sur le 1<sup>er</sup> échantillon de validation*

Cette fois-ci, les résultats fournis par le réseau de neurones sont les meilleurs.

- Le tableau ci-dessous récapitule les taux calculés sur le deuxième échantillon de validation :

	<i>ADL</i>	<i>RL</i>
<i>Taux de bon classement global</i>	73.45%	86.73%
<i>Taux de bon classement des entreprises saines</i>	77.59%	87.93%
<i>Taux de bon classement des entreprises défailtantes</i>	69.09%	85.45%

*Tableau 37 : Taux calculés sur le 2<sup>ème</sup> échantillon de validation*

Les résultats fournis par la régression linéaire sont meilleurs que ceux obtenus par l'analyse discriminante linéaire.

Après cette comparaison, nous opterons pour la régression linéaire.

## **2- La construction des notes à partir des scores**

Le système de notation prôné par la circulaire 2016-06 de la BCT doit comporter une échelle de notation des contreparties qui reflète exclusivement la quantification de leur risque de défaut.

L'objectif est de déterminer des notes à partir des scores. Rappelons la fonction score obtenue par la régression logistique :

$$Z = 1.916 + 2.148 R4 - 9.562 r7 + 18.078 R15 + 13.579 R17 + 0.394 V2 + 3.239 Q4 + 2.473 Q7 + 3.889 Q9$$

Pour le calcul des notes, nous utiliserons la fonction suivante :

$$\text{Note} = a \times \text{score} + b$$

Sachant que :

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Max score} \times a + b = 70 \\ \text{Min score} \times a + b = 0 \end{array} \right. \longrightarrow \left\{ \begin{array}{l} a = 70 / (\text{Max score} - \text{Min score}) \\ b = 70 - \text{max score} * a \end{array} \right.$$

Nous obtenons :  $a = 1.1425$

$$b = 10.4158$$

La circulaire 2016-06 stipule que l'échelle de notation doit comporter au moins sept notes pour les contreparties qui ne sont pas en défaut et une note pour les contreparties en défaut.

Le tableau ci-dessous propose une échelle de notation conforme à la circulaire et qui permet de répartir les entreprises en huit groupes :

Intervalle de la note	Nombre d'entreprises
[65 ; 70[	1
[60 ; 65[	2
[55 ; 60[	0
[50 ; 55[	7
[45 ; 50[	10
[40 ; 45[	15
[35 ; 40[	16
[0 ; 35[	61

Tableau 38 : Classement des entreprises selon les notes

## **Conclusion**

Au cours de ce troisième et dernier chapitre, à partir de trois approches différentes, nous avons démontré qu'il est possible de prédire de manière satisfaisante la défaillance des entreprises, en utilisant des variables quantitatives et qualitatives. Les logiciels utilisés sont SPSS 20 et EXCEL.

Les méthodes utilisées sont :

- l'analyse discriminante linéaire, qui s'est avérée être la méthode la moins performante ;
- la régression logistique ;
- le réseau neuronal.

Nous avons déterminé les fonctions score obtenues par l'analyse discriminante et la régression logistique. Quant au réseau de neurones, il s'agit d'une boîte noire qui permet de trouver de bons résultats, mais qui ne permet pas d'expliquer les résultats obtenus.

La performance des méthodes utilisées a été jugée à partir des courbes ROC et des taux de bon classement sur les échantillons de construction et de validation. La méthode sélectionnée est celle de la régression logistique.

Nous avons alors continué à travailler avec la régression logistique. À partir de la fonction score obtenu précédemment, nous avons déduit des notes, que nous avons, par la suite réparties en huit classes.

## **CONCLUSION GENERALE**

L'importance de l'évaluation du risque de crédit s'explique principalement par le volume de créances classées, qui ne cesse de s'amplifier, surtout au sein des banques publiques tunisiennes. Étant donné que les créances douteuses engendrent des dégâts énormes aux banques, la gestion du risque de crédit devient primordiale.

L'objectif principal de notre étude est l'élaboration d'un système de notation interne basé sur le modèle d'évaluation de la probabilité de défaut le plus performant entre l'analyse discriminante linéaire, la régression logistique et le réseau neuronal.

La construction de ces modèles a nécessité la collecte d'une base de données de 141 entreprises ayant des crédits auprès de la BH et réparties équitablement entre entreprises saines et défailtantes. Les variables choisies sont quantitatives et qualitatives.

Le taux de bon classement avec la régression logistique s'élève à 85.84, tandis que les taux de bon classement obtenus avec l'analyse discriminante logistique et le réseau de neurones s'élèvent respectivement à 79.65% et 71.2%. L'analyse des courbes ROC confirme les taux de bon classement obtenus.

L'analyse des résultats obtenus par le réseau de neurones est compliquée, puisqu'il s'agit d'une boîte noire qui nous sort des résultats sans explications. Toutefois, les variables ayant des poids importants sont toutes quantitatives. En revanche, les variables retenues par l'analyse discriminante linéaire et la régression logistique sont mixtes et leurs taux de bon classement sont supérieurs à celui obtenu par le réseau neuronal. Ceci pourrait amener à conclure que les variables qualitatives sont importantes dans la construction des modèles.

Cependant, le taux de bon classement sur l'échantillon test obtenu par le réseau neuronal est supérieur à ceux obtenus par les deux autres méthodes. Il n'existe donc pas de modèle de credit scoring idéal. La combinaison de plusieurs modèles permettra d'obtenir de meilleurs résultats. Toutefois, la régression logistique demeure une méthode de référence utilisée par beaucoup de banques à l'échelle internationale, notamment pour l'évaluation du risque de crédit des PME. Elle a les avantages de présenter une fonction score claire, d'être facile à interpréter et aussi facile à manipuler.

Le traitement de l'échantillon a pris beaucoup de temps. Les banques prennent conscience de l'importance des systèmes de notation et se focalisent dessus. Elles devraient

s'investir autant dans le traitement des données qui vont alimenter le modèle, car leurs exactitude et précision sont indispensable pour la construction d'un modèle de qualité.

Les modèles élaborées dans ce mémoire ont pris en compte des variables quantitatives et qualitatives. Or, ces deux types de variables ne suffisent pas à elles seules pour modéliser correctement le risque de crédit. Des pistes de recherche ont démontré que s'autres types de variables influent énormément les modèles de scoring. Il s'agit notamment des variables comportementales.

