



المندوبية السامية للتخطيط
HAUT-COMMISSARIAT AU PLAN

ROYAUME DU MAROC
*_*_*_*_*
HAUT COMMISSARIAT AU PLAN
*_*_*_*_*_*_*_*_*_*

INSTITUT NATIONAL
STATISTIQUE ET D'ECONOMIE APPLIQUEE



INSEA

Projet de Fin d'Etudes

CDG Group Risk Management : Processus d'allocation stratégique des fonds propres et de pilotage Rendement/Risque

Préparé par : Mlle. CHAJIE Mouna

Sous la direction de : M. EL QALLI Yassine (INSEA)
M. LAHARACH Youssef (CDG)
Mme. HAFSI Samia (CDG)

*Soutenu publiquement comme exigence partielle en vue de l'obtention du
Diplôme d'Ingénieur d'Etat*

Filière : Actuariat-Finance

Devant le jury composé de :

- M. EL QALLI Yassine (INSEA)
- M. DOGHMI Ahmed (INSEA)
- M. LAHARACH Youssef (CDG)
- Mme. HAFSI Samia (CDG)

Dédicace

Je dédie ce modeste travail

A ceux qui m'ont donné la vie, mes très chers parents, qui ont toujours été présents pour moi dans les situations les plus difficiles, et plus spécialement au centre de mon cœur, ma chère maman, celle qui m'a donné tout l'amour et la tendresse du monde, celle qui m'a éclairée dans les ténèbres, celle qui a semé mon bonheur, la flamme qui a éradiqué mes malheurs, mon espoir dans ma peur, celle qui a rendu ma crainte une intrépidité.

A mon unique sœur, qui sans elle, la vie ne saurait avoir son charme, je veillerai à ce que je sois ton meilleur exemple pour que tu puisses atteindre tes objectifs.

A tous mes amis qui ont toujours été là pour moi, votre amitié ne fait qu'embellir ma vie.

A tous ceux qui me connaissent et qui ont contribué de près ou de loin à l'achèvement de ce travail.

Je vous aime tous de tout mon cœur.

Mouna

Remerciements

Il m'apparaît opportun, avant de développer mon expérience professionnelle, de m'acquitter d'une dette de reconnaissance auprès de toutes les personnes ayant contribué à l'aboutissement de ce projet.

*Qu'il me soit permis, au terme de ce travail, d'exprimer ma profonde gratitude et mes vifs remerciements, à mon respectueux professeur **M. EL QALLI Yassine**, pour son encadrement, sa disponibilité et ses directives précieuses qui m'ont aidé tout au long de ce stage. Qu'il trouve ici l'expression de mon profond respect et ma grande considération pour ses compétences et qualités humaines.*

*Je remercie, par la présente, **M. LAHARACH Youssef**, Directeur de la Modélisation et du Développement au sein de la CDG, de m'avoir accueilli au sein de sa direction, et pour la qualité du savoir qu'il m'a transmis. Malgré les occupations et les responsabilités qu'il assume, il a toujours eu le temps pour appuyer mon travail et m'orienter tout au long de ce stage.*

*Je saisis l'occasion pour remercier vivement mon encadrante de stage **Mme. HAËSI Samia**, Risk Manager au sein de la direction de la Modélisation et du Développement. Qu'elle trouve ici le témoignage de mon estime et de mon insondable reconnaissance de m'avoir écouté, pour sa disponibilité, ses conseils abyssaux, la qualité de son suivi au jour le jour et sa compétence qu'elle m'a prodiguée.*

*Mes sentiments de gratitude s'adressent également à **Mme. HAJIB BOUAMRI Achaïmae**, **Mme. SAËBAN Amal**, **M. ALAOUI Smail**, **Mme. NARJISS Hind**, et **Mme. FENNICH Rim**, non seulement pour leur amabilité, mais aussi d'avoir rendu le milieu de travail plus aimable en faisant preuve d'un grand sens d'hospitalité.*

Je ne saurai terminer ces remerciements sans rendre grâce à la gentillesse de tout le personnel de la CDG aussi accueillant et serviable.

*Je conserve un remerciement spécial à **M. DOGHMI Ahmed** de m'avoir honorée avec grande sympathie, de siéger parmi mon jury de soutenance, et d'accepter d'évaluer ce travail.*

Enfin, je remercie chaleureusement tout le corps professoral et administratif de l'Institut National de Statistique et d'Economie Appliquée pour les bases inculquées au cours de ma formation, et tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'achèvement de cet humble travail.

Résumé

Sous toutes ses formes, le risque est source de chaos, une contingence qui entraîne dans son sillage des menaces pour tous les opérateurs des marchés financiers. A ce titre, les institutions financières sont toujours à l'affût de la quantification et de la gestion de ces risques financiers. La CDG, qui ne fait pas exception à la règle, est tenue de contrôler en permanence l'adéquation de ses fonds propres à l'ensemble des risques générés. Il s'agit d'une étape importante pour parfaire l'ossature du groupe. De ce fait, le projet Capital Risk Management vient en réponse à un besoin éminent de corroborer le dispositif de pilotage stratégique du groupe CDG, Etablissement Public et principales filiales, et de se doter d'un outil d'allocation stratégique des fonds propres à l'échelle du groupe.

Par ailleurs, ce projet se déroule en deux grandes étapes. La première consiste à quantifier tous les risques afférents à l'activité financière de l'institution, et par conséquent de trouver l'estimation du couple Rendement/Risque. A noter que l'étude portera principalement sur le risque de marché, le risque de crédit, le risque opérationnel, et le risque de taux. La deuxième partie est consacrée à l'outil d'allocation stratégique, traduisant la vision d'aversion aux risques du groupe, et permettant de définir la structure optimale entre ses filiales. Cette allocation sera effectuée grâce à des simulations de portefeuilles possibles qui répondent à plusieurs contraintes guidées par les orientations stratégiques.

Mots-clés

- Allocation stratégique ;
- Exigences en fonds propres ;
- Rentabilité ;
- Risque de crédit ;
- Risque de marché ;
- Simulation ;
- Value-at-Risk.

Liste des abréviations

A

ADF : Augmented Dickey-Fuller
AMMC : Autorité Marocaine du Marché des
 Capitaux
APT : Arbitrage Pricing Theory
ATI : Aménagement du Territoire et
 Infrastructure
AUDA : Agence d'Urbanisation et de
 Développement d'ANFA

B

BAM : Bank Al-Maghrib
BDT : Bon De Trésor
BVC : Bourse des Valeurs de Casablanca

C

CAPM : Capital Asset Pricing Model
CDG : Caisse de Dépôt et de Gestion
CDG EP : Caisse de Dépôt et de Gestion
 Etablissement Public
CDGK : CDG Capital
CFVaR : Value-at-Risk corrigée par
 l'approximation de Cornish-Fisher
CGI : Compagnie Générale Immobilière
CIH : Crédit Immobilier et Hôtelier
CRM : Capital Risk Management
CT : Court Terme

D

DMD : Direction de la Modélisation et du
 Développement

E

EAD : Exposure At Default
EFP : Exigences en Fonds Propres

F

FC : Foncière Chellah
FIN : Financier
FIPAR : Holding Financière de
 Participations et d'investissement
FP : Fonds Propres
FPE : Fonds Propres Economiques
FPE tg : Fonds Propres Economiques du
 portefeuille **tangent**
FPP : Fonds Propres Prudentiels

G

GARCH : General AutoRegressive
 Conditionnal Heteroscedasticity

H

HZT : Sociétés Hôtelières et Zones
 Touristiques

I

IML : promotion Immobilière et Immobilier Locatif

L

LGD : Loss Given Default
LT : Long Terme

M

MASI : Moroccan All Shares Index
MBI : Moroccan Bonds Index
MEDAF : Modèle d'Evaluation Des Actifs
 Financiers
MLT : Moyen et Long Terme
MNI : Modèle de Notation Interne
MNF : Modèle de Notation des Filiales
MRB : Biais Relatif Moyen
MT : Moyen Terme

O

OPCVM : Organisme de Placement Collectif
 en Valeurs Mobilières

P

P&L : Profit and Loss
PD : Probabilité de Défaut
PF : Pôle Finance de la CDG EP
PNB : Produit Net Bancaire
POF : Proportion Of Failures
PTF : Portefeuille

Q

Q-Q Plot : Quantile-Quantile Plot

R

RG : Rentabilité Globale
RG tg : Rentabilité Globale du portefeuille
tangent

S

SAL : Système d'Allocation optimale des
 fonds propres et de Limites
SQR : Système de Quantification des Risques
SDS : Société de Développement de SAIDIA
SCR : Société Centrale de Réassurance
SONADAC : Société Nationale
 d'Aménagement Communal
SHN : Société Hôtelière de NADOR

T

TRI : Taux de Rentabilité Interne

V

VaR : Value-at-Risk
VBA-Excel : Visual Basic for Applications
 sous EXCEL

Liste des tableaux

Tableau 1. Les catégories de risques, centre d'intérêt du PRM	20
Tableau 2. Principaux segments et filiales retenus pour le projet CRM	28
Tableau 3. La nomenclature adoptée tout au long du rapport.	28
Tableau 4. Les quatorze classes d'actifs arrêtées dans le cadre du projet CRM.....	29
Tableau 5. Les différents acteurs du projet et leurs rôles respectifs.....	30
Tableau 6. Résumé des articles 48 à 55 de la circulaire 26/G/2006 relative à l'approche standard pour le risque de marché.....	37
Tableau 7. Les facteurs complémentaires correspondant à chaque nombre de dépassements.	38
Tableau 8. Avantages et inconvénients de la VaR historique et de la VaR paramétrique.....	42
Tableau 9. Les résultats du test ADF effectué pour l'action 3 sous Eviews.	45
Tableau 10. Les résultats du test ADF effectué pour le rendement de l'action 3 sous Eviews.....	46
Tableau 11. Les poids respectifs des actions dans le portefeuille.	48
Tableau 12. Les résultats de la VaR historique pour les trois niveaux de confiance et trois horizons, en valeur absolue et en pourcentage.....	48
Tableau 13. La matrice de variance-covariance des 6 actions de notre portefeuille.	49
Tableau 14. Les résultats de la VaR paramétrique pour les trois niveaux de confiance et trois horizons, en valeur absolue et en pourcentage.....	50
Tableau 15. Les résultats de la CFVaR pour les trois niveaux de confiance et trois horizons, en valeur absolue et en pourcentage.....	51
Tableau 16. Le nombre de dépassements relatif à chaque méthode de calcul de la VaR.....	54
Tableau 17. Les résultats des statistiques POF et MRB des méthodes retenues pour le calcul de la VaR....	54
Tableau 18. Les résultats de l'implémentation des différentes méthodes de calcul de la volatilité.	57
Tableau 19. Résultats des calculs de la volatilité pour le portefeuille obligataire.....	58
Tableau 20. Méthodologie adoptée par le CRM pour le calcul de la PD ajustée.	62
Tableau 21. Grille de notation MNI de la CDG EP.....	64
Tableau 22. Les résultats de l'estimation de la PD selon la méthodologie du CRM.	65
Tableau 23. Les résultats du calcul de la PD pour chaque émission du portefeuille obligataire.....	66
Tableau 24. Les résultats du calcul de la PD par classe de maturité.	66
Tableau 25. Tableau comparatif des mesures du risque de taux.	71
Tableau 26. Les résultats des estimations de la volatilité de la courbe des taux.	73
Tableau 27. Les trois méthodes instituées dans le cadre de l'approche standard pour la quantification du risque opérationnel.	74
Tableau 28. Les résultats de la simulation aléatoire en millions de DH sous EXCEL.....	89
Tableau 29. Comparaison entre les trois portefeuilles trouvés avec le portefeuille actuel au début de la simulation en millions de DH.....	90
Tableau 30. Les clés de simulation inventoriées dans le cadre du CRM pour chaque filiale.....	91
Tableau 31. Interprétation des différentes clés de simulation selon les orientations stratégiques.....	93
Tableau 32. Les contraintes de notre modèle d'allocation visualisées dans le plan (Risque, Rendement)....	94
Tableau 33. Les résultats de la simulation et comparaison entre le portefeuille actuel et le portefeuille optimal.....	105
Tableau 34. Les résultats du portefeuille optimal relatif aux segments du CRM.....	106

Liste des figures

Figure 1. Les catégories des risques majeurs faisant l'objet du projet CRM.	29
Figure 2. Extrait de la maquette SQR du projet CRM.....	34
Figure 3. La méthode de calcul adoptée relative à chaque catégorie de risques.	34
Figure 4. Représentation graphique de la VaR.....	40
Figure 5. Graphe illustrant le cours de l'action 3 entre 2011 et 2015.	45
Figure 6. Graphe illustrant le rendement de l'action 3 entre 2011 et 2015.	46
Figure 7. Q-Q Plot du test de normalité du rendement de l'action 3.	47
Figure 8. Les résultats du test de Jarque-Bera pour le rendement de l'action 3 effectué sous Eviews.	47
Figure 9. Représentation graphique des prix du MASI pour l'année 2015.....	57
Figure 10. Représentation graphique des prix de l'indice MBI de l'année 2015.	58
Figure 11. Les différents mouvements de la courbe des taux.....	72
Figure 12. La frontière efficiente dans le plan (moyenne, variance).	82
Figure 13. Frontière efficiente, frontière singulière, frontière régulière.....	83
Figure 14. Représentation graphique des différents portefeuilles simulés.	89
Figure 15. La démarche de l'allocation stratégique adoptée.....	95
Figure 16. Algorithme d'allocation stratégique optimale	96
Figure 17. Etapes de recherche de l'exposition optimale au sens du CRM.	96
Figure 18. Les filtres de la recherche de la solution optimale.	97
Figure 19. Les résultats de la simulation guidée par les orientations stratégiques.	104
Figure 20. Comparaison des portefeuilles actuel et optimal en termes de taille dans le groupe CDG.	105
Figure 21. Comparaison entre les portefeuilles actuel et optimal concernant les segments du CRM.	106

Table des matières

Dédicace	3
Remerciements	4
Résumé	5
Mots-clés	5
Liste des abréviations	6
Liste des tableaux	7
Liste des figures	8
Table des matières	9
Glossaire	14
Introduction générale	15
Chapitre préliminaire : Présentation de l’organisme d’accueil « Caisse de Dépôt et de Gestion (CDG) »	17
La Caisse de Dépôt et de Gestion (CDG)	18
Pôle Risk Management (PRM)	20
Chapitre premier : Théorie de gestion des risques et cadre général du projet	21
Introduction du chapitre	22
Théorie de gestion des risques	23
La réglementation Bâloise internationale	24
Le projet de l’allocation stratégique des fonds propres	27
I. Cadre général et mise en situation	27
II. Objectifs du projet	27
III. Composantes, référentiel et périmètre du projet	27
IV. Equipe du projet	30
V. Démarche suivie	30
Conclusion du chapitre	31
Chapitre 2 : Le Système de Quantification des Risques (SQR)	32
Introduction du chapitre	33
Le Risque de Marché	36
I. Définition du Risque Marché	36

II. Méthodes réglementaires de quantification du risque de marché	36
II.1 L'approche standard	36
II.2 L'approche de modèles internes	37
III. La Value-at-Risk (VaR)	39
III.1 Définition	39
III.2 Avantages et inconvénients	40
III.3 Méthodes de calcul de la VaR : Revue de littérature, avantages et inconvénients	40
III.3.1 La méthode historique	41
III.3.2 La méthode paramétrique	41
III.3.3 Comparaison des deux méthodes	42
III.3.4 La méthode de quantification adoptée : VaR de Cornish-Fisher (CFVaR)	43
IV. Implémentation pratique des calculs de la VaR pour le portefeuille « Actions »	43
• Etapas préalables	44
• Vérification de l'hypothèse de stationnarité, soubassement de la méthode historique	45
• Vérification de l'hypothèse de normalité des rendements, fondement de la méthode paramétrique	46
• Application de la VaR historique	48
• Application de la VaR paramétrique	49
• Application de la CFVaR	50
• Backtesting : justification de l'adoption de la CFVaR pour le CRM	51
V. Estimation de la volatilité pour les portefeuilles « Actions » et « Obligations »	54
1) Définition	54
2) Les techniques de calcul de la volatilité	55
i. La volatilité historique	55
ii. La volatilité réalisée ou annualisée	55
iii. Autre technique d'estimation de la volatilité	56
Le Risque de Crédit	59
I. Définition du Risque de Crédit	59
II. Méthodologie de Calcul	59
II.1 L'approche standard	59

II.2	L'approche des notations internes	59
III.	Estimation des paramètres de calcul : La probabilité de défaut (PD)	61
III.1	Généralités sur la PD	61
III.2	Méthodologie adoptée pour le CRM	61
	• Concernant le risque de l'émetteur	62
	• L'ajustement par la maturité	63
	• L'ajustement par type d'instrument.....	63
	• Zoom sur le MNI (Modèle de Notation Interne) :	63
III.3	Une autre approche d'estimation : A travers les spreads	65
1)	Cadre théorique : L'intensité de défaut et le taux de recouvrement.....	65
2)	Application de l'approche sur le portefeuille obligataire de la CDG EP	66
	Le Risque de taux	68
	I. Cadre théorique	68
	I.1 Notion du taux d'intérêt.....	68
	1) Définition du taux d'intérêt.....	68
	2) La classification des taux d'intérêt	68
	3) Les différents types de taux d'intérêt	68
	• Taux de rendement actuariel	68
	• Le taux zéro-coupon.....	69
	• Le taux forward et le taux à terme	69
	I.2 Les catégories de risques spécifiques aux obligations	69
	1) Le risque de taux d'intérêt	69
	2) Le risque de signature ou de contrepartie	69
	I.3 Les sources du risque.....	69
	I.4 Les techniques de mesure du risque	70
	1) La mesure du volume (Gap ou impasse)	70
	2) La mesure de marge (sensibilité de la marge aux taux d'intérêt).....	70
	3) La mesure de valeur : Valeur Actuelle Nette.....	71
	II. Méthodes de calcul et implémentation.....	71
	• La méthode du CRM.....	71
	• La volatilité de la courbe des taux.....	71

Le risque opérationnel	74
I. Définition	74
II. Méthodes de calcul et implémentation	74
II.1 L'approche standard	74
II.2 L'approche par Mesure Avancée (AMA)	74
III. L'approche adoptée par le CRM	75
Le calcul de la rentabilité	76
I. Généralités sur la rentabilité	76
I.1 Définition de la rentabilité	76
I.2 Métriques et calcul de la rentabilité	76
I.3 Plusieurs formes de rentabilité	76
II. La rentabilité pour le CRM	77
III. RG, FPE et fin d'allocation	77
Conclusion du chapitre	78
Chapitre 3 : Le modèle d'Allocation optimale des fonds propres et de Limites (SAL) ... 79	
Introduction du chapitre	80
Théorie de gestion de portefeuille	81
I. Le couple rentabilité-risque	81
II. La diversification (théorie des choix de portefeuille de Markowitz)	81
III. La frontière efficiente	82
1) Définition du portefeuille efficient	82
2) Principe de détermination des portefeuilles efficients	82
3) Quelques propriétés des portefeuilles efficients	82
IV. L'équilibre du marché : MEDAF	83
V. APT : Arbitrage Pricing Theory	85
Première approche : Simulation aléatoire	86
I. Mise en situation	86
II. Méthodologie	88
III. Outputs : Analyse des résultats	88
Deuxième approche : Simulation guidée par élimination et allocation stratégique	91
I. Contexte général : orientations stratégiques et objectifs de l'approche	91
II. Démarche de simulation adoptée	93

III. Algorithme : Mise en œuvre pratique sous VBA-EXCEL	95
• Bouton « Simulation »	101
• Bouton « Solution Optimale »	102
• Bouton « Réinitialiser »	103
IV. Réalisation d'un back-up de données	104
V. Outputs et Résultats : Analyse et interprétation	104
Conclusion du chapitre	107
Perspectives d'amélioration et de recherche	108
I. Pallier la non-normalité des rendements : utilisation de processus à saut	108
• Les processus de Lévy	108
• Le modèle mixte brownien-Poisson	109
II. L'utilisation du modèle GARCH(1,1) pour la volatilité	109
III. Projection de l'allocation sur le MT	110
IV. L'adoption du langage de programmation C#	110
Conclusion générale	111
Bibliographie	113
Liste des Annexes	116
Annexe 1 : Les résultats du test de stationnarité pour le portefeuille « Actions »	117
Annexe 2 : Les résultats du test de normalité pour le portefeuille « Actions »	119
Annexe 3 : Résultats des tests préalables à la VaR pour le portefeuille obligataire	121
Annexe 4 : L'estimation de la volatilité (Campbell, Lo & MacKinlay)	122
Annexe 5 : L'intensité de défaut (John HULL)	123
Annexe 6 : Cadre théorique de la théorie de gestion de portefeuille	124
Le modèle de marché de Sharpe	125
Le modèle APT	125

Glossaire

Actif financier : titre ou contrat généralement transmissible et négociable sur les marchés financiers et qui est susceptible de produire à son détenteur des revenus et/ou un gain en capital, en contrepartie d'une certaine prise de risque.

Bon de trésor : titre d'emprunt émis par l'Etat par l'intermédiaire du trésor public.

Classe d'actifs : regroupe des actifs ayant des caractéristiques similaires en termes de risques et/ou de rendements.

Exposition en cas de défaut (EAD : Exposure At Default) : la valeur exposée au risque d'un élément d'actif ou de hors-bilan dont le calcul tient compte du facteur de conversion.

Facteur de conversion (CF : Conversion Factor) : le rapport entre le montant non encore utilisé d'un engagement qui sera tiré et en risque au moment du défaut, et le montant non encore utilisé de l'engagement autorisé.

Maturité (M : Maturity) : l'échéance effective de l'exposition.

Perte en cas de défaut (LGD : Loss Given Default) : la part de l'exposition susceptible d'être perdue au moment où le défaut se matérialise.

Portefeuille : collection d'actifs financiers détenus par un établissement ou un individu.

Portefeuille de négociation : portefeuille constitué des positions sur instruments financiers et produits de base détenues à des fins de négociation, ou dans le but de couvrir ou financer d'autres éléments du même portefeuille.

Portefeuille efficient : portefeuille dont la rentabilité moyenne est maximale pour un niveau de risque donné, ou dont le risque est minimal pour une rentabilité donnée.

Probabilité de défaut (PD : Probability of Default) : la probabilité qu'une contrepartie fasse défaut dans un horizon d'un an.

Produits/instruments financiers : titres ou contrats, dont certains sont négociables ; ils sont utilisés pour anticiper une rentabilité ou un risque monétaire. Ils se décomposent essentiellement en deux types : les actifs financiers et les produits dérivés financiers.

Rentabilité d'un titre financier ou d'un portefeuille : une mesure relative à la rémunération totale de son détenteur.

Risque général : le risque de la variation de la valeur de marché d'un instrument financier suite à la fluctuation des taux d'intérêt ou des prix des titres de propriété.

Risque spécifique : le risque de la variation de la valeur de marché d'un instrument financier sous l'influence des facteurs liés à son émetteur.

Taux d'intérêt : la rémunération d'un prêt pour l'emprunteur et un revenu pour le prêteur.

Valeur faciale d'une obligation : le montant sur lequel sont calculés les intérêts. Cette valeur est inscrite sur le titre et correspond à la part d'emprunt qui a été effectivement souscrite.

VaR (Value-at-Risk) : le montant exposé au risque permettant d'estimer la perte potentielle maximale que peut subir un portefeuille au cours d'une période de détention donnée, suite à la variation des prix de marché et en fonction d'un intervalle de confiance donné.

Introduction générale

A ses risques et périls,...

Jolie expression apparue au dix-septième siècle, montrant ainsi que la notion du risque est si attachée à ses retombées sous-jacentes.

Il est communément admis que les plus grandes nations au monde ont, depuis belle lurette, entrepris leur marche vers la gestion des risques, domaine ayant connu un très grand essor durant les dernières décennies. Indissociables, le développement financier et la gestion des risques ne peuvent faire cavalier seul, car ne nous leurrions pas, nous ne saurions concevoir la finance sans prise excessive de risque. Quoi qu'en pensent d'aucuns, la libéralisation financière a constitué le socle du développement du système financier, qui à son tour, participe au développement de l'économie.

Sous l'égide des institutions financières internationales, le passage d'une configuration où le risque est vécu comme un aléa exogène subi, à une situation où les risques encourus sont identifiés, a constitué l'instigateur réel du progrès financier. Par ailleurs, et dans le but de mieux surmonter les crises, il est impératif de prôner une nouvelle culture du risque, en dépit des circonstances antinomiques de valorisation, de couverture, d'investissement et de gestion.

A l'instar de tout marché international fondé sur les piliers financiers, le marché marocain opère dans le sens où l'investissement est l'armature éminemment prégnante du développement. Cependant, étant pionnier dans l'investissement à moyen et long terme, et conscient de tous les enjeux du développement du secteur financier, le groupe CDG (Caisse de Dépôt et de Gestion) opère sous le diapason des nouvelles orientations stratégiques. Il ressort alors que l'institution financière doit mettre en place les fonds nécessaires à la couverture de tous ses risques majeurs. De ce fait, le projet Capital Risk Management (CRM) a été inauguré dans la mesure où le pôle Risk Management souhaite se doter d'un outil d'allocation optimale des fonds propres entre les filiales, selon les nouvelles orientations stratégiques.

Objectifs et problématique

Le projet CRM consiste à quantifier tous les risques majeurs de la CDG, en vue d'avoir une idée sur les fonds propres à mobiliser pour cette fin. Aussi, le dispositif permet de trouver la meilleure macro-allocation des actifs à l'échelle du groupe, en tenant compte des contraintes risque, de l'objectif d'améliorer la rentabilité et de de la performance globale du groupe.

Cependant, l'outil développé doit respecter les orientations stratégiques, la structure des ressources, les contraintes prudentielles, les exigences réglementaires, et en intégrant notamment la notion de l'intérêt général. En effet, la conception de cet outil permettra de piloter en dynamique l'adéquation des fonds propres aux risques encourus par les différentes activités, d'analyser plus finement les risques majeurs du groupe, et de renforcer sa solidité financière sur le moyen et long terme.

Structure de l'étude

Ce mémoire est structuré selon trois chapitres qui exposent synthétiquement le travail effectué dans ce projet. Par ailleurs, nous abordons dans le premier chapitre les rudiments de la théorie de gestion des risques et la réglementation internationale, en exposant succinctement les trois accords de Bâle. Nous présentons par la suite le cadre général du projet Capital Risk Management organisé selon deux axes. Ces derniers consistent à la quantification des risques majeurs du groupe CDG, Etablissement Public et principales filiales, et à la mise en place d'un outil d'allocation des fonds propres à l'échelle du groupe, selon ses orientations stratégiques.

De ce fait, le deuxième chapitre est entièrement consacré à la quantification des risques inhérents à l'activité de l'institution, et à l'estimation des différents paramètres nécessaires au calcul. La première partie de ce chapitre est donc entièrement dédiée au risque de marché en implémentant la méthode de la Value-at-Risk corrigée par l'approximation de Cornish-Fisher et son backtesting, et en estimant la volatilité, paramètre crucial dans cette approche, des deux portefeuilles de la CDG : portefeuille actions et portefeuille obligations. De plus, la deuxième partie porte essentiellement sur la quantification du risque de crédit en estimant la probabilité de défaut via une méthode inaugurée par la direction. Le risque de taux est également calculé par la méthode Gap de taux en estimant la volatilité de la courbe des taux, alors que le risque opérationnel et la rentabilité sont rapidement passés en revue. Les résultats qui en découlent présentent un avant-goût pour le troisième chapitre.

Par ailleurs, le troisième chapitre est consacré à l'outil d'allocation stratégique des fonds propres à l'échelle du groupe, qui est introduit par la théorie de gestion de portefeuille, passée en revue pour instituer la cadre de cette allocation. En outre, nous exposons les deux approches effectuées pour cette fin, notamment l'approche de simulation aléatoire et l'approche de simulation guidée par les orientations stratégiques. Les résultats sont entièrement analysés et discutés. Par extension, des perspectives d'amélioration et de recherche sont mises en avant, dont l'objectif est de pallier les différentes limites trouvées tout au long du projet.

Chapitre préliminaire : **Présentation** **de l'organisme d'accueil « Caisse** **de Dépôt et de Gestion (CDG) »**



La Caisse de Dépôt et de Gestion (CDG)

La Caisse de Dépôt et de Gestion (CDG) est un établissement public doté de la personnalité civile et de l'autonomie financière. Créée au lendemain de l'Indépendance en 1959 par le Dahir du 10 Février de la même année¹, la CDG a constitué pour les Pouvoirs Publics un organisme de sécurisation de l'épargne nationale via une gestion rigoureuse des dépôts. Le développement considérable des ressources de la CDG, depuis sa création, s'est accompagné d'un élargissement de ses missions ainsi que d'une modernisation continue tant de ses modes de fonctionnement que de son organisation. Ses missions sont innombrables² et varient entre développement de l'épargne et du secteur financier, centralisation des dépôts de notaires, pérennité des retraites, l'aménagement urbanistique structuré et la stimulation de l'investissement à travers ses filiales parmi lesquelles nous citons CDG Capital, CDG Capital Gestion et CDG Capital Private Equity.





Convenons aussi que la CDG a pour rôle principal de recevoir, conserver et gérer des ressources d'épargne qui, de par leur nature ou leur origine, requièrent une protection spéciale. Il s'agit notamment des fonds de consignations (administratives, judiciaires et cautionnements) et des fonds de tiers provenant des professions juridiques (notaires, tribunaux, barreaux et avocats), ainsi que des réserves de la Caisse Nationale de Sécurité Sociale et de la Caisse Nationale d'Epargne.

Outre sa mission fondamentale, la CDG est le premier investisseur institutionnel du pays ayant pour rôle l'accompagnement et la dynamisation du développement national, le développement territorial et immobilier, la création des pôles de compétitivité et la promotion de l'économie touristique.

Concernant sa comptabilité, en application de la circulaire³ n°56/G/2007 émise par BAM en date du 08 Octobre 2007, notamment l'article 2 relatif à la date d'entrée en vigueur du chapitre 4 : « Etats financiers consolidés », le groupe CDG établit et publie ses comptes consolidés depuis le 1^{er} Janvier 2007 conformément aux normes IFRS (International Financial Reporting Standards).

D'une part, son périmètre de consolidation s'effectue par métier, le groupe compte 142 entités d'après les statistiques de 2015 dont 100 entités consolidées par intégration globale.

D'autre part, le périmètre de consolidation par activité ou secteur opérationnel compte quatre catégories⁴ :

-  BAF : Banque et Activités financières.
-  AR : Assurances/Réassurances.
-  AIT : Aménagement, Immobilier et Tourisme.
-  AUT : Autres.

A noter que la consolidation se fait soit par intégration globale ou par mise en équivalence. Par ailleurs, ces comptes permettent de calculer le Résultat Net du Groupe, les capitaux propres du groupe, et le produit net bancaire par secteur opérationnel.

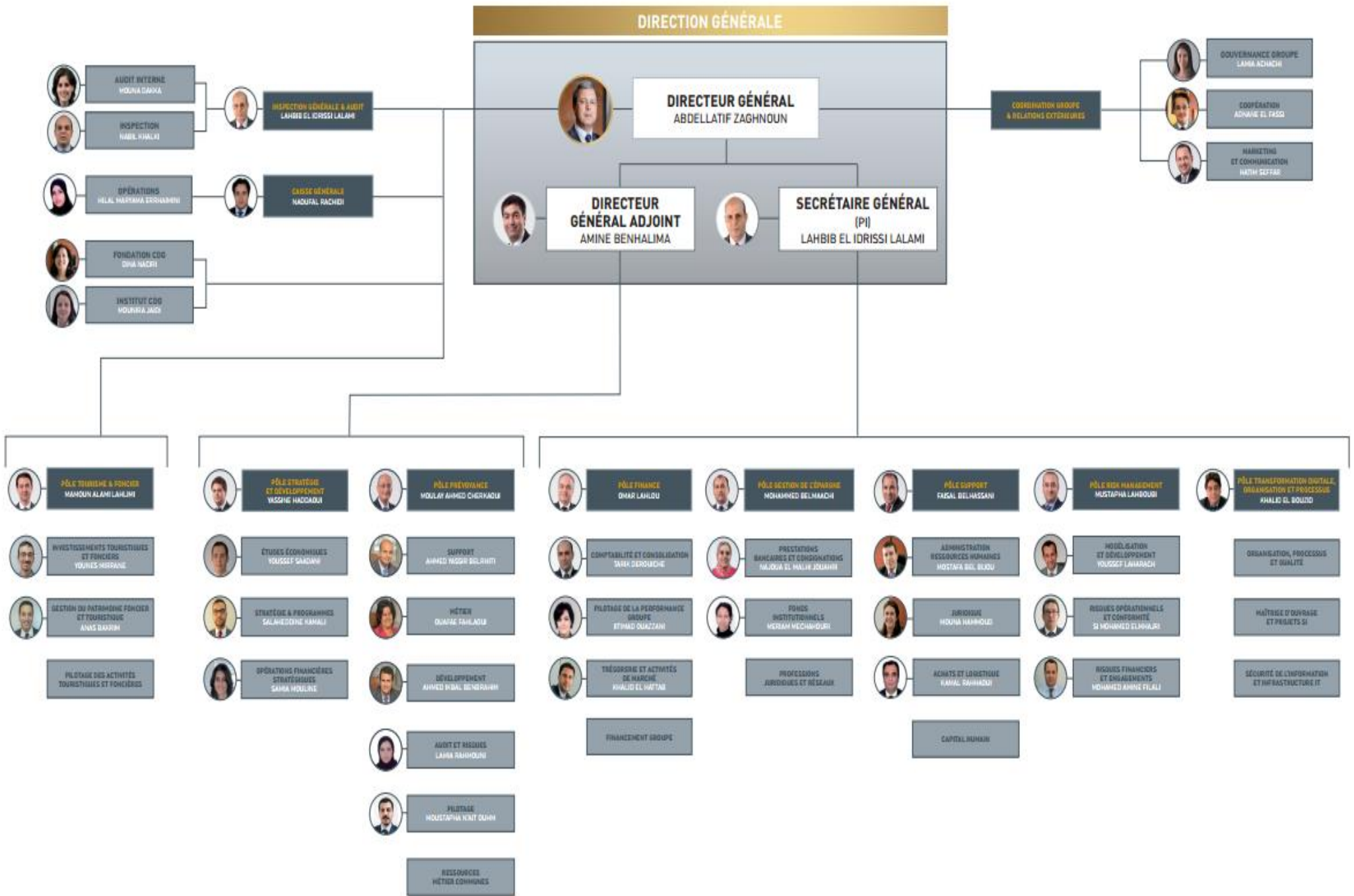
En outre, le groupe est constitué de plusieurs pôles visualisés dans l'organigramme de la page suivante, et qui veillent incessamment à la réussite de tous les projets.

¹ Rubrique « groupe » du site web : www.cdg.ma.

² Selon le rapport d'activité 2015 de la CDG.

³ Selon le rapport d'activité 2015 de la CDG.

⁴ D'après le rapport d'activité 2015 de la CDG.



Pôle Risk Management (PRM)

Le Risk Management, dispositif élaboré au sein de chaque entité organisationnelle, permet aux entreprises de mieux anticiper les risques encourus auxquels elles sont exposées et pourront faire face. Assurance raisonnable pour l'ensemble des parties prenantes, le Risk Management permet également de prendre des mesures de contrôle efficaces garantissant la continuité des activités, et de réduire l'incertitude pouvant peser sur les résultats. En effet, la mise en œuvre d'une politique optimale de la gestion des risques réduit considérablement la probabilité de survenance d'événements défavorables au sein d'une organisation.

De ce fait, la CDG dispose d'un pôle Risk Management dont l'objectif est d'assurer une gestion propice et convenable des risques. Par ailleurs, ce pôle est conçu de façon à répondre à trois catégories de risques :

Tableau 1. Les catégories de risques, centre d'intérêt du PRM

Risques financiers	Risques opérationnels	Risques de conformité
Le pôle est chargé de superviser, de sensibiliser et si nécessaire d'alerter en cas de choc financier ou stratégique.	Le pôle veille au respect des procédures, à l'adéquation des processus et à la fiabilité des systèmes d'information.	Le pôle assure le respect des dispositions réglementaires existantes, en garantissant une veille permanente de toute nouvelle disposition.

Source : établi par nos soins sur la base de la documentation interne de la CDG.

D'ailleurs, le PRM est composé de trois directions⁵ :

- ✚ **La Direction de la Modélisation et du Développement**, au sein de laquelle mon stage a été effectué. La mission principale de cette direction consiste à modéliser les risques encourus par la CDG et le Groupe, à développer des modèles de suivi et de gestion des risques, à veiller à la supervision et au renforcement des dispositifs de contrôle interne et à participer au processus d'évaluation des exigences et d'allocation des fonds propres.
- ✚ **La Direction des Risques Opérationnels et de la Conformité** : Cette direction veille, entre autres, à la gestion des risques opérationnels, à l'évaluation des risques de non-conformité couvrant l'ensemble des activités du groupe CDG, et au suivi des normes en vigueur définies dans son périmètre d'action.
- ✚ **La Direction des Risques Financiers et des Engagements**, dont les principales missions varient entre mise en œuvre des dispositifs de contrôle des risques financiers et des risques structurels, contribution au déploiement de la politique de gestion globale des risques et participation aux travaux d'implémentation des modèles et outils de suivi des risques.

⁵ Documentation interne de la CDG : Note de service du 17 Juin 2014.

**Chapitre premier : Théorie de
gestion des risques et cadre
général du projet**

Introduction du chapitre

Destinée à soutenir la solidité et l'intégrité des établissements de crédit, la réglementation bancaire a évolué vers une approche prudentielle, perçue comme étant l'unique moyen de régulation conforme aux règles du marché. Les soubassements de cette amélioration penchent vers l'adaptation à la libéralisation de la sphère financière des années 80, période marquée incessamment par la fin de l'encadrement du crédit, la modernisation bancaire, la disparition des différentes formes de protection de l'Etat dont bénéficiaient les banques et la privatisation de la quasi-totalité des établissements au monde. De ce fait, la réglementation bancaire actuelle s'appuie sur trois principes. Il s'agit notamment de la supervision, la discipline du marché et le respect des ratios des fonds propres minimaux.

De surcroît, cette nouvelle dimension de l'activité bancaire s'est manifestée par une prise de risques excessive et exubérante, engendrant, in fine, des séries de crises successives. Par ailleurs, le souci substantiel du régulateur est d'envisager un dispositif prudentiel, sciemment que l'objectif est de booster l'activité économique et d'éviter des débâcles financières. A ce titre, le comité de Bâle, conscient de ces enjeux et de l'évolution de la typologie des risques, s'est engagé à réviser, d'une manière sine qua non, les recommandations en matière de contrôle et de gestion des risques, concrétisant ainsi le passage de l'accord de Bâle I, à Bâle II et par la suite à Bâle III.

Ceci-dit, cette réglementation internationale a mis en place des bases fondamentales, dans la mesure où le régulateur marocain s'en est inspiré en vue d'instituer l'atmosphère réglementaire de la gestion des risques, à laquelle nous ferons recours dans un prochain chapitre. De ce fait, et à l'instar de tout investisseur institutionnel, le groupe CDG est exposé à des risques financiers et non financiers, entre autres les risques des fluctuations du marché et les risques de défaillance. Dès lors, l'inauguration, pour l'établissement public et ses principales filiales, d'un projet de quantification de ces risques et d'allocation optimale des fonds propres en vue de maintenir une bonne gestion stratégique du groupe, représente un atout majeur pour l'institution.

En effet, cet outil d'allocation stratégique et de pilotage des fonds propres économiques à l'échelle du groupe CDG est un dispositif conçu dans le but d'évaluer les retombées des orientations stratégiques sur l'équilibre financier de la CDG. Convenons aussi que le CRM (Capital Risk Management) permettra d'analyser plus finement les risques majeurs du groupe en couvrant un spectre élargi des risques portés par les principales activités du groupe.

L'objet de ce premier chapitre est la présentation de la théorie de gestion des risques et de l'architecture de la réglementation Bâloise en faisant un survol sur l'évolution des trois accords de Bâle. Nous enchaînerons par la suite en présentant le cadre général du projet CRM de la CDG, qui a fait l'objet de mon projet de fin d'études, s'articulant ainsi autour de deux principales parties notamment la quantification des risques et l'allocation stratégique des fonds propres inter-filiales. Ces deux composantes constituent un cadre d'identification, de mesure et de contrôle de l'adéquation des fonds propres aux risques générés par les activités du groupe.

Théorie de gestion des risques

D'une manière générale, l'émergence de la théorie financière est associée aux travaux fondateurs de Bachelier, méconnus depuis un long moment, découverts et mis en évidence par P. Samuelson. Par ailleurs, la création de la Cowles Commission for Research in Economics en 1932 et de la revue *Econometrica* par J. Schumpeter en 1933 ont constitué les rudiments ayant marqué le début des recherches empiriques sur les prix des actifs. A ce titre, ces recherches ont porté principalement, et non des moindres, sur l'efficacité du marché et les stratégies d'anticipation des cours des actions.

D'ailleurs, des travaux considérables ont été entrepris par des chercheurs, entre autres, Markowitz, Lintner et Sharpe dans les années 50, qui ont traité spécifiquement la théorie des risques, et ont abouti, in fine, à la théorie moderne du choix de portefeuille fondée sur les modèles CAPM et APT.

De ce fait, deux raisons ont favorisé la naissance d'un tournant marqué dans l'histoire financière en 1973 à savoir la mise en place⁶ d'une chambre de compensation lors de la création du CBOE (Chicago Board Options Exchange), et l'émergence de la célèbre formule de Black et Scholes pour valoriser une option Européenne. Cette dernière a constitué la case de départ pour le développement conséquent et spectaculaire des recherches destinées au pricing et au hedging des produits dérivés.

Ainsi, ces procédures relatives à la couverture de ces produits ont sensibilisé intensément les acteurs du marché au risque, ce qui a encouragé l'apparition de nouveaux outils statistiques dans les banques, dont l'objectif est la sélection de la clientèle, la détection des risques de défaillance et de tarification.

Etant une fonction relativement récente dans les banques, la gestion des risques, appuyée par l'accord de Bâle en 1988 qui a imposé une nouvelle vision réglementaire du risque, constitue un travail d'envergure. En effet, plusieurs types de risque existent, dont les principales catégories varient entre risque de crédit et risque de marché. Ce dernier est assimilé, pour une première définition, à un risque de volatilité des prix des actifs, alors que le risque de crédit est fortement lié au risque de défaillance.

Néanmoins, il est vite apparu que le traitement réglementaire du risque de marché était mal adapté. De ce fait, les autorités réglementaires ont autorisé les banques à utiliser des modèles internes pour mesurer ce risque. Cela n'est pas le cas du risque de crédit, car le marché du crédit n'avait pas la maturité suffisante pour mesurer le risque de façon rationnelle et cohérente. Dès lors, cela explique la part particulière consacrée au risque de marché dans ce projet.

Par ailleurs, il est à noter que la réglementation prudentielle en matière de contrôle des risques financiers est une conséquence intensive des différentes crises financières et de leur impact sur la solvabilité des établissements financiers.

⁶ T. RONCALLI. Introduction à la Gestion des Risques. *Groupe de Recherche Opérationnelle Crédit Lyonnais, ENSAI*, 2001.

La réglementation Bâloise internationale

I. L'accord de Bâle I (1988)

Ce premier accord de Bâle a représenté une étape fondamentale dans l'établissement d'une réglementation prudentielle des banques. Ceci-dit, cet accord a été inauguré dans le but d'établir un système universel pour les grandes banques internationales, et d'éviter toute fragilisation du système bancaire.

Visant à améliorer la stabilité et la solidité du système bancaire international, et imposé par la loi dans le Groupe des Dix (G10) en 1992, cet accord est fondé sur le concept d'un ratio de fonds propres, appelé également « ratio de solvabilité » ou « ratio de Cooke », ayant pour but d'atténuer les inégalités concurrentielles entre les banques ainsi que de lier plus étroitement les normes des fonds propres au risque effectif.

De ce fait, ce ratio⁷ doit atteindre la valeur minimale de 8% correspondant au rapport des fonds propres réglementaires à l'actif total pondéré.

$$\text{Ratio de Cooke} = \frac{\text{Total des fonds propres}}{\text{Encours pondérés de crédits}} \geq 8\%$$

Pour le calcul de ce ratio, les pondérations se font en appliquant des coefficients variant entre 0, pour les créances publiques sans risque, et 100% pour des créances privées risquées. Néanmoins, et en dépit de la prise en compte des risques de marché en 1996, ce ratio s'est révélé incomplet et par conséquent, plusieurs risques bancaires ont été ignorés. En effet, les risques réels de défaillance des contreparties et les taux de recouvrement sur les pertes ne sont pas pris en compte lors de l'estimation du risque de crédit, élaborée par ce ratio.

En outre, le degré du risque rattaché à la créance n'est reflété que par la pondération de l'encours, et il s'avère également que le changement de classe de risque des contreparties pendant la durée d'exposition au risque de crédit n'est pas pris en considération, si bien que les banques ont cherché à développer ce cadre réglementaire assez restreint. De ce fait, et en vue de réduire l'effet des distorsions de l'accord de 1998 et d'inciter les banques à prendre plus de risques, des stratégies d'arbitrage du cadre réglementaire ont été développées.

II. De Bâle I à Bâle II (1999)

Tenant en compte toutes les limites enregistrées pour le premier accord, le comité de Bâle a proposé une première réforme autorisant ainsi les banques à utiliser leurs modèles internes, et ce, dans le but de déterminer le capital réglementaire s'appliquant au risque de marché de leurs actifs. Mise en route depuis le premier Janvier 1998, cette réforme a poussé également le comité à produire un nouveau document concernant le portefeuille des prêts de la banque qui varient, rappelons-le, entre prêts aux entreprises, prêts hypothécaires et prêts à la consommation.

Par ailleurs, la version définitive de ce nouvel accord, baptisé « Bâle II » a été publiée en 2004 en instaurant un nouveau ratio de solvabilité intitulé « ratio de McDounough » intégrant ainsi un troisième risque, en plus du risque de crédit et du risque de marché, à savoir le risque opérationnel. La formule de ce ratio figure dans la page suivante :

⁷ ELBOUSTY.M-D, LAAJOU.L.M. (2015), « Développement d'un modèle de pilotage des fonds propres de la CDG : Approches de quantification des risques de marché », INSEA, Rabat.

$$\text{ratio McDounough} = \frac{\text{Fonds propres réglementaires}}{\text{Risque de crédit} + \text{Risque de marché} + \text{Risque opérationnel}} \geq 8\%$$

Outre plus, le comité de Bâle a inauguré trois piliers de réforme dans le but de compléter cette stabilité financière des établissements, qui s'énoncent comme suit :

* **Pilier I : Exigences minimales en fonds propres**

Ce premier pilier caractérise l'adoption du nouvel ratio de McDounough, qui permet de mettre en place l'arbitrage prudentiel, et qui cherche à rendre les fonds propres cohérents avec les risques réellement encourus par les établissements financiers.

* **Pilier II : Processus de surveillance prudentielle**

Les stratégies financières des banques varient quant à la composition de l'actif et la prise de risques, ce qui fait que les banques centrales auront plus de liberté dans l'établissement de normes face aux banques, pouvant augmenter les exigences de capital, là où elles le jugeront nécessaires. Cette règle permettra de faire face aux différentes stratégies financières des banques et d'examiner les principes essentiels de la surveillance prudentielle

* **Pilier III : Discipline de marché**

Ce troisième pilier vise à standardiser les pratiques en améliorant la communication financière, en insistant sur la publication d'informations quantitatives et qualitatives en vue d'instaurer la transparence et l'amélioration de la gouvernance en matière de gestion des risques.

III. De Bâle II à Bâle III (2013)

Plusieurs limites ont été détectées pour l'accord de Bâle II, nous citons, entre autres, les problèmes de liquidité, la non prise en compte du caractère systémique, la prise de risque excessive, les erreurs de jugement des agences de notation et le manque de transparence. Par ailleurs, le comité de Bâle a mis en place un nouvel accord, celui de Bâle III, comportant des changements majeurs tirant les leçons de la crise financière internationale, et se basant sur cinq mesures nécessaires :

* **Renforcement des qualités des fonds propres**

Les fonds propres seront renforcés par l'amélioration de leur qualité, en allouant plus de fonds propres de noyau dur aux activités les plus risquées, et en passant d'un équivalent de 2% à 7% des actifs pondérés⁸.

* **Introduction d'un « coussin contra-cyclique »**

Les régulateurs nationaux fixeront un coussin contra-cyclique allant de 0% à 2,5% du capital, constitué de résultats mis en réserve en cycle haut. Ce coussin serait utilisé en cas de crise et aussitôt reconstitué en période de croissance. Ceci-dit, au-delà des exigences minimales de capital, un coussin contra-cyclique additionnel pourra être imposé à la discrétion du régulateur national s'il estime que certaines évolutions macroéconomiques augmentent le risque de chocs d'ampleur systémique⁹.

* **Instauration des ratios de liquidité**

Tenant compte de la liquidité pour la première fois dans la réglementation internationale, le comité de Bâle a mis en avant deux ratios pour la liquidité, à savoir le

⁸ Création d'un coussin de sécurité fixé à 2,5%.

⁹ D. SAÏDANE. L'impact de la réglementation de Bâle III sur les métiers des salariées de banques. 2012.

« Liquidity coverage ratio » obligeant les banques à maintenir en permanence un stock d'actifs liquides et le « net stable funding ratio » pour le long terme.

* **Maîtrise de l'effet de levier**

Un ratio de levier a été défini par le comité de Bâle, fixé à 3% du Tier I (fonds propres de base instaurés par Bâle I), visant à maîtriser la croissance des bilans.

* **Réduction du risque systémique**

Dans ce cadre, les banques devraient être poussées à limiter les volumes de transactions avec d'autres banques et institutions financières. Le portefeuille de négociation des banques devrait donc être modifié.

Le projet de l'allocation stratégique des fonds propres

I. Cadre général et mise en situation

Dans le but de renforcer et corroborer le dispositif de pilotage stratégique du groupe CDG, le Pôle Risk Management souhaite se doter et être pourvu d'un outil de surveillance et de gestion de ses risques majeurs décliné pour le groupe CDG, Etablissement Public et ses principales filiales. Ceci sera réalisé à travers la mise en place d'un dispositif de pilotage et d'allocation stratégique des fonds propres permettant de s'aligner avec les meilleures pratiques, conformément aux axes d'analyse réglementaire et économique.

Baptisé Dispositif de Capital Risk Management (CRM), cet outil constituera un projet majeur pour le management de la CDG dont l'objectif est de contribuer au pilotage du groupe sur les niveaux individuels et consolidés, tout en répondant aux particularités et exigences du groupe et à sa vision stratégique.

II. Objectifs du projet

Etant garant des fonds d'épargne et dépôts réglementaires et un investisseur de long terme accompagnant l'Etat dans des projets structurants, la CDG est au service de l'intérêt général opérant dans une optique d'accélération du développement territorial. Par ailleurs, l'inauguration du dispositif du CRM permettra de prendre en considération toutes ces spécificités de la CDG.

En effet, le CRM¹⁰ est un outil d'allocation stratégique et de pilotage des fonds propres économiques à l'échelle du groupe CDG. C'est un cadre d'identification, de mesure et de contrôle de l'adéquation des fonds propres aux risques générés par les activités du groupe.

De ce fait, ce projet vise à traduire la vision d'aversion aux risques du groupe CDG en considérant son horizon d'investissement, et de définir la structure optimale des actifs à l'échelle du groupe, tout en tenant compte de l'objectif de rentabilité globale, de la structure du passif représentée par les ressources, et en respectant les contraintes prudentielles et les exigences réglementaires auxquelles est soumis le groupe.

D'ailleurs, le CRM est conçu dans le but d'évaluer les retombées des orientations stratégiques sur l'équilibre financier de la CDG, de piloter en dynamique l'adéquation des fonds propres aux risques encourus par ses différentes activités, et d'analyser plus finement les risques majeurs du groupe en couvrant un spectre élargi des risques portés par les principales activités du groupe et en respectant la cohérence entre les différentes approches du risque.

Convenons aussi que le projet permettra à l'institution de suivre en dynamique la structure d'allocation optimale au niveau du groupe, dont l'objet est de viabiliser son *Business Model* et de renforcer sa solidité financière sur le moyen et long terme.

III. Composantes, référentiel et périmètre du projet

III.1 Les composantes du projet

Afin de mettre en œuvre les objectifs cités dans la section précédente, l'outil CRM comportera les composantes suivantes, illustrées dans le graphe ci-dessous :

- * **Le référentiel des actifs et des risques** majeurs du groupe CDG représenté par le périmètre du projet.

¹⁰ Opérant dans le cadre des synergies entre les projets du Pôle.

- * **Le système de quantification des fonds propres économiques** des principaux risques majeurs retenus, financiers et non financiers : il s'agit d'un moteur de calcul des Fonds propres économiques (FPE) et des métriques de rentabilité des différents actifs pour l'ensemble des filiales y compris l'établissement public.
- * **Le système d'allocation optimale des fonds propres et des actifs** qui permet de proposer la meilleure allocation d'actifs en tenant compte des contraintes risques et des orientations stratégiques.

III.2 Le périmètre du projet

Outre plus, le périmètre du projet comprendra la CDG Etablissement Public¹¹ et les principales filiales du groupe qui ont été regroupées selon quatre segments selon leur homogénéité :

Tableau 2. Principaux segments et filiales retenus pour le projet CRM

Segment	intitulé	filiales
Financier	FIN	CDG EP, CIH, CDGK, SCR, FIPAR
Aménagement du Territoire et Infrastructure	ATI	MEDZ, AUDA, ZENATA, SONADAC
Promotion immobilière et Immobilier Locatif	IML	CGI, FC
Sociétés Hôtelières et Zones Touristiques	HZT	MADAEF, SHN, SDS

Source : établi par nos soins selon la documentation interne du projet.

Pour des raisons de simplification, nous allons noter ces filiales par des sigles, en fonction de leur segment d'appartenance.

Tableau 3. La nomenclature adoptée tout au long du rapport.

FIN 1	CIH	ATI 1	MEDZ	IML 1	CGI
FIN 2	CDGK	ATI 2	AUDA	IML 2	FC
FIN 3	SCR	ATI 3	ZENATA	HZT 1	MADAEF
FIN 4	FIPAR	ATI 4	SONADAC	HZT 2	SHN
				HZT 3	SDS

Source : établi par nos soins selon la documentation interne du projet.

III.3 Le référentiel d'actifs et des risques

Un référentiel est mis en place pour les catégories suivantes :

- * **Les actifs du groupe CDG pour les quatre segments** : Il s'agit d'établir un inventaire des actifs du groupe CDG répertoriés selon 14 familles et classes d'actifs¹² en adoptant la nomenclature suivante :

¹¹ CDG Etablissement Public (CDG EP) = maison-mère.

¹² Avec une description précise et une nomenclature propre aux activités du groupe.

Tableau 4. Les quatorze classes d'actifs arrêtées dans le cadre du projet CRM.

Intitulé	Classe d'actifs	Détail
A1	OBLIG BDT CT	Obligations Bons De Trésor à Court Terme (≤ 1)
A2	OBLIG BDT MT	Obligations Bons De Trésor à Moyen Terme ($1 < \leq 5$)
A3	OBLIG BDT LT	Obligations Bons De Trésor à Long Terme (> 5)
A4	OBLIG HORS BDT CT	Obligations Hors Bons De Trésor à Court Terme (≤ 1)
A5	OBLIG HORS BDT MT	Obligations Hors Bons De Trésor à Moyen Terme ($1 < \leq 5$)
A6	OBLIG HORS BDT LT	Obligations Hors Bons De Trésor à Long Terme (> 5)
A7	PRETS	
A8	ACTIONS PART EC	Actions du portefeuille participations Etablissements de Crédit
A9	ACTIONS PART HORS EC	Actions du portefeuille participations Hors Etablissements de Crédit
A10	ACTIONS PLAC	Actions du portefeuille placement
A11	OPCVM	Organismes de Placement Collectif en Valeurs Mobilières
A12	FONDS	
A13	FONCIER	Construction immobilière
A14	AUTRES ACTIFS	Actifs ne figurant pas dans les rubriques A1,..., A13

Source : établi par nos soins selon la documentation interne du projet.

- * **Risques majeurs du groupe CDG** : Il est question ici de lister tous les risques majeurs du groupe CDG de telle sorte qu'ils soient répertoriés par classes de risque¹³ selon une nomenclature basée sur les résultats de l'inventaire réalisé dans d'autres projets du groupe. De ce fait, le CRM adoptera la classification suivante :

Figure 1. Les catégories des risques majeurs faisant l'objet du projet CRM.



Source : Documentation interne du projet CRM.

¹³ Avec une description précise et une nomenclature propre aux activités du groupe CDG.

A noter que les **risques stratégiques** concernent les filiales financières et non financières et portent sur les risques des projets en phase d'exploitation et sur l'activité globale de la filiale. Les **risques d'investissement**, par ailleurs, concernent essentiellement le palier non financier et portent sur les risques des projets en phase de développement. D'ailleurs, cette classification s'avère cruciale en vue de garder une vision exhaustive du groupe et d'affiner davantage le calcul des risques.

IV. Equipe du projet

Tableau 5. Les différents acteurs du projet et leurs rôles respectifs.

Acteurs du projet	Rôle	Instance	Fonction
M. LAHARACH Youssef	Directeur Modélisation et Développement	Comité du projet CRM	Encadrement et supervision
Mme. HAFSI Samia	Risk Manager Modélisation et Développement	Comité du projet CRM	Encadrement
Mlle. CHAJIE Mouna	Elève-ingénieur	Comité du projet CRM	Réalisation

Source : établi par nos soins.

V. Démarche suivie

Les deux grandes étapes du projet se résument dans le Système de Quantification des Risques (SQR) et le modèle d'Allocation optimale des fonds propres et de Limites (SAL) détaillées ci-dessous.

Le système de Quantification des Risques (SQR)

Cette première étape englobe l'ensemble des méthodes (économiques et réglementaires) et techniques retenues pour la quantification des risques financiers et non financiers encourus par les différents segments du groupe CDG.

Par ailleurs, chaque filiale produira tous les éléments et données par instrument/classe d'actifs nécessaires au calcul de son Besoin en Fonds Propres (BFP). Dès lors, l'équipe CRM procédera à l'établissement de la maquette de quantification des risques arrêtés pour l'ensemble des filiales retenues, en vue de déterminer les filiales présentant un risque majeur pour le groupe et dans le but de surveiller son exposition. Par ailleurs, différents leviers de diversification et matrices de corrélation inter-filiales et inter-risques ont été mises en avant pour l'harmonisation et la consolidation des BFP.

Le modèle d'allocation optimale des fonds propres et de Limites (SAL)

Ce modèle, inauguré par l'équipe CRM et s'appuyant principalement sur le système de quantification, permettra de proposer une meilleure allocation optimale en tenant compte des contraintes risque et de l'objectif d'améliorer la rentabilité et la performance globale du groupe en intégrant notamment la notion de l'intérêt général.

Néanmoins, les tâches qui m'ont été assignées et qui font l'objet de mon rapport s'énoncent de la manière suivante :

- * La quantification des risques de crédit, de marché, de taux et du risque opérationnel selon les méthodes arrêtées par le CRM ;
- * L'estimation des paramètres nécessaires à l'établissement de ce calcul ;
- * La mise en place d'un dispositif d'allocation stratégique en vue de déterminer le portefeuille optimal du groupe CDG.

Conclusion du chapitre

A travers le présent chapitre, nous avons mis le point sur deux axes majeurs, notamment le paysage de la théorie de gestion des risques et la réglementation Bâloise, qui a permis d'instaurer l'un des filets indispensables du secteur financier. En effet, cette première partie introductive a constitué une section d'ouverture en vue de cadrer l'environnement global de notre projet.

Tout au long de ce chapitre qui a constitué un réel avant-goût, il s'est avéré impératif et instructif de devoir présenter la gestion des risques comme étant une fonction assez récente dans les banques, appuyée par la réglementation de Bâle. Par ailleurs, il va sans dire que la naissance de cette théorie est affiliée aux travaux de Bachelier, qui étaient ignorés depuis très longtemps. La régulation de ce secteur, via les trois accords de Bâle, a permis de déceler ses points forts et faibles, et ce, en établissant une réglementation prudentielle en matière de contrôle des risques.

Nous rappelons ainsi que le premier accord, datant de 1988, s'est concrétisé à travers la mise en place du ratio de Cooke qui a atténué les inégalités concurrentielles entre les banques. En revanche, l'apport majeur de Bâle II réside dans la prise en compte d'un nouveau risque, celui du risque opérationnel en plus des risques de crédit et de marché, se concrétisant ainsi par le ratio de McDounough. De ce fait, trois piliers ont vu le jour à savoir les exigences minimales en fonds propres, le processus de surveillance prudentielle et la discipline de marché. Qui plus est, un troisième accord s'est imposé suite aux crises innombrables qui ont chamboulé la sphère financière. En effet, cet accord a imposé des exigences et recommandations diverses en vue de prendre en considération le risque systémique et l'impact de la liquidité.

La deuxième partie de ce chapitre a été consacrée à la présentation du cadre général du projet CRM. Plus précisément, nous avons mis en exergue tous les objectifs de ce projet qui varient, rappelons-le, entre renforcement du dispositif de pilotage stratégique du groupe CDG tout en s'alignant avec les meilleures pratiques, conformément aux axes d'analyse réglementaire et économique. En effet, ce projet vise à mettre en place un dispositif permettant une gestion stratégique des risques au niveau du groupe, en quantifiant tous les risques encourus et en proposant la meilleure allocation des fonds propres inter-filiales. D'ailleurs, cet outil opère dans le sens de traduire la vision d'aversion aux risques du groupe CDG en considérant son horizon d'investissement, de définir la structure optimale des actifs à l'échelle du groupe, et de respecter les contraintes prudentielles.

Dès lors, le premier axe de ce projet, à savoir le système de quantification des risques, fera l'objet du prochain chapitre où nous exposerons toutes les méthodes utilisées pour la quantification du risque de marché, du risque de crédit, du risque opérationnel, du risque de taux d'intérêt, et de la rentabilité ainsi que leur implémentation pratique. Et d'ajouter que les techniques de quantification ont été accompagnées par l'estimation des paramètres ayant servi au calcul.

Chapitre 2 : Le Système de Quantification des Risques (SQR)

Introduction du chapitre

L'identification et la gestion des risques est au centre des préoccupations de toutes les institutions financières. Le régulateur marocain a ainsi institué diligemment les fondements réglementaires de cette pratique, en déployant des efforts éminents en vue d'agir dans ce sens. D'ailleurs, deux approches ont fait l'objet de deux circulaires réglementaires de BAM quant à la mesure du risque qui passe de prime abord par sa quantification. Il s'agit notamment de l'approche standard basée sur des pondérations précises à appliquer, et de l'approche interne qui se taille la part du lion puisqu'elle présente des particularités pour chaque catégorie de risque. Par ailleurs, le premier pilier du projet CRM et qui fait l'objet de ce deuxième chapitre réside dans la quantification des risques financiers, tels que présentés dans le référentiel des filiales et des actifs. En effet, ce chapitre, structuré en cinq parties, s'attache à décrire les procédures mises en place dans cet objectif.

Ceci-dit, la première partie sera consacrée à la quantification du risque de marché, en mettant en lumière toutes les méthodes réglementaires préconisées dans ce sens. Par la suite, nous présenterons la méthode adoptée dans le cadre du CRM, à savoir la Value-at-Risk corrigée par l'approximation de Cornish-Fisher (CFVaR), que nous implémenterons pour le portefeuille des actions, en comparaison avec les méthodes classiques, notamment la méthode historique et l'approche paramétrique. Pour ce faire, nous nous intéresserons à la mise en place de tous les tests de stationnarité et de normalité préalables au calcul de ces VaR, et à la justification du choix de la CFVaR à travers un backtesting. En vue de mieux affiner ce travail, nous procéderons à l'estimation de la volatilité, paramètre d'envergure dans le calcul de la CFVaR, en présentant les différentes techniques établies pour cette fin, et dont l'objectif est d'avoir des résultats minutieusement corrects.

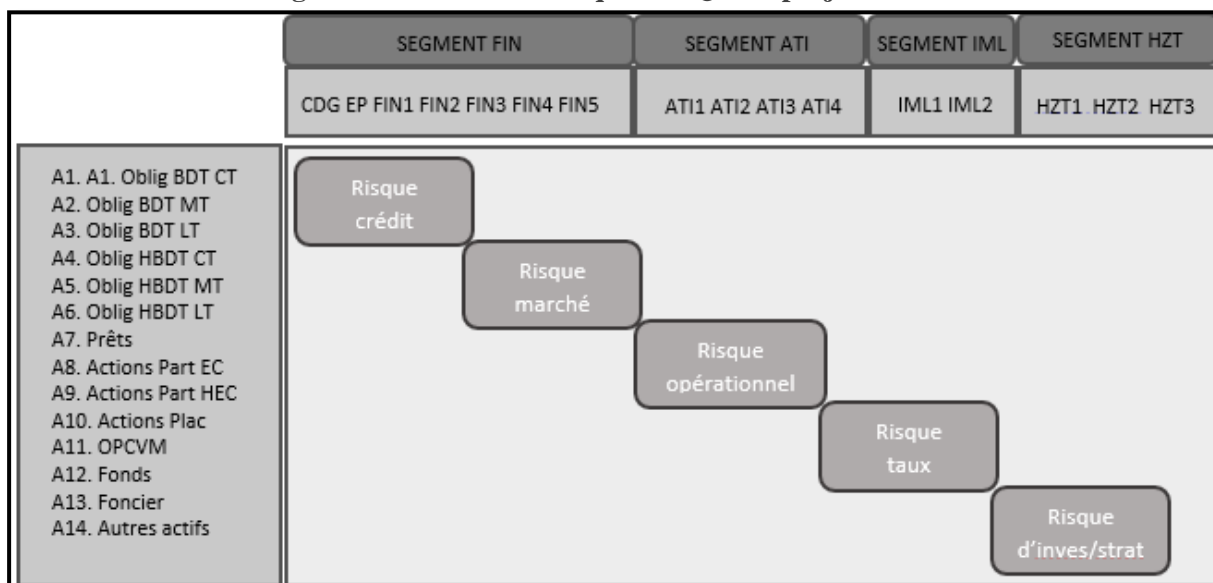
Dans la deuxième partie, nous procéderons au calcul du risque de crédit en établissant un survol des méthodes réglementaires. De plus, et vu que la probabilité de défaut (PD) se présente en tant que paramètre sine qua non à la quantification de ce risque, nous exposerons la technique inaugurée par le CRM en vue d'estimer ce paramètre, et qui sera appuyée par une autre méthode fondée sur les spreads.

De surcroît, nous nous intéresserons dans la troisième partie au calcul du risque de taux d'intérêt dans le bilan, effectué principalement sur la base de la méthode du gap de taux. Pour ce faire, il s'avère crucial de devoir présenter l'environnement du taux d'intérêt, et les sources du risque inhérents à ce dernier. A l'instar des deux autres risques, nous entamerons également à la présentation des techniques d'estimation des paramètres ayant servi à ce calcul, notamment la volatilité de la courbe des taux et les lois d'écoulement dynamique des dépôts. Par ailleurs, la prochaine partie sera dédiée au risque opérationnel. Nous y ferons un survol rapide puisqu'il ne constitue pas un risque d'intérêt pour le CRM.

En dernier lieu, nous concluons ce chapitre par la présentation des différentes méthodes relatives à la rentabilité, élément de base constituant le couple (fonds propres économiques (FPE), rentabilité générale (RG)), faisant l'objet primordial du prochain chapitre. A noter que les FPE seront issus du calcul par diversification de tous ces risques ainsi quantifiés par nos soins.

Selon les cinq catégories de risque arrêtées par le CRM dans le référentiel établi, le système de quantification, objet de cette partie, permet de calculer les exigences en fonds propres, par type d'actifs et par filiales, relatives à chaque poche de risque.

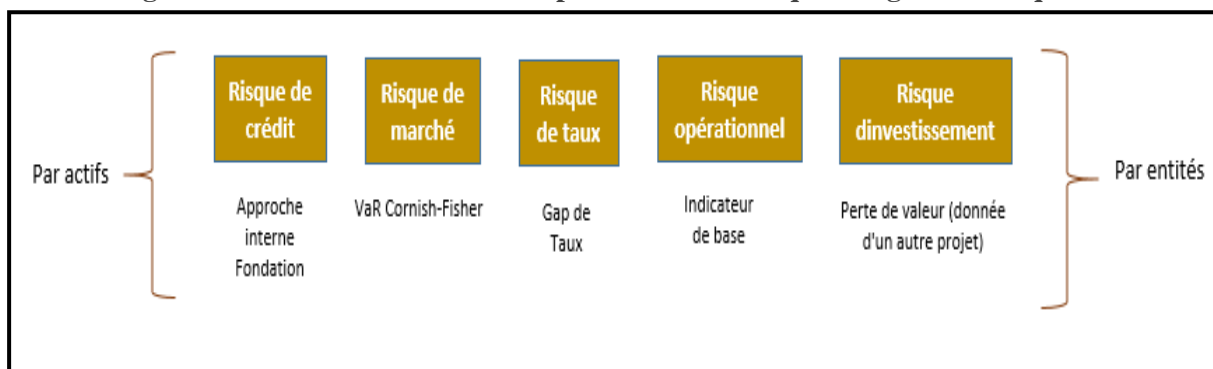
Figure 2. Extrait de la maquette SQR du projet CRM.



Source : établi par nos soins selon la documentation interne du projet.

Pour chaque type de risque, une méthode de calcul a été arrêtée selon son avantage qui a été démontré par la pratique ou dans la réglementation. Ainsi, nous allons énoncer dans cette partie la méthode convenable au calcul des exigences en fonds propres pour les cinq catégories de risque.

Figure 3. La méthode de calcul adoptée relative à chaque catégorie de risques.



Source : Documentation interne du projet.

Ce calcul sera établi sur la base de l'exposition du groupe¹⁴ calculée en se fondant sur les provisions de la filiale pour chaque classe d'actifs déduite de la valeur comptable, selon la formule suivante :

$$\text{Exposition} = \text{valeur comptable} - \text{provisions} \quad (1)$$

De ce fait, la première étape qui s'avère primordiale avant d'effectuer ces calculs, est de demander aux filiales retenues dans le périmètre du CRM, les données qui peuvent nous servir

¹⁴ Désigne l'ensemble des actifs financiers et non financiers du groupe CDG répertoriés selon la classification du CRM, et qui couvre le périmètre des filiales retenues à une date donnée.

de base pour le calcul des risques, et d'arrêter les paramètres nécessaires. Ces données s'énoncent de la manière suivante :

- ✚ Les portefeuilles par filiales selon la classification des actifs en valeurs comptables, en valeur de marché et en provisions ;
- ✚ Les paramètres et inputs indispensables à préparer et qui seront estimés ultérieurement dans un prochain chapitre, à savoir :
 - * Les probabilités de défaut par instruments et par contreparties ;
 - * Les volatilités et autre paramètres des marchés actions et obligataires (Kurtosis, Skewness, horizon de détention par instruments, ...) ;
 - * Les volatilités de la courbe des taux réparties par *bucket* de maturité ;
 - * La composition des portefeuilles OPCVM ;
 - * La segmentation des ressources du passif par maturité ;
 - * La ventilation des prêts par maturité ;
 - * Les durations par classe de passif.
- ✚ Le RWA (Risk-weighted Assets) des actifs des filiales.

Convenons aussi que le calcul sera établi, de prime abord, sans diversification, autrement-dit sans tenir compte des poids, représentés par des matrices de corrélation¹⁵ entre les actifs, les filiales et les segments, que nous pourrions attribuer à chaque classe d'actifs.

De ce fait, et à partir d'une exposition donnée, le moteur de calcul du système de quantification, détaillé dans les prochaines sections, affiche un indicateur de risque représenté par les fonds propres économiques (FPE) et un indicateur de rentabilité caractérisant la Rentabilité Globale (RG) en guise de résultats finaux. Par ailleurs, ce système, ainsi conçu pourrait estimer l'impact des orientations du nouveau plan stratégique sur la solidité financière du groupe.

¹⁵ Matrices de corrélation inter-risques, intra et inter-segments.

Le Risque de Marché

I. Définition du Risque Marché

Les risques de marché¹⁶ sont définis comme étant les risques de pertes liés aux variations des prix de marché. Dès lors, ils recouvrent les risques relatifs aux instruments financiers inclus dans le portefeuille de négociation, ainsi que le risque de change et le risque sur produits de base encourus pour l'ensemble des éléments du bilan et du hors-bilan, autres que ceux inclus dans le portefeuille de négociation.

II. Méthodes réglementaires de quantification du risque de marché

Les méthodes de quantification du risque de marché, sur lesquelles nous nous baserons dans ce projet, proviennent des circulaires arrêtées par le régulateur marocain, à savoir la circulaire 26/G/2006 relative au calcul des exigences en fonds selon l'approche standard, et la circulaire 8/G/2010 spécifique au calcul des exigences en fonds propres selon l'approche interne.

II.1 L'approche standard

D'après la circulaire 26/G/2006, le montant des risques pondérés selon l'approche standard est obtenu en multipliant par 12,5 l'exigence en fonds propres au titre de ces risques¹⁷. Il s'avère important de signaler que le risque de marché comprend six catégories de risques, à savoir le risque de taux d'intérêt, le risque de change, le risque sur produits de base, le risque de positions sur titres de propriété, le risque sur options et le risque sur les dérivés de crédit. En outre, le calcul de l'exigence en fonds propres au titre des risques de marché s'effectue conformément aux dispositions ci-après.

¹⁶ Article 96, circulaire n° 8/G/2010 relative aux exigences en fonds propres pour la couverture des risques de crédit, de marché et opérationnels selon les approches internes aux établissements de crédit.

¹⁷ L'exigence en fonds propres est calculée conformément aux dispositions des articles 48 à 55 (circulaire 26/G/2006 de BAM relative au calcul des exigences en fonds propres selon l'approche standard).

Tableau 6. Résumé des articles 48 à 55 de la circulaire 26/G/2006 relative à l'approche standard pour le risque de marché.

Type de risque	Principe exigences en FP	Détail		
Risque du taux d'intérêt	somme des exigences en FP requises au titre du risque spécifique et du risque général	risque spécifique	pondération attribuée pour chaque type de titre	
		risque général	méthode échéancier	Somme de plusieurs échéances spécifiées dans l'article 54
			méthode duration	Somme de plusieurs durations spécifiées dans l'article 54
Risque de position sur titres de propriété	Somme des exigences en fonds propres requises au titre du risque spécifique et du risque général.	risque spécifique	Somme de plusieurs éléments pondérés par des pourcentages spécifiques	
		risque général	application d'un un coefficient de 8 % à la position nette globale sur titres de propriété	
Risque de change	8 % de la somme du montant le plus élevé du total des positions nettes courtes ou du total des positions nettes longues en devises et de la valeur absolue de la position nette sur or.			
Risque sur produits de base	selon la méthode dite de « tableau d'échéance » ou la méthode dite « simplifiée ».	tableau d'échéance	somme de plusieurs éléments convertis au cours au comptant de ce produit de base	
		méthode simplifiée	Somme de certains éléments attribués des pourcentages 15% et 3%	
Risque sur options	selon la méthode dite "delta-plus"	risque général et spécifique	les positions optionnelles sont converties en positions équivalentes sur le sous-jacent	
		risque gamma	somme des valeurs absolues des risques gamma nets négatifs	
		risque Vega	Somme des valeurs absolues des risques Vega	
Risque sur dérivés de crédit	somme des exigences en fonds propres requises au titre du risque spécifique et du risque général.			

Source : établi par nos soins.

II.2 L'approche de modèles internes

Les établissements de crédit peuvent utiliser l'approche de modèles internes s'ils respectent les conditions précitées dans les articles 101 à 106 de la circulaire 8/G/2010 relative au calcul des exigences en fonds propres selon l'approche interne. De ce fait, le calcul des exigences en fonds propres au titre du risque général de marché est effectué en calculant la VaR quotidiennement, sur un intervalle de confiance de 99% et une période de détention de 10 jours. En effet, ce calcul prend en considération une période d'observation des données des facteurs de risques de marché¹⁸ d'un an au minimum. Ensuite, les VaR calculées sont additionnées pour chaque catégorie de facteurs de risque si les corrélations de ces facteurs ne sont pas suffisamment appréhendées.

Par la suite, une étape très importante consiste à mettre en place un processus de backtesting régulier, effectué quotidiennement, sur la base de la VaR à un jour, sur un intervalle de confiance de 99%, et selon deux approches :

¹⁸ Mis à jour régulièrement, sur les taux d'intérêt, les titres de propriété, les positions de change, les produits de base et les options selon la nature du portefeuille.

- * **Le backtesting réel** qui consiste à comparer, pour chaque jour ouvrable, la VaR calculée sur la base des positions en fin de journée à la variation sur un jour de la valeur du portefeuille réellement constatée à la fin du jour ouvrable suivant.
- * **Le backtesting hypothétique** qui se base sur la comparaison, pour chaque jour ouvrable, de la VaR calculée sur la base des positions en fin de journée à la variation sur un jour de la valeur du portefeuille du jour ouvrable suivant, en supposant que les positions restent inchangées.

Par ailleurs, le calcul des exigences en fonds propres est fondé sur la considération de la valeur la plus élevée entre la VaR totale du jour ouvrable précédent, et la moyenne des VaR totales quotidiennes sur les soixante jours ouvrables précédents, à laquelle il est appliqué un facteur de multiplication majoré par un facteur complémentaire. En effet :

$$\text{Exigences en FP} = \text{EFP} = \max\{\text{VaR}_{t-1}; m \times \text{VaR}_{\text{avg}}\} \quad (2)$$

VaR_{t-1} : VaR totale du jour ouvrable précédant au titre du risque général de marché.

VaR_{avg} : Moyenne des VaR totales quotidiennes sur les soixante jours ouvrables précédents au titre du risque général de marché.

m = **m_c** + **m_m** Tel que :

m_m : Facteur de multiplication qui est au minimum de trois.

m_c : Facteur complémentaire déterminé dans le tableau suivant en fonction du nombre des dépassements constatés lors du Backtesting.

Le tableau ci-dessous indique, selon la réglementation, les facteurs complémentaires à appliquer pour chaque valeur enregistrée pour le nombre de dépassements :

Tableau 7. Les facteurs complémentaires correspondant à chaque nombre de dépassements.

Nombre de dépassements	Facteurs complémentaires
< 5	0
5	0,4
6	0,5
7	0,65
8	0,75
9	0,85
10 ou +	1

Source : Circulaire 8/G/2010 relative aux exigences en fonds selon les approches internes.

Pour le CRM, la quantification du risque de marché sera effectuée grâce à la VaR corrigée par l'approximation de Cornish-Fisher¹⁹, en adoptant un horizon de détention fixé à 10 jours pour le portefeuille des actions, et 90 jours pour le portefeuille obligataire. Par ailleurs, le niveau de confiance adopté est 99% car la CDG EP est un investisseur ayant des objectifs sur le moyen et long terme, elle peut ainsi se permettre d'avoir plus de marge pour l'appétit au risque.

¹⁹ Cette approche sera détaillée dans le prochain paragraphe.

III. La Value-at-Risk (VaR)

III.1 Définition

Devenue un standard en finance, et proposée par JP Morgan²⁰ dans les années 90, la VaR (Value-at-Risk) ou la valeur en risque, à l'instar d'autres méthodes d'évaluation, permet de décrire le risque financier en vue de mieux l'appréhender. En effet, le besoin d'une meilleure quantification des risques financiers, à partir d'outils adéquats de contrôle interne a émergé de la nécessité, pour les intermédiaires financiers, de bien comprendre les risques inhérents à leurs activités ainsi développées.