## BIBLIOGRAPHIE

### Articles

- Abdou et Pointon (2011), « Credit scoring, Statistical Techniques and Evaluation Criteria : A Review of the Literature ».
- Altman E. et Heine L. (2007), « Corporate Financial Distress Diagnosis in China ».
- Altman E. (1968), « Financial Ratios, Discriminant Analysis, and the Prediction of corporate Bankruptcy».
- Anderson (2007) , «The Credit Scoring Toolkit : Theory and Practice for Retail Credit Risk Management and Decision Automation».
- Azzouz E. (2009), « La gestion du risque crédit par la méthode du scoring: cas de la Banque Populaire de Rabat- Kénitra ».
- Bailey (2004), « Consumer Credit Quality: Underwriting, Scoring, Fraud, Prevention and Collections», Kingswood, Bristol: White Box Publishing.
- Bardos et Zhu (1997), « Comparaison de l'analyse discriminante linéaire et des réseaux de neurones, applications à la détections de défaillance d'entreprises », Revue de statistiques appliquées.
- Boubacar D. (2006), « Un modèle de Crédit Scoring pour une institution de micro-finance africaine : le cas de nyesigiso au Mali ».
- Couderc N. et Dumont O. (2010), « D'une crise à l'autre : Des subprimes à la crise mondiale ».
- Crook, Edelman et Thomas (2007), « Recent Developments in Consumer Credit Risk Assessment », European Journal of Operational Research.
- Desjardins J. (2005), « L'analyse de régression logistique ».
- Devaney S (1994), « The Usefulness of Financial Ratios as Predictors of Household Insolvency: Two Perspectives ».
- Dietsch et Petey J (2003), « Mesure et gestion du risque de crédit dans les institutions financières ».
- Feldman R. (1997),« Small Business Loans, Small Banks and Big Change in Technology Called Credit Scoring», The Region.
- Fernandes G. et Artes R. (2015), « Spatial Dependence in Credit Risk and Its Improvement in Credit Scoring».

- Frydman H., Altman E., Kao D. (1985), « Introducing Recursive Partitioning for Financial Classification : The Cas of Financial Distress».
- Gadhoun Y., Gueyié J. et Siala M. (2007), « La décision de crédit : Procédure et comparaison de la performance de quatre modèles de prévision d'insolvabilité » , La revue des sciences de gestion .
- Hafedh E. (2015), « Initiation aux Réseaux de Neurones Artificiels ».
- Harris T. (2015), « Credit Scoring Using the Clustered Support Vector Machine ».
- Koutanaei F., Sajedi H. etKhanbabaie M. (2015), « A Hybrid Data Mining Model of Feature Selection Algorithms and Ensemble Learning Classifiers for Credit Scoring».
- Laskshan A. etWijekoon N. (2013), « The use of financial Ratios in Predicting Corporate Failure in Sri Lanka», Journal on Business Review.
- Lessmanna S., Baesensb B., Seowd H. etThomasc L. (2015), « Benchmarking State of the Art Classification Algorithms for Credit Scoring: An update of Research ».
- Matoussi H. et Krichéne A. (2010), « La prévention du risque de défaut dans les banques tunisiennes :Analyse comparatives entre les méthodes linéaires classiques et les méthodes d'intelligence artificielle : les réseaux de neurones artificiels »
- Matoussi H., Mouelhi R. et Salah S. (1999) , « La prédiction de faillite des entreprises tunisiennes par la régression logistique »
- Mraih F. (2015), « Distressed Company Prediction Using Logistic Regeression : Tunisian's Case »
- Noyer, (2004), «Bale II: Genèse et enjeux», Conférence débat, association d'économie financière .
- Odom M. etSharada R. (1990), « A Neutral Networks Model for Bankruptcy Prediction ».
- Ohlson J. (1980),« Financial Ratios and the Probabilistic Prediction of Bankruptcy ».
- Rais Ahmad Itoo et Selvarasu, 2015,« Case Study of Consumer Credit Scoring : A Proposal ».
- Refait C. (2014), «La prévision de la faillite fondée sur l'analyse financière de l'entreprise : un état des lieux », Economie et prévision.
- Rougés V. (2003), « Gestion bancaire du risque de non remboursement des crédits aux entreprises : une revue de la littérature ».
- Thomas, Edelman, et Crook (2002), « Credit Scoring and Its Applications, Philadelphia : Society for Industrial and Applied Mathematics».



- Tiesset et Troussard, (2005), «Capital réglementaire et capital économique», Revue de la stabilité financière.
- Tufféry S. (2007), « Data mining et statistique décisionnelle ».
- Verbraeken T., Bravo C., Weber R. et Baesens B. ( 2015), « Development and Applications of Consumer Credit Scoring Models Using Profit based Classification Measures ».
- Yang L. (2001),« New Issues in Credit Scoring Application ».

### Ouvrage, Thèses et Rapports

- Dumontier, Dupre, et Martin, (2008), « Gestion et contrôle des risques bancaires : L'apport des IFRS et de Bale II », Paris : Revue Banque Edition.
- Circulaire n° 91-24 relative à la « Division, couverture des risques et suivi des engagements », Banque Centrale de Tunisie (BCT), 1991.
- Circulaire n°2016-06 relative au « Système de notation des contreparties », Banque Centrale de Tunisie (BCT), 2016.
- Guizani A. (2014), « Traitement des dossiers refusés dans le processus d'octroi de crédit aux particuliers », école doctorale paris.
- Heem, (2000), « Le contrôle interne du risque de crédit bancaire », thèse de doctorat, Université de Nice.
- Hlel M. (1994), « Le risque de crédit et la défaillance d'entreprise : une présentation théorique et une évaluation empirique »
- Le rapport de KPMG , Mars 2011.
- Le rapport de la BCT , 2014.
- Le rapport annuel de la Banque de l'Habitat de 2015.
- Roncalli, (2004), « Gestion des Risques Financiers »
- Thomas A. (2000), « Econométrie des variables qualitatives »
- Verboomen A. et De Bel L,(2011), « Bale II et le risque de crédit : les règles actuelles et leur évolution sous bale III »