D'un point de vue technique, la VaR d'un portefeuille d'actifs financiers²¹ correspond, d'après A. Louis Calvet (2000), au montant de pertes maximum sur un horizon de temps donné, si nous excluons un ensemble d'événements défavorables ayant une faible probabilité de se produire. A l'aide du concept VaR, nous pourrions trancher si le portefeuille est très risqué ou non, en fonction du chiffre obtenu, de la valeur du portefeuille et de l'aversion au risque de l'investisseur. De ce fait, et par définition, la VaR à horizon h et au seuil de probabilité p est un nombre $VaR(h,p)$ tel que : **Probabilité ($L_h > VaR(h,p)$) = p** , avec L_h : la perte sur l'horizon h . Cette équation indique que le montant de la perte de la période de durée h à venir sera supérieur à la VaR avec une probabilité p . Ainsi, la VaR peut-elle être interprétée comme une perte maximale avec un seuil de confiance $1-p$.

Statistiquement, la Value-at-Risk représente un quantile de la distribution des pertes et profits associée à la détention d'un actif ou d'un portefeuille d'actifs sur une période donnée. D'ailleurs, la formalisation mathématique de la VaR pour un portefeuille d'actifs est la suivante :

$$\text{Probabilité}(P_T - P_0 \leq VaR(\alpha, T)) = \alpha \quad (3)$$

Tel que :

P_T : La valeur du portefeuille à l'instant T ;

P_0 : La valeur du portefeuille à l'instant initial ;

$P_T - P_0$: La variation de la valeur du portefeuille entre l'instant 0 et T .

Cette variation n'est rien d'autre que la Perte et le Gain (Profit and Loss) du portefeuille à l'instant T qui est donnée par $P\&L(0, T) = P_T - P_0$ (4)

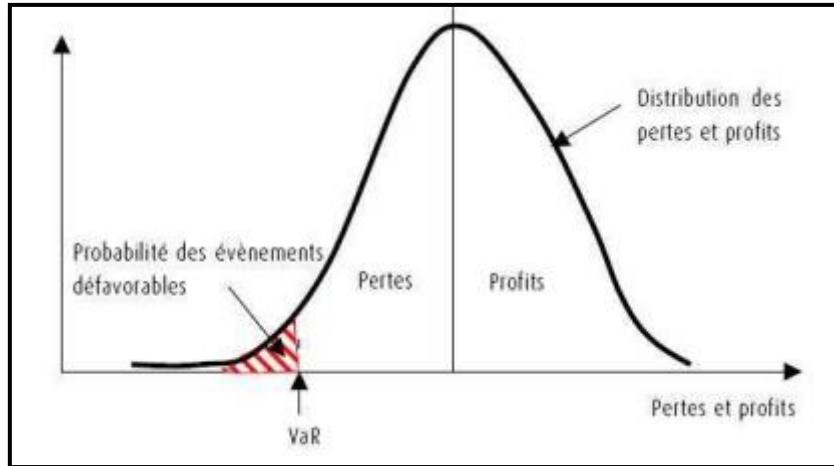
Outre plus, il est à noter que la VaR d'un portefeuille dépend de trois paramètres :

- * La distribution des pertes et profits du portefeuille en fin de période ;
- * Le niveau de confiance qui est égale à 1 diminué de la probabilité des événements défavorables ;
- * La période de temps sur laquelle nous désirons mesurer la VaR.

²⁰ John Pierpont Morgan, financier et banquier américain (1837 – 1913).

²¹ A. FALEH. Analyse comparative de modèle d'allocation d'actifs dans le plan Moyenne-Var relative. *Master 2 actuariat, Université Claude Bernard Lyon 1*, 2007.

Figure 4. Représentation graphique de la VaR.



Par ailleurs, le paramètre le plus important et le plus difficile à déterminer est la distribution des pertes et profits du portefeuille. Comme le niveau de confiance dépend de l'aversion au risque du propriétaire du portefeuille, plus il est important, et plus la VaR sera élevée. Quant à l'horizon de temps, il dépend surtout de la fréquence de reconstitution du portefeuille et de la liquidité des actifs financiers qui y sont contenus. A noter que pour mesurer la VaR des portefeuilles de négociation des institutions financières, la réglementation impose un niveau de confiance de 99% et une période de dix jours ouvrables, soit deux semaines.

III.2 Avantages et inconvénients

Nous allons énoncer dans cette section uniquement les principaux avantages et inconvénients de la VaR. En effet, nous trouvons parmi ses avantages :

- * La gestion d'un portefeuille d'instruments financiers dans le but d'optimiser le couple Risque/Rendement ;
- * La fixation des limites internes et l'allocation des fonds propres ;
- * Le calcul de l'exigence de fonds propres prudentiels pour les risques de marché et de crédit.

Néanmoins, des inconvénients jaillissent et se détachent parmi lesquels nous citons :

- * L'absence de distinction entre la liquidité des différentes positions de marché ;
- * L'absence d'intégration des coûts de détention ou de liquidation des positions de marché ;
- * L'unique capture des risques à CT dans des conditions normales de marché ;
- * La nécessité de plusieurs hypothèses pour l'utilisation de chaque modèle de VaR qui ne sont pas toutes vérifiées dans la réalité, ce qui influence la valeur mesurée du risque.

III.3 Méthodes de calcul de la VaR : Revue de littérature, avantages et inconvénients

La méthode de calcul de la VaR est déterminée par la distribution choisie pour modéliser les pertes et profits du portefeuille. Nous allons maintenant, dans cette partie, présenter les deux méthodes les plus utilisées, notamment la **méthode historique**, et la **méthode paramétrique** ou **méthode des variances/covariances**.

III.3.1 La méthode historique

De prime abord, nous émettons l'hypothèse que la distribution des rendements observée à partir des données historiques se reproduira dans l'avenir. Plus concrètement, la détermination de la VaR se déroule comme suit :

- * Calculer la valeur actuelle du portefeuille ;
- * Recueillir les rendements historiques pour chaque facteur de risque impliqué²² ;
- * Calculer les valeurs historiques des pertes et profits du portefeuille et les classer par ordre croissant ;
- * Calculer la VaR en fonction du niveau de confiance et du nombre de données historiques utilisées.

En pratique, nous cherchons la perte ou rendement qui vérifient la relation suivante :

$$\text{Probabilité (P\&L} < \text{P\&L}_i) = \frac{i}{N-1} = 1 - \alpha \quad (5)$$

$$\text{Probabilité (R} < \text{R}_i) = \frac{i}{N-1} = 1 - \alpha \quad (6)$$

Avec :

α : Le niveau de confiance choisi ;

P&L : Profit and Loss ;

R : Le Rendement ;

N : Le nombre d'observations avec $i = 1, \dots, N$

A noter que si la valeur de $N \times (1-\alpha)$ n'est pas un nombre entier, il faudra, naturellement, calculer la VaR par interpolation linéaire moyennant les formules suivantes :

$$\text{VaR}_{\alpha,h} = \text{P\&L}_{[N(1-\alpha)]} + (N(1-\alpha) - [N(1-\alpha)]) \times (\text{P\&L}_{[N(1-\alpha)+1]} - \text{P\&L}_{[N(1-\alpha)]}) \quad (7)$$

$$\text{VaR}_{\alpha,h} = \text{R}_{[N(1-\alpha)]} + (N(1-\alpha) - [N(1-\alpha)]) \times (\text{R}_{[N(1-\alpha)+1]} - \text{R}_{[N(1-\alpha)]}) \quad (8)$$

Avec : $[N \times (1-\alpha)]$ n'est autre que la partie entière de $N \times (1-\alpha)$.

III.3.2 La méthode paramétrique

Dans cette méthode, nous nous basons sur l'hypothèse que les rendements du portefeuille et des facteurs de risque ont des distributions normales, même si cette hypothèse est rarement justifiée empiriquement²³. Ainsi la VaR d'un portefeuille peut-elle être construite à partir d'une combinaison des risques des valeurs fondamentales. Par ailleurs, nous définissons le taux de rendement du portefeuille de t à $t + 1$ comme suit :

$$\mathbf{R}_{p,t+1} = \sum_{i=1}^N \mathbf{W}_{i,t} \mathbf{R}_{i,t+1} \quad (9)$$

Ou encore sous forme matricielle :

$$\mathbf{R}_p = \mathbf{W}_1 \mathbf{R}_1 + \dots + \mathbf{W}_N \mathbf{R}_N = [\mathbf{W}_1, \mathbf{W}_2, \dots, \mathbf{W}_N] [\mathbf{R}_1, \mathbf{R}_2, \dots, \mathbf{R}_N]^t = \mathbf{w}' \mathbf{R} \quad (10)$$

Avec :

\mathbf{W}_i : ($i=1 \dots N$) les poids associés aux actifs ;

N : est le nombre d'actifs ;

\mathbf{R}_i : est le taux de rendement de l'actif i .

²² Par exemple le cours des actions ou le taux de change.

²³ Nous allons voir par la suite plus de détails sur cette hypothèse.

Cette méthode suppose que le rendement du portefeuille est distribué normalement, puisqu'il est une fonction linéaire des rendements des actifs. Ces derniers sont supposés distribués selon la loi normale. De plus, la variance du portefeuille est donnée par :

$$V(R_p) = \sigma_p^2 = \sum_{i=1}^N w_i^2 \sigma_i^2 + \sum_{i=1}^N \sum_{j=1, j \neq i}^N w_i w_j \sigma_{ij} = \sum_{i=1}^N w_i^2 \sigma_i^2 + 2 \sum_{i=1}^N \sum_{j < i}^N w_i w_j \sigma_{ij} \quad (11)$$

La variance peut être écrite alors de la façon suivante :

$$V(R_{p,t+1}) = w_t' \Sigma w_t \quad (12)$$

Et il est plus commode d'utiliser la notation matricielle :

$$\sigma_p^2 = [w_1, \dots, w_N] \begin{bmatrix} \sigma_{11} & \dots & \sigma_{1N} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{N1} & \dots & \sigma_{NN} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ \vdots \\ w_N \end{bmatrix} \quad (13)$$

Si nous adoptons la notation de Σ la matrice prévue des variances et des covariances, que nous supposons constante et estimée par la matrice de variance/covariance historique, la VaR sera déterminée de la manière suivante²⁴ :

$$VaR = V_0 \times (-m + Z_q \times \sigma) \quad (14)$$

Avec :

$\sigma = \sigma_p^2 = w' \Sigma w$: La volatilité des rendements futurs du portefeuille ;

V_0 : La valeur actuelle du portefeuille ;

Z_q : Le quantile associé à la distribution de la loi normale.

III.3.3 Comparaison des deux méthodes

Nous résumons les avantages et inconvénients des deux méthodes détaillées ci-haut dans le tableau suivant :

Tableau 8. Avantages et inconvénients de la VaR historique et de la VaR paramétrique.

Méthode	Avantages	Inconvénients
Historique	<ul style="list-style-type: none"> • Facile et simple à expliquer. • Implémentation relativement aisée. • Aucune hypothèse sur les lois de distribution 	<ul style="list-style-type: none"> • Nécessite beaucoup de données historiques. • Se base sur des données passées : le passé peut ne plus se reproduire. • Ne tient pas compte des effets extrêmes. • Intervalle de confiance de la VaR reste large.
Paramétrique (Variance/Covariance)	<ul style="list-style-type: none"> • Paramètres faciles à estimer. • Implémentation aisée. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sous-estime les événements rares. • Se complexifie par rapport à la taille du portefeuille. • S'adapte mal aux produits optionnels. • Hypothèse de normalité.

Source : établi par nos soins.

²⁴ F. MORAUX. Finance de marché. *Synthex Economie et gestion, synthèse de cours & exercices corrigés*, Pearson, 2012.

III.3.4 La méthode de quantification adoptée : VaR de Cornish-Fisher (CFVaR)

Avant de détailler cette méthode, il s'avère crucial, de prime abord, de reprendre les différentes formules utilisées pour le calcul de la VaR paramétrique, appelée également, la VaR normale. En effet, si les rendements X sur une seule période sont indépendants de même loi normale de moyenne μ et variance σ^2 , alors les rendements sur la période T sont également gaussiens de moyenne μT et variance $\sigma^2 T$.

$$\text{Probabilité}(X_T \leq \text{VaR}(\alpha, T)) = \text{Probabilité}\left(\frac{X_T - \mu T}{\sigma\sqrt{T}} \leq \frac{\text{VaR}(\alpha, T) - \mu T}{\sigma\sqrt{T}}\right) = \alpha \quad (15)$$

De ce fait, en notant $Z_\alpha = N^{-1}(\alpha)$, la VaR gaussienne sera définie par : $\frac{\text{VaR}(\alpha, T) - \mu T}{\sigma\sqrt{T}} = Z_\alpha$

En d'autres termes :

$$\text{VaR}(\alpha, T) = \mu T + Z_\alpha \sigma\sqrt{T} \quad (16)$$

La VaR normale dépend donc essentiellement de la volatilité, et elle est simple à implémenter, cependant elle ne tient pas compte des queues épaisses. La VaR qui en résulte est, en général, sous-estimée. Convenons aussi que sous l'hypothèse de normalité des rendements, l'asymétrie et le Kurtosis²⁵ sont nuls. En réalité, les rendements ont, en général, des asymétries négatives et des kurtosis élevés. En utilisant un développement limité du quantile normal, nous pouvons en tenir compte :

$$z^{\text{Cornish Fisher}} \approx z + \frac{1}{6}(Z^2 - 1)S + \frac{1}{24}(Z^3 - 3z)K - \frac{1}{36}(2Z^3 - 5z)S^2 \quad (17)$$

Où z est le quantile normal à α : $N(z) = \alpha$, S est l'asymétrie et K le kurtosis en excès²⁶. Dans le cas d'une asymétrie nulle, l'expression précédente se réduit à :

$$z^{\text{Cornish Fisher}} \approx z + \frac{1}{24}(Z^3 - 3z)K \quad (18)$$

La VaR de Cornish Fisher VaR est alors :

$$\text{VaR}(\alpha, T) = \mu T + z^{\text{Cornish Fisher}} \sigma\sqrt{T} \quad (19)$$

Avec μ représentant la moyenne, et σ l'écart-type.

Ainsi, le développement de Cornish-Fisher fournit-il directement une approximation de la VaR à partir des 4 premiers moments de la distribution, c'est une VaR corrigée des effets de non linéarité, permettant d'améliorer l'approche paramétrique pour tenir compte du caractère non-gaussien (non-normal) de la loi sous-jacente.

IV. Implémentation pratique des calculs de la VaR pour le portefeuille « Actions »

En vue de justifier le choix de la CFVaR, adoptée par le CRM, comme étant la méthode la plus adéquate de quantification du risque de marché, nous allons, sur la base du portefeuille des actions de la CDG EP, calculer la VaR par les trois méthodes précitées à savoir la méthode historique, la méthode paramétrique et la méthode CFVaR. Par ailleurs, nous allons établir un

²⁵ Appelé également coefficient d'aplatissement de Pearson, c'est le moment centré d'ordre 4 qui permet de calculer le degré d'aplatissement d'une distribution à une variable, divisé par le carré de la variance afin d'obtenir un nombre sans dimension.

²⁶ Le Kurtosis d'une loi normale (de Gauss) est égal à 3. Certains auteurs (surtout anglo-saxons) et logiciels retranchent 3 à la forme du Kurtosis, ce qui conforte la loi normale dans son rôle de « loi étalon ». Le coefficient obtenu est dit « e Fisher » ou Excess Kurtosis (Kurtosis en excès = Kurtosis - 3).

backtesting des trois méthodes pour démontrer que la CFVaR est la meilleure méthode à adopter.

Avant de procéder au calcul, il est à noter que selon la réglementation de BAM, dès leur acquisition, les titres doivent être classés dans l'une des catégories prévues par le plan de comptes²⁷ en fonction de l'intention, et qui varient, rappelons-le, entre titres de transaction, titres de placement, titres d'investissement et titres de participation. Nous distinguons par ailleurs trois types de portefeuilles :

- * **Le portefeuille de transaction** : il s'agit d'un portefeuille de Trading qui ne peut pas être tenu plus de trois mois. Ce portefeuille est constitué des titres qui, à l'origine, sont acquis ou vendus avec l'intention de les revendre ou de les acheter à court terme, dans le but d'en tirer un profit, ou dans le cadre d'une gestion spécialisée de portefeuille comprenant des instruments dérivés.
- * **Le portefeuille de placement** : c'est un portefeuille qui peut être tenu plus de trois mois et qui contient les titres à revenu fixe ou à revenu variable détenus dans une optique de placement, pour une période indéterminée, et que l'établissement peut être amené à céder à tout moment.
- * **Le portefeuille de participation** : Ce portefeuille englobe les titres dont la possession durable est estimée utile à l'activité de l'établissement de crédit et qui sont représentatifs d'une fraction de capital, détenue directement ou indirectement.

Par ailleurs, les deux portefeuilles qui peuvent être définis en tant que portefeuille de négociation²⁸ sont les portefeuilles de transaction et de placement, et par ailleurs, la VaR sera calculée sur la base de ces deux derniers portefeuilles. Au niveau de la CDG, les discussions sont en cours pour la définition du portefeuille de négociation, néanmoins le calcul de la VaR, objet de cette section, sera établi **sur le portefeuille de transaction uniquement**.

Le portefeuille actions, objet de notre étude, est composé de 6 titres dont la date d'acquisition est fixée **au 31 décembre 2015**. Ces titres ont été dénommés selon la nomenclature (titre 1,..., titre n) pour des raisons de confidentialité. En outre, le calcul de la VaR sera effectué par différentes approches et cela, bien entendu, pour trois horizons : un jour, dix jours et un an. A noter que la valeur du portefeuille est de **116 897 954,44 Dhs**²⁹.

Etapes préalables³⁰

De prime abord, il s'avère crucial, avant d'entamer l'implémentation des calculs de la VaR par les différentes méthodes, de fixer un horizon d'historique sur lequel se baseront nos calculs. En effet, pour le portefeuille actions, nous nous sommes basés sur un historique de 5 ans, permettant de mettre en exergue la durée d'un cycle économique. Ainsi, l'historique choisi date-t-il **du 02/01/2011 jusqu'au 30/12/2015**, donnant lieu à **1240** observations et ne prenant en considération que les jours ouvrables³¹. Par ailleurs, la récupération de l'historique des cours des titres³² composant le portefeuille a été établie à partir du site de la Bourse des Valeurs de Casablanca (BVC). Nous allons, par la suite, vérifier toutes les hypothèses préalables à

²⁷ Plan Comptable des Etablissements de Crédit (PCEC) de BAM.

²⁸ Le portefeuille de négociation est un portefeuille constitué des positions sur instruments financiers et produits de base détenus à des fins de négociation, ou dans le but de couvrir ou financier d'autres éléments du portefeuille.

²⁹ Ce montant n'est pas la valeur effective du portefeuille actions, mais plutôt un montant proche de la réalité.

³⁰ Les résultats des tests de stationnarité et de normalité pour le portefeuille obligataire sont dans l'Annexe 3.

³¹ Les jours allant du Lundi au Vendredi et qui ne sont pas des jours fériés.

³² Toutes les actions ont été introduites en Bourse au 02/01/2011.

l'implémentation des différentes méthodes de calcul de la VaR, et ce, en établissant des tests statistiques.

✚ Vérification de l'hypothèse de stationnarité, soubassement de la méthode historique

Dans la partie théorique relative au calcul de la VaR historique, nous avons vu que cette méthode repose sur l'hypothèse de la stationnarité des rendements, stipulant que le passé se reproduira dans le futur. De ce fait, il s'avère primordial de tester cette hypothèse pour les différentes actions composant le portefeuille. A noter que les rendements utilisés pour déterminer la VaR historique sont les rendements simples définis comme suit :

$$r_t = \frac{p_t - p_{t-1}}{p_{t-1}} \quad (20)$$

Où :

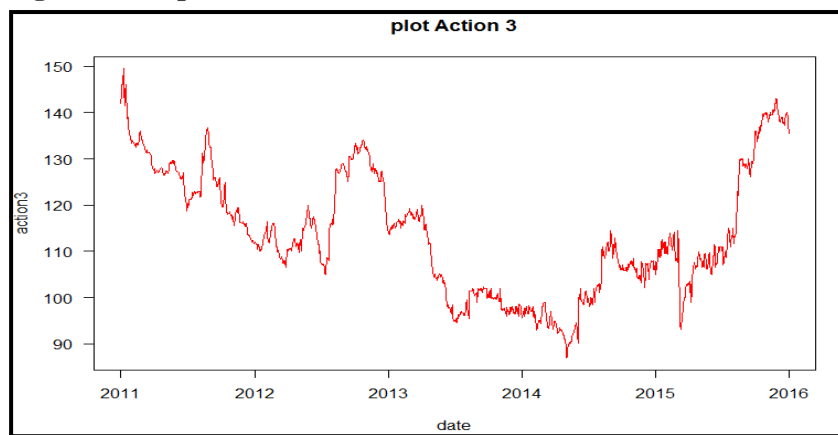
r_t : Le rendement simple à l'instant t ;

p_t : Le prix de l'action à l'instant t ;

p_{t-1} : Le prix de l'action à l'instant t-1.

Par ailleurs, le test utilisé est celui d'Augmented Dikey Fuller (ADF) qui a été implémenté sous R et sous Eviews. Il est à noter que ce test consiste à tester H_0 : « **Il existe une racine unitaire** » contre H_1 : « **la série n'est pas stationnaire** ». Ci-dessous un exemple de test de stationnarité pour l'action numéro 3 :

Figure 5. Graphe illustrant le cours de l'action 3 entre 2011 et 2015.



Source : Graphe sous R établi par nos soins.

L'implémentation du test sous R nous donne une valeur de la p-value égale à **0.1398** qui est bien supérieure à 5%, nous déduisons alors que la série de cette action **n'est pas stationnaire**. D'autant plus, le test sous Eviews nous permet de confirmer le résultat trouvé grâce aux sorties illustrées dans le tableau ci-dessous.

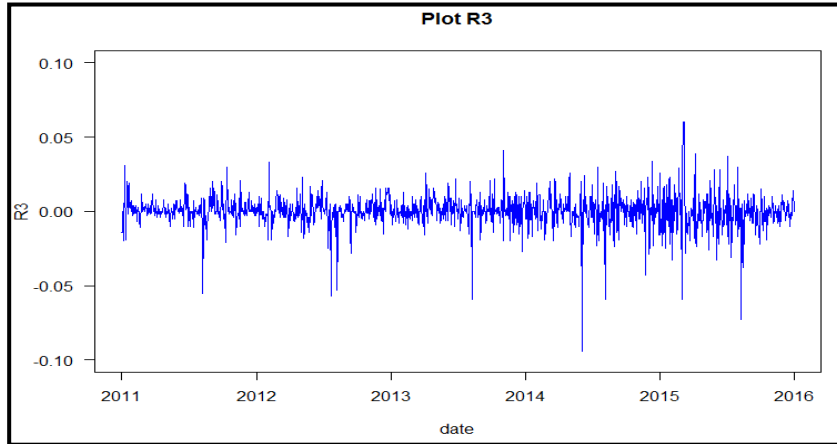
Tableau 9. Les résultats du test ADF effectué pour l'action 3 sous Eviews.

Modèle avec tendance et constante		Modèle avec constante		Modèle sans constante et sans tendance	
DF	DF Tabulé 5%	DF	DF Tabulé 5%	DF	DF Tabulé 5%
-1,35	-3,41	-1,90	-2,86	-0,37	-1,94

Source : établi sous EXCEL par nos soins.

Les séries des prix ne sont pas stationnaires, elles sont intégrées d'ordre 1. Nous testons donc la stationnarité des séries représentant les rendements des cours boursiers.

Figure 6. Graphe illustrant le rendement de l'action 3 entre 2011 et 2015.



Source : Graphe sous R établi par nos soins.

Le graphe ci-dessus montre que le rendement de l'action 3 sur toute la période d'étude oscille autour d'une moyenne nulle, ce qui nous pousse à conclure préalablement que la série des rendements **est stationnaire**. Par ailleurs, l'application du test ADF sous R et sous Eviews est primordiale afin d'appuyer ce constat.

Sous R, nous trouvons que la p-value est très inférieure à 5%, ce qui nous permet de trancher que la série des rendements est stationnaire. Par ailleurs, l'implémentation du test sous Eviews valide le constat établi, grâce au tableau ci-dessous :

Tableau 10. Les résultats du test ADF effectué pour le rendement de l'action 3 sous Eviews.

Modèle avec tendance et constante		Modèle avec constante		Modèle sans constante et sans tendance	
DF	DF tabulé 5%	DF	DF tabulé 5%	DF	DF tabulé 5%
-33,71	-3,41	-33,64	-2,86	-33,65	-1,94

Source : établi par nos soins.

La série du rendement pour la troisième action est stationnaire car les résultats des trois modèles sont convergents. Nous concluons ainsi, après avoir effectué le test sur l'ensemble des titres composant le portefeuille actions, **que tous les rendements sont stationnaires**³³.

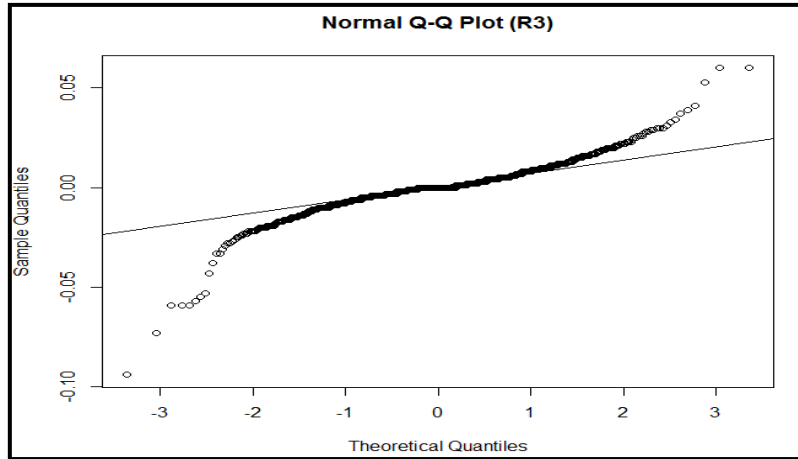
✚ Vérification de l'hypothèse de normalité des rendements, fondement de la méthode paramétrique

La méthode paramétrique, appelée également méthode de variance-covariance, repose sur deux principales hypothèses, à savoir la normalité des rendements des titres du portefeuille et la linéarité du profil de risque des titres actions. A noter que les rendements utilisés pour déterminer la VaR paramétrique sont les rendements simples.

Avant de procéder aux calculs, nous dressons le normal Q-Q Plot (Quantile-Quantile Plot) qui permet de représenter les quantiles de la distribution des rendements en fonction des quantiles de la distribution normale $N(0,1)$.

³³ Les résultats du test pour tous les titres sont en Annexe 1.

Figure 7. Q-Q Plot du test de normalité du rendement de l'action 3.

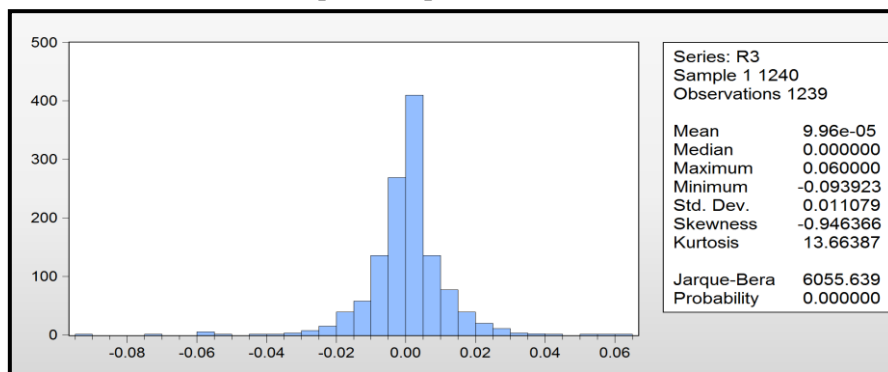


Source : Graphe sous R établi par nos soins.

D'après la figure ci-dessus, nous remarquons que le Q-Q plot n'est pas confondu avec la ligne droite, nous nous permettons de dire que **la distribution des rendements n'est pas normale**.

Par la suite, nous allons tester l'hypothèse de normalité des rendements de tous les titres du portefeuille sous Eviews à l'aide du test de **Jarque-Bera** et sous le logiciel R à l'aide du test de **Shapiro-Wilk**. Ce dernier s'effectue en testant **H₀ : « la distribution des rendements est normale »**, contre **H₁ : « la distribution des rendements n'est pas normale »**. Un exemple d'application de ce test pour l'action n°3 sous R nous montre que la p-value est inférieure à 5%, ce qui nous pousse à rejeter l'hypothèse de la normalité. Sous Eviews, et grâce au test de Jarque-Bera qui consiste à tester l'hypothèse **H₀ : « Les données suivent une loi normale »** contre **H₁ : « Les données ne suivent pas une loi normale »**, le résultat de la non-normalité des rendements est confirmé grâce à la p-value inférieure à 5% et à la statistique de Jarque-Bera qui prend des valeurs très élevées.

Figure 8. Les résultats du test de Jarque-Bera pour le rendement de l'action 3 effectué sous Eviews.



Source : établi par nos soins sous Eviews.

Après avoir effectué le test sur l'ensemble des titres composant le portefeuille actions³⁴, nous concluons qu'**aucun rendement n'est normal**. En effet, cette hypothèse est rarement vérifiée en réalité, mais elle permet de simplifier énormément les calculs.

³⁴ Les résultats du test pour tout le portefeuille actions sont en Annexe 2.

Application de la VaR historique

Cette méthode est très simple et consiste à se baser sur la distribution empirique des données historiques des rendements du portefeuille. En effet, il s'agit de suivre les étapes pratiques suivantes qui ont été mises en œuvre sous EXCEL :

- * Calculer les rendements du portefeuille à chaque date de l'historique en pourcentage en se basant sur la **l'équation (5)** ;
- * Classer et trier ces rendements par ordre croissant ;
- * Calculer la valeur des rendements pondérés par le poids de l'action dans chaque portefeuille. En effet, le tableau suivant fournit les poids en pourcentage et en montant de chaque titre composant le portefeuille :

Tableau 11. Les poids respectifs des actions dans le portefeuille.

Action	Poids en %	Poids en valeur (DH)
1	59,72%	69 808 827,69
2	2,41%	2 821 676,46
3	7,35%	8 594 418,64
4	21,38%	24 993 840,78
5	8,52%	9 955 348,64
6	0,62%	723 842,22

Source : Documentation interne de la CDG modifiée par nos soins

- * Calculer le rendement total du portefeuille qui est égal à la somme des rendements pondérés des titres du portefeuille :

$$R_t = \sum_{i=1}^6 w_i R_{it} \quad (21)$$

Tel que :

R_t : Le rendement du portefeuille à l'instant t ;

W_i : Le poids de l'action i dans le portefeuille ;

R_{it} : Le rendement de l'action i à l'instant t.

- * La VaR pour chaque horizon et chaque niveau de confiance (1-k) est calculée en choisissant le rendement équivalent à $N \times (1-\alpha)^{35}$, où N est le nombre de rendements (nombre d'observations qui est égal à 1240) et α est le niveau de confiance (ici 99%).

Ainsi, les tableaux suivants synthétisent les résultats de calcul de la VaR pour trois niveaux de confiance : 90%, 95% et 99%, et pour trois horizons : 1 jour, 10 jours et 1 an.

Tableau 12. Les résultats de la VaR historique pour les trois niveaux de confiance et trois horizons, en valeur absolue et en pourcentage.

VaR en valeur absolue (DH)				VaR en %			
%	VaR 1j	VaR 1an	VaR 10j	%	VaR 1j	VaR 1an	VaR 10j
90%	1 980 472,52	31 439 026,60	6 262 804,00	90%	1,69%	26,89%	5,36%
95%	2 224 598,11	35 314 400,20	7 034 796,91	95%	1,90%	30,21%	6,02%
99%	2 431 626,77	38 600 878,30	7 689 479,01	99%	2,08%	33,02%	6,58%

Source : Tableau établi sous EXCEL par nos soins.

³⁵ Comme évoqué dans la partie théorique, nous déterminons ce rendement équivalent par interpolation s'il n'est pas entier.

Nous constatons par ailleurs que la VaR est une fonction croissante du seuil de confiance, c'est pour cela que nous notons que la plus grande perte est enregistrée pour le seuil le plus élevé qui est de 99%, et cela pour les différents horizons choisis. A noter que la VaR à 10 jours et la VaR à 1 an sont obtenues par la « Scaling Law³⁶ » qui énonce que :

$$\text{VaR}(\alpha\%, N\text{jours}) = \sqrt{N} \times \text{VaR}(\alpha\%, 1\text{jour}) \quad (22)$$

Où N représente le nombre de jours ouvrables dans l'année, soit 252.

La conclusion que nous pourrions en tirer est que, sur l'horizon réglementaire de 10 jours, il existe 1% de chance de perdre plus de 6,58% de la valeur du portefeuille et 10% de chance d'en perdre 5,36%.

Application de la VaR paramétrique

Cette méthode est fondée sur l'estimation des paramètres du portefeuille à savoir : le rendement moyen et l'écart-type. Outre plus, il s'agit de déterminer μ et σ du portefeuille, apparaissant dans la formule suivante :

$$\text{VaR}(1\text{jour}, \alpha\%) = \mu + \sigma Z_\alpha \quad (23)$$

Avec :

μ = Rendement moyen du portefeuille ;

σ = Ecart-type du portefeuille ;

En effet : $\mu = \mathbf{E}(\mathbf{R}) = \sum_{i=1}^6 w_i \mathbf{E}(\mathbf{R}_i)$ et $\sigma = \mathbf{w} \text{Mat}_{\text{cov}} \mathbf{w}^t$ tel que :

w : Vecteur ligne composé des poids des 6 titres du portefeuille.

Mat_{cov} : La matrice de variance-covariance des rendements des 6 titres.

w_i : Le poids de l'action i dans le portefeuille.

R_i : Rendement de l'action i .

R : Rendement du portefeuille entier.

w^t : Vecteur colonne constitué des poids des 6 titres du portefeuille.

Ci-dessous la matrice de variance-covariance des différents titres :

Tableau 13. La matrice de variance-covariance des 6 actions de notre portefeuille.

mat var cov	Action1	Action2	Action3	Action4	Action5	Action6
Action1	0,000324327	6,11547E-05	4,1889E-05	2,02963E-05	2,35225E-05	1,54567E-05
Action2	6,11547E-05	0,000518536	1,48813E-05	4,06397E-05	5,24112E-05	1,71408E-05
Action3	4,1889E-05	1,48813E-05	0,000122641	1,67926E-05	2,29706E-05	3,68026E-06
Action4	2,02963E-05	4,06397E-05	1,67926E-05	0,000680262	5,00068E-05	-1,30874E-05
Action5	2,35225E-05	5,24112E-05	2,29706E-05	5,00068E-05	0,000422836	2,98707E-05
Action6	1,54567E-05	1,71408E-05	3,68026E-06	-1,30874E-05	2,98707E-05	0,000412628

Source : Tableau établi sous EXCEL par nos soins.

Nous obtenons les deux valeurs suivantes pour μ et σ :

$$\sigma = 1,2933\%$$

$$\mu = -0,0218\%$$

³⁶ En 1996, le Comité de Bâle a décrété qu'il acceptait le « Scaling Law » qui dit par exemple que l'écart-type mesuré sur 10 jours est égal à l'écart-type journalier multiplié par $\sqrt{10}$.

Ce rendement moyen du portefeuille est très faible, ceci est dû au fait que les rendements de tous les titres sont stationnaires et varient autour d'une moyenne nulle. Ainsi les VaR, pour les trois seuils de confiance et les horizons de 1 jour, 10 jours et 1 an, se présentent dans le tableau ci-dessous :

Tableau 14. Les résultats de la VaR paramétrique pour les trois niveaux de confiance et trois horizons, en valeur absolue et en pourcentage.

VaR en valeur absolue (DH)				VaR en %			
%	VaR 1j	VaR 1an	VaR 10j	%	VaR 1j	VaR 1an	VaR 10j
90%	1 912 019,75	30 352 372,54	6 046 337,34	90%	1,64%	25,96%	5,17%
95%	2 461 278,95	39 071 591,98	7 783 247,42	95%	2,11%	33,42%	6,66%
99%	3 491 597,85	55 427 397,55	11 041 401,90	99%	2,99%	47,42%	9,45%

Source : Tableau établi sous EXCEL par nos soins.

Nous remarquons, à l'instar de la VaR historique, que la plus grande perte est enregistrée pour le niveau de confiance le plus élevé. Ainsi, nous sommes sûrs à 99% que la perte maximale ne dépassera pas 2.99%, 9.45% et 47.42% de la valeur du portefeuille à l'horizon d'un jour, de 10 jours et d'un an respectivement.

Application de la CFVaR

En suivant le même processus d'implémentation effectué dans la partie précédente pour la VaR paramétrique, nous calculons la VaR corrigée par l'approximation de Cornish-Fisher selon le canevas élaboré dans la partie théorique. Par analogie, après avoir testé la normalité de tous les rendements des actions constituant notre portefeuille, nous déduisons qu'aucun rendement n'est normal. Et c'est d'ailleurs la principale raison qui nous a poussés à adopter cette approximation qui tient compte du caractère non-gaussien.

Qui plus est, cette méthode est également fondée sur l'estimation des paramètres du portefeuille à savoir : le rendement moyen et l'écart-type. Nous allons déterminer, de ce fait, μ et σ du portefeuille, apparaissant dans l'équation (18). En adoptant la matrice de variance-covariance des différents titres calculée précédemment dans la partie de la VaR paramétrique, nous trouvons les valeurs suivantes :

$$\sigma = 0,0129\% \text{ et } \mu = -0,0218\%$$

Ensuite, nous calculons le quantile de Cornish-Fisher selon la formule suivante :

$$\text{VaR}_{\text{CF},\alpha} = \mu + \left(Z_{\alpha} + \frac{Z_{\alpha}^2 - 1}{6} S + \frac{Z_{\alpha}^3 - 3Z_{\alpha}}{24} K - \frac{2Z_{\alpha}^3 - 5Z_{\alpha}}{36} S^2 \right) \quad (24)$$

Où :

$$Z_{\alpha} = \Phi_N^{-1}(\alpha) ;$$

α : Le niveau de quantile ;

Φ_N^{-1} : La fonction quantile de la loi normale centrée réduite ;

S : le Skewness (ou le coefficient d'asymétrie) ;

K : l'excès de kurtosis c'est-à-dire le kurtosis - 3.

Nous obtenons finalement la CFVaR (la VaR corrigée par l'approximation de Cornish-Fisher), calculée pour 3 seuils de confiance 90%, 95% et 99%, et pour les trois horizons fixés au début, notamment 1 jour, 10 jours et 1 an.

Tableau 15. Les résultats de la CFVaR pour les trois niveaux de confiance et trois horizons, en valeur absolue et en pourcentage.

VaR en valeur absolue (DH)				VaR en %			
%	VaR 1j	VaR 1an	VaR 10j	%	Var 1j	Var 1an	VaR 10j
90%	1 975 577,54	25 340 729,48	6 072 980,42	90%	1,69%	21,68%	5,20%
95%	2 428 964,04	32 538 017,00	7 506 714,41	95%	2,08%	27,83%	6,42%
99%	3 073 585,40	42 771 063,85	9 545 186,14	99%	2,63%	36,59%	8,17%

Source : Tableau établi sous EXCEL par nos soins.

De la même manière, nous pourrions déduire que, pour un seuil de 99%, la perte maximale ne pourra pas dépasser 2.63%, 8.17% et 36.59% pour les horizons respectifs 1 jour, 10 jours et 1 an.

Backtesting : justification de l'adoption de la CFVaR pour le CRM

1) Présentation de la pratique

En vue de comparer les valeurs obtenues de la VaR par les différentes méthodes adoptées, nous procédons à l'exercice du backtesting. Ce dernier est l'outil réglementaire incontournable pour la validation des modèles de la VaR. En effet, cette étape est très importante dans la mesure où l'institution financière envisage d'obtenir l'autorisation de BAM, afin d'utiliser le modèle interne pour la quantification du risque de marché au lieu de l'approche standard.

Cependant, les résultats des estimations de la VaR posent clairement la question du choix de la méthode de calcul de la VaR. Tout naturellement, plusieurs critères entrent en jeu et interviennent tout en étant plus ou moins déterminants, notamment les coûts d'implémentation, la complexité et la flexibilité du modèle. Néanmoins, il est aussi très éminent de s'assurer de l'adéquation de la méthode choisie. De ce fait, l'exercice du backtesting consiste à confronter la VaR calculée avec les pertes et profits effectivement réalisés sur le portefeuille sur une période assez prolongée dans le temps.

A ce titre, et étant donné que le comité de Bâle exige des banques que cette période de calcul soit au moins de 250 jours ouvrables, nous aurons dans ce cas 250 VaR à confronter avec 250 résultats du portefeuille correspondant aux nombres de jours ouvrables. Cependant, le groupe RiskMetrics³⁷ affirme qu'une fenêtre de 90 jours ouvrables³⁸ est suffisante pour effectuer un backtesting sur le portefeuille et d'obtenir des résultats assez significatifs.

2) Démarche à suivre

Dans le but de valider le modèle établi dans le calcul de la VaR, et compte tenu des exigences du régulateur marocain, il est indispensable de vérifier la fiabilité des méthodes utilisées du modèle interne, via la procédure de Backtesting reposant essentiellement sur le nombre de dépassements, autrement dit, le nombre de fois où la perte réelle observée est supérieure à la perte prévue par le modèle interne. En d'autres termes, la technique du Backtesting est fondée sur la comparaison entre la VaR calculée à l'instant t-1 et le P&L ou le rendement de l'instant t, et cela pour un historique préétabli fixé à T jours.

Conséquemment, si le résultat du Backtesting affiche un nombre de dépassements supérieur à une limite fixée, alors BAM pourrait ne pas valider le modèle interne de l'institution financière car le modèle sous-estime la VaR, si par contre le nombre issu est inférieur au nombre

³⁷ Dans son document « Risk Management : A Practical Guide ».

³⁸ Représentant le trimestre réglementaire.

idéal, alors dans ce cas, le modèle surestime la VaR. A noter que le nombre idéal de dépassements se calcule de la manière suivante :

$$\text{Nombre idéal de dépassements} = \text{Nombre d'observations} \times (1 - \text{Niveau de confiance})$$

Nous allons, subséquemment, détailler les deux tests de précision³⁹ qui nous permettent de trancher sur la meilleure méthode de calcul de la VaR, à savoir **le test POF (Proportion Of Failures)** proposé par **Kupiec en 1995**, et **la méthode MRB (Biais Relatif moyen)** développé par **Hendricks en 1996**.

i. Le test POF (Proportion Of Failures)

Ce test repose sur la comparaison de la proportion des violations de la VaR⁴⁰, se produisant dans le cas où les profits ou pertes du portefeuille sont inférieures à la VaR prévue, à la proportion imposée par le backtesting. De ce fait, nous notons $I_t(\alpha)$ la fonction indicatrice associée à une violation de la VaR à la date t pour un taux de couverture α :

$$I_t(\alpha) = \begin{cases} 1 & \text{si } x_t \leq \text{VaR}_{t|t-1}(\alpha) \\ 0 & \text{sinon} \end{cases} \quad (25)$$

Avec :

x_t : le rendement ou P&L du portefeuille à l'instant t ;

$\text{VaR}_{t|t-1}(\alpha)$: la VaR à $\alpha\%$ calculée à la date $t-1$ et sur l'horizon d'un jour.

Par ailleurs, Christoffersen, en 1998, montre que le problème de déterminer la validité d'un modèle de VaR peut se réduire à déterminer si la séquence des violations satisfait ces deux propriétés :

- * **La propriété de couverture non conditionnelle** énonçant que la probabilité de la réalisation ex-post d'une perte plus grande que la VaR reportée ex-ante doit être égale au taux de couverture $\alpha\%$.
- * **La propriété d'indépendance** stipulant que les violations de la VaR à des dates différentes doivent être indépendamment distribuées. Ainsi la variable $I_t(\alpha)$ est indépendante de $I_{t+k}(\alpha)$ pour toutes valeurs de k différentes de zéro.

Nous regroupons souvent ces deux propriétés en un seul critère stipulant que la séquence de violations $I_t(\alpha)$ doit être **indépendante et identiquement distribuée** selon une loi de Bernoulli de paramètre $1-\alpha$, hypothèse qui sera supposée par la suite.

De surcroît, le test POF est basé sur l'hypothèse nulle : $\mathbf{H}_0: \mathbf{p} = \hat{\mathbf{p}} = \frac{x}{T}$

Tel que :

T : Le nombre de jours du backtesting (nombre d'observations notamment) ;

X : Le nombre de dépassements ;

$p=1-\alpha$: Le taux d'échec.

Par ailleurs, il est question ici de tester si le taux d'échec observé est égal au taux d'échec relatif au niveau de confiance α . Le rapport de vraisemblance s'écrit sous la forme présentée dans la page suivante :

³⁹ C. HURLIN. Value-at-Risk et Backtesting. *Université d'Orléans, Laboratoire d'Economie d'Orléans (UMR CNRS 6221), Master Econométrie et Statistique Appliquée (ESA)*, 2008.

⁴⁰ Note technique NT 12-01 « Robustesse des méthodes de backtesting » rédigée sous la direction d'Elise St-Aubin Founier. *Institut de la finance structurée et des instruments dérivés de Montréal*, 2012.

$$LR_{POF} = -2 \times \ln \left(\frac{(1-p)^{T-x} p^x}{\left[1 - \frac{x}{T}\right]^{T-x} \left(\frac{x}{T}\right)^x} \right) \quad (26)$$

Ce ratio suit la loi de khi-deux à un degré de liberté. Ainsi, nous acceptons l'hypothèse H_0 si la valeur du ratio est inférieure à la statistique de khi-deux à un degré de liberté.

ii. La méthode MRB (Biais Moyen Relatif)

Le but de cette méthode est d'évaluer si l'approche adoptée dans le calcul de la VaR fournit un risque estimé relativement plus élevé, en d'autres termes, monter si la méthode utilisée surestime le risque, et inversement. Par ailleurs, la statistique que nous allons adopter pour l'utilisation de cette approche est la suivante :

$$MRB_i = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^T \frac{VaR_{it} - \overline{VaR}_t}{\overline{VaR}_t} \quad (27)$$

Où :

$$\overline{VaR}_t = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N VaR_{it}$$

VaR_{it} : La VaR fournie par l'approche i , pendant le jour t ;

VaR_t : La moyenne des VaR fournies par les N approches au jour t .

En effet, la statistique MRB, obtenue en pourcentage, a pour rôle de capturer l'ampleur à laquelle les différentes approches produisent des estimations de tailles moyennes semblables⁴¹, et de fournir une mesure de la taille de chaque VaR obtenue par chacune des différentes approches et une taille qui est relative à la moyenne des VaR calculées. D'ailleurs, il est question de comparer les statistiques MRB de chaque méthode et de retenir celle qui a le plus petit MRB en valeur absolue, car cela signifie que cette approche est la moins éloignée de la moyenne des VaR obtenue par l'ensemble des approches. Tenons à titre d'exemple un MRB égal à 0.1, cela implique que l'approche utilisée, et par la suite la VaR obtenue, est en moyenne 10% plus grande que la moyenne des VaR obtenues par toutes les approches.

iii. Application du Backtesting

La conduite des deux tests de backtesting relatifs aux 3 méthodes : historique, paramétrique et CFVaR a été effectuée sur la base des 500 derniers jours ouvrés pour un seuil de confiance de 99%.

- ✚ **Pour la méthode historique :** Il a fallu concevoir un bouton sous VBA-Excel qui permet, pour l'horizon de jours choisi, de récupérer l'historique des rendements trié par ordre croissant à chaque date, et de calculer les VaR des 500 derniers jours ouvrés en diminuant le processus, à chaque fois, d'un jour.
- ✚ **Pour les méthodes paramétrique et CFVaR :** Nous avons mis en place également un bouton sous VBA-Excel qui permet à chaque date de l'historique des 500 jours, d'éliminer la date en question, de recalculer la VaR, notamment parce que l'écart-type, le rendement moyen et la matrice de variance-covariance dans la formule de la VaR sont issus des rendements du portefeuille.

⁴¹ S. BENSEGHIR. Calcul de la VaR selon l'approche historique et la théorie des valeurs extrêmes sur un fonds alternatif de Dexia Asset Management. Paris, 2006.

Par ailleurs, et une fois les 500 VaR calculées pour les 3 méthodes, l'étape suivante est de déterminer le nombre de dépassements réalisée pour chaque méthode :

Tableau 16. Le nombre de dépassements relatif à chaque méthode de calcul de la VaR.

Méthode de calcul de la VaR	Nombre d'observations	Nombre de dépassements
Historique	500	19
Paramétrique	500	14
CFVaR	500	11

Source : Tableau établi sous EXCEL par nos soins.

Le tableau suivant résume, par ailleurs, les résultats trouvés par le test POF pour le portefeuille actions :

Tableau 17. Les résultats des statistiques POF et MRB des méthodes retenues pour le calcul de la VaR.

Test	Méthode de calcul de la VaR	Statistique	Décision
POF	Historique	23.12	Nous rejetons H_0
	Paramétrique	10.93	Nous rejetons H_0
	CFVaR	5.41	Nous acceptons H_0
MRB	historique	14.57%	Nous rejetons H_0
	paramétrique	-7.15%	Nous rejetons H_0
	CFVaR	-5.32%	Nous acceptons H_0

Source : Tableau établi sous EXCEL par nos soins.

Nous déduisons ainsi que la meilleure méthode préconisée pour calculer la VaR est la méthode de Cornish-Fisher puisque l'hypothèse H_0 est acceptée dans les deux approches. En effet, les deux tests fournissent une statistique faible en valeur absolue pour la méthode CFVaR, par contre l'approche historique nous donne une statistique nettement supérieure par rapport aux deux autres méthodes.

Ainsi, nous avons justifié le choix adopté par le CRM en ce qui concerne la quantification du risque de marché par la CFVaR. De ce fait, l'étape suivante consiste à implémenter le calcul de la VaR dans la maquette du projet pour les différentes filiales et classes d'actifs. Néanmoins, il convient de noter que la volatilité σ apparaissant dans la formule de la CFVaR peut être calculée par d'autres méthodes afin d'avoir une estimation meilleure de la VaR, ce qui fera l'objet de la prochaine section.

V. Estimation de la volatilité pour les portefeuilles « Actions » et « Obligations »

L'objet de cette section est d'avoir une estimation de la volatilité du marché des actions et du marché obligataire pour l'année de référence choisie dans le CRM. Pour ce faire, nous allons indexer nos portefeuilles « Actions » et « Obligations » sur leurs indices de marché, notamment le MASI⁴² et le MBI⁴³, dans le but d'avoir la meilleure estimation possible de la volatilité, paramètre indispensable à l'implémentation de la CFVaR.

IV.1 Volatilité : Définition et méthodes de calcul

1) Définition

L'étude de la volatilité de certains actifs financiers revêt une importance capitale dans le domaine de la finance, provenant en grande partie du fait qu'elle permet de mesurer

⁴² Moroccan All Shares Index, principal indice boursier de la BVC (Bourse des Valeurs de Casablanca).

⁴³ Moroccan Bonds Index, indice de performance obligataire calculé et publié par BMCE Capital Markets, le pôle Banque d'Affaires du Groupe BMCE Bank.

l'incertitude de l'évolution du rendement d'un actif donné⁴⁴. Etant la base de mesure du risque des actifs dans de nombreux domaines tels que la gestion du risque, les méthodes d'allocation optimale d'actifs en gestion de portefeuille ou la couverture de produits dérivés, la volatilité se révèle alors cruciale et par conséquent, sa prévision présente un intérêt majeur, d'autant plus qu'elle permet de contrôler le risque.

D'un point de vue théorique, la volatilité est par définition une mesure de l'amplification de la variation d'un cours⁴⁵. Autrement dit, un titre financier dont la volatilité est élevée signifie que son cours varie fortement, voire de façon exagérée sur une période donnée. Dans le sens où la volatilité mesure l'importance ou non de la variation d'un cours, elle mesure le risque du titre en question.

De surcroît, la volatilité n'a pas cessé de s'accroître sur les marchés financiers durant les vingt dernières années pour maintes raisons qui varient entre l'accroissement des volumes, l'institutionnalisation des marchés financiers et la réaction à la moindre information disponible. Convenons aussi que l'importance de la volatilité est due aussi au fait que, étant donné que la volatilité est reliée aux variations du rendement d'un actif, nous l'estimons souvent en utilisant l'écart-type des rendements antérieurs de l'actif en question sur une période donnée. Cette procédure nous fournit une estimation de la **volatilité historique** qui n'est pas l'unique méthode d'estimation de la volatilité.

2) Les techniques de calcul de la volatilité

i. La volatilité historique

La volatilité historique, comme son nom l'indique, est basée sur les rendements passés et les variations historiques que le cours d'un titre a connus⁴⁶. Elle peut être calculée sur différents horizons de temps suivant l'analyse désirée. La seule limite enregistrée au niveau de cette méthode et non des moindres, repose sur le fait qu'il est difficile de se baser sur des données historiques pour prédire les variations futures.

Par ailleurs, cette volatilité est la plus simple à calculer car elle est déterminée par l'écart-type dont nous rappelons la formule ci-dessous :

$$\sigma(\mathbf{x}) = \sqrt{V(\mathbf{x})} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}} \quad (28)$$

Où $\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$ représentant la moyenne des variations.

Avec :

V : La variance ;

x_i : La variation du cours à l'instant i ;

N : Le nombre total de périodes.

ii. La volatilité réalisée ou annualisée

Il s'agit d'une deuxième méthode qui se base sur les log-rendements d'un actif, sur une période choisie. En effet, plus le laps de temps est court, plus le niveau volatilité pourra être affecté par un fort mouvement isolé. Exprimée en pourcentage, cette volatilité est annualisée

⁴⁴ Une action ou un indice boursier par exemple.

⁴⁵ La volatilité : définition, calcul et causes <http://econovie.canalblog.com/archives/>

⁴⁶ La volatilité dans la mesure du risque <https://www.abcbourse.com/apprendre/>

(donne directement une formule de la volatilité annuelle). Elle représente alors l'écart-type des rendements constatés, en partant du principe que les rendements sont tous indépendants.

De ce fait, la formule retenue pour le calcul de la volatilité réalisée est généralement la suivante :

$$\sigma = \sqrt{\frac{252}{N} \sum_{t=1}^N \left(\ln \left(\frac{S_t}{S_{t-1}} \right) \right)^2} \quad (29)$$

Avec :

S_t : Le prix de l'actif à l'instant t ;

S_{t-1} : Le prix de l'actif à l'instant $t-1$;

N : Le nombre d'observations.

iii. Autre technique d'estimation de la volatilité

Une autre méthode, démontrée dans le livre de John Y. Campbell, Andrew W. Lo, A. Craig MacKinlay « The Econometrics of Financial Markets »⁴⁷ consiste à estimer la volatilité par une autre formule afin de montrer que σ n'est pas toujours l'écart-type du rendement simple de l'actif. En effet, la volatilité de l'actif est sous la forme suivante :

$$\sigma = \frac{1}{h} \left[\log \left(1 + \frac{V(R_k(h))}{(1 + E(R_k(h)))^2} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \quad (30)$$

Où :

$R_k(h)$: Les rendements simples de l'actif.

$E(R_k(h))$: L'espérance des rendements de l'actif ;

$V(R_k(h))$: La variance des rendements de l'actif.

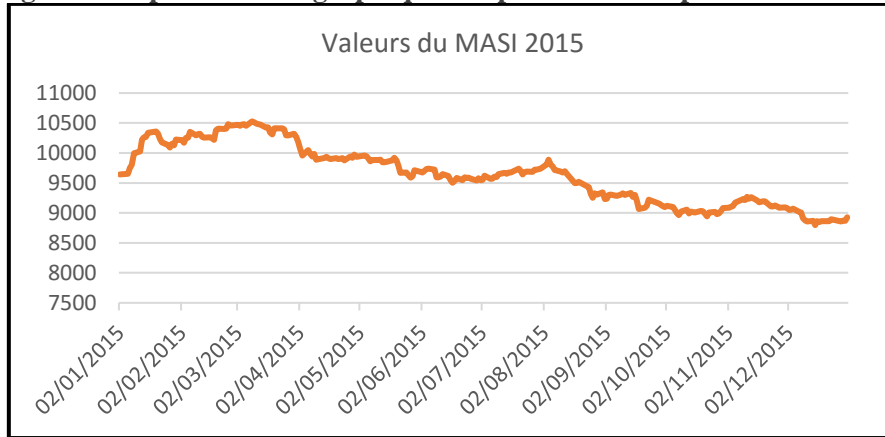
V.2 La volatilité du portefeuille « Actions »

Dans le but d'estimer la volatilité de notre portefeuille des actions, qui sera de grande envergure pour quantifier le risque marché dans le cadre du CRM, nous allons mettre en œuvre les trois méthodes précitées dans le paragraphe précédent, à savoir la méthode de la volatilité historique, la méthode de la volatilité réalisée et la méthode évoquée dans le livre de Campbell, Lo et Mackinlay. Pour le portefeuille actions de la CDG, nous allons nous baser sur les données journalières de l'année 2015⁴⁸, allant du 02/01/2015 au 31/12/2015, de l'indice MASI, téléchargées à partir du site de la BVC.

⁴⁷ Cette démonstration sera reprise dans l'annexe 4, en nous basant sur les notes de cours : Y. EL QALLI. Econométrie de la finance. INSEA, Rabat, 2016.

⁴⁸ L'année 2015 est l'année de référence choisie pour l'implémentation des calculs du CRM.

Figure 9. Représentation graphique des prix du MASI pour l'année 2015.



Source : Graphe sous EXCEL établi par nos soins.

En nous basant sur la variation logarithmique⁴⁹ des prix donnée par la formule $r_t = \text{Ln}\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right)$

Où :

P_t : La valeur du MASI à l'instant t ;

P_{t-1} : La valeur du MASI à l'instant t-1 ;

r_t : Le rendement logarithmique de l'indice à l'instant t.

Nous obtenons les valeurs suivantes de la volatilité exprimées en pourcentage que nous résumons dans le tableau ci-dessous :

Tableau 18. Les résultats de l'implémentation des différentes méthodes de calcul de la volatilité.

Volatilité historique (journalière)	0,53%
Volatilité historique (annuelle)	8,38%
Volatilité annualisée	8,36%
Volatilité par l'estimation de Campbell	0,35%

Source : Calcul sous EXCEL établi par nos soins.

A noter que la volatilité historique annuelle est obtenue par la formule :

$$\text{Volatilité annuelle} = \sqrt{252} \times \text{Volatilité journalière}^{50} \quad (31)$$

Nous remarquons que la méthode historique et la méthode de la volatilité réalisée donnent à peu près le même résultat pour la volatilité annuelle, alors que la volatilité journalière estimée par la méthode de Campbell, Lo, MacKinlay fournit un résultat nettement inférieur, ce qui montre l'impact de l'estimation de la volatilité. En effet, quoique cette différence semble négligeable, elle aura par la suite un impact significatif en termes des prix.

V.3 La volatilité du portefeuille « Obligations »

Pour le portefeuille des obligations, nous allons nous baser sur l'indice MBI du marché obligataire. En outre, il convient de noter que plusieurs indices sont calculés pour le marché obligataire, à l'instar du MBI, nous trouvons par ailleurs :

- * **MGBX** : Moroccan Government Bond Index, conçu par CDG Capital.

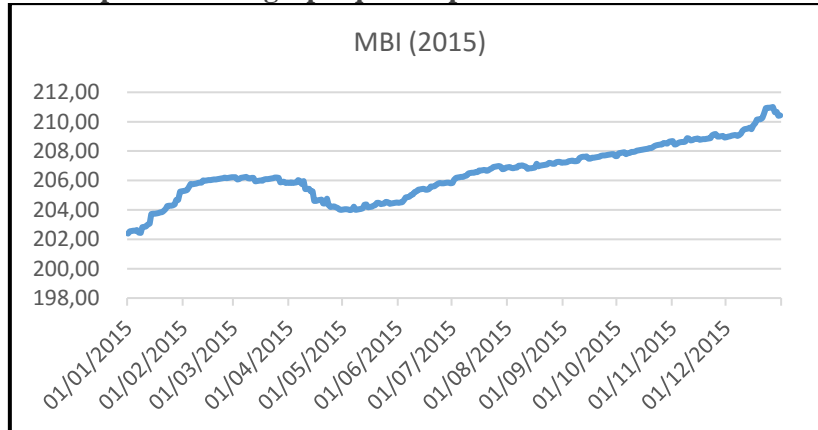
⁴⁹ La variation simple et la variation logarithmique donnent, à quelques chiffres près, les mêmes résultats, mais il convient de noter une petite différence sur le plan théorique que nous allons détailler dans la partie relative à la rentabilité.

⁵⁰ 252 est le nombre de jours ouvrables.

* **CFG Bonds** : Premier indice obligataire mis en place par CFG Bank.

Cependant, nous étions à l'affût d'un historique de cet indice puisqu'il n'est pas fourni gratuitement. L'historique de l'année 2015 allant du 02/01/2015 au 31/12/2015 est représenté par le graphe suivant :

Figure 10. Représentation graphique des prix de l'indice MBI de l'année 2015.



Source : Graphe sous EXCEL établi par nos soins.

A l'instar du portefeuille des actions, l'implémentation des calculs de la volatilité pour le portefeuille obligataire nous fournit les résultats suivants :

Tableau 19. Résultats des calculs de la volatilité pour le portefeuille obligataire.

Volatilité historique	Vol 1jour	0,05%
	Vol annuelle	1,03%
Volatilité réalisée	Volatilité	1,05%

Source : Tableau établi sous EXCEL par nos soins.

Nous notons, de la même manière que pour les actions, que la volatilité historique et la volatilité réalisée de l'indice MBI donnent, à quelques chiffres près, les mêmes résultats.

Convenons aussi que l'indice obligataire MBI, pour l'année 2015, est nettement moins volatile que le MASI, en comparant les deux volatilités annuelles enregistrées pour l'année 2015. Au regard de ce constat, nous signalons que cela est dû au fait que les actions sont des titres risqués et que le cours de l'indice des actions varie fortement, peut grimper rapidement et dans ce cas, l'espérance de la rentabilité est plus importante.

Le Risque de Crédit

Etant une activité économique très cruciale, la gestion des risques de crédit permet de déterminer les liens entre les emprunteurs, les prêteurs et les investisseurs, en évaluant le risque de ces derniers. En effet, l'activité de crédit expose la banque à différents risques notamment le risque de la contrepartie. De ce fait, plusieurs techniques sont aujourd'hui mises en avant, dont l'objectif est de mesurer et contrôler toutes les sources de risque.

Néanmoins, il convient de noter qu'une multitude de facteurs ont contribué à la progression de la gestion du risque de crédit. Tout d'abord, les établissements financiers se basent de plus en plus sur les critères de performance par rapport à l'analyse du risque de crédit. Par ailleurs, ils subissent beaucoup de pressions afin d'améliorer ces performances financières en terme d'anticipation des risques de défaut. Dès lors, ces pressions ont conduit les banques à s'orienter vers de nouveaux marchés afin de mieux gérer leur risque de portefeuille, tout en ayant plus de liquidité.

I. Définition du Risque de Crédit

Le risque de crédit se définit comme étant la défaillance de l'emprunteur à rembourser une partie ou la totalité du prêt. C'est la probabilité de pertes due au défaut de l'emprunteur face à la détérioration de sa situation financière.

II. Méthodologie de Calcul

Deux approches réglementaires ont été instituées pour le risque de crédit à savoir l'approche standard et l'approche des notations internes. Nous rappelons que ces deux approches sont issues, respectivement, des circulaires 26/G/2006 et 8/G/2010 de BAM.

II.1 L'approche standard

Selon la circulaire 26/G/2006, le montant du risque pondéré est calculé en multipliant les éléments d'actifs et du hors-bilan, pris en considération, par des coefficients de pondération⁵¹. En outre, pour la détermination des pondérations du risque de crédit, les établissements préconisent l'utilisation des notations externes attribuées par des Organismes Externes d'Evaluation du Crédit (OEEC) dont la liste est établie par BAM. De ce fait, différents éléments de l'actif sont pris en considération pour le calcul du risque de crédit en leur conférant un coefficient de pondération.

II.2 L'approche des notations internes

Selon cette deuxième méthode réglementaire instituée par le régulateur dans la circulaire 8/G/2010, deux approches sont édictées :

- ✚ L'approche dite « fondation »⁵², selon laquelle l'établissement est habilité à estimer la probabilité de défaut. La perte en cas de défaut, le facteur de conversion et la maturité sont fixés par BAM.
- ✚ L'approche dite « avancée » selon laquelle l'établissement est habilité à estimer la probabilité de défaut, la perte en cas de défaut et le facteur de conversion et à calculer la maturité.

⁵¹ Ces coefficients sont prévus aux articles 11 à 18 et 45 à 47 dans la circulaire 26/G/2006 relative au calcul des exigences en fonds propres selon l'approche standard.

⁵² Article 11 de la circulaire 8/G/2010 relative au calcul des exigences en fonds propres selon les approches notations internes de BAM.

Cependant, avant de déterminer les rudiments de calcul des exigences en fonds propres selon cette approche, il est important d'évoquer que plusieurs catégories d'exposition du portefeuille bancaire sont arrêtées par le régulateur marocain, et qui varient entre emprunteurs souverains, établissements de crédit, entreprises, clientèle de détail et d'autres catégories. Aussi, chaque catégorie a-t-elle une spécificité particulière qu'il ne faut pas négliger et qui est prise en considération dans les circulaires de BAM. Néanmoins, la formule générale adoptée pour les expositions saines qui ne sont pas en défaut est la suivante :

$$\text{Actif pondéré} = \text{RWA} = \mathbf{K} \times \text{EAD}^{53} \quad (32)$$

Pondération = $\mathbf{K} =$

$$\left(\left[\text{LGD} \times N \left[\frac{1}{(1-R)^{0.5}} \times G(PD) + \left(\frac{R}{1-R} \right)^{0.5} \times G(0.999) \right] - PD \times \text{LGD} \right] \times \frac{(1 + (M - 2.5) \times b)}{(1 - 1.5 \times b)} \right) \times 12.5 \times Y$$

$$\text{Ajustement d'échéance} = b = (0.11852 - 0.05478 \times \ln(PD))^2$$

$$\text{Corrélation} = R = 0.12 \times \frac{(1 - \text{EXP}(-50 \times PD))}{(1 - \text{EXP}(-50))} + 0.24 \times \left[1 - \frac{(1 - \text{EXP}(-50 \times PD))}{(1 - \text{EXP}(-50))} \right]$$

$\mathbf{N(x)}$ = la fonction de répartition d'une variable aléatoire suivant une loi normale centrée réduite (exprimant la probabilité qu'une variable aléatoire normale de moyenne zéro et de variance un soit inférieure ou égale à x).

$\mathbf{G(z)}$ = la fonction cumulative inverse de cette fonction de répartition (la valeur de x telle que $\mathbf{N(x)} = z$).

\mathbf{Y} = Facteur scalaire qui va dépendre des résultats de l'étude d'impact.

Par ailleurs, une spécificité pour la catégorie d'expositions sous forme d'actions est à noter. Selon l'article 29 de la même circulaire, le calcul des actifs pondérés pour cette catégorie peut s'effectuer via trois méthodes, à savoir la méthode basée sur les pondérations, la méthode fondée sur les modèles de type VaR et la méthode PD/LGD qui consiste à appliquer les dispositions de l'approche notations internes se rapportant à la catégorie d'expositions « Entreprises », autrement dit, la même formule ci-haut en tenant en compte des particularités suivantes :

$$\text{LGD} = \mathbf{90\%}$$

$$\text{Maturité} = \mathbf{5 \text{ ans}}$$

A noter que, pour le CRM, la méthode qui sera adoptée pour les actions est la méthode **PD/LGD** puisqu'elle inclut le risque spécifique.

Nous remarquons ainsi qu'un paramètre indispensable au calcul des exigences en fonds propres dans la formule (32) et même en adoptant la méthode **PD/LGD** apparaît. Il s'agit notamment de la probabilité de défaut (**PD**). De ce fait, le prochain paragraphe explicite la méthode adoptée par le CRM en vue d'estimer la PD et afin que les calculs puissent être encore plus significatifs et cohérents.

⁵³ EAD : Exposition en cas de défaut, c'est la valeur exposée au risque d'un élément d'actif ou de hors-bilan dont le calcul tient compte du facteur de conversion. Cette définition est reprise dans le glossaire de la page 14.

III. Estimation des paramètres de calcul : La probabilité de défaut (PD)

III.1 Généralités sur la PD

En nous basant sur la terminologie instituée par le comité de Bâle II, nous définissons la probabilité de défaut (Probability of Default ou PD) par la probabilité que l'emprunteur ne puisse assurer tout ou une partie de ses obligations (Capital et/ou intérêts). Le régulateur marocain la définit comme étant la probabilité qu'une contrepartie fasse défaut dans un horizon d'un an⁵⁴.

Par ailleurs, la plupart des institutions financières allouent et consacrent des ressources considérables à la mesure et à la gestion du risque de crédit. De plus, les autorités de contrôle exigent des capitaux propres suffisants pour faire face à ces risques. En effet, la possibilité de défaut de la part des emprunteurs, des contreparties dans les transactions d'actifs dérivés et des émetteurs d'obligations expose les institutions financières à des risques significatifs.

Cependant, plusieurs méthodes, travaux de recherche et d'analyse existent pour mesurer cette probabilité de défaut, la quantifier, l'estimer et la modéliser. En effet, la PD est plus liée à l'émetteur qu'à l'actif lui-même, et incorpore d'une manière sous-jacente tous les éléments susceptibles d'orienter vers le défaut. Nous parlons, de ce fait, de la probabilité de défaut de l'émetteur, de l'actif détenu, de l'entreprise elle-même, et du pays. Le défaut de ces derniers est capté par les agences de notation financière (Rating agencies⁵⁵) sur la base d'études faites sur leurs états de synthèse et leur niveau de solvabilité. En plus, la notation financière permet d'évaluer le risque de contrepartie, constituant ainsi un système solide adopté par les analystes financiers, en vue de répondre à toutes les questions qui se posent concernant la qualité de crédit des émetteurs de titres.

III.2 Méthodologie adoptée pour le CRM

Nous cherchons, dans le cadre du CRM, à trouver une estimation de la PD pour chaque classe d'actifs. En effet, cette PD n'est pas uniquement la PD de l'émetteur, mais il s'agit d'une probabilité qui est ajustée par l'effet de la maturité et l'effet de l'actif détenu. Par ailleurs, cette PD ajustée sera exprimée en fonction de la PD de l'émetteur issue du modèle interne de notation (MNI) développé au sein de la CDG EP, du risque lié à l'instrument, et de la maturité caractérisant cet actif. A noter que cette approche sera valable pour la CDG EP uniquement, pour les autres filiales constituant le segment financier, il faut se doter de leurs contreparties et de leurs propres modèles internes. Ceci-dit, l'équipe CRM a arrêté la formule suivante pour le calcul de la PD ajustée :

$$PD_{\text{ajustée}} = PD_{\text{émetteur}} \times (1 + \text{Ajustement}_{\text{instrument}}) \times (1 + \text{Ajustement}_{\text{maturité}}) \quad (33)$$

Qui plus est, chaque composante de la formule sera détaillée pour chaque classe d'actif parmi les 14 catégories inventoriées dans le référentiel du CRM. Par ailleurs, la méthodologie qui sera détaillée par la suite est résumée synthétiquement dans le tableau de la page suivante :

⁵⁴ Circulaire 8/G/2010 relative à l'approche interne pour le calcul des exigences en fonds propres.

⁵⁵ The Big Three credit rating agencies : Standard & Poor's (S&P), Moody's, and Fitch Group.

Tableau 20. Méthodologie adoptée par le CRM pour le calcul de la PD ajustée.

RISQUE DE CREDIT (CDG EP)	Risque émetteur	Ajustement par maturité	Ajustement par type d'instrument
A1. OBLIG BDT CT	NA	NA	NA
A2. OBLIG BDT MT	NA	NA	NA
A3. OBLIG BDT LT	NA	NA	NA
A4. OBLIG HORS BDT CT	Moyenne pondérée des PD MNI pour les contreparties de la classe d'actifs A4	valeur de référence : 0,00	valeur de référence : 0,00
A5. OBLIG HORS BDT MT	Moyenne pondérée des PD MNI pour les contreparties de la classe d'actifs A5	Courbe des taux BDT : Ecart entre le taux annuel moyen MT (2ans ; 5ans) et le taux annuel moyen CT (13s ; 26s ; 52s)	valeur de référence : 0,00
A6. OBLIG HORS BDT LT	Moyenne pondérée des PD MNI pour les contreparties de la classe d'actifs A6	Courbe des taux BDT : Ecart entre le taux annuel moyen LT (10ans ; 15ans ; 20ans ; 30ans) et le taux annuel moyen CT (13s ; 26s ; 52s)	valeur de référence : 0,00
A7. PRETS	Moyenne pondérée (par le capital) des PD du modèle MNF : PD moyenne de l'échantillon représentatif des filiales du groupe	Classification des prêts par maturité CT, MT et LT. Calcul d'un spread moyen BDT pondéré par le poids de la maturité dans le PTF	valeur de référence : 0,00
A8. ACTIONS PART EC	Moyenne pondérée (par le capital) des PD MNI pour la classe d'actifs A8	NA	Spread marché action à demander de CDGK ou PF CDG
A9. ACTIONS PART HORS EC	Moyenne pondérée (par le capital) des PD MNI & MNF de l'échantillon représentatif pour la classe d'actifs A9	NA	Spread marché action à demander de CDGK ou PF CDG
A10. ACTIONS PLAC	Moyenne pondérée des PD MNI pour les contreparties de la classe d'actifs A10	NA	Spread marché action à demander de CDGK ou PF CDG
A11. OPCVM	Moyenne pondérée des PD MNI des contreparties	Considérant la poche oblig du PTF OPCVM. Calcul d'un spread moyen BDT pondéré par le poids dans le PTF oblig OPCVM	moyenne pondérée entre spread oblig (0,00) et le spread marché action + marge risque gestionnaire (forfait 10 pbs)
A12. FONDS	forfaitaire : 1,00% (niveau bas du risque à surveiller)	NA	NA
A13. FONCIER	NA	NA	NA
A14. AUTRES ACTIFS	NA	NA	NA

Source : Documentation interne du projet.

Concernant le risque de l'émetteur

Nous allons nous baser, dans cette première composante, sur la PD de l'émetteur fournie dans le cadre du MNI⁵⁶. En effet, il s'agit d'accéder aux contreparties et de calculer une moyenne pondérée, par le poids de la contrepartie, des PD enregistrées pour chaque classe

⁵⁶ MNI = Modèle de Notation Interne de la CDG EP qui sera détaillé dans le paragraphe (Zoom sur le MNI).

d'actifs. C'est le cas par exemple des obligations privées pour les différentes maturités représentées par les classes d'actifs A4, A5 et A6. Néanmoins, les obligations de l'Etat (BDT⁵⁷) sont considérées comme des actifs non risqués, l'Etat se porte garant et l'investisseur est certain d'être remboursé, donc elles ne seront pas prises en compte dans le calcul de la PD. Pour les prêts, les OPCVM et les actions, nous optons également pour le calcul de la moyenne pondérée des PD du MNI en vue quantifier le risque de l'émetteur.

✚ L'ajustement par la maturité

Pourvu que la maturité, également désignée par l'échéance, soit une notion très attachée à l'obligation, elle qualifie la durée résiduelle de vie d'un emprunt ou d'un placement. Eventuellement, l'ajustement considéré⁵⁸ portera uniquement sur la dette privée, les prêts et les OPCVM. A noter que, pour les actions, l'ajustement ne sera pas appliqué car il n'y a pas de risque de maturité. En outre, une valeur de référence, égale à zéro, sera attribuée aux obligations de CT afin d'avoir en main une base de comparaison. Par ailleurs, l'ajustement par la maturité sera effectué sur la base de la courbe des taux BDT en calculant l'écart entre le taux annuel moyen des maturités (MT et LT) et celui des maturités CT. En revanche, le calcul de cet ajustement pour les prêts et les OPCVM s'établit sur la base d'une moyenne en fonction de leur composition obligataire et de la nature de leur maturité.

✚ L'ajustement par type d'instrument

A l'instar de l'ajustement précédent, il faut choisir un instrument de référence et lui attribuer une valeur de repère. En effet, deux instruments majeurs, actions et obligations, constituent les rudiments du CRM. Ce faisant, nous allons choisir la catégorie des obligations comme un instrument de référence en lui affectant la valeur zéro, si bien que pour les actions, nous calculerons le spread (prime de risque) du marché des actions⁵⁹, qui est estimé⁶⁰ chaque année par rapport au marché obligataire.

Dans la mesure où la notion du spread s'avère cruciale, nous allons évoquer les différentes méthodes⁶¹ mises en œuvre pour le calcul de la prime de risque. Il s'agit notamment de la **méthode historique** (basée sur les rentabilités historiques des actifs), la **méthode prospective** (ou implicite) et la **méthode par sondage**. Cette dernière est la plus adaptée au marché marocain car elle fait l'objet d'un consensus des différents acteurs.

Outre plus, les prêts, assimilés à des obligations, sont dotés également de la valeur nulle alors que, pour les OPCVM, il faut noter une particularité d'envergure. En plus de la pondération à attribuer selon la composition de l'OPCVM, il faut ajouter une marge liée au défaut du gestionnaire.

✚ Zoom sur le MNI (Modèle de Notation Interne) :

Le MNI est un modèle qui a été établi par la DMD pour le compte de la CDG. Il porte essentiellement sur deux portefeuilles : Les placements obligataires et les actions. Il permet de noter les contreparties selon deux modèles en classant les contreparties en deux catégories :

⁵⁷ BDT = Bon De Trésor, titre d'emprunt émis par l'Etat par l'intermédiaire du trésor public.

⁵⁸ Les ajustements seront exprimés en points de base (un point de base est la différence entre deux pourcentages, multipliée par cent).

⁵⁹ C'est un indicateur représentant la rémunération supplémentaire exigée par un investisseur pour la détention d'un actif au rendement incertain par rapport à un actif sans risque (souverain).

⁶⁰ Nous allons nous baser sur la dernière estimation de cette prime de risque par sondage, selon les statistiques de Juillet 2013 relevés par ATTIJARI Intermédiation (ATI).

⁶¹ Département Analyse & Recherche, ATI, Juillet 2013.

- * **Le segment Corporate** qui comprend les entreprises, les assurances et les sociétés de financement.
- * **Le segment Etablissements de Crédit** qui englobe les banques.

L'inauguration de ce modèle passe par une série d'étapes en commençant par le calcul de quelques ratios afin de déterminer des indicateurs quantitatifs et qualitatifs⁶² permettant de caractériser et de juger la qualité de l'actionnariat. Ces ratios sont ensuite transformés en scores grâce à des fonctions mathématiques permettant, par ailleurs, de décrire la relation entre le ratio et le défaut.

Néanmoins, ces scores sont pondérés par des poids relevant de l'importance de chaque ratio pour la CDG EP pour, in fine, calculer le score final réajusté, selon l'information disponible, par d'autres indicateurs qualitatifs qui concernent la gouvernance⁶³ et la prospection⁶⁴. Ce faisant, la probabilité de défaut de l'émetteur est calculée par la relation suivante :

$$PD = \frac{1}{(1 + \text{score})^\alpha} \quad (34)$$

Où α est un coefficient pour ajuster la PD.

De ce fait, la grille de notation du MNI est présentée dans la page suivante où chaque niveau de risque correspond à une multitude de niveaux de notation accompagnés de leurs PD.

Tableau 21. Grille de notation MNI de la CDG EP.

Score ajusté	PD	Notation	Niveau du Risque
0	100,00%	D	Risque élevé
5	23,02%	CCC-	
10	17,95%	CCC	
15	12,17%	CCC+	
20	8,34%	B-	
25	5,39%	B	
30	3,33%	B+	Risque à surveiller
35	2,18%	BB-	
40	1,58%	BB	
45	0,92%	BB+	
50	0,51%	BBB-	Risque modéré
55	0,38%	BBB	
60	0,27%	BBB+	
65	0,13%	A-	Risque faible
70	0,09%	A	
75	0,08%	A+	
80	0,05%	AA-	
85	0,04%	AA	
90	0,03%	AA+	
95	0,03%	AAA	
100	0,03%	AAA	

Source : Documentation interne du CRM.