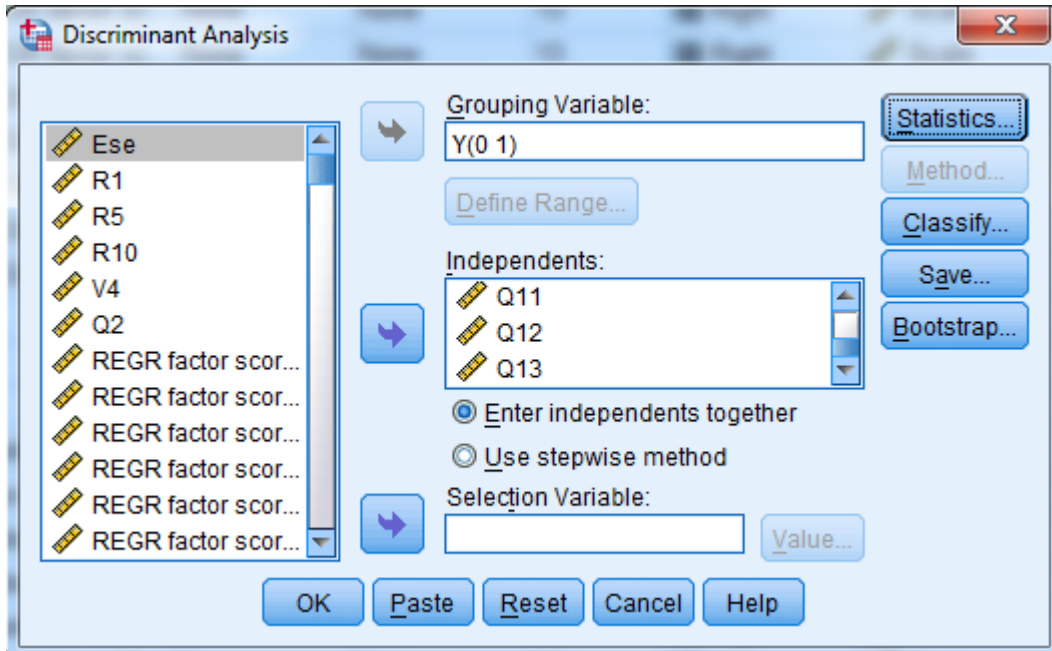
## **Site Web**

- [www.bct.com.tn](http://www.bct.com.tn)
- [www.revue-banque.fr](http://www.revue-banque.fr)
- [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)
- [www.vernimmen.net](http://www.vernimmen.net)
- [www.ins.com.tn](http://www.ins.com.tn)
- [www.cmf.com.tn](http://www.cmf.com.tn)

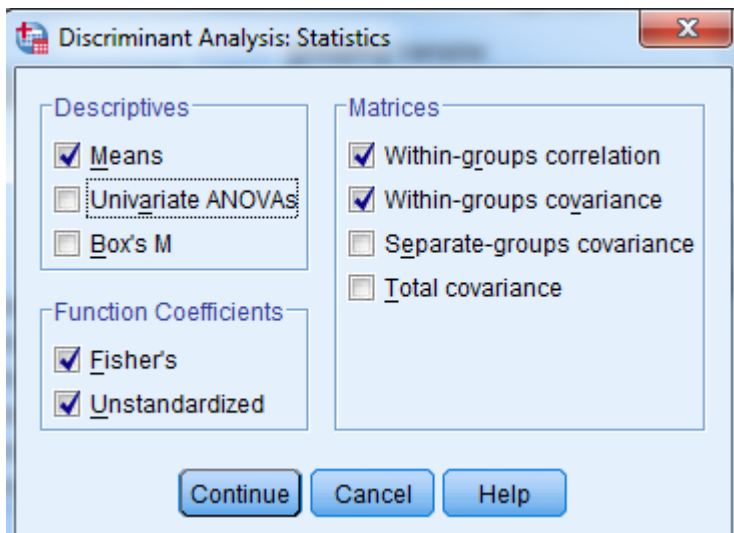
## ANNEXES

### 1- L'analyse discriminante sur SPSS 20

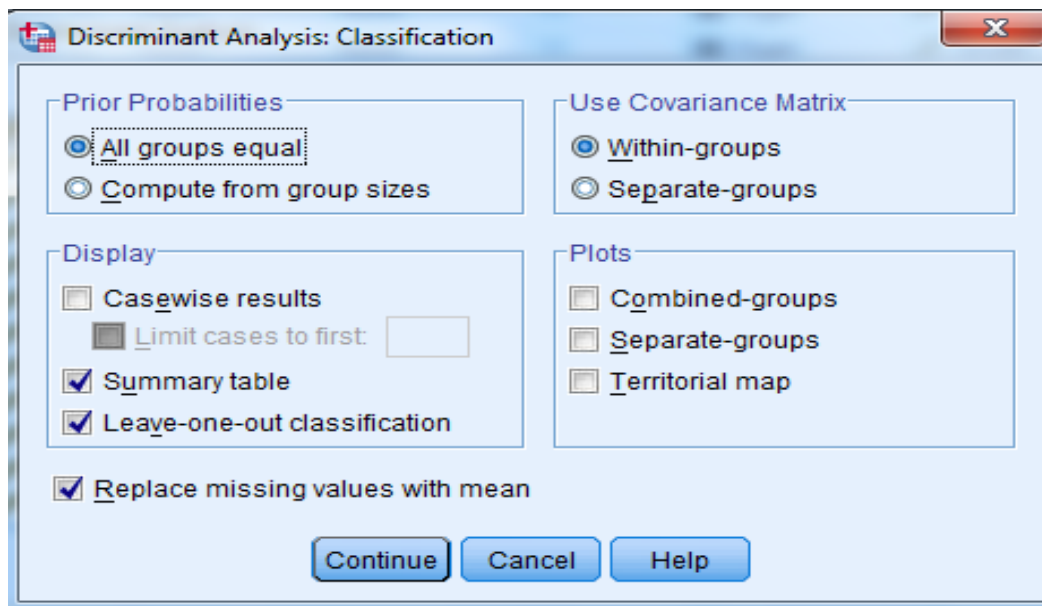
Annexe 1 :



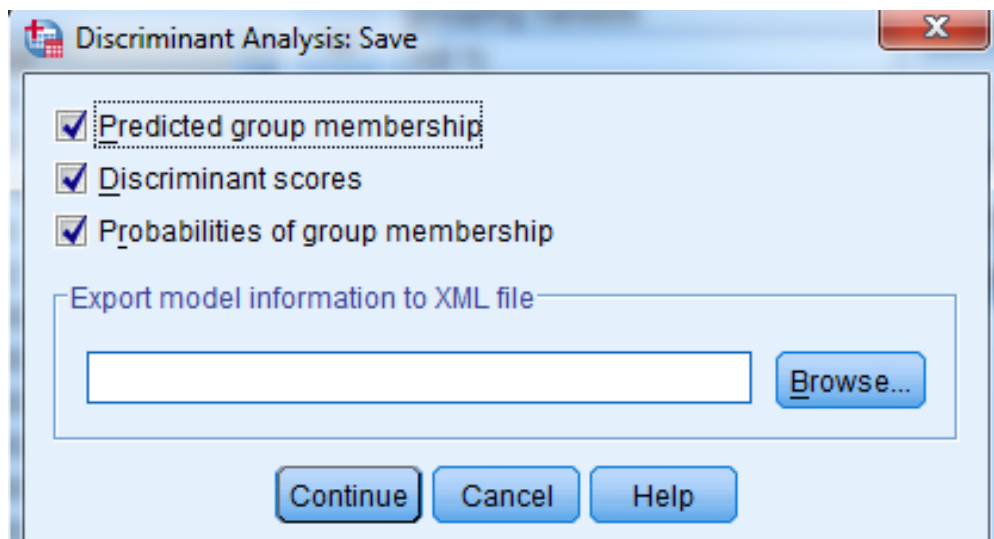
Annexe 2 :



**Annexe 3 :**

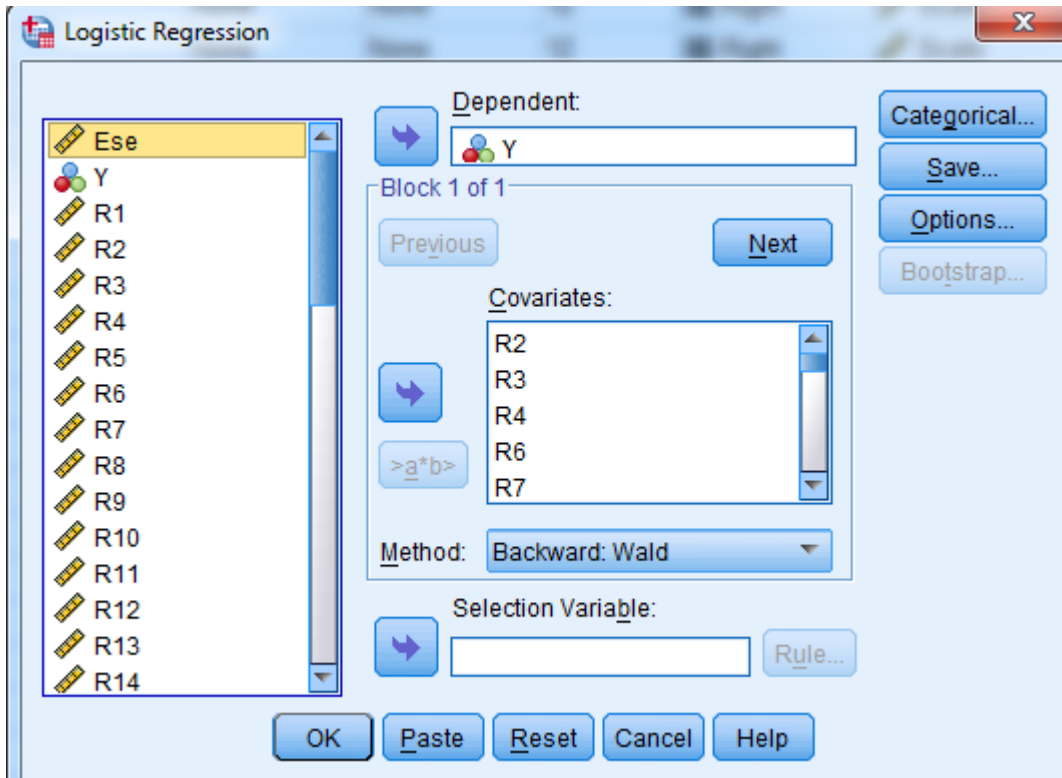


**Annexe 4 :**

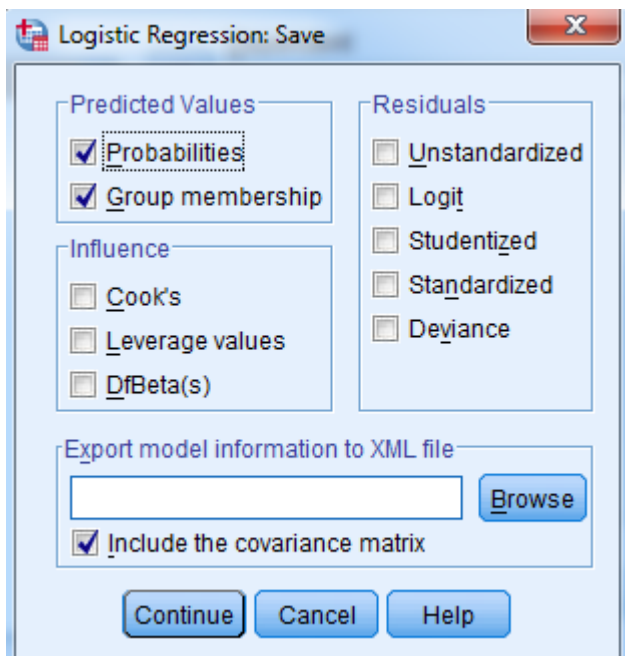


## 2- La régression logistique sur SPSS 20

### Annexe 1 :



### Annexe 2 :



## Annexe 3 :

Logistic Regression: Options

**Statistics and Plots**

Classification plots  Correlations of estimates

Hosmer-Lemeshow goodness-of-fit  Iteration history

Casewise listing of residuals  CI for exp(B): 95 %

Outliers outside 2 std. dev.