L'application de cette approche pour le CRM a fait ressortir les résultats de la page suivante :

⁶² L'ajustement qualitatif est établi chaque année en analysant les états financiers des entreprises en question.

⁶³ Les indicateurs de gouvernance jugent, entre autres, les organes de surveillance, de gestion et de communication.

⁶⁴ Les indicateurs de prospection mettent en exergue l'évolution sectorielle sur une durée allant jusqu'à 3 ans.

Tableau 22. Les résultats de l'estimation de la PD selon la méthodologie du CRM.

	CDG EP			
	PD émetteur	ajustement par maturité	ajustement par type d'instrument	PD ajustée
A1. OBLIG BDT CT	NA	NA	0,00%	0,00%
A2. OBLIG BDT MT	NA	NA	0,00%	0,00%
A3. OBLIG BDT LT	NA	NA	0,00%	0,00%
A4. OBLIG HORS BDT CT	0,77%	0,00%	0,00%	0,77%
A5. OBLIG HORS BDT MT	1,36%	0,35%	0,00%	1,36%
A6. OBLIG HORS BDT LT	1,83%	1,24%	0,00%	1,85%
A7. PRETS	1,37%	0,60%	0,00%	1,38%
A8. ACTIONS PART EC	0,61%	NA	6,90%	0,65%
A9. ACTIONS PART HORS EC	1,23%	NA	6,90%	1,31%
A10. ACTIONS PLAC	1,55%	NA	6,90%	1,66%
A11. OPCVM	0,35%	0,08%	0,10%	0,35%
A12. FONDS	1,00%	NA	NA	1,00%
A13. FONCIER	NA	NA	NA	0,00%
A14. AUTRES ACTIFS	NA	NA	NA	0,00%

Source : Tableau établi sous EXCEL par nos soins.

En conséquence, nous déduisons, selon l'échelle de notation de la CDG EP, que pour les obligations, la PD est une fonction croissante de la maturité. En effet, selon les agences de notation, la PD tend à être une fonction croissante de l'horizon⁶⁵, cela vient du fait que l'emprunteur est considéré initialement, comme peu risqué et qu'au fur et à mesure que le temps passe, la possibilité de voir sa solvabilité se dégrader augmente.

Nous remarquons également que les valeurs enregistrées pour les différentes classes d'actifs appartiennent à la catégorie « Risque à surveiller » de la grille de notation ou à la catégorie « Risque modéré ». Dès lors, l'output auquel a abouti le CRM grâce à cette méthodologie constitue une conclusion très forte et un signe d'alerte pour l'institution. Il est primordial, durant les prochaines années, de surveiller les risques inhérents aux actifs précités et de prendre davantage des mesures encore plus prudentielles.

III.3 Une autre approche d'estimation : A travers les spreads

1) Cadre théorique : L'intensité de défaut et le taux de recouvrement

Nous tenons, initialement, à définir une notion de poids insigne qui est le taux d'intensité du défaut qui est une probabilité conditionnelle représentant la probabilité que le défaut survienne au cours d'une année donnée sachant que l'entreprise n'a pas fait défaut auparavant⁶⁶.

Par ailleurs, l'intensité de défaut est notée $\lambda(t)$ à la date t , et la PD est obtenue via la formule :

$$PD = 1 - \exp(-\lambda(t)t) \quad (35)$$

A l'accoutumée, les créanciers d'une entreprise faisant défaut chercheront à récupérer les sommes qui leur sont dues, éventuellement par des moyens judiciaires. Nous parlons ainsi du taux de recouvrement pour une obligation, exprimé en pourcentage de la valeur faciale⁶⁷, et

⁶⁵ « En 1991, Litterman et Iben proposé la construction d'une structure par terme des spreads en se basant sur la théorie présumant que la PD des titres est une fonction croissante du temps ». C. LUBOCHINSKY. Quel crédit accorder aux spreads de crédit. 2002.

⁶⁶ J. HULL, C. Godlewski and M. Merli. Gestion des risques & institutions financières. 3ème édition Pearson, 2012 (Le détail de cette méthode figure dans l'annexe 5).

⁶⁷ La valeur faciale ou la valeur nominale d'une obligation correspond au montant sur lequel sont calculés les intérêts. Cette définition est reprise dans le glossaire de la page 14.

défini comme la valeur de l'obligation juste après le défaut. Ce taux de recouvrement servira par la suite pour calculer l'intensité annuelle de défaut selon la formule suivante :

$$\text{L'intensité annuelle de défaut} = \frac{\text{Spread entre l'obligation détenue et l'obligation sans risque}}{1 - \text{taux de recouvrement}}$$

Ou encore :

$$\lambda = \frac{\text{Spread}}{1 - R} \quad (36)$$

2) Application de l'approche sur le portefeuille obligataire de la CDG EP

L'application de cette approche via les spreads nous sera utile afin de juger la qualité des obligations par classe de maturité. Pour ce faire, nous avons collecté les spreads publiés dans les notes d'information de l'Autorité Marocaine du Marché des Capitaux (AMMC) et de la BVC, selon l'inventaire des émetteurs d'obligations de la CDG EP. Ainsi, nous constituons une base données selon laquelle nous déterminons une valeur moyenne de tous les spreads collectés à partir d'un historique datant de 1998.

Par ailleurs, l'intensité de défaut est calculée selon l'équation (36) précitée dans le paragraphe précédent, en fixant le taux de recouvrement R à 55% puisque :

$$R = 1 - \text{LGD}_{\text{réglementaire}} \quad (37)$$

Où : $\text{LGD}_{\text{réglementaire}}$ n'est autre que le taux de perte en cas de défaut représentant la part de l'exposition susceptible d'être perdue au moment où le défaut se matérialise, et qui égale à 45%.

Nous procédons ensuite à la détermination de la PD via l'équation (35), à noter que $t=1$ puisque nous calculons la PD dans un an.

Ensuite, l'agrégation des PD par classe de maturité (en calculant la moyenne) selon la nomenclature adoptée par la CDG EP nous permet d'avoir la PD par *maturity bucket* selon les résultats qui seront exposés ci-dessous.

Tableau 23. Les résultats du calcul de la PD pour chaque émission du portefeuille obligataire.

Emetteur	maturité moyenne (années)	Classe de maturité	Spread moyen en pbs	Recouvrement	Intensité moyenne de défaut	PD
Emission1	5	LT	105,67	55%	2,348%	2,321%
Emission2	5	LT	65,6	55%	1,458%	1,447%
Emission3	6,75	LT	62,5	55%	1,389%	1,379%
Emission4	10	LT	92	55%	2,044%	2,024%
.
.
.
Emission156	15	LT	120	55%	2,667%	2,631%
Emission157	4,33	MT	100	55%	2,222%	2,198%
Emission158	5	LT	145	55%	3,222%	3,171%

Source : Tableau établi sous EXCEL par nos soins.

Tableau 24. Les résultats du calcul de la PD par classe de maturité.

Maturité	intensité moyenne de défaut	Probabilité de défaut
CT	0	0
MT	0,56%	0,55%
LT	0,92%	0,90%

Source : Tableau établi sous EXCEL par nos soins.

Nous remarquons que la CDG EP n'a pas d'émission sur le CT, cela va de pair avec les orientations stratégiques et la nature de cet établissement public, pionnier dans l'investissement à moyen et long terme. Nous déduisons également, d'après le tableau ci-dessus, que la PD est une fonction croissante de la maturité, cela appuie et confirme les résultats trouvés dans la méthodologie adoptée par le CRM.

Le Risque de taux

I. Cadre théorique

I.1 Notion du taux d'intérêt

1) Définition du taux d'intérêt

Le taux d'intérêt est défini comme étant la rémunération d'un prêt pour l'emprunteur et un revenu pour le prêteur. Il est basé généralement sur un taux de référence faisant l'objet des révisions périodiques en fonction de l'inflation qui induit une hausse du taux d'intérêt, et de la loi de l'offre et de la demande. En effet, si l'offre des capitaux est supérieure à la demande, l'intérêt tendra à baisser et inversement.

2) La classification des taux d'intérêt

Selon leurs flexibilités, les taux d'intérêt peuvent être regroupés en trois catégories :

- * **Les taux fixes** où le niveau du taux est fixé, et donc le montant d'intérêt à payer ou à recevoir par l'emprunteur et le prêteur est connu d'avance ;
- * **Les taux révisables (ou prédéterminés)** qui sont variables sur une longue période, mais fixes sur une courte période. Ils concernent des opérations fractionnées pour lesquelles le taux est révisé avant chaque sous-période ;
- * **Les taux variables post-déterminés** qui ne sont fixés que peu de temps avant leur perception. Si nous prenons l'exemple d'emprunts obligataires, le taux variable ne sera connu que quelques semaines avant le détachement du coupon correspondant.

3) Les différents types de taux d'intérêt

✚ Taux de rendement actuariel

Le taux de rendement actuariel est le taux qui égalise le prix de l'obligation et la valeur actuelle des flux futurs actualisés à ce taux.

- * **Pour une obligation à zéro-coupon** : le calcul est très simple, si t est la durée de l'opération, exprimée en années exactes (365 ou 366 jours), nous obtenons le taux actuariel (noté i) par l'équation :

$$V_t = V_0(1 + i)^t \text{ Et donc: } i = \left(\frac{V_t}{V_0}\right)^{\frac{1}{t}} - 1.$$

- * **Pour une obligation à coupons** : le calcul est plus compliqué si nous cherchons à déterminer le rendement actuariel d'un actif financier au prix P qui lui rapporte contractuellement des cash flows F_k générés aux dates t_k ($k = 1, 2, \dots, n$). Ces cash flows se décomposent en coupon et remboursement éventuel, et le taux de rendement actuariel i (taux moyen sur la durée du placement) est la solution de l'équation suivante :

$$P = \frac{F_1}{1 + i} + \dots + \frac{F_n}{(1 + i)^n}$$

A noter que si le calcul de taux est réalisé à une date différente d'une date de détachement de coupon, l'actualisation doit refléter le temps écoulé T (en jours), depuis la date de paiement du coupon précédent, et dans ce cas, nous modifions l'équation précédente en la multipliant par un facteur :

$$P = (1 + i)^{\frac{T}{365}} \left[\frac{F_1}{1 + i} + \dots + \frac{F_n}{(1 + i)^n} \right]$$

✚ Le taux zéro-coupon

Il s'agit du taux de rendement actuariel d'un instrument financier ne comportant aucun détachement de coupon jusqu'à la maturité. De ce fait, il permet d'évaluer V_0 (valeur initiale) et V_t (valeur finale) du capital ayant porté intérêt. Ainsi une obligation à coupon unique, payée le jour du remboursement, est appelée un « zéro-coupon ». De même pour une opération monétaire de trésorerie composée d'un emprunt et de son remboursement, que l'intérêt soit payé à l'échéance ou d'avance.

✚ Le taux forward et le taux à terme

Cette notion repose sur l'idée qu'il est possible de construire, à un instant donné, un portefeuille d'obligations permettant de déterminer à l'avance le taux de rendement d'un prêt sur une période future quelconque. Il est caractérisé par trois instants : le temps présent notée t auquel le taux est considéré, son « expiration » (initiation du financement) T et sa maturité S , avec $t \leq T \leq S$.

I.2 Les catégories de risques spécifiques aux obligations

1) Le risque de taux d'intérêt

Le risque de taux d'intérêt est le risque de perte due à une variation imprévue des taux d'intérêt, et qui survient à l'occasion d'une évolution défavorable des taux affectant négativement les résultats de la banque, dès lors que celle-ci indexe ses emplois et/ou ressources sur les taux du marché.

Par ailleurs, ce risque est reflété par la relation entre le taux de rendement et la maturité des actifs financiers, qui se traduit à l'aide de la courbe des taux⁶⁸. De plus, les opérations qui sont exposées à un risque de taux d'intérêt sont déterminées selon deux activités :

- * L'activité de marché relative au portefeuille de négociation et qui comprend toute la gamme d'instruments financiers.
- * L'activité bancaire relative au portefeuille bancaire et qui comprend toutes les autres opérations liées aux clients, aux dépôts et aux opérations bancaires.

Notons que la fusion ou la séparation des deux activités dépend de chaque établissement. La séparation permet une mesure cohérente de chacune d'elles par l'usage d'outils adaptés.

2) Le risque de signature ou de contrepartie

C'est le risque couru par l'investisseur de ne pas récupérer le capital et/ou les intérêts si l'émetteur de l'emprunt venait à ne plus pouvoir remplir ses obligations. Nous distinguons également dans cette catégorie de risque entre **le risque pays** lié à la probabilité de non-paiement des créances par des débiteurs résidant dans des pays jugés à risque, en raison du contexte politique ou économique, et **le risque de crédit** lié au risque qualité de l'émetteur.

I.3 Les sources du risque

Le risque de taux peut découler de quatre sources essentielles affectant de ce fait le revenu de la banque et la valeur économique de ses instruments financiers sous-jacents :

⁶⁸ La notion de la courbe des taux sera détaillée dans un prochain paragraphe.

- * **Le risque lié au repricing** qui se manifeste suite à un décalage dans le réajustement des prix des actifs et des passifs surtout lorsque les échéances à taux fixes et les réajustements à taux variables ne coïncident pas dans le temps.
- * **Le risque lié à la courbe des taux d'intérêt** puisque toute modification de la courbe des taux a une incidence, positive ou négative, sur la valeur des instruments financiers.
- * **Le risque de base ou Risque de spread** qui traduit un décalage existant dans l'adossement des emplois et des ressources à des taux variables indexés sur des taux de marché différents.

Par ailleurs, si nous prenons le risque lié au repricing, dans le cas d'actifs à taux fixes adossés à des passifs à taux variables, l'exposition au risque de taux est certaine et porte sur la totalité des encours concernés. Néanmoins, dans le cas où nous avons des actifs à taux fixes adossés à des passifs à taux fixes, l'exposition au risque n'existe que si les durées respectives des actifs et passifs mis en cause sont différentes, sinon, elle est nulle. Il s'agit ainsi dans ce cas des **gaps de durée**. En somme, **le risque de taux n'est manifesté que lorsque des actifs d'une durée et d'un taux déterminés seraient adossés à des passifs d'une durée et/ou d'un type de taux différents.**

I.4 Les techniques de mesure du risque

L'ALM (Assets & Liabilities Management ou Gestion Actif/Passif) gère les opérations du portefeuille bancaire en distinguant trois techniques de mesure selon que nous nous intéressons à l'incidence de la fluctuation des taux :

1) La mesure du volume (Gap ou impasse)

Sur les masses du bilan (actif et passif) non adossées en taux, nous faisons alors une **mesure de volume** par la détermination **des impasses ou gaps de taux**.

La mesure du gap de taux est une démarche effectuée en plusieurs étapes portant sur les emplois et ressources à taux variable sur une période donnée, il s'agit notamment de :

- * Recenser, à l'actif comme au passif du bilan, tous les postes à taux variable ;
- * Calculer pour chaque période le total des encours à refinancer à l'actif et au passif ;
- * Calculer le gap de taux par différence algébrique entre les totaux à l'actif et les totaux au passif ($\text{Gap} = \text{Actif} - \text{Passif}$) à taux variables. A noter que nous pouvons calculer le gap par différence entre passifs et actifs ($\text{Gap} = \text{Passif} - \text{Actif}$) à taux fixe. En faisant attention aux signes (plus ou moins) dans ses calculs, les deux méthodes conduisent le gestionnaire de risque aux mêmes conclusions⁶⁹.

Par ailleurs, lorsque nous avons un excédent des ressources sur les emplois, l'institution financière est dite **sur-consolidée ou en position longue** en taux et le gap est négatif. Inversement, quand les emplois excèdent les ressources, elle est dite **sous-consolidée en taux ou en position courte** et le gap est positif. De surcroît, si le gap est nul, la banque est dite **consolidée en taux** car il y a adossement parfait entre ressources et emplois.

2) La mesure de marge (sensibilité de la marge aux taux d'intérêt)

Sur la marge d'intérêt, nous calculons alors la sensibilité de la marge d'intérêt (marge de transformation). Le fondement de cette mesure est l'amortissement dans le temps de la marge

⁶⁹ Impasse ou gap en liquidité (avant financement) = Total Passif - Total Actif

Impasse en taux (avant ou après financement) = Actifs Variables - Passifs Variables

Impasse de taux après financement = Impasse de taux avant financement - Impasse en liquidité

d'intérêt. Elle permet d'apprécier l'incidence de l'évolution des taux sur la marge de transformation et donc sur les résultats d'un établissement bancaire éclairant ainsi la décision du gestionnaire de risque. En effet, l'indicateur de mesure utilisé par le Risk manager à cet effet est l'**Earnings-At-Risk (EAR)**. Il mesure la dégradation en valeur absolue de la marge d'intérêt suite à une fluctuation adverse des taux d'intérêt.

3) La mesure de valeur : Valeur Actuelle Nette

Reposant sur le principe d'actualisation, cette mesure permet de déterminer la durée (l'échéance moyenne de récupération des flux futurs d'un actif) et/ou la sensibilité de la valeur actuelle nette (VAN) des actifs financiers renseignant ainsi le Risk manager sur l'impact négatif de la variation des taux sur la valeur patrimoniale. Elle est particulièrement utilisée pour mesurer la sensibilité des fonds propres à la fluctuation des taux d'intérêt.

Tableau 25. Tableau comparatif des mesures du risque de taux.

	Mesure de valeur	Mesure de marge	Mesure de volume
objet	Mesurer l'incidence des risques financiers sur la valeur patrimoniale.	Mesurer l'incidence des risques financiers sur la rentabilité.	Mesurer l'assiette du risque.
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • Caractère synthétique. • Permet d'intégrer les instruments optionnels. • Proches des valeurs de marché • Utile pour une activité à taux fixe 	<ul style="list-style-type: none"> • Proches des notions comptables. • Visualisation de la chronique des flux. • faciliter et améliorer la prise de décision 	<ul style="list-style-type: none"> • Facilité de mise en œuvre. • Outil de décision. • Facilité de compréhension
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> • Difficulté de mise en œuvre. • Eloigné des notions comptables. • complexité de la méthode du fait de son caractère trop synthétique 	<ul style="list-style-type: none"> • Intègre difficilement les options. • Mise en œuvre délicate 	<ul style="list-style-type: none"> • N'intègre pas les instruments financiers optionnels. • Ne donne pas d'indication de l'incidence du risque sur la marge.

Source : Tableau établi par nos soins.

II. Méthodes de calcul et implémentation

✚ La méthode du CRM

Dans le cadre du CRM, la quantification du risque de taux d'intérêt relatif au bilan a été effectuée en se basant sur la méthode Gap de taux, reposant ainsi sur la formule suivante :

$$\text{Gap de taux} = \text{Gap Actif Passif} \times \text{Duration du passif} \times \text{Volatilité} \quad (38)$$

Où :

Gap Actif Passif = Actif – Passif ;

Duration du Passif : Donnée fournie et qui peut être estimée grâce aux lois d'écoulement dynamique des dépôts ;

Volatilité : il s'agit ici de la volatilité de la courbe des taux ventilée par trois buckets de maturité à savoir le CT, le MT et le LT.

✚ La volatilité de la courbe des taux

La structure par terme des taux d'intérêt ou la courbe des taux ou encore la gamme des taux est une représentation graphique des valeurs des taux d'intérêt (en ordonnée) observés à

un moment donné, en fonction de leurs maturités (en abscisse). Cette courbe des taux est caractérisée par trois types de mouvements à l'origine de plus de 95% de ses déformations.

En revanche, il est nécessaire de distinguer entre les courbes de marché et les courbes implicites. En effet, les courbes de marché sont construites directement à partir des cotations de marché alors que les courbes implicites sont déduites indirectement de ces cotations suite à une transformation. D'ailleurs, la figure de la page suivante résumé les différents mouvements affectant la courbe des taux d'intérêt.

Figure 11. Les différents mouvements de la courbe des taux.

Mouvement	principe	Graphe
Shift	Modification du niveau de la courbe des taux	
Twist	Modification de la pente de la courbe des taux	
Butterfly	Modification de la courbure de la courbe des taux	

Source : établi par nos soins.

Par ailleurs, la volatilité utilisée dans la formule Gap de taux représente la volatilité de la courbe des taux disponible à la CDG EP sous forme d'un historique journalier des taux, datant de 2002 à 2016. De ce fait, la volatilité est calculée sur la base des rendements du marché car nous supposons qu'ils sont stationnaires, oscillant autour d'une moyenne, et sur la base de la méthode historique (à travers l'écart-type), en choisissant des maturités piliers pour le CT, MT et LT, et en calculant la moyenne des taux tout au long de l'historique, nous trouvons les résultats explicités dans le tableau suivant :

Tableau 26. Les résultats des estimations de la volatilité de la courbe des taux.

Volatilité CT	0,69%
Volatilité MT	1,60%
Volatilité LT	1,25%

Source : Tableau établi sous EXCEL par nos soins.

Nous remarquons ainsi que la volatilité sur le MT est plus élevée que les autres quoique la volatilité soit une fonction croissante de la maturité. En effet, au-delà du calcul, il faut savoir idéalement que pour le contexte marocain, le moyen terme est très liquide sur le marché interbancaire, et il en résulte que la volatilité est plus élevée, alors que le long terme est détenu pour des fins de couverture et non d'investissement.

Le risque opérationnel

I. Définition

Le risque opérationnel, tel que défini par le régulateur, correspond au risque de pertes⁷⁰ résultant de carences ou de défaillances inhérentes aux procédures, au personnel et aux systèmes internes ou à des événements extérieurs. Cette définition inclut le risque juridique, mais exclut les risques stratégiques et de réputation. D'ailleurs, la notion de risque opérationnel apparaît de prime abord comme peu novatrice, dans la mesure où les banques n'ont pas attendu le comité de Bâle pour organiser leurs activités. Toutefois, des défaillances spectaculaires, ont attiré l'attention des autorités de tutelle sur la nécessité de doter les banques de mécanismes de prévention et de couverture contre les risques opérationnels.

II. Méthodes de calcul et implémentation

A l'instar des risques de marché et de crédit, le régulateur marocain a mis en avant deux approches pour la quantification du risque opérationnel, notamment l'approche standard en distinguant trois méthodes, et l'approche par mesure avancée dans le cadre du modèle interne.

II.1 L'approche standard

En se référant à l'article 57 de la circulaire 26/G/2006 relative au calcul des exigences en fonds propres selon l'approche standard, nous pourrions calculer les fonds propres au titre du risque opérationnel en utilisant une des trois méthodes⁷¹ ci-dessous :

- **L'approche standard ;**
- **L'approche indicateur de base ;**
- **L'approche standard alternative.**

Tableau 27. Les trois méthodes instituées dans le cadre de l'approche standard pour la quantification du risque opérationnel.

Approche	Méthode de calcul des exigences en FP
<i>l'approche Indicateur de base</i>	15 % de la moyenne du produit net bancaire, calculée sur 3 ans.
<i>Approche standard</i>	Ventiler les activités en huit lignes de métier et calculer la moyenne sur trois ans des sommes des exigences en FP de toutes les lignes pour chaque année.
<i>Approche standard alternative</i>	Somme des exigences en fonds propres pour les lignes de métiers « banque de détail » et « banque commerciale » et de celles des six autres lignes de métiers.

Source : établi par nos soins.

II.2 L'approche par Mesure Avancée (AMA)

Cette approche consiste à évaluer les risques opérationnels selon des méthodes quantitatives, basées sur la modélisation statistique des pertes liées à ces risques, et/ou qualitatives. L'application de cette approche requiert plusieurs conditions à satisfaire, parmi lesquelles nous citons :

- * L'application de l'AMA de manière effective pendant une période **d'au moins un an** ;

⁷⁰ Définition arrêtée dans la circulaire 8/G/2010 relative aux exigences en fonds propres pour la couverture des risques selon les approches internes aux établissements de crédit.

⁷¹ En nous référant à l'article 57, 58, 59 et 62 de la circulaire 26/G/2006 relative au calcul standard des exigences en fonds propres.

- * L'appréhension des différents types d'événements générateurs de pertes (fraude interne, fraude externe, pratiques inappropriées en matière d'emploi et de sécurité sur les lieux de travail,...) ;
- * La couverture de toutes les pertes sur un **intervalle de confiance de 99,9%** et sur un horizon **d'un an** ;
- * L'historique de données internes de pertes **d'au moins cinq ans**. Toutefois, BAM peut autoriser l'utilisation des données couvrant une période **de trois ans** seulement, jusqu'à la constitution de l'historique minimum exigé.

III. L'approche adoptée par le CRM

Ce risque, ne constitue pas un risque majeur pour le CRM puisque ce projet s'intéresse plus aux risques financiers. Néanmoins, son calcul est nécessaire en vue de compléter les matrices de corrélation inter-risques et inter-segments et déduire les fonds propres économiques (FPE) nécessaires à notre modèle d'allocation, objet du prochain chapitre.

Par ailleurs, le choix du CRM a porté sur l'approche standard en optant pour la méthode dite « **indicateur de base** ». En effet, cette méthode est simple à implémenter et se calcule directement en prenant 15 % de la moyenne du produit net bancaire (PNB), calculée sur 3 ans.

D'ailleurs, le PNB représente l'équivalent du résultat courant. Il est net car il est corrigé des dettes représentant les coûts des ressources, et il permet de capter l'activité de la filiale même si elle n'appartient pas au secteur bancaire.

Le calcul de la rentabilité

I. Généralités sur la rentabilité

I.1 Définition de la rentabilité

La rentabilité d'un titre financier ou d'un portefeuille est une mesure relative⁷² à la rémunération totale de son détenteur calculée à une date t et pour une période de détention données. De ce fait, la rentabilité prend en considération le gain ou la perte en capital tiré de la détention du titre ou du portefeuille, autrement dit, la plus- ou moins-value, et les revenus réels versés sur la période.

I.2 Métriques et calcul de la rentabilité

Etant le rapport entre les revenus d'une entreprise et les montants qu'elle a mobilisés en vue de les obtenir, la rentabilité constitue un élément privilégié d'évaluation de la performance.

Par ailleurs, les analystes économiques notent une différence colossale entre deux types de rentabilité, notamment la rentabilité économique et la rentabilité financière. En effet, cette dernière ne tient compte que des capitaux propres et permet, in fine, d'appréhender la capacité à dégager des profits des seuls capitaux apportés par les actionnaires. En revanche, la rentabilité économique, intégrant l'ensemble de la dette financière, est destinée aux investisseurs financiers.

De surcroît, il est à noter qu'avec l'émergence des nouvelles normes de solvabilité, plusieurs métriques ont été mises en avant à l'instar du ROE (Return On Equity) mesurant la rentabilité des capitaux, du ROA (Return On Assets) exprimant la capacité de l'entreprise à générer un revenu à partir de ses ressources, et du RAROC (Risk Adjusted Return On Capital). Ce dernier est un instrument de mesure utilisé au sein des banques et des institutions financières en vue d'effectuer des comparaisons de performances *ex post* ou des choix d'allocations de ressources *ex ante*.

I.3 Plusieurs formes de rentabilité

Nous trouvons dans la littérature plusieurs formes de rentabilité, qui varient, entre autres, entre rentabilité arithmétique, rentabilité géométrique, rentabilité *ex post* et rentabilité *ex ante*. Néanmoins, il est à noter qu'une différence existe entre la rentabilité simple définie de la manière suivante : $R_t = \frac{P_t}{P_{t-1}} - 1$ et la rentabilité logarithmique, à savoir : $R_t = \ln\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right)$

D'un point de vue théorique⁷³, ces rentabilités se distinguent en adoptant deux conceptions différentes de la rémunération qu'est le gain (ou la perte) en capital. Ces deux notions rejoignent en fait les notions d'intérêt simple et d'intérêt continûment composé. La rentabilité simple s'apparente au taux d'intérêt simple des placements qui rémunèrent l'investisseur en une seule fois et proportionnellement à la durée et à la somme immobilisée. La rentabilité logarithmique s'apparente, elle, au taux d'intérêt composé. Néanmoins, sur le plan empirique, les deux relations donnent les mêmes résultats du fait que le développement limité au premier ordre au voisinage de zéro de $\ln(1+x)$ est égal à x . Cependant, le rendement

⁷² F. MORAUX. Finance de marché. *Synthex Economie et gestion, Synthèse de cours & exercices corrigés*, Pearson. 2010.

⁷³ F. MORAUX. Finance de marché. *Synthex Economie et gestion, Synthèse de cours & exercices corrigés*, Pearson. 2010.

logarithmique est utilisé pour les données à haute fréquence dans le cas continu et pour atténuer la valeur de l'actif.

II. La rentabilité pour le CRM

Dans le cadre du CRM, nous calculons un indicateur de rentabilité globale (RG) en nous basant sur le PNB du groupe et sur la taille du bilan consolidé, par la formule suivante :

$$RG = \frac{\text{PNB}}{\text{Bilan total}} = \frac{\text{Rendement} \times \text{valeur comptable}}{\text{Bilan total}} \quad (39)$$

Par ailleurs, il s'avère nécessaire de distinguer, en tenant compte de l'horizon d'investissement, entre les filiales opérationnelles du groupe CDG et les filiales en projet. En effet, ces dernières ont une rentabilité sur le MLT qui doit être estimée en se basant à travers des indicateurs inscrits sur leurs Business Plan à l'instar du taux de rentabilité interne (TRI). A l'inverse, la rentabilité pour les filiales opérationnelles est une rentabilité de CT. A noter que le TRI est un indicateur important qui permet de mesurer la pertinence d'un projet. Il prend en compte tous les flux possibles et ramène tout sur un rendement annuel. Cela permet ainsi de comparer des projets différents.

Dès lors, cette rentabilité ainsi calculée pour les différentes filiales et classes d'actifs, nous sera de grande utilité dans notre modèle d'allocation stratégique des fonds propres, qui fera l'objet du prochain chapitre.

III. RG, FPE et fin d'allocation

Au terme de travail effectué dans le présent chapitre, il nous incombe de rappeler que ce calcul a été effectué sans diversification, en d'autres termes, sans prise en compte des corrélations, susceptibles d'exister entre les risques et entre les filiales. Néanmoins, cette étape a été effectuée grâce à l'appréciation de l'équipe, et des matrices de corrélation ont été mises en avant en vue de calculer les FPE. En effet, ces derniers se basent sur la formule suivante :

$$FPE = \sqrt{\mathbf{BFP}' \times \mathbf{MAT} \times \mathbf{BFP}} \quad (40)$$

Avec :

BFP : Vecteur des besoins en fonds propres.

MAT : La matrice symétrique inter-segments.

Par ailleurs, le calcul des FPE et de la RG représente le but ultime de la maquette de quantification des risques. Ces deux paramètres constituent les deux bases de maximisation du rendement et de minimisation du risque, en vue de trouver l'allocation optimale au sens du CRM.

Conclusion du chapitre

Ce deuxième chapitre, qui a été destiné à la quantification des risques arrêtés par le CRM, a fait l'objet d'un travail judicieux pour le projet. Structuré en cinq parties, ce chapitre a présenté des résultats de quantification et d'estimation cohérents avec la littérature et les enjeux du projet.

Nous rappelons ainsi que la première partie, fructueuse en termes de techniques et de résultats, a été consacrée à la quantification du risque de marché en adoptant l'approximation de Cornish-Fisher dans le calcul de la VaR. En effet, cette dernière a été justifiée grâce à un backtesting, en comparaison avec deux autres méthodes, notamment la méthode historique et la méthode paramétrique. Cette démarche, effectuée sur le portefeuille des actions de la CDG, a appuyé favorablement le choix porté sur la CFVaR dans le cadre du projet. De surcroît, ce travail, compte tenu de sa vocation, a été amélioré par l'estimation de la volatilité des portefeuilles actions et obligations, paramètre présent d'une manière colossale dans cette partie, en nous basant sur les indices de référence des deux marchés, le MASI et le MBI.

Convenons aussi que la deuxième partie, idéalement destinée au calcul du risque de crédit, a porté son fruit via l'estimation de la probabilité de défaut (PD), paramètre substantiel de la quantification de ce risque. En effet, le CRM a mis en avant une PD ajustée par l'effet de la maturité des actifs détenus en portefeuille, et du type d'instrument en question, en se basant sur le modèle de notation interne de la CDG. Cette technique, appuyée par une autre approche basée sur les spreads, a abouti à des résultats judicieux en termes de conclusions qui stipulent la surveillance des risques, et cohérents avec la littérature qui énonce que la PD est une fonction croissante de l'horizon d'investissement.

Par ailleurs, nous avons pu également exposer avec clarté les techniques entretenues pour la quantification du risque de taux et du risque opérationnel, qui ne font pas exception à la règle. De ce fait, nous avons implémenté la méthode « indicateur de base » pour le risque opérationnel basé sur le produit net bancaire (PNB), et la méthode dite Gap de taux pour le risque de taux d'intérêt. Et d'ajouter que les résultats du calcul de ce dernier ont été affinés par l'estimation de la volatilité de la courbe des taux.

Ainsi, tous ces résultats ont permis d'aboutir à la mise en avant des Fonds Propres Economiques (FPE). Calculés sur la base des matrices de corrélation des risques issues de la diversification, les FPE seront associés à la rentabilité générale (RG) qui a été développée dans la dernière partie de ce chapitre.

En effet, ce couple (FPE, RG) est le célèbre couple Rentabilité/Risque développé dans la théorie du MEDAF, permettant l'allocation optimale des fonds propres, et qui fera l'objet de la deuxième partie du projet, ainsi que du prochain chapitre.

Chapitre 3 : Le modèle d'Allocation optimale des fonds propres et de Limites (SAL)

Introduction du chapitre

Indubitablement, l'objet fondamental de la gestion de portefeuille est d'améliorer la qualité globale dudit portefeuille, moyennant les diverses méthodes d'optimisation. Ces dernières peuvent se baser, à titre d'exemple sur le concept de diversification de Markowitz. Cependant, au vu des récentes évolutions de cette théorie, plusieurs techniques se sont accrues, telles que l'allocation des fonds propres. En effet, la gestion des risques est pilotée via une allocation optimale des fonds propres, prenant ainsi en compte le couple rentabilité/risque de chaque opération effectuée par l'institution financière.

Ce faisant, le groupe CDG ne fait pas exception à la règle, et souhaite par ailleurs se doter d'un outil d'allocation optimale des fonds propres entre les filiales du périmètre du projet, en vue de faire face aux coûts faramineux inhérents à la prise de risque. En effet, ce dispositif sera mobilisé dans le but de trouver la meilleure macro-allocation des actifs à l'échelle du groupe, en tenant compte des contraintes risque, de l'objectif d'améliorer la rentabilité et de de la performance globale du groupe. Aussi, l'outil développé doit aller de pair avec les orientations stratégiques et la structure des ressources, en intégrant notamment la notion de l'intérêt général.

Cependant, les indicateurs du risque et de la rentabilité, issus du système de quantification des risques qui a fait l'objet du chapitre précédent, seront les contraintes phares permettant d'assurer la viabilité du Business Model du groupe CDG à moyen terme.

Par ailleurs, nous aborderons dans ce qui suit une présentation de la théorie de gestion de portefeuille en nous focalisant sur la notion du portefeuille efficient et sur le MEDAF. Ce dernier se présente comme le point de départ du développement de notre outil. En effet, nous procéderons, en premier lieu, à une allocation des fonds propres entre les filiales à travers une simulation aléatoire des allocations possibles, en comparant ses résultats avec ceux du portefeuille tangent et du portefeuille minimal, issus de la théorie du MEDAF.

En revanche, après avoir expliqué les limites de cette première approche, nous présenterons en deuxième lieu la technique d'allocation par élimination, guidée par les orientations stratégiques du groupe. Avant de s'aventurer sur le chemin de la quête de la meilleure solution optimale, des filtres seront mis en avant en vue de limiter le choix qui se permet une marge de risque acceptable et une rentabilité maximale. Ensuite, nous mettrons le point sur la mise en pratique de cet outil, et sur la réalisation d'un back-up de données pour garder une trace des simulations effectuées.

Théorie de gestion de portefeuille

Née en 1952 avec la publication de l'article fondateur d'Harry Markowitz, la théorie moderne du portefeuille⁷⁴ part du postulat que le risque d'un portefeuille peut être correctement mesuré par la variance de sa rentabilité. En effet, Markowitz explicite et formalise le dilemme fondamental de la finance moderne qui s'articule autour de l'obtention d'une rentabilité faible mais certaine, ou la prise de risque dans l'espoir d'accroître cette rentabilité. D'ailleurs, il formalise et quantifie également l'effet de diversification selon lequel une combinaison judicieuse de nombreux actifs dans un portefeuille permet de réduire le risque total subi.

Extrêmement importants et modifiant profondément la façon de concevoir les problèmes financiers, les travaux de Markowitz montrent, en particulier, que l'intérêt d'investir dans un titre financier ne doit pas être évalué séparément mais dans le cadre de l'ensemble du portefeuille. De plus, une dizaine d'années après les travaux de Markowitz et sur les bases de ces derniers, Sharpe, Lintner et Mossin développèrent un modèle (le modèle d'équilibre des actifs financiers ou MEDAF) qui aboutit, sous certaines hypothèses, à la rentabilité espérée d'équilibre d'un titre quelconque.

Et une dizaine d'années plus tard, dans les années soixante-dix, en s'appuyant sur des modèles multifactoriels, S. Ross développa une alternative au MEDAF nommée APT (arbitrage pricing theory). Le modèle de Markowitz, le MEDAF et l'APT constituent le noyau de la théorie classique du portefeuille⁷⁵.

I. Le couple rentabilité-risque

Le **couple rentabilité-risque indique le degré de rentabilité** que nous pouvons attendre d'un actif financier donné, tout en prenant en compte la grandeur du risque encouru. Ici, le risque est l'instabilité des rentabilités de l'actif en question, or, sans prise de risque, nous ne pouvons espérer une grande rentabilité. **En finance, le risque est mesurable**, il a été démontré par les calculs que le fait d'investir dans un actif très risqué permet d'obtenir une plus grande rentabilité.

II. La diversification (théorie des choix de portefeuille de Markowitz)

Dans la théorie moderne d'**Harry Markowitz**, les caractéristiques essentielles d'un actif ou d'un portefeuille sont sa « rentabilité » et son « risque ». Les travaux de Markowitz ont en partie abouti à la conclusion que la diversification permet une réduction du niveau de risque dans le cadre de la constitution d'un portefeuille tout en gardant un rendement satisfaisant. Markowitz préconise alors l'utilisation de tous les types d'actifs pour une diversification parfaite.

Outre plus, la théorie du portefeuille de H. Markowitz ne prend en compte que le rendement espéré et le risque, mesuré par l'écart-type. Elle pousse donc l'investisseur à déterminer le meilleur rendement espéré pour un certain niveau de risque, sur un ensemble d'actifs déterminé ou le plus faible niveau de risque possible pour un rendement donné.

Nous résumons ainsi les apports de Markowitz en trois conclusions :

- * L'intérêt de la diversification ne repose pas sur l'absence de corrélation entre les rentabilités, mais sur leur imparfaite corrélation ;

⁷⁴ P. PONCET and R. PORTRAIT. La théorie moderne du portefeuille : théorie et applications. 1998.

⁷⁵ Le cadre théorique de la gestion du portefeuille est détaillé dans l'annexe 6

- * La réduction des risques permise par la diversification est limitée par le degré de corrélation entre les actifs ;
- * La diversification du portefeuille permet de diminuer le « risque », sans nécessairement diminuer la rentabilité moyenne.