All cases

**Display**

At each step  At last step

**Probability for Stepwise**

Entry: 0,05 Removal: 0,10

Classification cutoff: 0,5

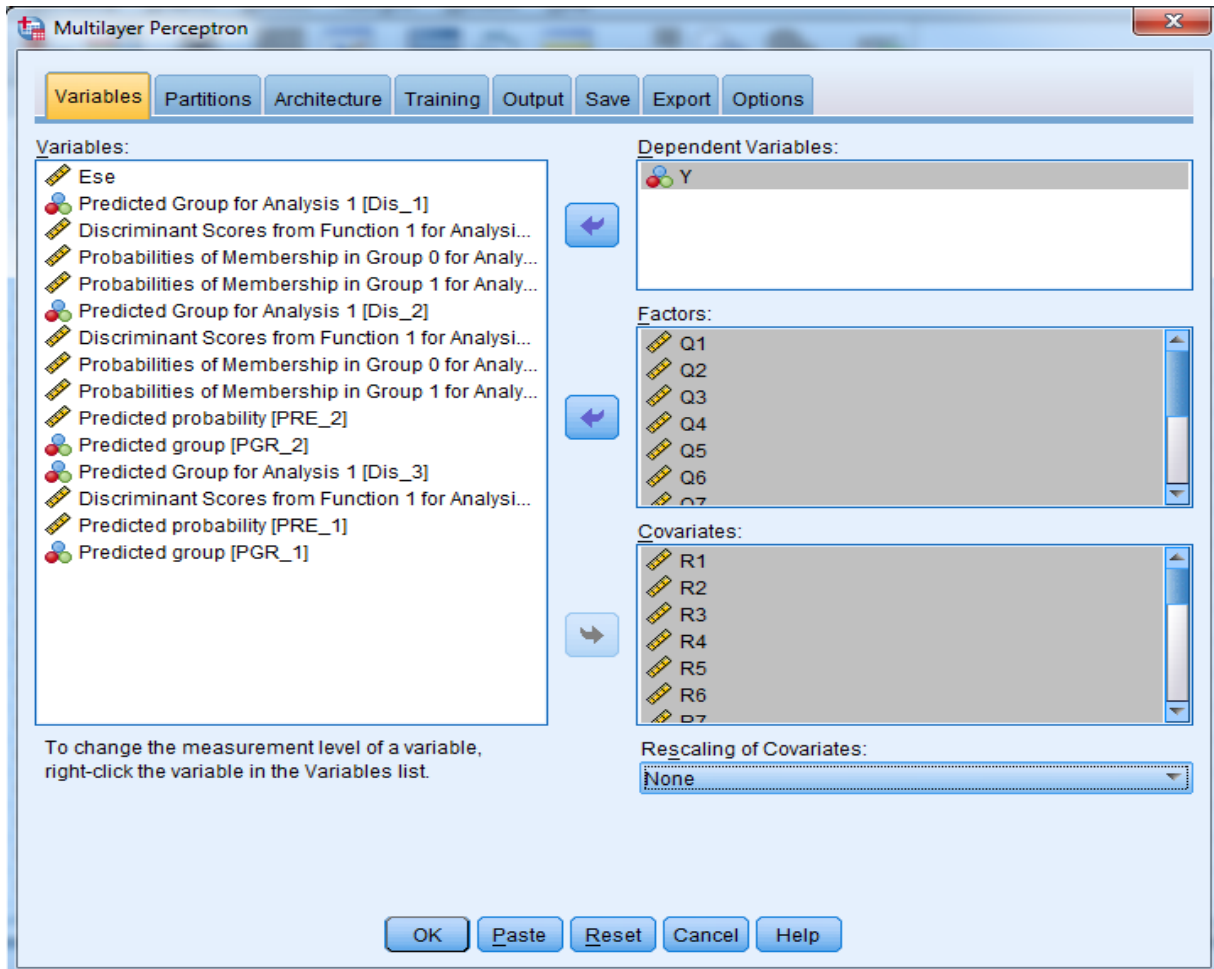
Maximum iterations: 20

Include constant in model

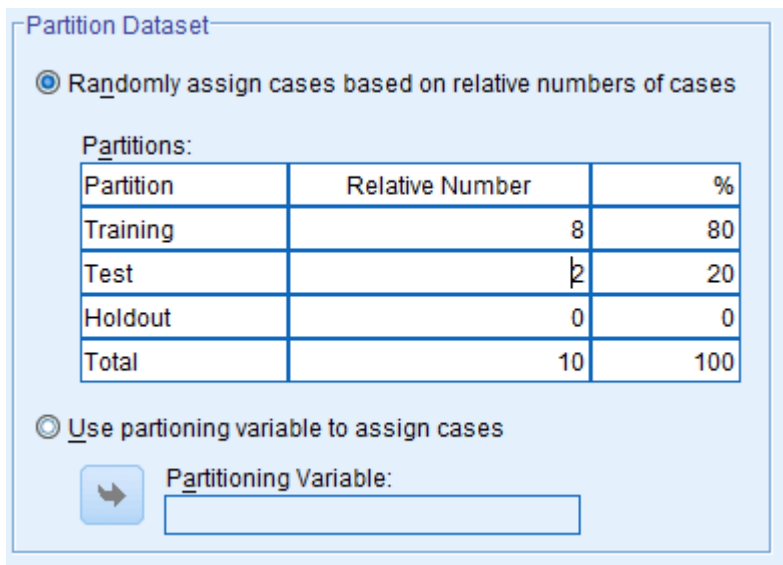
Continue Cancel Help

### 3- Le réseau neuronal

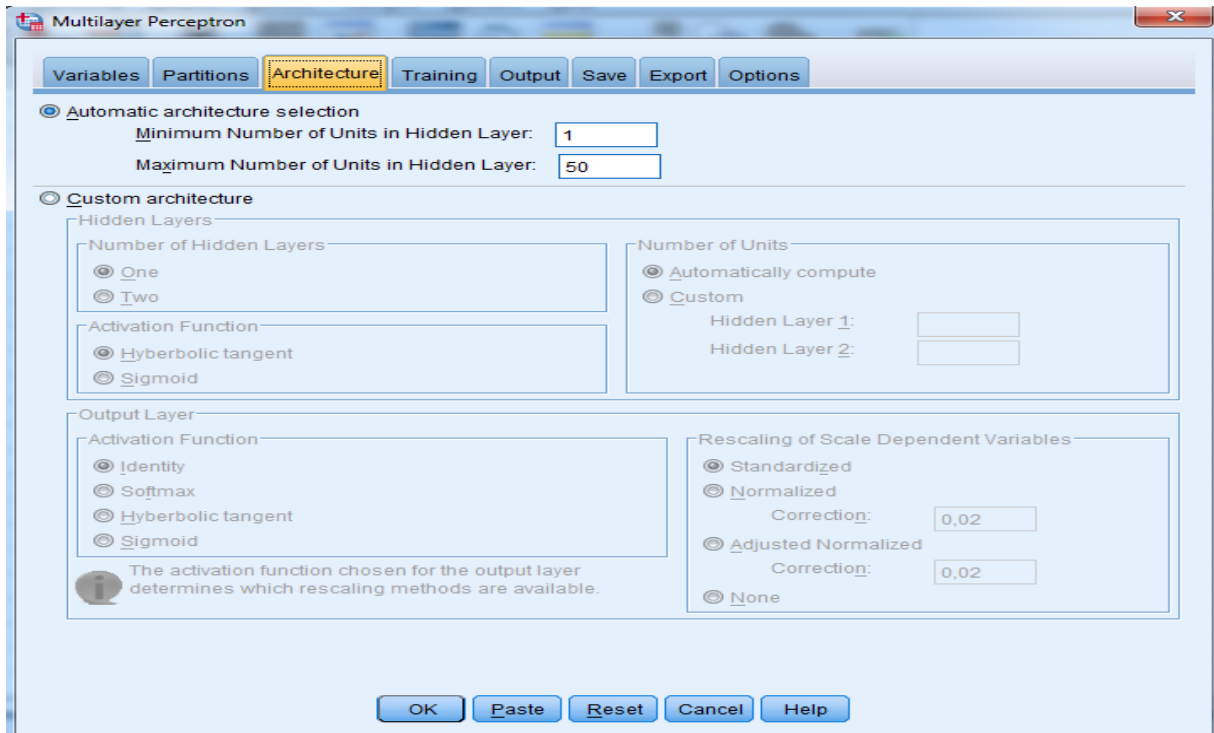
#### Annexe 1 :



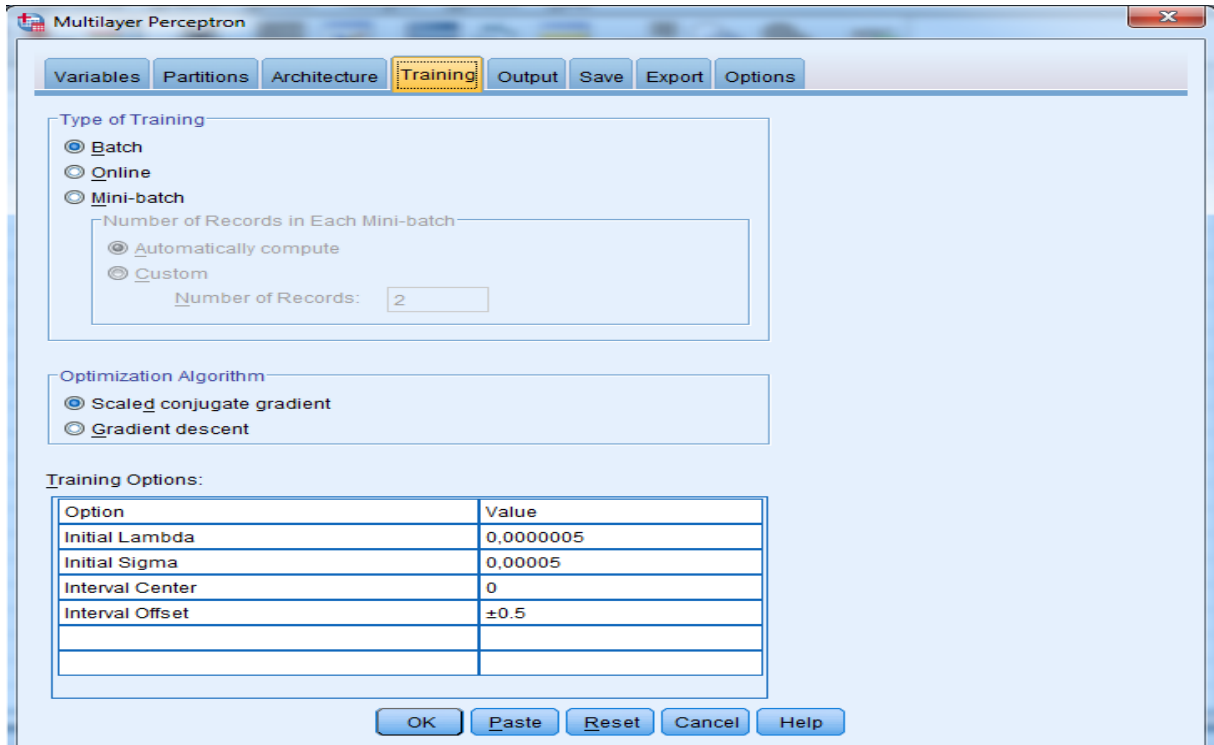
#### Annexe 2 :