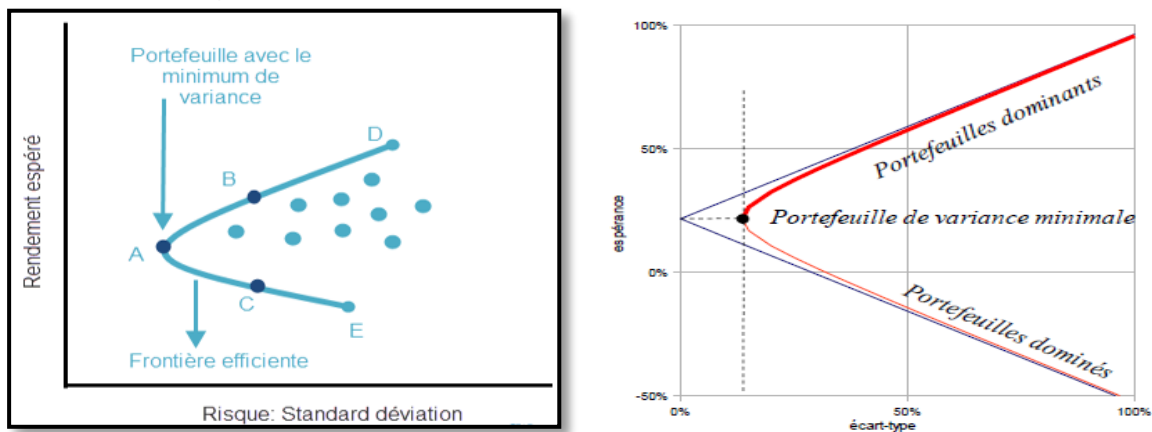
III. La frontière efficiente

III.1 Premier cas : Absence d'actif sans risque (Markowitz)

1) Définition du portefeuille efficient

Notons d'abord que le **portefeuille de marché** est un portefeuille qui comprend tous les titres risqués pondérés par leur capitalisation. Il est caractérisé par une rentabilité R_M , de moyenne μ_M et d'écart-type σ_M . Par ailleurs, un **portefeuille efficient** est un portefeuille dont la rentabilité moyenne est maximale pour un niveau de risque donné, ou dont le risque est minimal pour une rentabilité donnée. Ainsi les portefeuilles efficients sont sur la « frontière » de l'ensemble des portefeuilles dans le plan (σ, μ) comme illustrés dans les graphes ci-dessous :

Figure 12. La frontière efficiente dans le plan (moyenne, variance).



2) Principe de détermination des portefeuilles efficients

La frontière de l'ensemble du portefeuille est une branche d'hyperbole d'équation dans le plan (σ, μ) :

$$\mu = \mu_V \pm a\sqrt{\sigma^2 - \sigma_V^2} \quad (41)$$

Avec :

a : constante représentant la pente de la branche asymptotique (appétit au risque ou niveau d'aversion des risques) ;

σ_V et μ_V : Caractéristiques du portefeuille à variance minimale (à risque minimal) ;

σ = Le risque et μ = Le rendement.

La frontière efficiente « régulière » est la branche supérieure de l'hyperbole (portefeuilles dominants).

3) Quelques propriétés des portefeuilles efficients

- * Par construction, la rentabilité moyenne d'un portefeuille efficient est une fonction croissante du risque ;
- * Toute combinaison linéaire de portefeuilles efficients est un portefeuille efficient ;
- * Toute la frontière « régulière » peut être générée par la combinaison linéaire de deux portefeuilles efficients quelconques.

III.2 Deuxième cas : Présence d'actif sans risque (Tobin)

Considérons dans cette section un portefeuille comprenant un titre (ou portefeuille) risqué, (μ_R, σ_R) en proportion x , et un actif sans risque $(0, r_f)$, en proportion $(1 - x)$. La rentabilité espérée et le risque se combinent ainsi linéairement par la relation suivante :

$$\mu_p = r_f + \frac{\mu_R - r_f}{\sigma_R} \sigma_p \quad ; \quad \sigma_p = x \sigma_R$$

Nous pourrions alors définir deux ratios :

$$\frac{\mu_R - r_f}{\sigma_R} : \text{Ratio de Sharpe du titre risqué}$$

$$\frac{\mu_p - r_f}{\sigma_p} : \text{Ratio de Sharpe du portefeuille}$$

L'égalisation des deux ratios permet de déduire que le portefeuille a le même ratio de Sharpe que l'actif risqué qu'il contient. A noter que :

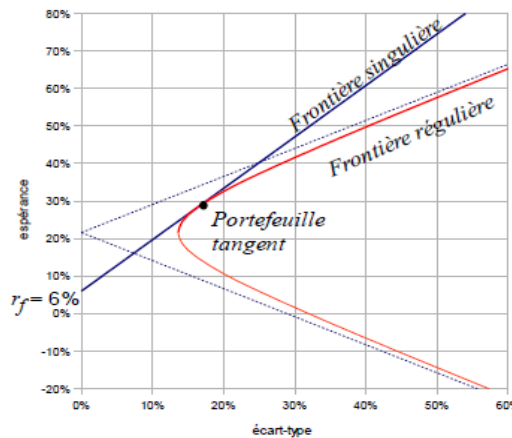
$\mu_R - r_f$: mesure la rentabilité excédentaire moyenne ;

σ_p : mesure la quantité de risque ;

$\frac{\mu_R - r_f}{\sigma_p}$: s'interprète comme la rémunération unitaire du risque.

Dès lors, il faut choisir le portefeuille ayant le ratio de Sharpe le plus élevé. Cependant, la frontière efficiente « singulière » est la demi-droite qui relie le titre sans risque au portefeuille d'actifs risqués ayant le ratio de Sharpe le plus élevé, en d'autres termes, le portefeuille tangent.

Figure 13. Frontière efficiente, frontière singulière, frontière régulière.



IV. L'équilibre du marché : MEDAF

Le MEDAF (**Modèle d'évaluation des actifs financiers**) ou (CAPM = **Capital Asset Pricing Model**) permet de donner une évaluation de la rentabilité espérée d'un actif, μ_i en fonction du « risque ». Cette rentabilité espérée peut être utilisée comme un taux d'actualisation dans la valorisation de l'actif. Par ailleurs, la théorie du portefeuille conseille de choisir un portefeuille risqué efficient ou un partage entre actif sans risque et portefeuille d'actifs risqués selon le degré d'aversion au risque. Ainsi, le MEDAF propose une détermination des prix d'équilibre des actifs.

IV.1 Hypothèses de base (Sharpe, Treynor, Lintner, Mossin)

- * Des investisseurs « risco-phobes » évaluent les portefeuilles en termes d'espérance et de variance des rentabilités sur une période ;
- * Les marchés de titres sont parfaits (actifs parfaitement divisibles, pas de coûts de transactions, pas de restrictions de ventes à découvert, pas de taxes, information disponible sans coût, possibilité de prêt et d'emprunt au taux sans risque) ;
- * Les investisseurs ont accès aux mêmes opportunités d'investissement ;
- * Les anticipations de rendement (espérances, variances, covariances) sont identiques.

Sous ces hypothèses, à l'équilibre, **le portefeuille « tangent » est le portefeuille de marché.**

IV.2 Portefeuille de marché et « Droite de marché »

Le portefeuille de marché est le portefeuille « tangent ». La droite de marché⁷⁶ est la frontière « singulière ». Pour tous les portefeuilles efficients, nous avons donc :

$$\mu_p = r_f + \frac{\mu_M - r_f}{\sigma_M} \sigma_p$$

Avec :

μ_p : Rentabilité à l'équilibre de tout le portefeuille efficient;

r_f : Taux sans risque ;

$\frac{\mu_M - r_f}{\sigma_M} \sigma_p$: Prime de risque qui est le produit du prix du risque (ratio de Sharpe) et la quantité du risque σ_p .

Dès lors, nous déduisons que tous les portefeuilles ont le même ratio de Sharpe⁷⁷, celui du portefeuille de marché. La rentabilité, à l'équilibre, de tout portefeuille efficient est la somme du taux sans risque et d'une « prime de risque » qui s'écrit comme « prix du risque multiplié par une quantité de risque ».

IV.3 Evaluation des actifs et « droite caractéristique » d'un actif

Dans tout portefeuille efficient, nous pouvons montrer que la prime de risque d'un actif particulier est proportionnelle à la prime de risque du portefeuille :

$$\mu_i - r_f = \frac{\text{Cov}(R_i, R_p)}{\sigma_p^2} (\mu_p - r_f)$$

A l'équilibre, la rentabilité doit donc vérifier cette relation :

$$\mu_i - r_f = \frac{(\mu_M - r_f)}{\sigma_M^2} \text{Cov}(R_i, R_M)$$

Nous interprétons ceci comme étant une prime de risque qui est égale au produit du prix du risque (mesuré par la variance) et la quantité du risque (mesurée par la covariance).

A noter que $\frac{\text{Cov}(R_i, R_M)}{\sigma_M^2}$ représente le bêta du titre β_i . C'est la sensibilité du rendement du titre au rendement du marché, c'est-à-dire la variation du rendement expliquée par celle du

⁷⁶ Appelée également Capital Market Line.

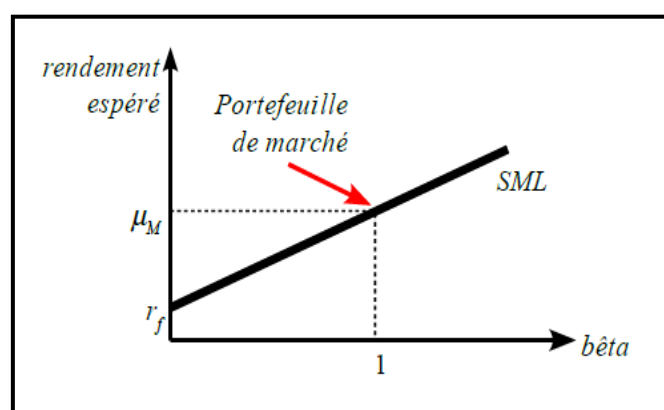
⁷⁷ La formalisation du modèle de marché de Sharpe figure dans l'annexe 6.

marché, ou encore la part de « risque systématique » ou « risque non diversifiable » contenue dans le risque total du titre.

IV.4 Implications et utilités du MEDAF

- * La rentabilité espérée d'un titre ne dépend pas du risque spécifique ;
- * Le bêta indique la part du risque non diversifiable ;
- * La valeur d'un titre ne dépend pas du taux de croissance anticipé des Cash-flows futurs ;
- * Mesurer les performances des gestionnaires de fonds malgré les difficultés à valider empiriquement le modèle.

A l'équilibre, tous les portefeuilles et tous les actifs sont sur la « droite de MEDAF »⁷⁸ :



V. APT : Arbitrage Pricing Theory

Introduit par Stephen Ross en 1976, le modèle **APT (Arbitrage pricing theory)**⁷⁹ est l'un des plus célèbres modèles d'évaluation d'actifs financiers. C'est en quelque sorte le principal concurrent du modèle CAPM. Alors que ce dernier suppose une source commune de risque unique qui est le risque de marché, l'APT se base sur l'existence de plusieurs facteurs de risque communs⁸⁰. En effet, ce modèle d'arbitrage suppose qu'il existe assez d'actifs pour qu'il soit possible de construire un portefeuille sans risque et sans mise initiale, grâce à l'achat et à la vente simultanée d'actifs. A noter qu'à l'équilibre, le rendement d'un tel portefeuille doit être nul. A partir de là, S. Ross a établi que les rendements de tous les portefeuilles efficients (sans risque spécifique) sont sur une même droite de pente positive d'où la linéarité de la relation rendement/risque.

En définitive, il convient de noter que le MEDAF a renouvelé la manière de concevoir la relation entre rentabilité attendue et risque, l'allocation des portefeuilles et la mesure des performances et du coût du capital. Par ailleurs, l'optimisation d'un portefeuille consiste à chercher au sein d'un univers de titres donné, les valeurs et les proportions de valeurs permettant de constituer un portefeuille situé sur la frontière efficiente.

⁷⁸ SML : Security Market Line.

⁷⁹ La formalisation du modèle APT figure dans l'annexe 6.

⁸⁰ http://www.fjsjr.ac.ma/actuariat/pdf/cours/GP_chap4.pdf

Première approche : Simulation aléatoire

I. Mise en situation

Dans le but de trouver la meilleure allocation optimale entre les filiales du groupe CDG, nous avons adopté une première approche qui consiste à procéder par des simulations aléatoires de scénarii possibles. Ces derniers portent sur les bilans de chaque filiale, chaque scénario est une allocation, une combinaison possible des bilans des filiales assujettie à des contraintes bien précises. A noter que l'implémentation de cette méthode sera effectuée sous forme de programme sous **VBA-EXCEL**.

De prime abord, nous allons essayer de générer 500 scénarios possibles qui permettent de distribuer le total bilan du groupe CDG (Maison mère et filiales) d'une manière aléatoire, tout en respectant les conditions suivantes :

- Le total bilan de CDG EP (maison mère) est inchangé : **114 375 millions de DH ;**
- Le total bilan de tout le groupe CDG est constant : **203 808 millions de DH ;**
- Le montant minimal et le montant maximal alloués à chacune des filiales sont respectivement **1 600 millions de DH et 31 910 millions de DH.**

La feuille, siège de cette simulation aléatoire, se présente comme suit au début de l'exercice :

II. Méthodologie

La feuille de simulation sera constituée de 500 scénarii que nous allons générer par un code VBA-EXCEL si nous cliquons sur le bouton « Lancer Simulation ». Les différentes filiales composant le groupe CDG, y compris la maison mère, constituent les différentes colonnes de la matrice. Chaque ligne sera une allocation possible, générée aléatoirement, du total bilan du Groupe CDG, tout en respectant les conditions citées précédemment. De ce fait, cette génération aléatoire se base essentiellement sur la fonction **RND** qui renvoie un nombre aléatoire entre zéro et 1 non compris, la fonction **INT** pour arrondir les chiffres à virgule à l'entier inférieur et l'utilisation de **RANDOMIZE** pour garantir la génération de nombres réellement aléatoires et différents à chaque fois.

Par ailleurs, les deux colonnes FPE et RG représentent respectivement les Fonds Propres Economiques et le Rendement Global, qui seront calculés de la même manière établie dans le **chapitre 2 « Système de Quantification des Risques »**.

En effet, le fait de cliquer sur le bouton « Calculer » permet de copier la combinaison simulée, de la placer dans la ligne réservée au total bilan de chaque filiale dans la maquette de calcul SQR, puis de garder uniquement les valeurs trouvées dans les cases FPE et RG. A noter que ces dernières sont calculées par les **équations (39) et (40)**.

De plus, les colonnes « Dominante » et « Dominée » sont les deux droites délimitant l'hyperbole des portefeuilles efficients⁸¹. En effet, cette dernière a pour fonction de porter la frontière efficiente et se matérialise par l'**équation (40)**.

Ainsi, la courbe intitulée « Dominante » se caractérise par l'équation $\mu = \mu_v + a\sqrt{\sigma^2 - \sigma_v^2}$, alors que l'équation de la « Dominée » est $\mu = \mu_v - a\sqrt{\sigma^2 - \sigma_v^2}$.

En outre, les deux colonnes RG tg (Rentabilité Globale du portefeuille tangent) et FPE tg (Fonds propres économiques du portefeuille tangent) donnent la solution quasi-optimale caractérisant le portefeuille tangent. Ce dernier est caractérisé par le couple (μ_T, σ_T) tel que :

$$\mu_T = \mu_v + \frac{a^2 \sigma_v^2}{\mu_v - R_f} \quad (42)$$

$$\text{Et } \sigma_T^2 = \sigma_v^2 \left(1 + \frac{a^2 \sigma_v^2}{(\mu_v - R_f)^2} \right) \quad (43)$$

Avec R_f désignant le taux sans risque.

Par ailleurs, dans notre cas, nous allons adopter les hypothèses stratégiques suivantes :

H₁ : L'appétit au risque noté « a » est fixé à 5%

H₂ : Le taux sans risque R_f est le taux des Bons De Trésor (BDT) de maturité égale à 10 ans.

En définitive, le bouton « Réinitialiser » a été conçu dans le but de mettre à zéro toutes les simulations et calculs effectués, et afin de pouvoir lancer une nouvelle simulation.

III. Outputs : Analyse des résultats

Un extrait des résultats de cette simulation est exposé dans la figure ci-dessous⁸² :

⁸¹ Voir le paragraphe précédent sur la théorie de gestion de portefeuille pour plus de détails.

⁸² Les chiffres utilisés ne sont pas réels mais proches de la réalité par souci de confidentialité.

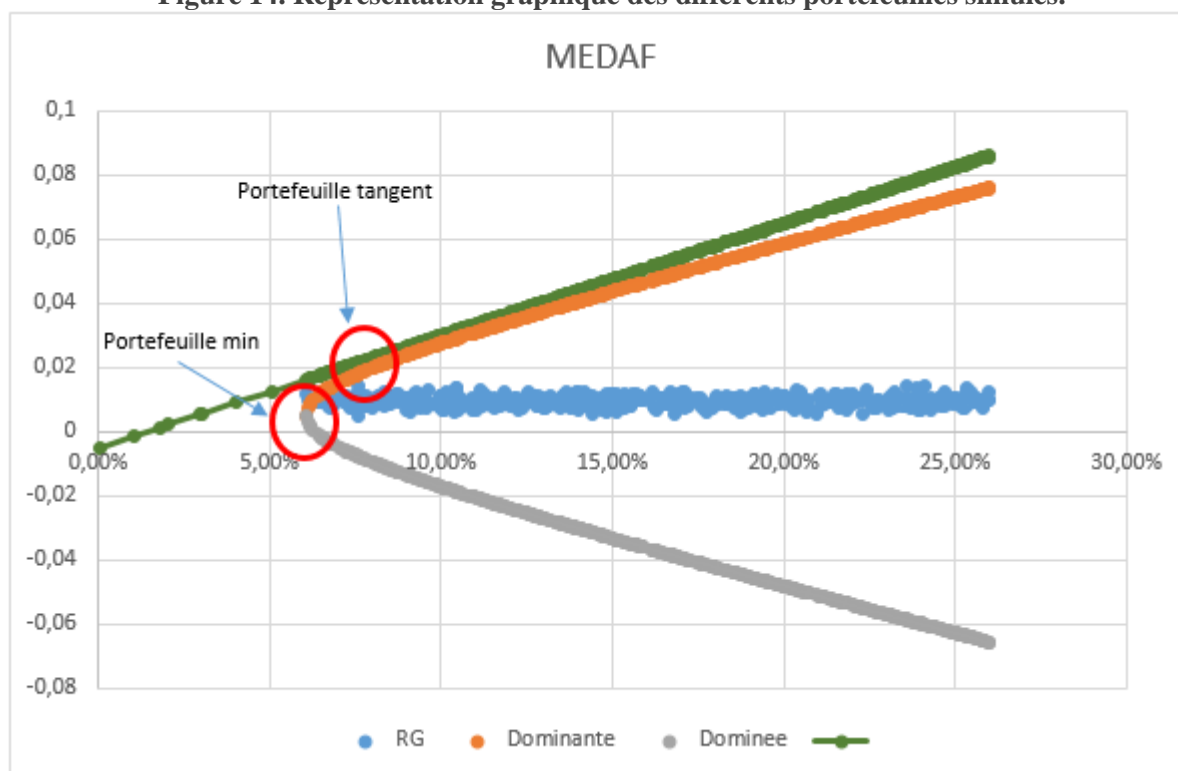
Tableau 28. Les résultats de la simulation aléatoire en millions de DH sous EXCEL.

Scénario n°	SEGMENT FINANCIER					·	TOTAL	FPE	RG	Dominante	Dominée
	CDG EP	CIH	CDGK	SCR	FIPAR						
1	114 375	9 481	12 649	5 850	.	.	203 808	8,00%	0,89%	1,24%	-0,16%
2	114 375	7 188	8 878	1 595	.	.	203 808	18,51%	0,97%	2,30%	-1,23%
3	114 375	12 102	1 596	4 745	.	.	203 808	10,31%	0,97%	1,57%	-0,50%
4	114 375	10 526	5 683	14 480	.	.	203 808	19,87%	1,12%	2,40%	-1,32%
5	114 375	8 491	1 596	7 989	.	.	203 808	14,83%	1,08%	2,02%	-0,95%
6	114 375	1 597	8 146	1 595	.	.	203 808	9,56%	0,85%	1,47%	-0,40%
7	114 375	1 597	6 689	10 312	.	.	203 808	13,66%	0,91%	1,92%	-0,84%
8	114 375	10 169	1 596	5 353	.	.	203 808	12,90%	0,99%	1,85%	-0,77%
9	114 375	4 089	1 596	1 595	.	.	203 808	10,89%	0,89%	1,64%	-0,57%
10	114 375	1 597	14 740	10 154	.	.	203 808	6,40%	0,96%	0,84%	0,23%
.
.
499	114 375	20 295	1 596	9 197	.	.	203 808	11,82%	1,15%	1,74%	-0,67%
500	114 375	1 597	1 596	8 671	.	.	203 808	19,89%	1,05%	2,40%	-1,33%

Source : Tableau établi sous EXCEL par nos soins.

Par ailleurs, si nous traçons la frontière des portefeuilles efficients, comme illustré dans le graphe ci-dessous, nous pourrions déduire que les différentes allocations générées ne dépassent pas l'hyperbole.

Figure 14. Représentation graphique des différents portefeuilles simulés.



Source : Graphe établi sous EXCEL par nos soins.

Nous trouvons ainsi que les coordonnées du portefeuille tangent dans le plan (σ, μ) sont (7,26% ; 2,04%), alors que pour le portefeuille minimal, nous trouvons (6,04% ; 0,52%). De plus, si nous choisissons l'allocation qui permet de générer la rentabilité maximale à condition que le risque soit toléré dans un intervalle $[-a \times FPP ; a \times FPP]$, avec a désignant toujours l'appétit au risque et les FPP ne sont autres que les fonds propres prudents, nous trouvons que le portefeuille à rentabilité maximale et FPE limités se définit par les coordonnées (1,64% ; 1,46%).

Nous déduisons alors que chaque méthode donne une allocation possible que nous allons comparer avec le portefeuille actuel pour tirer des conclusions. Ceci est illustré dans le tableau suivant :

Tableau 29. Comparaison entre les trois portefeuilles trouvés avec le portefeuille actuel au début de la simulation en millions de DH.

	Portefeuille avec les filtres	Portefeuille tangent	Portefeuille minimal	Portefeuille actuel
CDG EP	114 375	114 375	114 375	114 375
FIN 1	1 597	11 846	4 941	31 910
FIN 2	16 908	23 520	15 472	6 650
FIN 3	15 057	3 311	10 306	9 893
FIN 4	1 594	2 697	4 750	10 050
ATI 1	3 704	1 593	1 593	4 900
ATI 2	20 024	9 445	1 592	3 900
ATI 3	2 501	1 591	5 895	6 000
ATI 4	1 648	2 831	5 288	1 800
IML 1	1 589	14 416	14 323	7 700
IML 2	19 968	1 588	10 269	1 600
HZT 1	1 587	3 204	4 342	4 000
HZT 2	5 041	15 176	12 447	2 100
HZT 3	1 585	1 585	1 585	2 300

Source : Tableau établi sous EXCEL par nos soins.

Nous remarquons que les trois méthodes convergent vers le même résultat pour plusieurs filiales, néanmoins elles divergent pour d'autres, chaque méthode donne sa propre allocation du total bilan entre les filiales.

Cette approche, quoique donnant plusieurs scénarii possibles, reste très limitée puisque nous ne pourrions pas interpréter idéalement les résultats obtenus. Nous n'avons une idée ni sur les soubassements derrière l'augmentation ou la diminution des fonds propres pour chaque filiale, ni sur le degré de possibilité de ces changements. Par ailleurs, l'affectation des fonds propres reste aléatoire et n'est basée sur aucun fondement. De ce fait, et compte tenu de toutes ces limites que présente l'approche aléatoire, l'équipe CRM a inauguré une autre approche, objet de la deuxième section, qui est cette fois-ci guidée par les orientations stratégiques afin d'aboutir à des résultats plausibles et interprétables.

Deuxième approche : Simulation guidée par élimination et allocation stratégique

I. Contexte général : orientations stratégiques et objectifs de l'approche

Cette deuxième approche vise à trouver la meilleure allocation des fonds propres entre les filiales d'une manière guidée vers le respect des orientations stratégiques et selon l'information stratégique qu'il serait instructif de présenter. D'ailleurs, cette allocation optimale vise à répondre à la question : **Combien la taille de la filiale devrait-elle représenter dans le total bilan consolidé du groupe CDG ? Quelle serait la taille optimale de chaque filiale dans la mesure où cette taille reflète le niveau de fonds propres qui lui est destiné ?**

En effet, le nouveau plan stratégique, qui verra le jour bientôt, s'oriente vers le renforcement du segment financier et de la CDG EP, quelques participations seront retirées ou diminuées afin de fortifier et corroborer la maison-mère. D'ailleurs, le CRM est une allocation à l'échelle groupe par rapport à l'année de référence 2015. Qui plus est, en collaboration avec le pôle Stratégie et Développement, ces orientations stratégiques et toutes les décisions politiques ont été quantifiées par des coefficients, appelés, dans le cadre du CRM, des clés de simulation. En effet, l'objet de ces clés présentées dans le tableau ci-dessous, est de traduire fidèlement la vision stratégique du groupe CDG.

Tableau 30. Les clés de simulation inventoriées dans le cadre du CRM pour chaque filiale.

Clés de simulation	SEGMENT FINANCIER					Total FIN	SEGMENT ATI				Total ATI	SEGMENT IML		Total IML	SEGMENT HZT			Total HZT	Total GEN
	CDG EP	FIN 1	FIN 2	FIN 3	FIN 4		ATI 1	ATI 2	ATI 3	ATI 4		IM L 1	IM L 2		HZT 1	HZT 2	HZT 3		
-																			
0,2																			
0,4																			
0,6		0,6									0,6	0,6		0,6	0,6				
0,8		0,8		0,8	0,8		0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8		0,8	0,8	0,8			
1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1		1	1	1			
1,2			1,2	1,2	1,2			1,2	1,2	1,2						1,2			
1,4																			
1,6																			
1,8																			
2																			
Clés de simulation	1	1	1	1	1		1	1	1	1		1	1		1	1	1		
Nombre de simulations	1	3	2	3	3	54	2	3	3	3	54	3	3	9	3	3	3	27	708588

Source : Documentation interne du projet.

Avant d'expliquer le détail de l'orientation stratégique pour chaque filiale, il est important de signaler que ces clés de simulation, outre leur respect de la vision stratégique, sont choisies de telle sorte à générer le nombre maximal de portefeuilles sous EXCEL qui est de

708 588⁸³. Toutefois, nous pouvons changer uniquement la valeur de ces clés, le nombre assuré pour chaque filiale est maximal.

Chaque colonne représentant la filiale contient des coefficients qui seront appliqués à son total bilan. Les clés varient entre 0,6 et 1,2. Un coefficient inférieur à 1 signifie une diminution de fonds propres et inversement. A noter que la multiplication par 1 permet de garder le même total bilan initial. Par exemple, multiplier le total bilan de la filiale X par 0,8 signifie qu'il sera diminué de 20%, alors que la multiplication par 1,2 sera interprétée comme une augmentation de 20%.

Convenons aussi que la réduction des fonds propres d'une filiale se manifeste à travers la diminution du pourcentage d'actionnariat ou de participation dans cette filiale et aura pour conséquence la recherche de nouveaux actionnaires. Par ailleurs, cette réduction est effectuée progressivement par scénarii de 20%. Ceci-dit, le tableau suivant explique les clés qui seront appliquées à chaque filiale et leurs interprétations.

⁸³ Ce chiffre est le nombre maximal de lignes générés par EXCEL. L'ajout d'une nouvelle clé au niveau d'une filiale quelconque donnera naissance à d'autres combinaisons qui ne pourront plus être affichées, puisque nous aurons déjà atteint la limite maximale de lignes autorisée par EXCEL.

Tableau 31. Interprétation des différentes clés de simulation selon les orientations stratégiques.

Segment	Filiale	Clés	Signification	Exemples d'interprétation
FIN	CDG EP	1,0	ne rien changer	- La CDG EP reste inchangée puisque l'allocation concerne uniquement. - La CDG EP voudrait baisser le pourcentage de sa participation dans CIH qui ne lui est pas rentable. - La CDGK est une filiale principale du point de vue de la maison-mère d'où le renforcement de son activité. - Les tendances de la SCR en Afrique encouragent la CDG EP à lui allouer plus de fonds propres.
		0,6	diminution de 40%	
			0,8	
	CIH	1,0	ne rien changer	
		1,0	ne rien changer	
			1,2	
	CDGK	0,8	diminution de 20%	
		1,0	ne rien changer	
		1,2	augmentation de 20%	
	SCR	0,8	diminution de 20%	
1,0		ne rien changer		
1,2		augmentation de 20%		
FIPAR	0,8	diminution de 20%		
	1,0	ne rien changer		
	1,2	augmentation de 20%		
ATI	MEDZ	0,8	diminution de 20%	- Les scénarii établis pour ces segments vont dans le sens de la diminution de participation, et ce, dans le but d'investir plus dans le segment financier, segment principal du groupe CDG. La logique actuelle penche vers la réduction de l'exposition pour tout autre secteur non financier.
		1,0	ne rien changer	
	AUDA	0,8	diminution de 20%	
		1,0	ne rien changer	
		1,2	augmentation de 20%	
	ZENATA	0,8	diminution de 20%	
		1,0	ne rien changer	
		1,2	augmentation de 20%	
	SONADAC	0,8	diminution de 20%	
		1,0	ne rien changer	
1,2		augmentation de 20%		
IML	CGI	0,6	diminution de 40%	
		0,8	diminution de 20%	
		1,0	ne rien changer	
	FC	0,6	diminution de 40%	
		0,8	diminution de 20%	
1,0	ne rien changer			
HZT	MADAEF	0,6	diminution de 40%	
		0,8	diminution de 20%	
		1,0	ne rien changer	
	SHN	0,6	diminution de 40%	
		0,8	diminution de 20%	
		1,0	ne rien changer	
	SDS	0,8	diminution de 20%	
		1,0	ne rien changer	
1,2	augmentation de 20%			

Source : Tableau établi par nos soins.

II. Démarche de simulation adoptée

Cette méthode d'optimisation et d'allocation stratégique adoptée est baptisée « Approche par élimination ou par itérations » puisqu'elle repose sur une base simulée de portefeuilles (ou expositions du groupe) générés grâce aux clés de simulations⁸⁴. Cette base est ensuite soumise à deux filtres⁸⁵ permettant de sélectionner le portefeuille optimal⁸⁶ au sens du

⁸⁴ Ces clés de simulation traduisent les orientations stratégiques (voir le paragraphe précédent).

⁸⁵ A ne pas confondre avec le filtrage en finance qui consiste à estimer l'état d'un système dynamique (évoluant au cours du temps) à partir d'observations bruitées.

⁸⁶ L'optimalité ici est au sens de la viabilité.

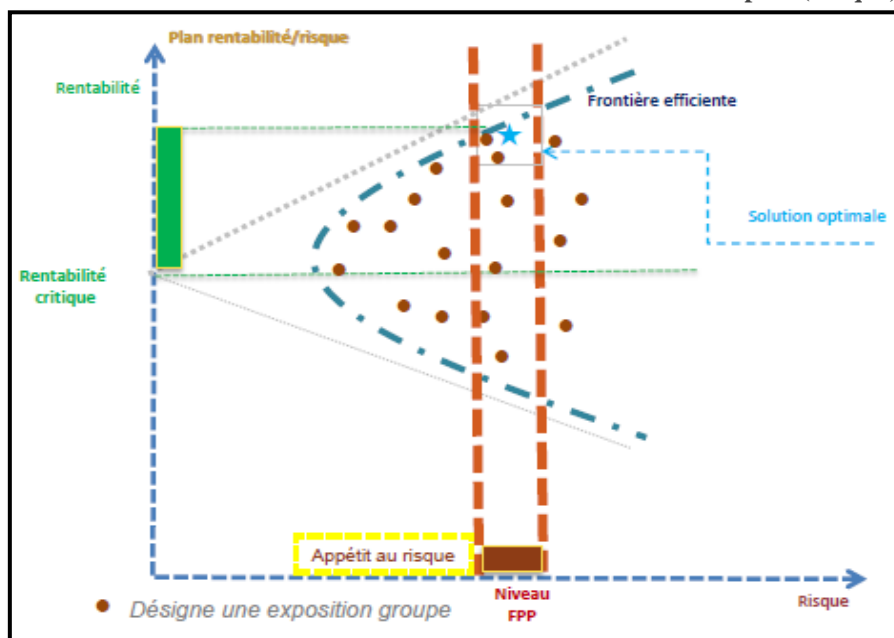
CRM qui répond à l'ensemble des contraintes de l'allocation. En effet, plusieurs contraintes et conditions ont été mises en exergue en vue de choisir un portefeuille allant de pair avec la tendance et l'infléchissement du groupe.

Toutefois, les contraintes d'allocation, quantitatives et qualitatives, que l'outil devrait respecter s'énoncent comme suit :

- * **La taille du bilan consolidé du groupe est figée ;**
- * **La taille du bilan de la CDG EP est constante ;**
- * **L'allocation d'actifs au sein de chaque filiale est supposée optimale :** Le CRM s'intéresse à la macro-allocation des actifs à l'échelle du groupe. Il considère que les micro-allocations à l'échelle des entités (filiales et CDG EP) sont déjà optimisées ;
- * **Respect de la contrainte prudentielle :** Les FPE doivent figurer dans l'intervalle $[-a \times \text{FPP} ; a \times \text{FPP}]$ afin d'assurer la couverture par les FPP⁸⁷.
- * **Rentabilité cible maximale :** L'outil prévoit une allocation qui permet de générer une rentabilité maximale, et n'allant pas au-dessous d'un seuil minimal critique permettant de rémunérer les dépôts. La **rentabilité critique** est le niveau bas au-dessous duquel le business modèle du groupe n'est plus viable.
- * **L'appétit au risque fixé à 5% :** L'appétit au risque peut être matérialisé par un niveau de risque supérieur au niveau prudentiel que la CDG peut accepter pour améliorer sa performance globale ;
- * **Le Gap de simulation sera absorbé par la CDG EP :** Cette contrainte reflète parfaitement les aspirations stratégiques actuelles stipulant le renforcement de la maison-mère.

Ainsi, toutes ces contraintes sont visualisées dans le plan Rentabilité/Risque du MEDAF ci-dessous :

Tableau 32. Les contraintes de notre modèle d'allocation visualisées dans le plan (Risque, Rendement).

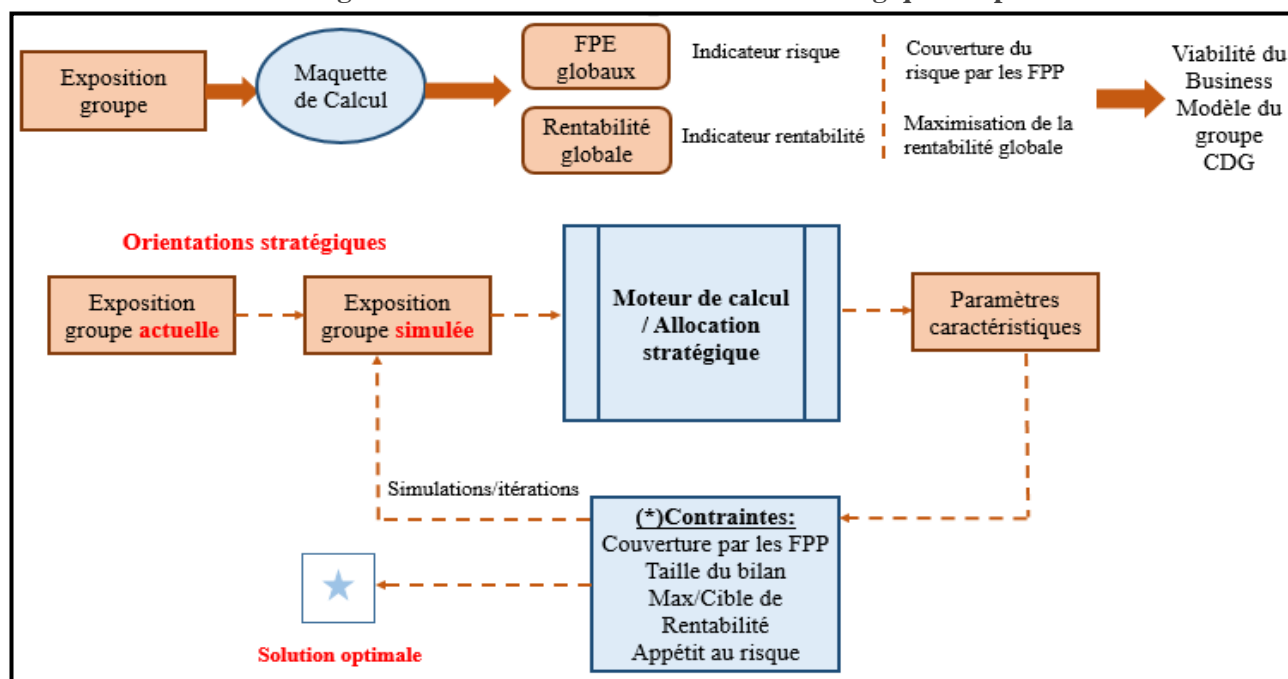


Source : Documentation interne du projet.

⁸⁷Les FPP = Fonds Propres Prudentiels sont les exigences en fonds propres calculés par la réglementation, alors que les FPE = Fonds Propres Economiques reflètent la réalité.

Après avoir mis en évidence toutes les contraintes de notre allocation, il est question maintenant de détailler la démarche à adopter, visualisée de prime abord dans le graphe suivant :

Figure 15. La démarche de l'allocation stratégique adoptée.



Source : Documentation interne du projet.

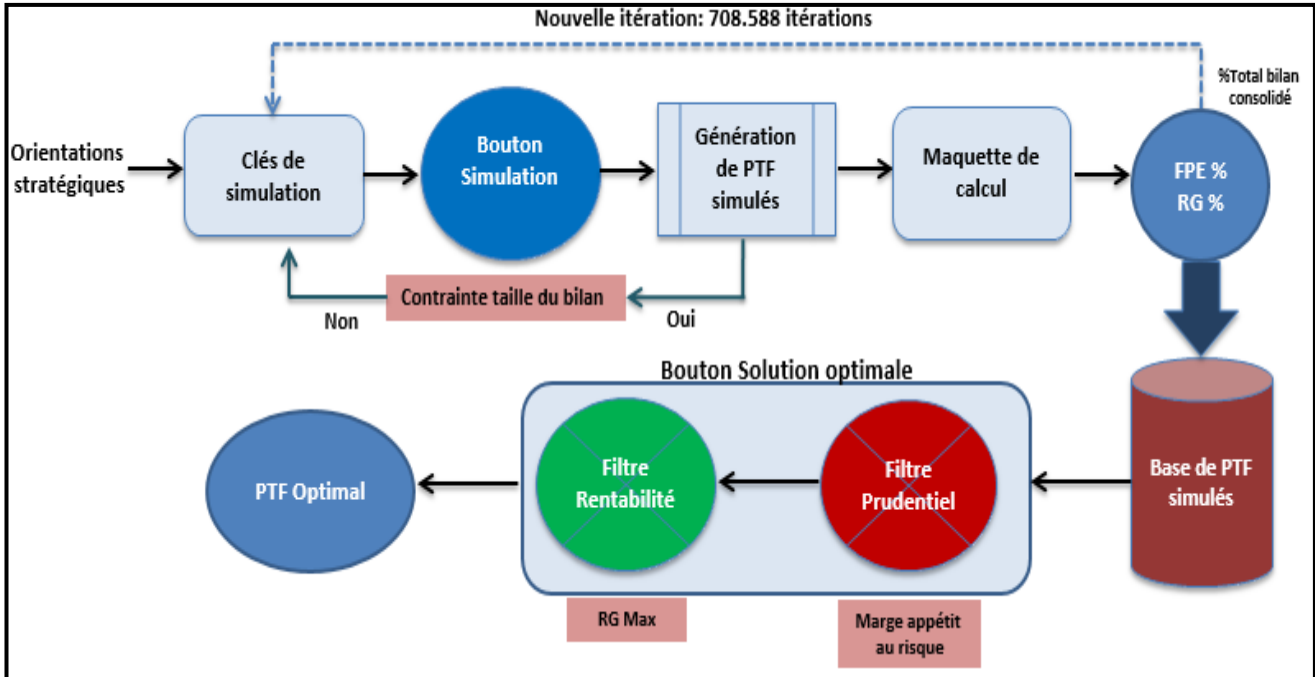
Le système d'allocation optimale génère un nombre important de **portefeuilles efficients** selon les **orientations stratégiques** du groupe. Chaque portefeuille reflétant l'exposition simulée du groupe est caractérisé par deux indicateurs, à savoir un indicateur de risque reflété par les FPE et un deuxième de rentabilité représenté par la RG en pourcentage du total bilan. Ces indicateurs sont, en effet, calculés dans la maquette de calcul selon les relations indiquées dans des sections précédentes. D'ailleurs, les portefeuilles simulés sont, dans chaque itération, soumis à un contrôle de contraintes qui doivent être respectées.