**Annexe 3 :**

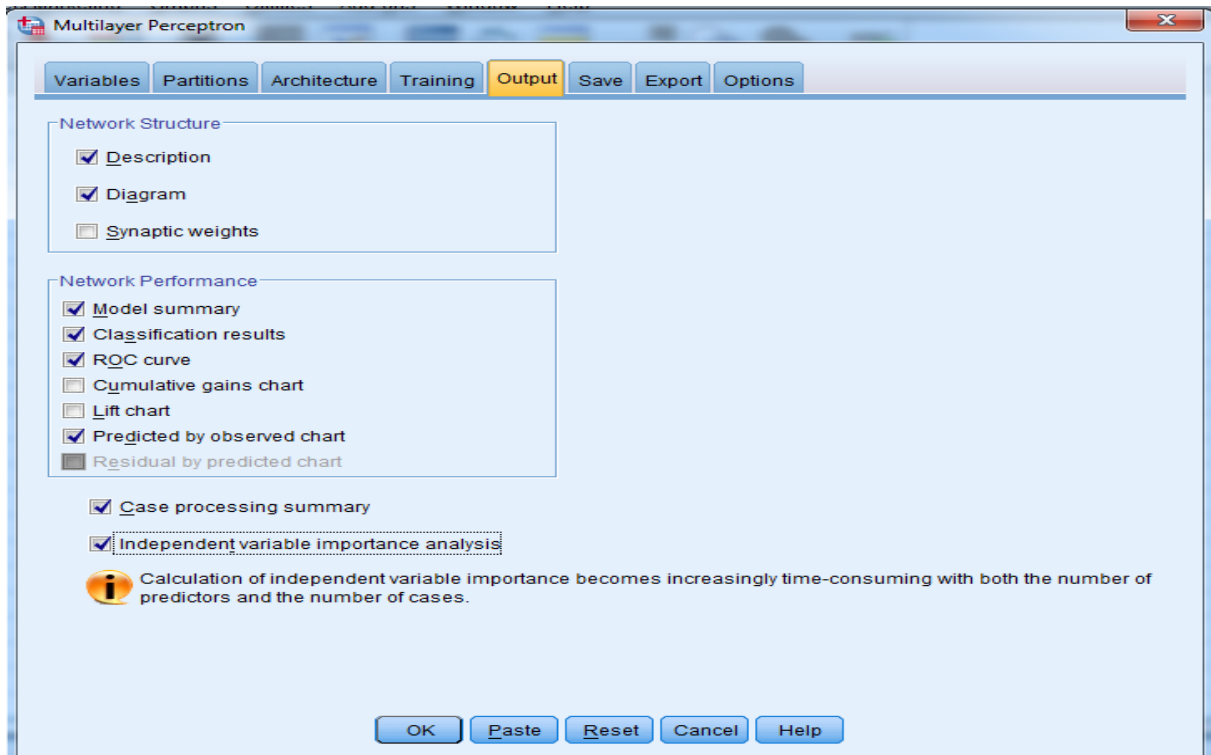


**Annexe 4 :**

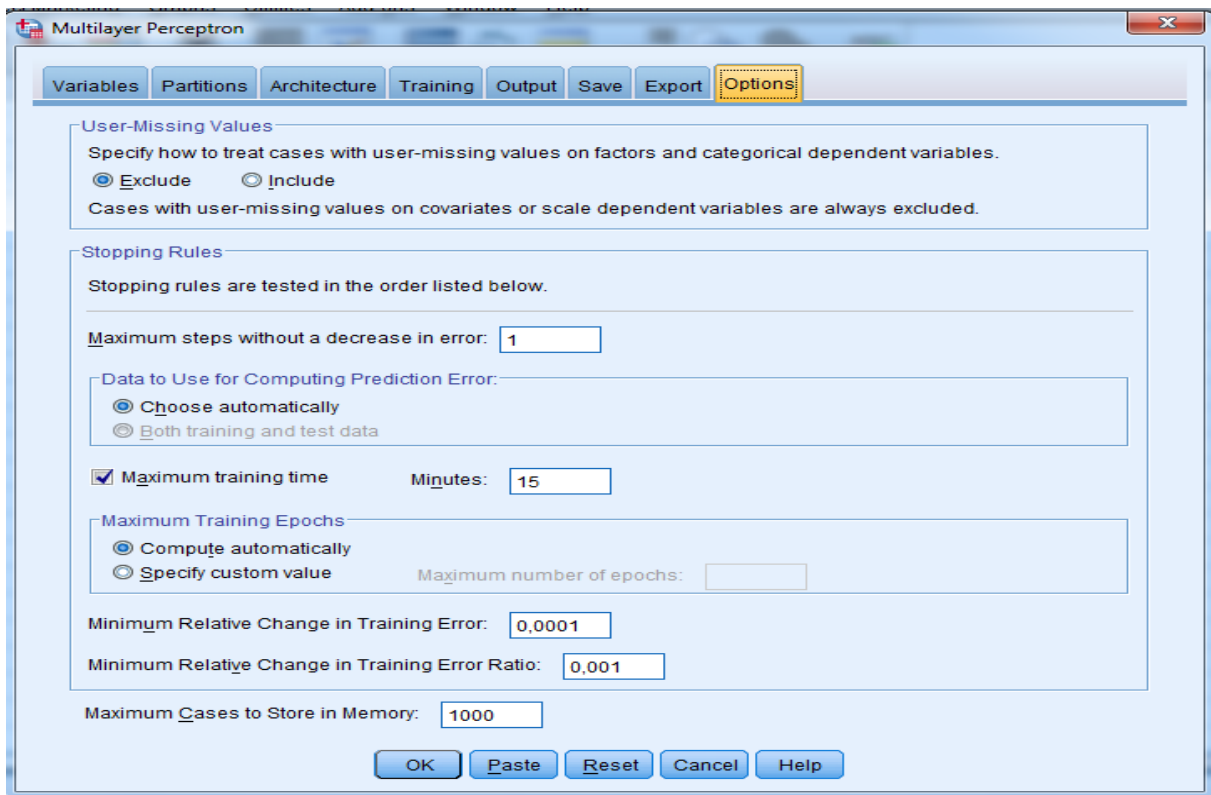




Annexe 5 :



Annexe 6 :



## **TABLES DES MATIERES**

<b>LISTE DES TABLEAUX .....</b>	<b>1</b>
<b>LISTE DES FIGURES .....</b>	<b>3</b>
<b>INTRODUCTION GENERALE .....</b>	<b>4</b>
<b>CHAPITRE I : LA RÉGLEMENTATION PRUDENTIELLE EN MATIÈRE DE RISQUE DE CRÉDIT .....</b>	<b>6</b>
<b>SECTION 1 : GÉNÉRALITÉS SUR LES RISQUES BANCAIRES.....</b>	<b>8</b>
<b>SECTION 2 : LES RÈGLES PRUDENTIELLES INTERNATIONALES : LES ACCORDS DE BÂLE .....</b>	<b>11</b>
<b>1- L'accord de Bâle I .....</b>	<b>11</b>
<b>1-1- Les fonds propres nets .....</b>	<b>12</b>
<b>1-2- Le risque pondéré.....</b>	<b>13</b>
<b>1-3- Les limites de Bâle I .....</b>	<b>13</b>
<b>2- L'accord de Bâle II.....</b>	<b>14</b>
<b>2-1- Champs d'application .....</b>	<b>15</b>
<b>2-2- Pilier 1 : L'exigence minimale en fonds propres .....</b>	<b>15</b>
<b>2-2-1- L'approche standard .....</b>	<b>17</b>
<b>2-2-2- L'approche basée sur la notation interne (IRB) : .....</b>	<b>20</b>
<b>2-2-2-1- Estimation de la PD :.....</b>	<b>21</b>
<b>2-2-2-2- Estimation de la LGD : .....</b>	<b>21</b>
<b>2-2-2-3- Estimation de l'EAD .....</b>	<b>22</b>
<b>2-2-2-4- Estimation de M.....</b>	<b>23</b>
<b>2-3- Pilier 2 : la procédure de surveillance prudentielle .....</b>	<b>24</b>
<b>2-4- Pilier III : la discipline de marché .....</b>	<b>25</b>
<b>2-5- Les insuffisances de l'accord de Bâle II .....</b>	<b>26</b>
<b>3- L'accord de Bâle III .....</b>	<b>28</b>

3-1- Présentation de l'accord de Bâle III .....	28
3-2- Les limites de l'accord de Bâle III .....	33
<b>SECTION 3 : LA RÉGLEMENTATION TUNISIENNE EN MATIÈRE DE GESTION DE RISQUE DE CRÉDIT .....</b>	<b>34</b>
1- La division et la couverture du risque .....	34
1-1- La division du risque .....	34
1-2- La couverture du risque .....	35
2- La classification des actifs et la constitution de provisions .....	36
2-1- La classification des actifs .....	36
2-2- La constitution de provisions .....	37
3- Implémentation de système de notation .....	37
3-1- Paramètres de notation et structure du système de notation .....	38
3-2- Documentation relative au système de notation .....	39
3-3- Gouvernance et contrôle du système de notation .....	39
<b>CHAPITRE II : UNE REVUE DE LA LITTÉRATURE : UN PANORAMA DES DIFFÉRENTES TECHNIQUES DE NOTATION INTERNE .....</b>	<b>41</b>
Introduction .....	41
<b>SECTION 1 : LES MÉTHODES D'ÉVALUATION DU RISQUE DE CRÉDIT .....</b>	<b>43</b>
1- Les modèles de scoring .....	43
1-1- Méthodologie d'élaboration d'un modèle de score .....	43
1-2- Condition d'utilisation .....	45
1-3- Intérêt et limites des modèles de scoring: .....	46
2- Les systèmes experts .....	46
2-1- Construction d'un système expert .....	47
2-2- Avantages et limites d'un système expert : .....	47
<b>SECTION 2 : LA NOTATION EXTERNE .....</b>	<b>49</b>
1- Les agences de notation .....	49
1-1- Rôle des agences de notation .....	49

1-2- Typologie des notes : .....	49
2- Processus de notation .....	50
<b>SECTION3 : LES MÉTHODES DE LA NOTATION INTERNE.....</b>	<b>52</b>
1- Les méthodes paramétriques.....	52
1-1- L'analyse discriminante.....	52
1-1-1- Le modèle d'Altman (1968) .....	53
1-1-2- La modèle de Conan et Holder (1979) :.....	54
1-2- La régression logistique .....	55
1-2-1- Définitions .....	55
1-1-3- Les propriétés mathématiques de la régression logistique :.....	56
2- Les méthodes non paramétriques .....	61
2-1- L'arbre de décision.....	61
2-2- Les réseaux neuronaux .....	62
<b>SECTION 4 : LA MESURE DU RISQUE DE DÉFAUT À PARTIR DES PRIX DU MARCHÉ.....</b>	<b>65</b>
1- Approche par les spreads : du prix des obligations corporate aux probabilités de défaut .....	65
2- L'utilisation des prix des actions pour estimer les probabilités de défaut : le modèle de Merton .....	67
<b>SECTION 5 : LA MESURE DU RISQUE DE CRÉDIT AU NIVEAU DU PORTEFEUILLE .....</b>	<b>69</b>
1- Le modèle KMV .....	69
1-1- Principe du modèle.....	69
1-2- Hypothèses du modèle .....	70
1-3- Le paramétrage du modèle .....	71
2- Creditmetrix – le modèle de JP Morgan .....	74
2-1- Principe du modèle.....	74
2-2- Paramétrage du modèle .....	74

3- CreditRisk +.....	76
4- CreditPortfolioView de McKingsey.....	76
Conclusion.....	79
<b>CHAPITRE III : L'ÉLABORATION DU MODÈLE DE NOTATION INTERNE 80</b>	
<b>SECTION 1 : PRÉSENTATION DE LA BH ET DES PME EN TUNISIE.....</b>	<b>81</b>
1 - Activité et performance de la banque de l'habitat.....	81
1-1- Le produit net bancaire .....	81
1-2- Le résultat net de l'exercice.....	82
1-3- Quelques ratios .....	82
1-3- Les crédits commerciaux .....	84
2- Les PME en Tunisie .....	85
<b>SECTION 2 : PRESENTATION DE L'ÉCHANTILLON ET DES VARIABLES... 87</b>	
1- L'échantillonnage.....	87
1-1- L'échantillon de construction.....	87
1-2- Les échantillons de validation .....	87
2- Les variables du modèle.....	88
2-1- La variable dépendante .....	88
2-2-1- Les variables quantitatives .....	89
2-2-2- Les variables qualitatives .....	92
2-3- L'analyse de la corrélation entre les variables .....	93
2-3-1- Les variables quantitatives .....	93
2-3-2- Les variables qualitatives.....	96
<b>SECTION 3 : LA CONSTRUCTION DU MODÈLE SCORING PAR L'ANALYSE DISCRIMINANTE LINÉAIRE..... 98</b>	
1- La sélection des variables .....	98
2- La fonction score et l'interprétation des résultats.....	100
2-1- La fonction score .....	100

2-2- L'interprétation des variables discriminantes.....	101
3 – La performance du modèle .....	103
3-1- La courbe de performance ROC (Receiver Operating Characteristic) .....	103
3-2- La méthode de resubstitution et de validation croisée.....	105
<b>SECTION 4 : LA CONSTRUCTION DU MODÈLE SCORING PAR LA RÉGRESSION LOGISTIQUE .....</b>	<b>108</b>
1-La sélection des variables .....	108
2- La fonction score et l'interprétation des variables discriminantes.....	109
3 – La performance du modèle .....	112
<b>SECTION 5 : LA CONSTRUCTION DU MODÈLE SCORING PAR LE RÉSEAU DE NEURONES .....</b>	<b>116</b>
1- Le choix de la procédure et le partitionnement des données.....	116
1-1- Le choix de la procédure .....	116
1-2- Le partitionnement des données .....	117
2- Structure du réseau neuronal.....	117
3- Résultats obtenus.....	119
3-1- Les taux de bon classement .....	119
3-2- Le pouvoir classifiant des variables indépendantes .....	120
3-3- La courbe ROC.....	121
<b>SECTION 6 : LA CONSTRUCTION DU MODÈLE DE NOTATION INTERNE</b>	<b>123</b>
1- La comparaison des résultats .....	123
1-1- Les courbes ROC.....	123
1-2- La méthode de resubstitution et de validation croisée.....	123
2- La construction des notes à partir des scores .....	124
<i>Conclusion</i> .....	126
<b>CONCLUSION GENERALE .....</b>	<b>127</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>129</b>
<b>ANNEXES .....</b>	<b>133</b>

***TABLES DES MATIERES*..... 140**