Dès lors, la **solution optimale** est une exposition groupe, une allocation optimale des actifs reflétant la taille optimale des filiales en termes d'activités incluant la maison mère, permettant d'atteindre un niveau de performance susceptible de garantir la viabilité du *Business Model* du groupe, tout en respectant les orientations stratégiques de l'institution.

III. Algorithme : Mise en œuvre pratique sous VBA-EXCEL

Comme vu précédemment dans la section « Démarche de Simulation adoptée », les orientations stratégiques donnent lieu à des clés de simulation permettant à leur tour de simuler 708 588 portefeuilles possibles. Par ailleurs, chaque itération est une allocation simulée générée par le système. Les résultats des simulations sont ensuite stockés dans une base de données qui est soumise à un premier filtre prudentiel établi en se référant à la marge d'appétit au risque fixée au préalable. Ce filtre permet de réduire le champ de recherche en définissant l'intervalle désiré des FPE. Par la suite, un deuxième filtre maximisant la rentabilité globale RG est appliqué à la base de données ainsi restreinte, autrement dit, la base constituée des portefeuilles respectant la contrainte prudentielle. Ceci est bien illustré dans le graphe exposé dans la page suivante :

Figure 16. Algorithme d'allocation stratégique optimale



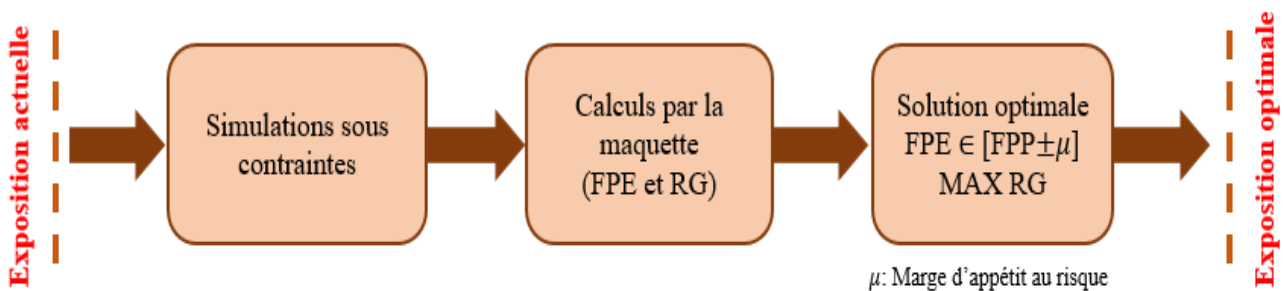
Source : Documentation interne fournie dans le cadre du CRM

Par ailleurs, la mise en œuvre de l'approche du système d'allocation stratégique est réalisée en trois étapes grâce à un programme sous VBA-Excel :

- Étape 1 :** Simulation des expositions groupe en respectant les contraintes stratégiques ;
- Étape 2 :** Recherche des expositions respectant la contrainte prudentielle ;
- Étape 3 :** Recherche de la solution optimale maximisant la rentabilité générale.

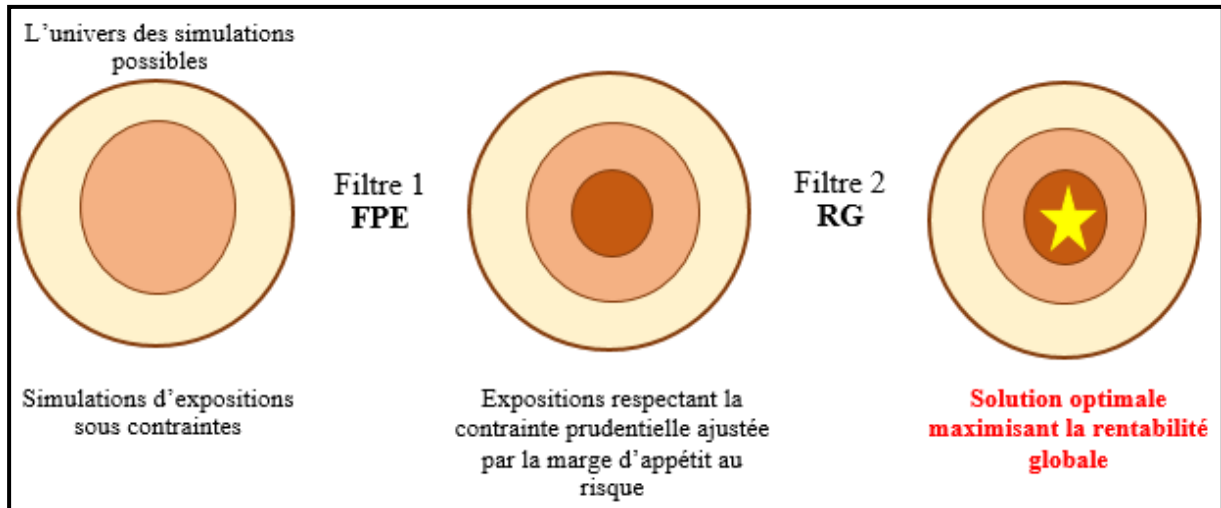
Les deux dernières étapes, illustrées dans les graphes ci-dessous, permettent de mettre en exergue les filtres adoptés en vue de trouver l'exposition optimale et la meilleure allocation stratégique entre les filiales.

Figure 17. Etapes de recherche de l'exposition optimale au sens du CRM.



Source : Documentation interne fournie dans le cadre du CRM

Figure 18. Les filtres de la recherche de la solution optimale.



Source : Documentation interne fournie dans le cadre du CRM

La figure de la page suivante présente la maquette de simulation. Il s'agit d'un fichier EXCEL réparti en plusieurs feuilles selon la nomenclature suivante :

Menu : page du menu général de simulation

REF : page de simulation de l'année de référence⁸⁸

2016 : page de simulation de l'année 2016

2017 : page de simulation de l'année 2017

2018 : page de simulation de l'année 2018

2019 : page de simulation de l'année 2019

2020 : page de simulation de l'année 2020

La feuille contient également 3 boutons établis sous VBA-EXCEL qui permettent d'accomplir l'opération de l'allocation stratégique à savoir :

- * Le bouton « **Start Simulation** » qui permet de lancer l'allocation ;
- * Le bouton « **Solution optimale** » qui permet d'afficher le portefeuille optimal après le processus de la recherche programmé ;
- * Le bouton « **Réinitialiser** » mettant à zéro toute la page de simulation afin de relancer une nouvelle.

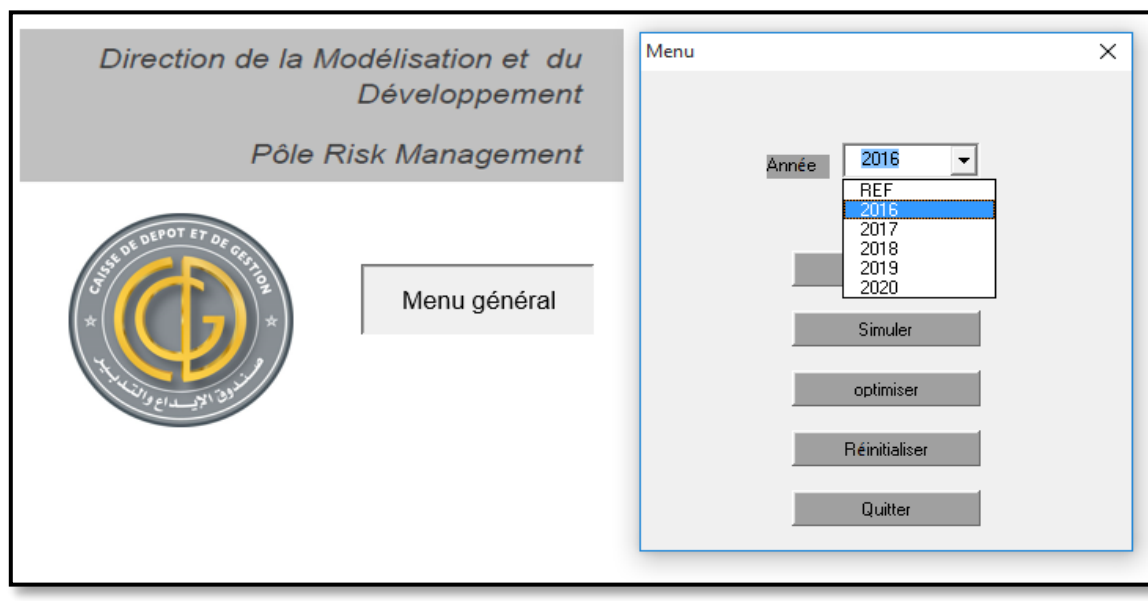
⁸⁸ Nous rappelons que l'année de référence déterminée par l'équipe du projet est 2015.

La figure ci-dessous montre la structuration de la feuille « MENU ». Elle contient un bouton qui permet d'afficher un menu général pour pouvoir manipuler aisément les commandes de l'allocation.



En effet, le fait de cliquer sur le bouton « Menu général » permet de générer une deuxième fenêtre sous forme d'un tableau de bord qui contient plusieurs boutons de manipulation. Par ailleurs, la sélection d'une année donnée parmi les années disponibles dans l'outil est principalement suivie d'un choix qui doit être fait entre les différents boutons de l'interface, et qui varient entre :

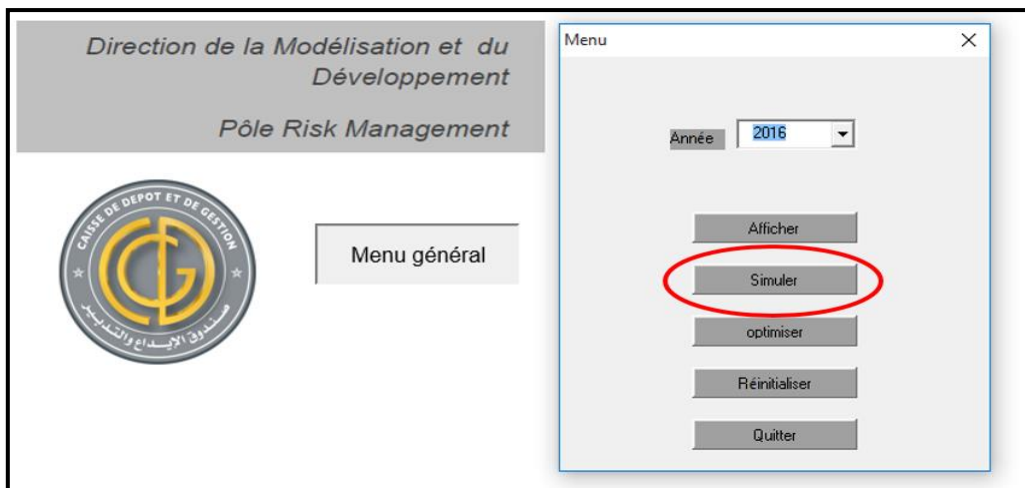
- * Bouton « **Afficher** » ;
- * Bouton « **Simuler** » ;
- * Bouton « **Optimiser** » ;
- * Bouton « **Réinitialiser** » ;
- * Bouton « **Quitter** ».



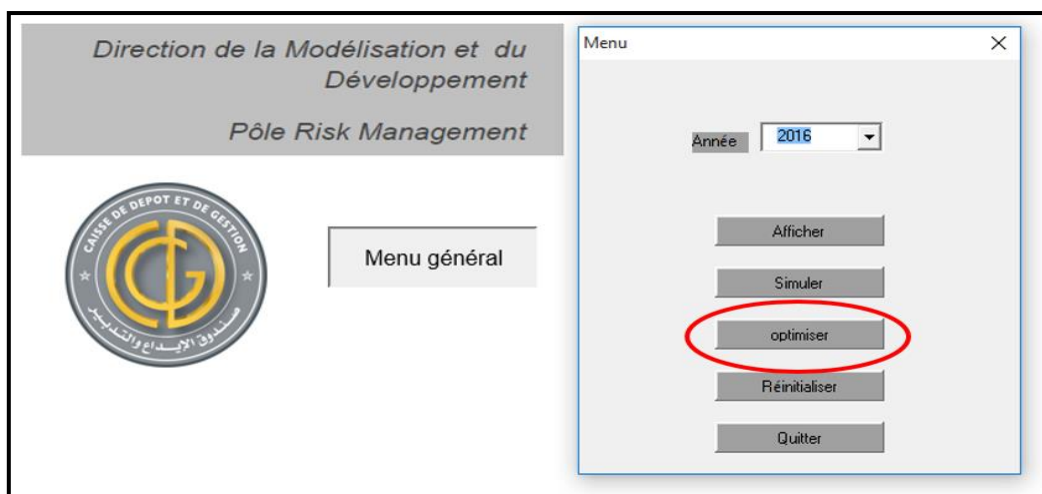
Le premier bouton « Afficher » permet, suite au choix d'une année donnée, de rediriger l'utilisateur vers la feuille correspondante à l'année choisie.



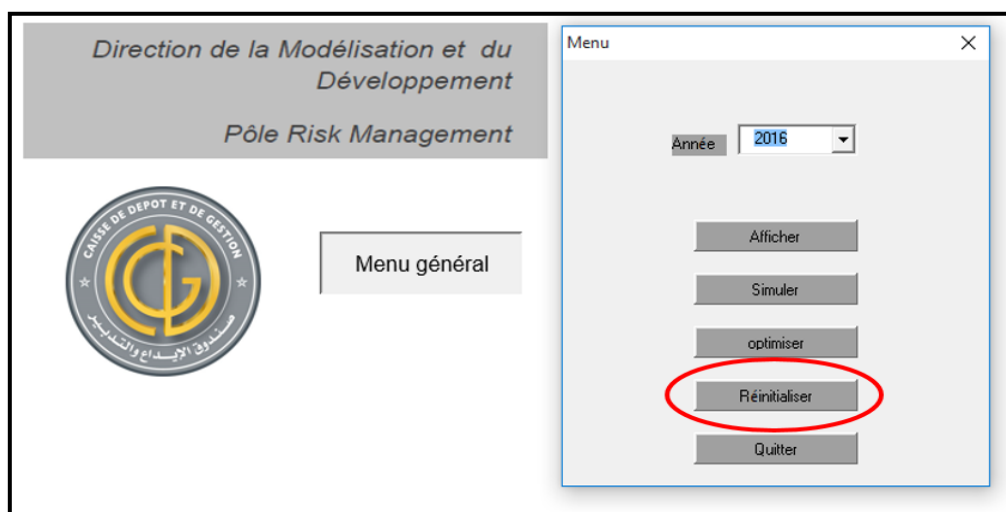
En deuxième lieu, si l'utilisateur clique sur le bouton « Simuler », cela permet de lancer la fenêtre de commande de la simulation, que nous allons voir en détail ultérieurement dans un autre paragraphe, directement de la feuille de l'année choisie.



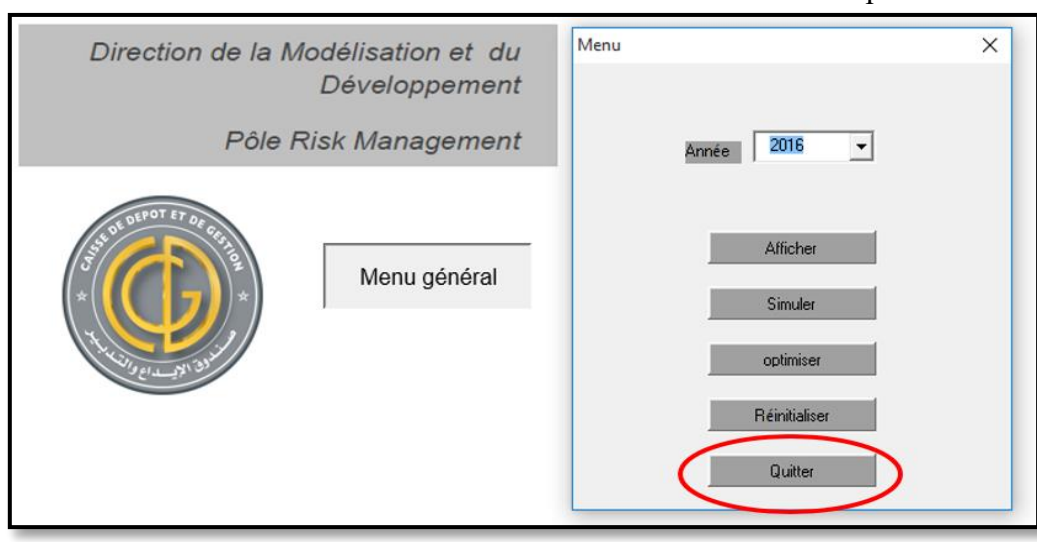
Par ailleurs, cliquer sur le bouton intitulé « Optimiser » permettra, à l'instar du bouton précédent, d'afficher la fenêtre de commande qui lance la recherche de la solution optimale dans la feuille relative à l'année choisie, et qui sera détaillée par la suite.



En outre, le bouton « Réinitialiser » redirige l'utilisateur à la feuille de l'année en question en lançant la fenêtre de commande relative à la réinitialisation.



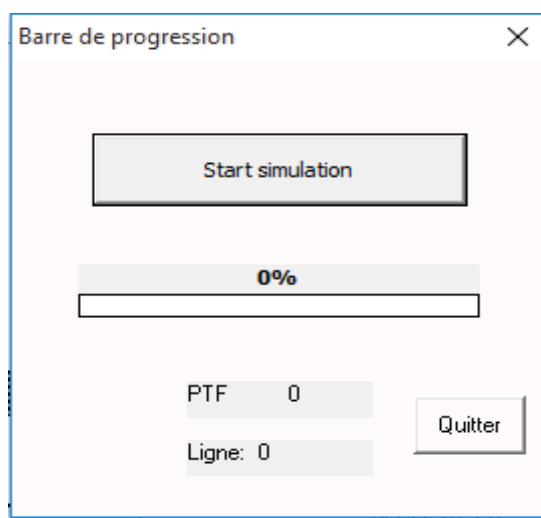
En dernier lieu vient le bouton « Quitter » conçu dans le but de fermer le menu affiché dans le cas où l'utilisateur désire le fermer ou si la fenêtre du menu a été ouverte par erreur.



Par ailleurs, des fenêtres de commande s'affichent dès l'appui sur l'un des boutons explicités ci-haut, que nous détaillons ci-dessous :

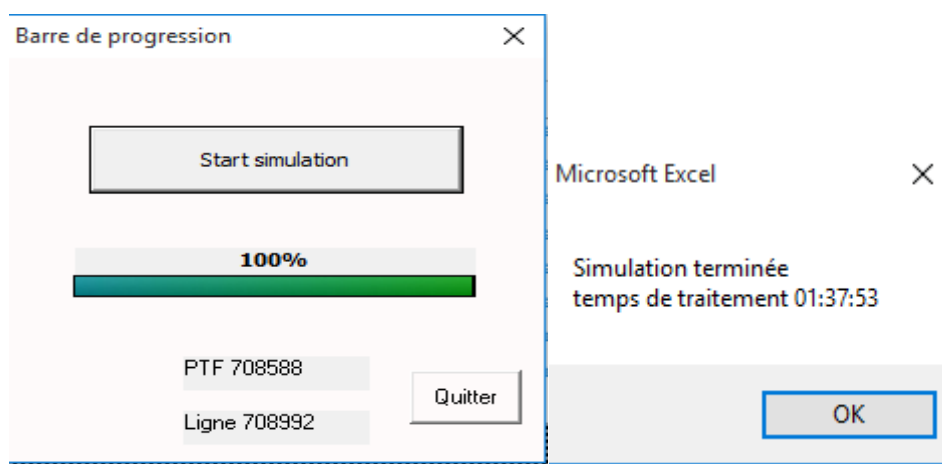
Bouton « Simulation »

Le bouton « Simulation », figurant dans chaque feuille, est un bouton qui permet de lancer l'allocation stratégique des fonds propres en générant, tel que détaillé dans le paragraphe précédent, tous les portefeuilles possibles et en calculant à chaque itération les FPE et la RG. En effet, le fait de cliquer sur ce bouton génère la fenêtre de commande ci-dessous :



Cette fenêtre de commande est une interface qui contient deux boutons à savoir « Start Simulation » qui permet de lancer la simulation, et un bouton « Quitter » qui permet d'annuler cette simulation. Une barre de progression s'active au cours de la simulation stratégique, et deux compteurs, « PTF » pour indiquer quel portefeuille est en train d'être généré, et « Ligne » pour mettre en évidence quelle ligne est activée.

Chaque ligne, après la cellule « PTF actuel » dans la maquette de simulation est une allocation possible inter-filiales. Outre plus, la fin de la simulation est marquée par le pourcentage 100% dans la barre de progression, comme illustré dans la figure ci-dessous, et aussi par l'apparition d'une deuxième fenêtre indiquant le temps écoulé lors de la simulation de tous les portefeuilles en question.

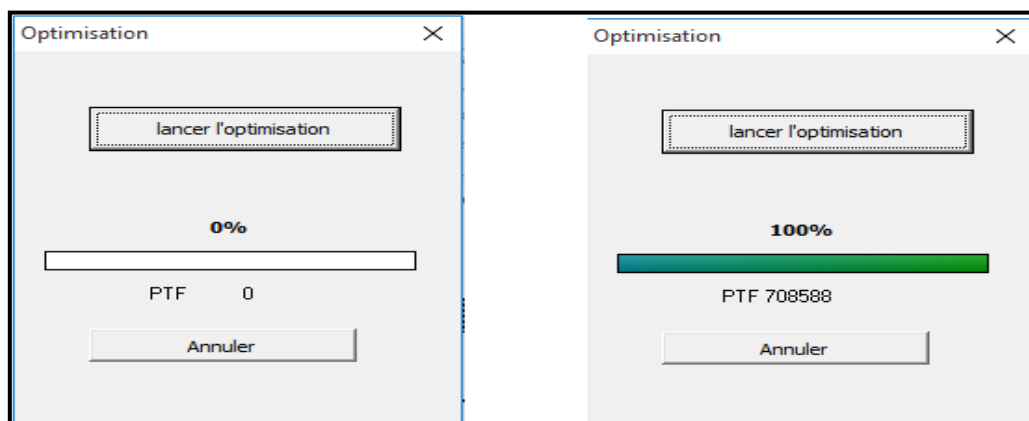


Bouton « Solution Optimale »

Le bouton « Solution optimale » permet d'afficher une interface de commande contenant un bouton pour lancer la recherche de la solution optimale, un bouton pour annuler l'opération, une barre de progression et un compteur pour visualiser l'état d'avancement. Par ailleurs, la recherche de la solution optimale est effectuée via deux filtres⁸⁹. La première étape consiste à chercher et détecter tous les portefeuilles dont les FPE appartiennent à l'intervalle $[-a \times FPP ; a \times FPP]$. Une fois le nombre de portefeuilles est limité, nous choisissons le portefeuille dont la RG est maximale.

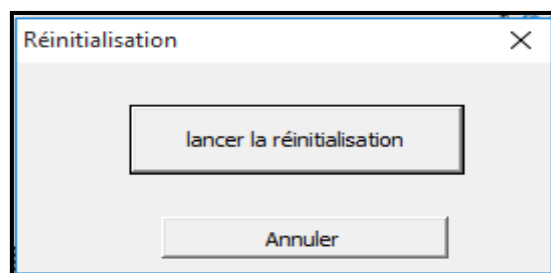
⁸⁹ Voir le paragraphe précédent qui explique en détail la démarche.

Le portefeuille optimal, affiché dans la ligne « PTF optimal » dans la maquette de simulation, correspond à la solution qui maximise la rentabilité, respecte les orientations stratégiques, respecte le total bilan consolidé et les contraintes prudentielles.

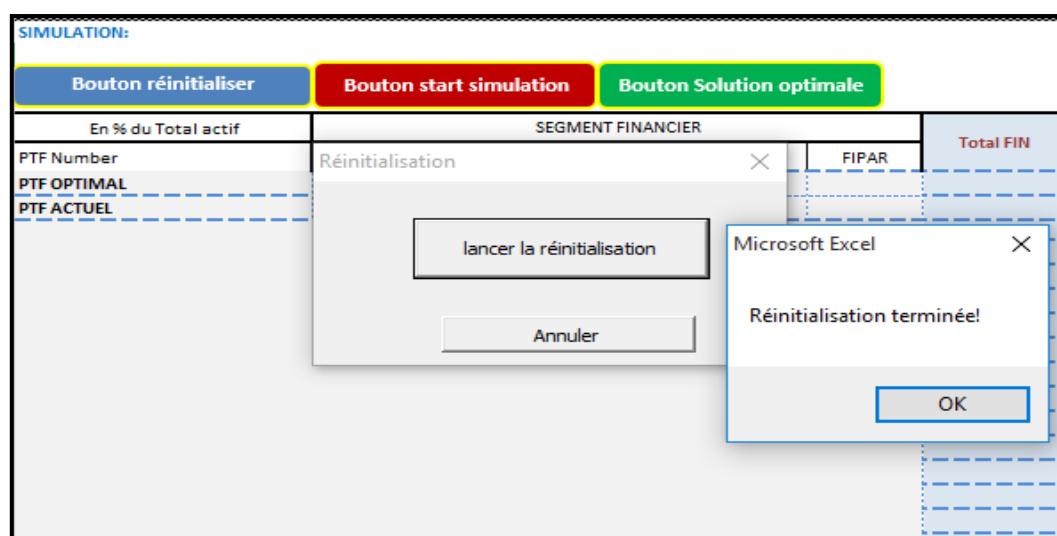


Bouton « Réinitialiser »

Le bouton « Réinitialiser » a été conçu dans le but de mettre à zéro toutes les simulations qui auraient été générées, en vue de lancer une nouvelle simulation avec d'autres critères. A l'instar des autres fenêtres de commande, le fait de cliquer sur ce bouton donne lieu à un tableau de bord qui contient un bouton pour lancer la réinitialisation, et un autre pour annuler l'opération, comme illustré dans la figure ci-dessous :



Ainsi, la fin de l'opération est marquée par un message informant l'utilisateur, tel que démontré dans la figure ci-dessous :



IV. Réalisation d'un back-up de données

La feuille intitulée « RECAP » est nécessaire dans la mesure où elle nous permet de sauvegarder toute simulation lancée et d'avoir, in fine, un back-up de données. En effet, dès la fin de chaque opération de simulation et de recherche de la solution optimale, la ligne du portefeuille optimal ainsi trouvé est sauvegardée dans la feuille « RECAP » avec la date et l'heure de la simulation. Ensuite, ce portefeuille optimal est exporté vers un fichier d'extension « .txt » avec les coefficients retenus à appliquer à chaque filiale du groupe.

V. Outputs et Résultats : Analyse et interprétation

Les boutons « Start Simulation » et « Solution optimale » permettent de générer 708 588 portefeuilles simulés, qui sont ensuite soumis à des filtres en vue de détecter le portefeuille optimal dans le sens du CRM, en d'autres termes, le portefeuille respectant les orientations stratégiques et les contraintes prudentielles. Nous obtenons par ailleurs la base de données ci-dessous qui a été agrégée à cause de sa longueur.

Figure 19. Les résultats de la simulation guidée par les orientations stratégiques.

Bouton réinitialiser		Bouton start simulation		Bouton Solution optimale					
En % du Total actif	SEGMENT FINANCIER					Total	RG en %	FPE en %	
PTF Number	CDG EP	FIN 1	FIN 2	FIN 3	FIN 4				
PTF OPTIMAL	59,044%	15,529%	3,883%	5,777%	3,913%	100,000%	1,142%	8,066%	
PTF ACTUEL	54,84%	15,53%	3,24%	4,81%	4,89%	100,000%	1,138%	8,50%	Filtre
PTF N1	67,828%	9,317%	3,236%	3,851%	3,913%	100,000%	0,690%	7,988%	0,69%
PTF N2	66,850%	9,317%	3,236%	3,851%	4,891%	100,000%	0,731%	8,027%	0,73%
PTF N3	65,872%	9,317%	3,236%	3,851%	5,869%	100,000%	0,773%	8,068%	0,77%
PTF N4	66,866%	9,317%	3,236%	4,814%	3,913%	100,000%	0,752%	7,996%	0,75%
PTF N5	65,887%	9,317%	3,236%	4,814%	4,891%	100,000%	0,793%	8,035%	0,79%
PTF N6	64,909%	9,317%	3,236%	4,814%	5,869%	100,000%	0,835%	8,077%	
PTF N7	65,903%	9,317%	3,236%	5,777%	3,913%	100,000%	0,814%	8,006%	0,81%
PTF N8	64,925%	9,317%	3,236%	5,777%	4,891%	100,000%	0,855%	8,045%	0,86%
PTF N9	63,946%	9,317%	3,236%	5,777%	5,869%	100,000%	0,897%	8,088%	
.
.
.
.
PTF N708584	59,029%	15,529%	3,883%	4,814%	4,891%	100,000%	0,818%	8,062%	0,82%
PTF N708585	58,051%	15,529%	3,883%	4,814%	5,869%	100,000%	0,859%	8,104%	
PTF N708586	59,044%	15,529%	3,883%	5,777%	3,913%	100,000%	0,838%	8,032%	0,84%
PTF N708587	58,066%	15,529%	3,883%	5,777%	4,891%	100,000%	0,880%	8,072%	0,88%
PTF N708588	57,088%	15,529%	3,883%	5,777%	5,869%	100,000%	0,921%	8,115%	

Source : Tableau généré par nos soins sous VBA-EXCEL.

Le portefeuille optimal ainsi trouvé est caractérisé par une diminution des FPE (du risque dans le sens du CRM) qui passe de 8.50% à 8.066%, alors que nous remarquons une augmentation dérisoire de la RG (la rentabilité). Quoique cette amélioration soit minime, elle est acceptable puisque le groupe CDG n'est pas dans une situation qui s'annonce critique en termes de rentabilité. Par ailleurs, le portefeuille final va de pair avec le sens de l'optimalité de la théorie de gestion de portefeuille qui préconise la maximisation du rendement et la minimisation du risque.

En revanche, le tableau ci-dessous présente une comparaison entre le portefeuille actuel et le portefeuille optimal au sens du CRM, et fournit également les coefficients à appliquer à chaque taille des filiales du groupe CDG, en vue d'avoir la meilleure allocation de fonds propres.

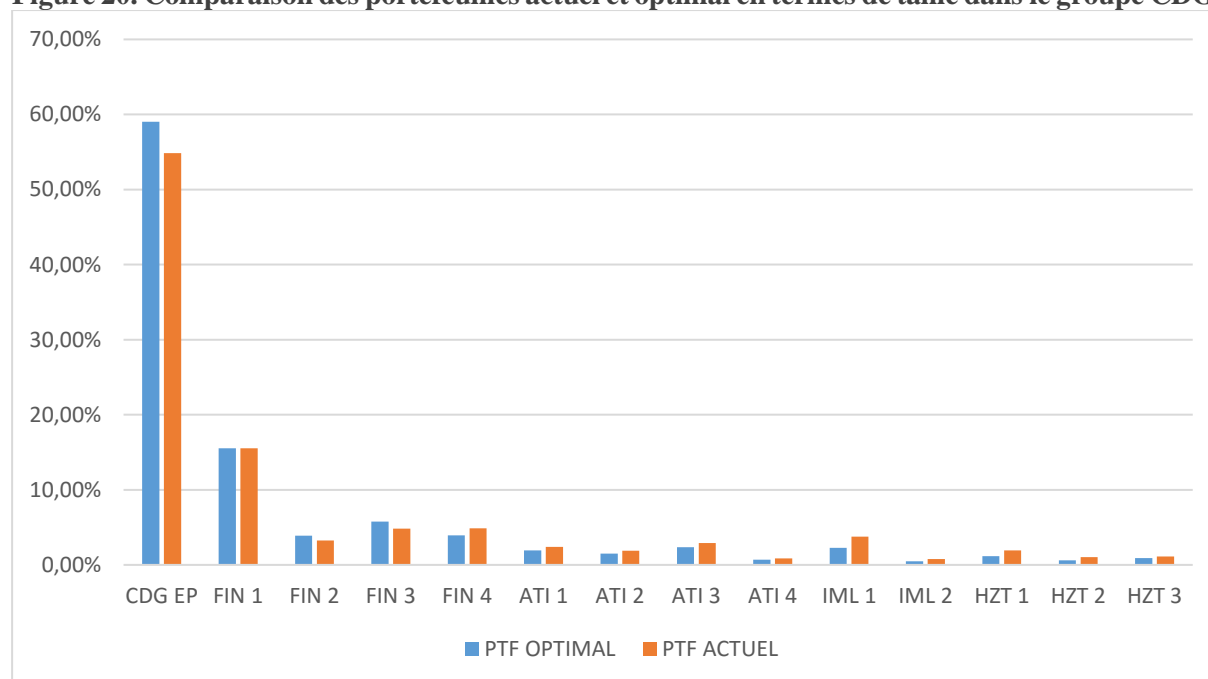
Tableau 33. Les résultats de la simulation et comparaison entre le portefeuille actuel et le portefeuille optimal.

Coefficients	ENTITES	PTF OPTIMAL	PTF ACTUEL
1,0767	CDG EP	59,04%	54,84%
1,00	CIH	15,53%	15,53%
1,20	CDGK	3,88%	3,24%
1,20	SCR	5,78%	4,81%
0,80	FIPAR	3,91%	4,89%
0,80	MEDZ	1,91%	2,38%
0,80	AUDA	1,52%	1,90%
0,80	ZENATA	2,34%	2,92%
0,80	SONADAC	0,70%	0,88%
0,60	CGI	2,25%	3,75%
0,60	FC	0,47%	0,78%
0,60	MADAEF	1,17%	1,95%
0,60	SHN	0,61%	1,02%
0,80	SDS	0,90%	1,12%
	Total	100,00%	100,00%

Source : tableau établi sous EXCEL par nos soins.

Dès lors, nous déduisons que le modèle obtenu prévoit de revoir à la baisse toutes les tailles des filiales des autres segments non financiers. Par ailleurs, il confirme les orientations stratégiques qui opèrent vivement dans le sens du renforcement du segment financier et de la maison-mère. Par ailleurs, nous remarquons que la filiale FIN 4 n'est pas une filiale importante pour le segment financier, et de ce fait, le modèle lui a affecté une diminution de 20%. Ces différents résultats sont visualisés dans le graphe ci-dessous :

Figure 20. Comparaison des portefeuilles actuel et optimal en termes de taille dans le groupe CDG.



Source : Graphe établi sous EXCEL par nos soins.

Nous remarquons ainsi que les filiales les moins rentables et les plus risquées sont sanctionnées, et donc notre modèle fournit des résultats très logiques. De surcroît, les résultats

sont aussi visibles au niveau des segments qui sont tous revus à la baisse, excepté le segment financier qui connaît un renforcement, et cela respecte les orientations stratégiques.

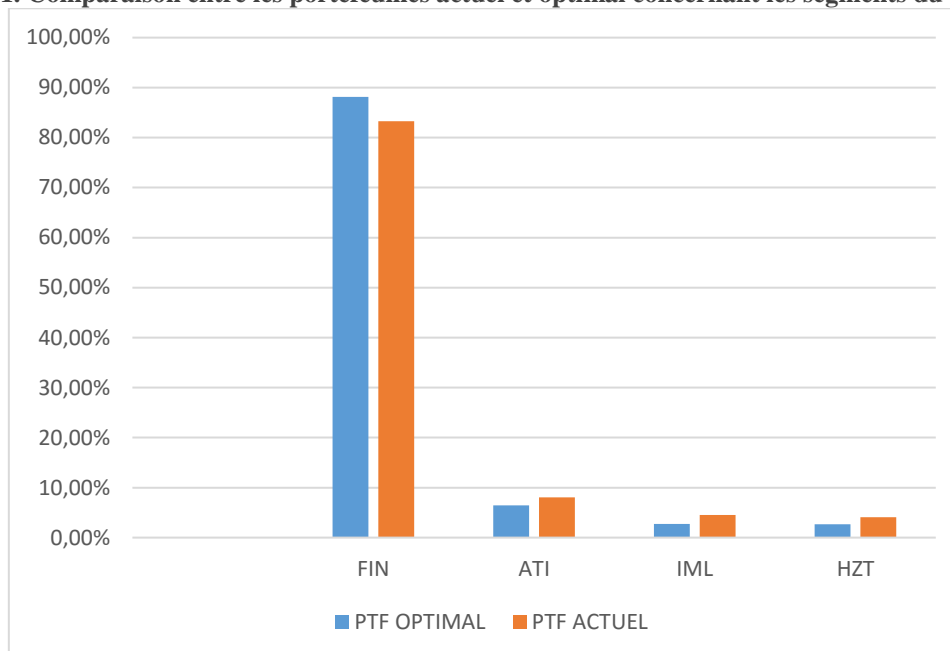
Tableau 34. Les résultats du portefeuille optimal relatif aux segments du CRM.

Coefficients	SEGMENTS	PTF OPTIMAL	PTF ACTUEL
1,0581	FIN	88,15%	83,31%
0,80	ATI	6,46%	8,08%
0,60	IML	2,72%	4,53%
0,65	HZT	2,68%	4,09%
	Total	100,00%	100,00%

Source : Tableau établi sous EXCEL par nos soins.

Les résultats pour les segments du groupe CDG arrêtés dans le cadre du CRM sont également visualisés dans le graphe ci-dessous :

Figure 21. Comparaison entre les portefeuilles actuel et optimal concernant les segments du CRM.



Source : Graphe établi sous EXCEL par nos soins.

Conclusion du chapitre

A travers ce troisième chapitre, nous avons pu exposer avec clarté l'approche développée dans le cadre du CRM pour trouver la meilleure allocation des fonds propres entre les filiales du groupe, qui maximise la rentabilité tout en minimisant le risque. En effet, il nous incombait de réaliser des simulations de portefeuilles possibles à l'échelle du groupe, tout en étant guidés par les orientations stratégiques.

Après avoir exposé les différents soubassements de la théorie de gestion de portefeuille et du MEDAF, qui a constitué notre fil de départ pour déterminer l'allocation optimale dans le sens du CRM. Cependant, nous avons mis en exergue une première approche dite simulation aléatoire, qui consistait à générer aléatoirement 500 scénarii possibles d'allocation en respectant quelques contraintes. Par ailleurs, et quoique cette approche puisse générer plusieurs scénarii possibles, elle reste très limitée en matière d'interprétation des résultats puisqu'ils sont fondés sur une base aléatoire. Ce faisant, et compte tenu de toutes ces limites, nous avons inauguré une autre approche guidée par les orientations stratégiques afin d'aboutir à des résultats plausibles et interprétables.

De ce fait, la deuxième section était dédiée à la simulation de portefeuilles en procédant par élimination et en suivant les orientations stratégiques du groupe. Par ailleurs, nous rappelons que ce modèle, qui permet de générer plus de 700 000 portefeuilles possibles, est soumis à un premier filtre permettant de limiter la base de données. En effet, ce filtre ne retient que les portefeuilles dont les FPE appartiennent à un intervalle bien précis, qui a été défini dans les contraintes de l'allocation. Par la suite, un deuxième filtre est mis en évidence en vue de trouver le portefeuille optimal maximisant la RG.

Dans un autre volet, il s'est avéré judicieux de renforcer l'outil par la réalisation d'un back-up de données, dont l'objectif est de sauvegarder à l'heure exacte les simulations ainsi générées. Qui plus est, la dernière partie de ce chapitre a été consacrée à l'interprétation des résultats trouvés par le dispositif. En effet, des conclusions fortes et de grande envergure pour le groupe CDG confirmant ainsi les orientations stratégiques arrêtées au début du projet, qui portent principalement, à titre de rappel, sur le renforcement de la maison-mère et du segment financier.

En revanche, des limites ont surgi tout au long de ce projet, ce qui nous a poussé à passer en revue plusieurs recommandations en perspective, et qui seront explicitées dans la prochaine section.

Perspectives d'amélioration et de recherche

I. Pallier la non-normalité des rendements : utilisation de processus à saut

✚ Les processus de Lévy

Nous avons remarqué, tout au long de ce projet, qu'une notion substantielle, assez récurrente qui apparaît très fréquemment. Il s'agit de la non-normalité de la distribution des rendements des indices boursiers MASI, reflétée ainsi par le Q-Q plot qui n'est pas confondu avec la ligne droite ainsi que la multitude d'outliers qui apparaissent. Par ailleurs, l'hypothèse fondamentale de l'utilisation du modèle de Black-Scholes, à savoir le caractère gaussien, est ainsi violée, d'où la notion des processus de Lévy en finance que nous allons détailler dans cette section.

Considérons le modèle de Black-Scholes⁹⁰ où le sous-jacent S_t se « diffuse » sous une certaine probabilité dans le temps en suivant l'équation suivante :

$$S_t = S_0 e^{\left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right)t + \sigma W_t} \quad \forall t \geq 0 \quad (44)$$

Où S_0 est la valeur à l'origine du sous-jacent, r est le taux sans risque, σ est la volatilité du sous-jacent et $W = (W_t)_{t \geq 0}$ est un mouvement Brownien standard. Le sous-jacent est donc représenté l'exponentielle d'un mouvement Brownien drifté (ou géométrique). Comme les rendements du sous-jacent sont calculés de la manière suivante :

$$r(t_i, \Delta t) = \log\left(\frac{S_{t_i}}{S_{t_i - \Delta t}}\right)$$

Où t_i est l'instant auquel nous calculons le rendement et Δt la période sur laquelle nous le calculons. Nous avons donc :

$$r((t_i, \Delta t)) \left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right) \Delta t + \sigma(W_{t_i} - W_{t_i - \Delta t}) \quad (45)$$

Considérons alors les propriétés du mouvement Brownien qui le définissent :

- * Il a des accroissements indépendants : Pour $0 \leq t_1 < t_2 < t_3$, $W_{t_3} - W_{t_2}$ est une variable aléatoire indépendante de $W_{t_2} - W_{t_1}$;
- * Ses accroissements sont stationnaires : si $t_3 - t_2 = t_2 - t_1$ alors $W_{t_3} - W_{t_2}$ a la même loi que $W_{t_2} - W_{t_1}$;
- * $\forall t > 0$, W_t suit une loi normale centrée de variance égale à t (notée $N(0,t)$).

Cela implique que $r(t_i, \Delta t)$ est égal en loi à $N\left(\left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right) \Delta t, \sigma^2 \Delta t\right)$. Nous voyons que le rendement ne dépend pas de l'instant t_i mais seulement de Δt , et cela pose un problème. En effet, selon l'inventaire des propriétés des rendements dans le modèle, si nous considérons à titre d'exemple que nous calculons les rendements d'une action tous les jours, sur une période

⁹⁰ G. Coqueret. Processus de Lévy et finance. *Essec Business School, Université de Lille-1*, 2010.

de 24 heures, alors ces rendements doivent être indépendants, de même loi, et distribués selon une loi normale. En plus, la trajectoire du sous-jacent doit être continue car celle du mouvement Brownien l'est. Empiriquement, nous observons sur les marchés que les rendements sont corrélés, non identiquement distribués et tout sauf gaussiens. Et surtout, la trajectoire du sous-jacent n'est certainement pas continue et peut exhiber des sauts à certaines périodes de forte volatilité⁹¹.

Ainsi, toutes les hypothèses du modèle de Black-Sholes sont fausses dans la pratique. Nous pouvons donc proposer des alternatives moins contraignantes du point de vue des hypothèses, mais cela entraînera des complications dans la solution du problème. Les processus de Lévy ont simplement deux caractéristiques : leurs accroissements sont indépendants et identiquement distribués (i.i.d). Deux autres propriétés fondamentales sont la continuité stochastique et le fait qu'ils ont des trajectoires càdlàg⁹², mais nous passons ces détails sous silence pour l'instant. Le mouvement Brownien drifté est donc un processus de Lévy.

En dépit de l'avantage que présentent les processus de Lévy sur l'approche de Black-Scholes, l'utilisation de tels processus ne permet pas de corriger les problèmes de corrélation des rendements, ni le fait que ceux-ci soient i.i.d. Ils permettent de se défaire de la contrainte gaussienne et autorisent des trajectoires discontinues, avec des sauts.

✚ Le modèle mixte brownien-Poisson

Souvent, les phénomènes stochastiques à modéliser en finance⁹³ sont la juxtaposition de périodes à trajectoires continues (de type mouvement brownien), intercalées par des sauts représentant des chocs imprévus (modélisés par les sauts d'un processus de Poisson composé), d'où l'utilisation du Modèle mixte brownien-Poisson arithmétique.

En effet, il s'agit d'un processus mixte brownien-Poisson arithmétique⁹⁴ de caractéristiques $(\mu, \sigma, \lambda, \nu)$, correspondant à la simple juxtaposition d'un mouvement brownien et d'un processus de Poisson composé, et s'écrivant sous la forme :

$$X_t = x + \mu t + \sigma W_t + \sum_{i=1}^{N_t} Y_i \quad (46)$$

Où :

$(W_t)_t$: Mouvement brownien standard ;

$(\sum_{i=1}^{N_t} Y_i)_t$: Processus de Poisson composé avec intensité de saut λ et loi commune ν pour les sauts $(Y_i)_i$;

Les deux processus sont indépendants.

II. L'utilisation du modèle GARCH(1,1) pour la volatilité

Tout au long des calculs que nous avons établis précédemment dans l'estimation de la volatilité, nous avons supposé que la volatilité est constante sur toute l'année d'estimation. Toutefois, cette hypothèse de la constance de la volatilité est rarement vérifiée, elle est remise en question en présumant qu'elle dépend du temps. En effet, la volatilité change d'une manière stochastique à travers le temps, elle atteint des pics durant quelques périodes, alors que son

⁹¹ Une référence très technique et théorique sur le sujet : Y. AIT-SAHALIA and J. Jacod. Testing for Jumps in a Discretely Observed Process. *Annals of Statistics*, (184-222), 2009.

⁹² Presque sûrement Continues à Droite et Limitées à Gauche.

⁹³ N. EL KAROUI and E. GOBET. Les outils stochastiques des marchés financiers : Une visite guidée de Einstein à Black-Scholes. *Editions de l'Ecole Polytechnique*, 2011.

⁹⁴ En passant à l'exponentielle, nous obtenons le modèle Mixte Brownien-Poisson Géométrique.

niveau est relativement faible pendant d'autres moments. Une bonne intuition de ceci est donnée par Gatfaoui (2004, page 7) qui affirme que : « la volatilité est sensible aux événements politiques, économiques et financiers ce qui explique en partie qu'elle varie au cours du temps en s'accompagnant souvent d'un phénomène de non-stationnarité ». Ce phénomène de la volatilité, se produisant lorsque les carrés des rendements ont tendance à être élevés est communément appelé « clustering », et désigne ainsi un regroupement des extrêmes en cluster ou paquets de volatilités. Par ailleurs, le modèle **GARCH**⁹⁵(1,1), développé en 1986, est utilisé quand les taux de variance présentent une tendance de retour à la moyenne. La volatilité est exprimée par l'équation suivante :

$$\sigma_t^2 = \gamma V_L + \alpha r_{t-1}^2 + \beta \sigma_{t-1}^2 \quad (47)$$

Tel que r_{t-1} représente le rendement historique ; σ_{t-1} : L'estimation historique de l'écart-type ;

Γ Représente le poids attribué à V_L , et V_L : Le taux de variance moyen de LT ;

α et β sont les paramètres du modèle.

En effet, ce modèle est très utile pour modéliser le comportement de la variance conditionnelle du terme aléatoire d'une équation économétrique dans le temps, et pour capter l'effet de la volatilité sur les prix des actions.

III. Projection de l'allocation sur le MT

L'allocation stratégique des fonds propres établie pour l'année de référence 2015 peut être étendue et projetée sur un horizon de 5 ans, soit à peu près la durée d'un cycle économique. En effet, durant la conception de notre modèle d'allocation, nous l'avons établi de telle sorte que l'outil soit opérationnel durant les 5 prochaines années. De ce fait, la CDG EP pourra chaque fin d'exercice déterminer si l'allocation inter-filiales est optimale dans le sens du CRM et mettre en exergue, in fine, la meilleure allocation possible. Néanmoins, cette opération nécessite d'avoir en main le détail de l'actif selon la répartition du CRM. Si cela n'est pas possible, nous pourrions avoir une première estimation et visibilité de cette allocation, en projetant les postes de l'actif sur l'horizon voulu, à condition que des hypothèses concernant l'évolution future soient disponibles.

IV. L'adoption du langage de programmation C#

Le C# (C Sharp) est un langage de programmation orienté objet, commercialisé par Microsoft depuis 2002 et destiné à développer sur la plateforme Microsoft .NET. Il est dérivé du C++ et très proche du Java dont il reprend la syntaxe générale ainsi que les concepts, y ajoutant des notions telles que la surcharge des opérateurs, les indexeurs et les délégués. Ce langage est caractérisé par le fait qu'il est récent, utile dans la création d'applications sous Windows & Windows Phone 7, libre, et apprécié en entreprise.

Par ailleurs, il est vivement recommandé de développer le code utilisé dans l'allocation sous VBA-EXCEL en adoptant ce langage qui est plus performant en termes de timing, puisque la génération des 708 588 portefeuilles nécessite environ 1 heure 37 minutes et 53 secondes, en convenant aussi qu'EXCEL n'est pas accessible pendant la simulation.

⁹⁵ GARCH : General AutoRegressive Conditional Heteroscedasticity (hétéroscédasticité conditionnelle autorégressive généralisée).

Conclusion générale

Au dénouement de ces quelques mois qui furent à la fois instructifs en termes de connaissances et agréables en termes de convivialité, nous pouvons conclure que ce stage fut l'opportunité saisie pour découvrir de plus près l'activité de gestion des risques, de développer des compétences et d'acquérir des techniques sur le plan pratique.

Il est important de rappeler, à l'issue de ce stage, que l'objet de ce projet portait sur la mise en place d'un dispositif baptisé Capital Risk Management (CRM), dont l'objectif est de quantifier les risques majeurs inhérents à l'activité de la CDG, et de concevoir un outil d'allocation stratégique des fonds propres à l'échelle du groupe pour déterminer l'allocation en nous basant sur les critères issues des orientations stratégiques.

Par ailleurs, nous avons suivi un cheminement progressif étalé sur trois chapitres après la présentation de l'organisme d'accueil. Au cours du premier chapitre, nous avons effectué un survol de la réglementation Bâloise et sur les bases de la théorie de gestion des risques. Nous avons également présenté le cadre général du projet, ses objectifs et le périmètre retenu des filiales et des actifs, objet du CRM.

De surcroît, le deuxième chapitre était destiné à la quantification des risques majeurs de la CDG, notamment le risque de marché, le risque de crédit, le risque de taux et le risque opérationnel, en passant en revue les fondements de la rentabilité, indicateur crucial pour l'allocation stratégique. De ce fait, nous avons calculé les exigences en fonds propres relatifs au risque de marché en nous basant sur la Value-at-Risk corrigée par l'approximation de Cornish-Fisher (CFVaR). En effet, ce choix a été justifié par l'implémentation pratique de la CFVaR, de la VaR historique et de la VaR paramétrique, en effectuant par la suite un Backtesting qui a permis d'encourager l'adoption de la CFVaR. De plus, la volatilité des portefeuilles actions et obligations, paramètre indispensable au calcul de la CFVaR a été estimé par différentes méthodes en vue d'avoir des résultats bien prisés. De prime, une autre partie a traité le risque de crédit en le quantifiant par la méthode dite PD/LGD et en estimant le paramètre d'envergure dans cette technique, à savoir la PD. Pour ce faire, nous avons explicité la méthodologie de la PD ajustée adoptée par le CRM et qui se base sur le modèle de notation interne de la CDG. Ensuite, le risque de taux a été calculé via la méthode dite Gap de taux tout en estimant la volatilité de la courbe des taux. Néanmoins, nous avons présenté le risque opérationnel sans détails, et la rentabilité est passée en revue pour déterminer l'indicateur RG.

Qui plus est, le troisième chapitre était dédié au système d'allocation stratégique qui vise à maximiser la rentabilité et à minimiser les risques, issus du chapitre précédent. En effet, après avoir exposé la théorie de gestion de portefeuille, nous avons détaillé la démarche de la simulation aléatoire, qui consistait à générer aléatoirement 500 scénarii possibles d'allocation des fonds propres entre les filiales. Cependant, cette génération aléatoire ne peut pas être interprétée puisque les conclusions qu'elle induit ne sont basées sur aucun fondement. Dès lors, nous avons adopté une deuxième approche qui se base sur les orientations stratégiques et qui procède en générant le nombre maximal de portefeuilles, et en éliminant les portefeuilles non sélectionnés par les filtres FPE et RG.

Au terme de ce travail, nous avons décelé plusieurs résultats et fortes conclusions. En somme, nous trouvons entre autres les résultats du modèle d'allocation optimale qui prévoit de revoir à la baisse certaines filiales qui sont moins rentables, et de renforcer la maison-mère et le segment financier, adossant ainsi les orientations stratégiques.

En revanche, et faute de temps, nous nous pûmes étendre le travail de façon à projeter l'allocation sur un horizon de 5 ans en vue d'avoir une prévision du comportement en perspective du groupe. De ce fait, nous l'avons proposé en guise de pistes d'amélioration et de recherche, en proposant également l'utilisation du modèle GARCH pour la volatilité. Il est également possible d'encourager la CDG à adopter le langage C# pour ses travaux d'allocation, puisque l'outil adopté VBA-EXCEL prend énormément de temps pour l'exécution des simulations. Et d'ajouter que le problème du caractère non-gaussien ainsi détecté pourra être remédié par des processus à sauts en utilisant le modèle mixte Brownien-Poisson.

Nous estimons toutefois que notre travail peut éventuellement faire foi d'une première pierre pour traiter ce genre de problématique, et être, par ailleurs le point de départ de réflexions plus repoussés.

Bibliographie

Ouvrages

- [1] J. HULL, C. GODLEWSKI and M.MERLI. Gestion des risques & institutions financières. *Pearson*, 2012.
- [2] C. ALEXANDER and E. SHEEDY. The Professional Risk Managers' Handbook. *A Comprehensive Guide to Current Theory and Best Practices*. 2004.
- [3] J.Y. CAMPBELL, A.W. LO and A.C. MACKINLAY. The Econometrics of Financial Markets. 1997.
- [4] F. MORAUX. Finance de marché. *Synthex Economie et gestion, synthèse de cours & exercices corrigés*, *Pearson*, 2010.
- [5] S. CAMPART and P. JIMENEZ. Risques de taux d'intérêt et de change : identification et stratégies de couverture. *Afnor Editions*, 2016.
- [6] J.HULL, C. HENOT and L.DEVILLE. Options, Futures, et autres actifs dérivés. *Edition française*, *Pearson*, 2011.

Articles

- [7] G. COQUERET. Processus de Lévy et finance. *Essec Business School, Université de Lille I*, 2010.
- [8] C.LUBOCHINSKY. Quel crédit accorder aux spreads de crédit ? *Université de Paris II*, 2002.
- [9] Y. AIT-SAHALIA and J. JACOD. Testing for Jumps in a Discretely Observed Process. *Annals of Statistics*, (184-222), 2009.
- [10] E. ST-AUBIN FOUNIER. Robustesse des méthodes de backtesting. *Institut de la finance structurée et des instruments dérivés de Montréal*, 2012.
- [11] N. COTILLARD, N.PALLIERE and M.S. GAUVIN. Performance des fonds socialement responsables en période de crise : le cas des fonds actions français.
- [12] V. ACHARYA and S. SCHAEFER. Litterman and Iben Model of Estimating Credit Risk. *London Business School (LBS) and NYU-Stern, and LBS*, 2009.
- [13] E. COMBES-THUELIN. Evaluation des crédits accordés par les banques : normes IFRS et réglementation prudentielle Bâle II. *Université Paris Dauphine*, 2006.
- [14] D. SAÏDANE. L'impact de la réglementation de Bâle III sur les métiers des salariés de banques. 2012.

Cours et mémoires

- [15] R. GOFFIN. Principes de finance moderne. *Economica, J.B. DESQUILBET, Université d'Artois*, 2004.
- [16] R. FOKOU. Mesure du risque de marché d'un portefeuille de type Actions (Value-At-Risk, Value-At-Risk Conditionnelle). *EURO-Institut d'Actuariat JEAN DIEUDONNE-EURIA*, 2006.

- [17] A. FALEH. Analyse comparative de modèle d'allocation d'actifs dans le plan Moyenne-Var relative. *Master 2 actuariat, Université Claude Bernard, Lyon 1*, 2007.
- [18] A. SORO. La gestion des risques de taux d'intérêt et de change par l'approche ALM : Le cas de la Banque Ouest Africaine de Développement (BOAD). *Mémoire Professionnel, MASTER EN BANQUE ET FINANCE/MBA IN BANKING AND FINANCE*, 2006.
- [19] N. EL KAROUI and E. GOBET. Les outils stochastiques des marchés financiers : une visite guidée de Einstein à Black-Scholes. *Editions de l'Ecole Polytechnique*, 2011.
- [20] C. HURLIN. Value-at-Risk et Backtesting. *Université d'Orléans, Laboratoire d'Economie d'Orléans (UMR CNRS 6221), Master Econométrie et Statistique Appliquée (ESA)*, 2008.
- [21] T. AZOGANG MU KENGNE. La gestion du risque de contrepartie dans la relation des banques commerciales avec les PME : cas de la Commercial Bank-Cameroun. *Université catholique d'Afrique Centrale - Master comptabilité et finances*, 2011.
- [22] S. BENSEGHIR. Calcul de la VaR selon l'approche historique et la théorie des valeurs extrêmes sur un fonds alternatif de Dexia Asset Management. *Paris*, 2006.
- [23] F. CHOUKROUN. L'apport des L-moments à la mesure du risque de marché : une application au cas des hedge funds. *C E A (Centre d'Etudes Actuarielles), Société Générale*, 2010.
- [24] F. IELPO. Gestion Actif Passif Asset Liability Management. *Centre d'Economie de la Sorbonne, Dexia SA, ENSAE*, 2010.
- [25] M. D. ELBOUSTY and M. LAAJOUL. Développement d'un modèle de pilotage des fonds propres de la CDG : Approches de quantification des risques de marché. *INSEA, Rabat*, 2015.
- [26] G. BENNOUNA and Z. BOUKANTAR. Allocation du capital économique. *INSEA, Rabat*, 2011.
- [27] F. DUMONTAUX and B. SELLAM. Value at Risk et allocation de capital. *ENSAE*, 2001.
- [28] Y. EL QALLI. Econométrie de la finance. *Cours, INSEA, Rabat*, 2016.
- [29] Y. EL QALLI. Courbe des taux et Produits à revenus fixes. *Cours, INSEA, Rabat*, 2016.
- [30] T. RONCALLI. Introduction à la Gestion des Risques. *Groupe de Recherche Opérationnelle Crédit Lyonnais, ENSAI*, 2001.

Rapports et textes réglementaires

- [31] Rapport d'activité. *CDG*, 2015.
- [32] Circulaire 8/G/2010 relative aux exigences en fonds propres pour la couverture des risques par l'approche interne. *BAM*, 2010.
- [33] Circulaire 26/G/2006 relative aux exigences en fonds propres pour la couverture des risques par l'approche standard. *BAM*, 2006.
- [34] Plan Comptable des Etablissements de Crédit de BANK AL-MAGHRIB, *BAM*, 2006.
- [35] Projet de Notice technique fixant les modalités d'application de la circulaire n°8/G/2010 relative aux exigences en fonds propres pour la couverture des risques de crédit, de marché et opérationnels selon les approches internes aux établissements de crédit. *BAM*, 2010.
- [36] Recueil des textes législatifs et réglementaires régissant l'activité des établissements de crédit et organismes assimilés. 2013.

Webographie

[37] www.investopedia.com

[38] www.procomptable.com

[39] www.bkam.ma

[40] www.casablanca-bourse.com

[41] www.ressources-actuarielles.net

[42] www.abcbourse.com

[43] www.univ-orleans.fr

[44] www.financedemarche.dalloz.fr

[45] www.parisschoolofeconomics.eu

Liste des Annexes

Annexe 1 : Les résultats du test de stationnarité pour le portefeuille « Actions »

Annexe 2 : Les résultats du test de normalité pour le portefeuille « Actions »

Annexe 3 : Résultats des tests préalables à la VaR pour le portefeuille obligataire

Annexe 4 : L'estimation de la volatilité (Campbell, Lo & MacKinlay)

Annexe 5 : L'intensité de défaut (John HULL)

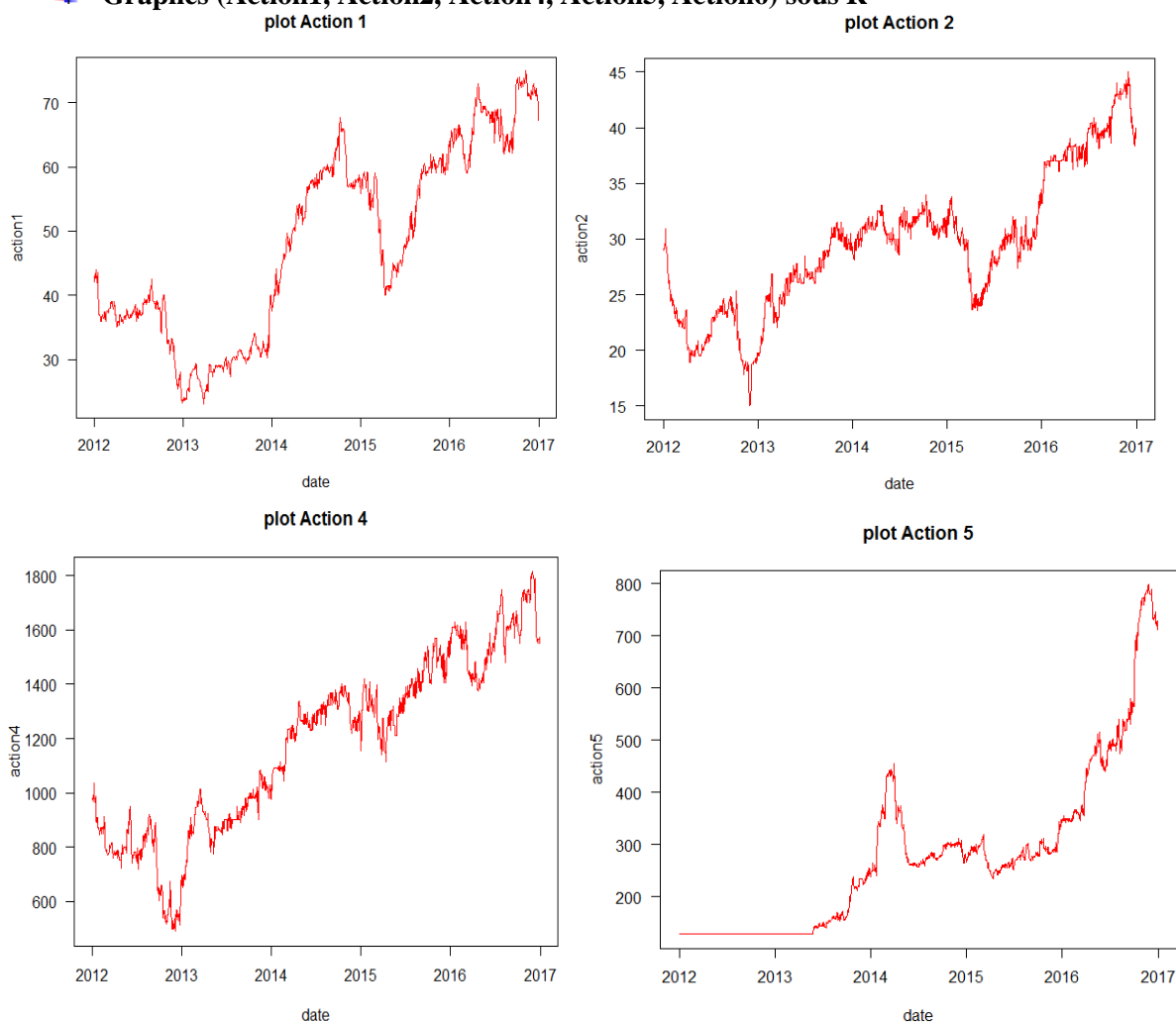
Annexe 6 : Cadre théorique de la théorie de gestion de portefeuille

Annexe 1 : Les résultats du test de stationnarité pour le portefeuille « Actions »

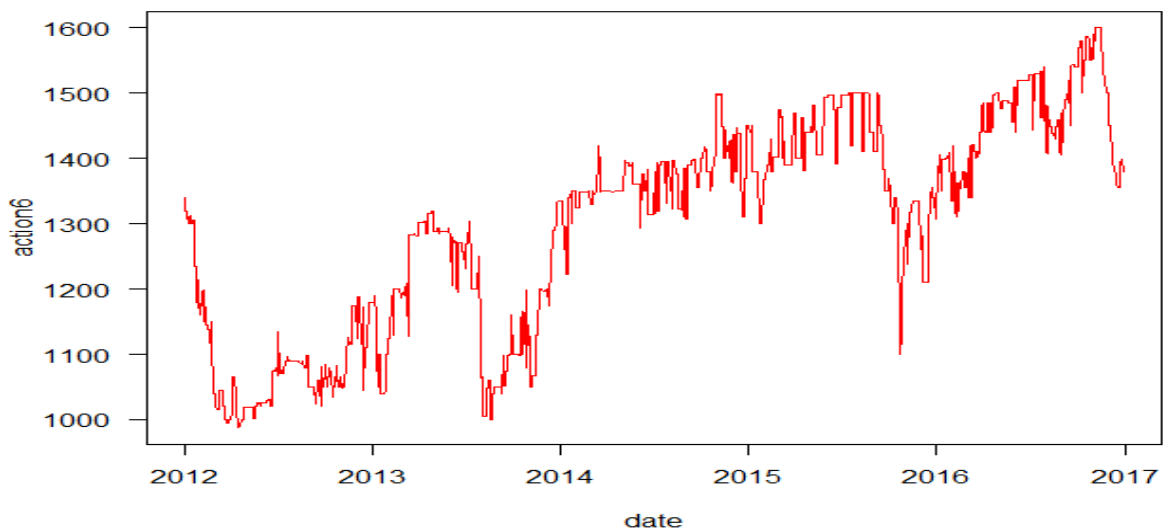
✚ Test ADF (Action1, Action2, Action4, Action5, Action6) sous Eviews

	Modèle avec tendance et constante		Modèle avec constante		Modèle sans constante et sans tendance	
	DF	DF Tabulé 5%	DF	DF Tabulé 5%	DF	DF Tabulé 5%
Action1	-2.4726	-3.4134	-0.6432	-2.8636	0.5882	-1.9410
Action2	-3.1817	-3.4134	-0.5537	-2.8636	0.5831	-1.9410
Action4	-3.2086	-3.4134	-1.0862	-2.8636	0.3903	-1.9410
Action5	-0.5230	-3.4134	1.4270	-2.8636	2.7554	-1.9410
Action6	-3.3570	-3.4134	-2.1138	-2.8636	-0.1743	-1.9410

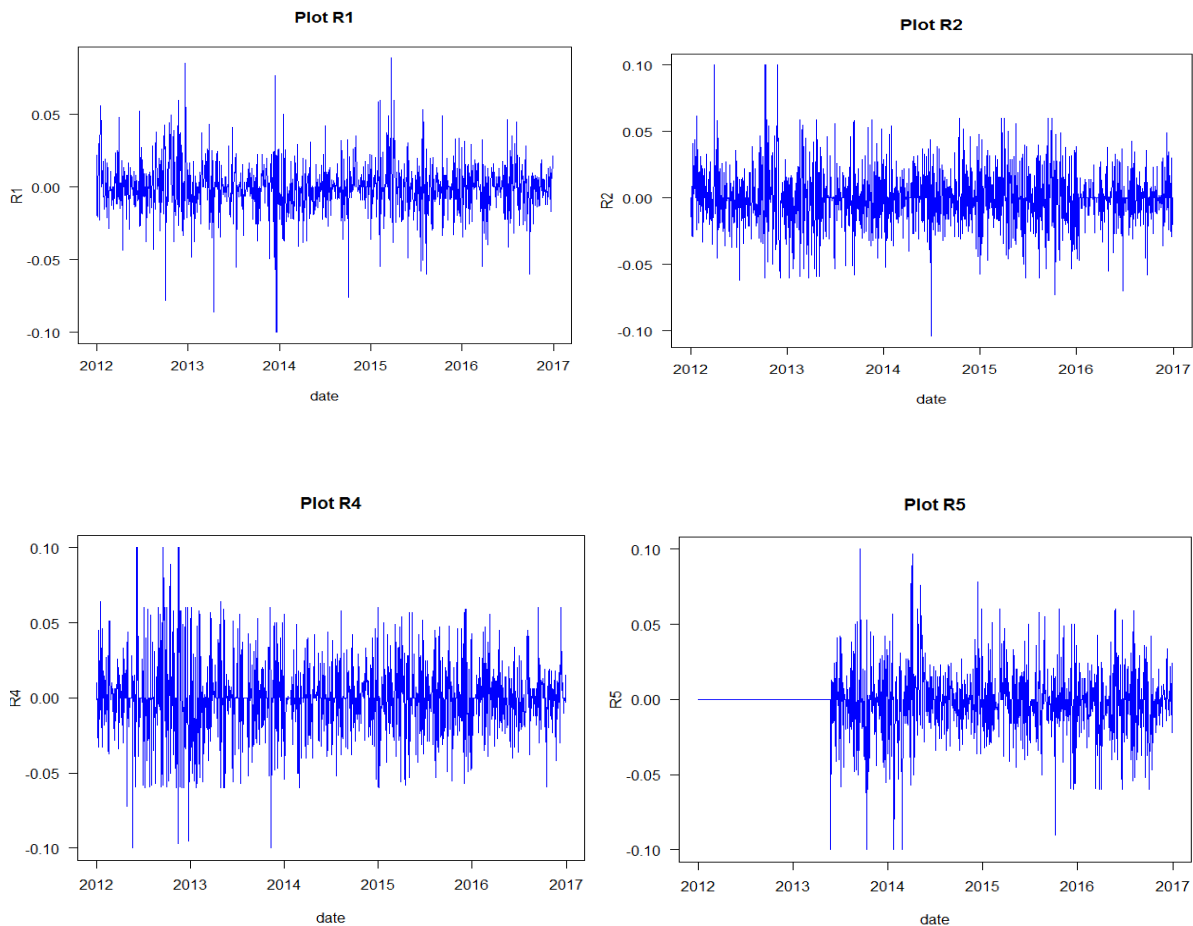
✚ Graphes (Action1, Action2, Action4, Action5, Action6) sous R

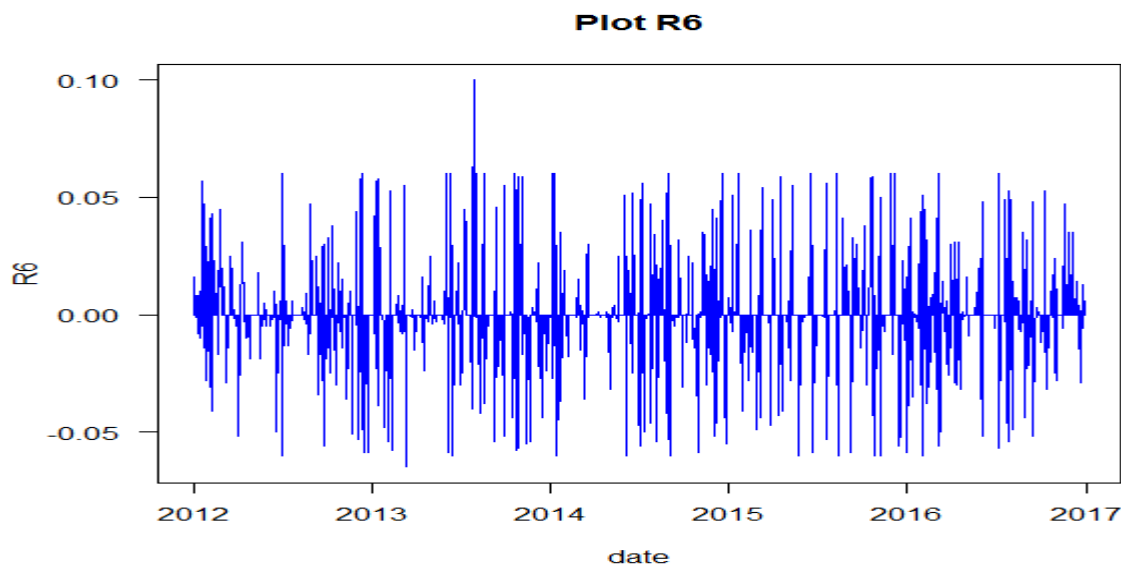


plot Action 6

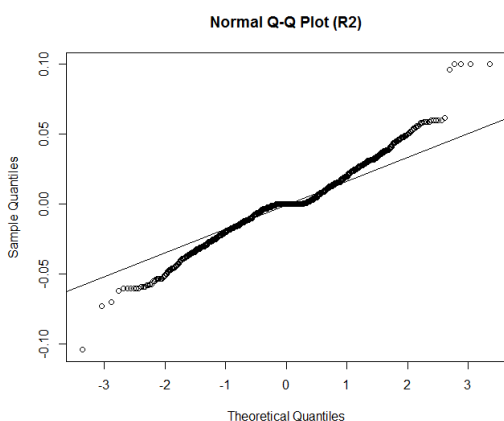


Graphes des rendements des actions (Action1, Action2, Action4, Action5, Action6) sous R





Annexe 2 : Les résultats du test de normalité pour le portefeuille « Actions »

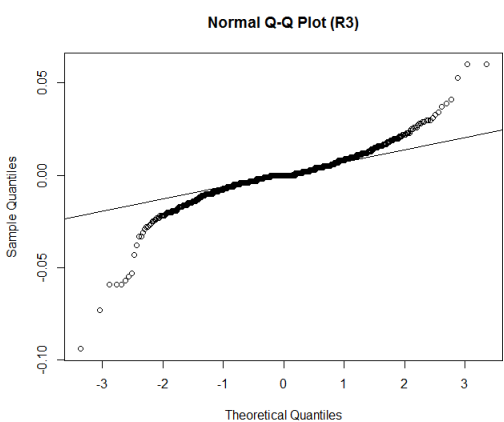


```
> shapiro.test(R2)
```

shapiro-wilk normality test

```
data: R2
W = 0.96428, p-value < 2.2e-16
```

```
> shapiro.test(R2)$p.value
[1] 6.686881e-17
< |
```

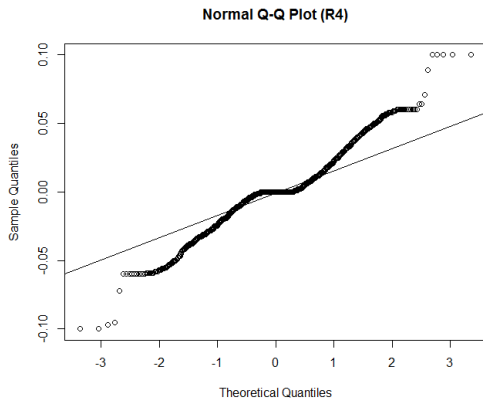


```
> shapiro.test(R3)
```

shapiro-wilk normality test

```
data: R3
W = 0.87736, p-value < 2.2e-16
```

```
> shapiro.test(R3)$p.value
[1] 3.649668e-30
< |
```

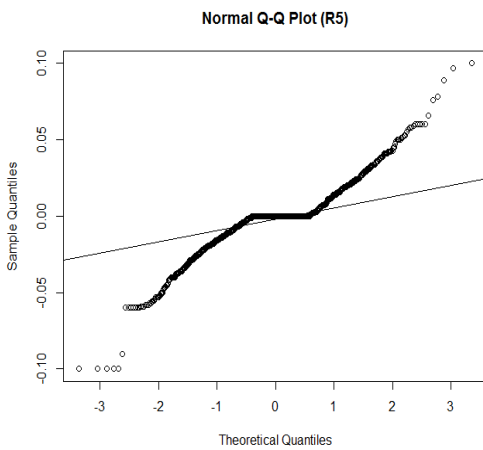


```
> shapiro.test(R4)
```

shapiro-wilk normality test

```
data: R4
W = 0.95411, p-value < 2.2e-16
```

```
> shapiro.test(R4)$p.value
[1] 2.898902e-19
```

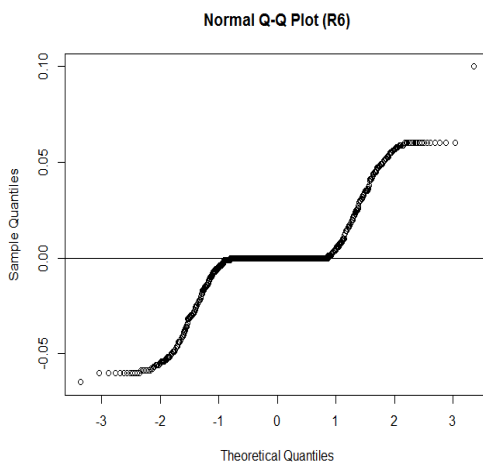


```
> shapiro.test(R5)
```

shapiro-wilk normality test

```
data: R5
W = 0.88334, p-value < 2.2e-16
```

```
> shapiro.test(R5)$p.value
[1] 1.512315e-29
```



```
> shapiro.test(R6)
```

shapiro-wilk normality test

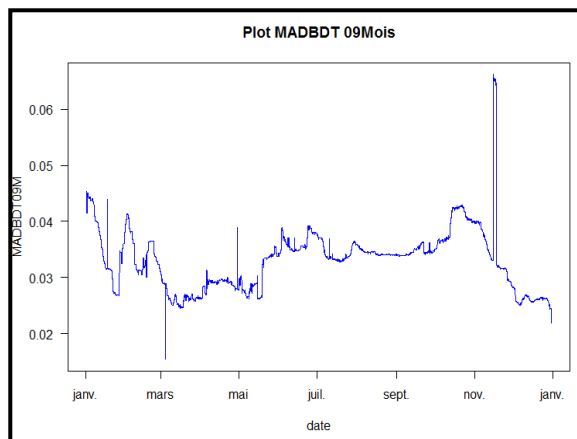
```
data: R6
W = 0.74483, p-value < 2.2e-16
```

```
> shapiro.test(R6)$p.value
[1] 5.610142e-40
```

Annexe 3 : Résultats des tests préalables à la VaR pour le portefeuille obligataire

✚ Résultats du test ADF (pour la stationnarité) pour toutes les maturités :

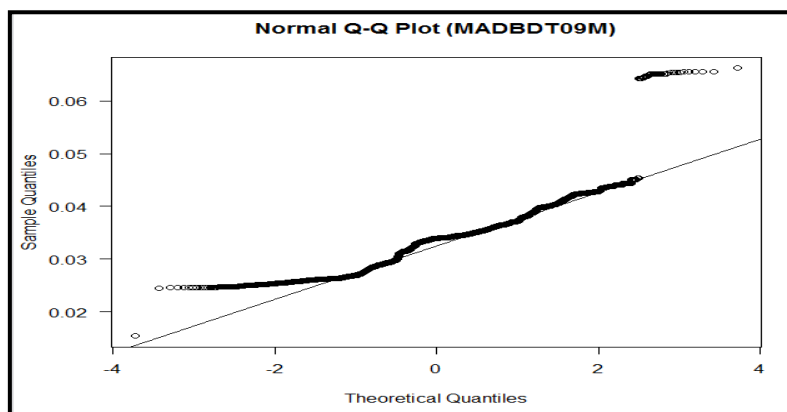
maturité	p-value ADF	résultat
JJ	0,01	stationnaire
01 W	0,01	stationnaire
13 W	0,3322	non stationnaire
26 W	0,6987	non stationnaire
52 W	0,6745	non stationnaire
01 M	0,0943	non stationnaire
02 M	0,3186	non stationnaire
.	.	.
.	.	.
.	.	.
19 Y	0,2711	non stationnaire
20 Y	0,1878	non stationnaire
30 Y	0,3532	non stationnaire



✚ Résultats des tests de normalité (Shapiro-Wilk) :

maturité	p-value Shapiro-Wilk	résultat
JJ	2,108667e-54 < 5%	Nous rejetons H0
01 W	1,261097e-57 < 5%	Nous rejetons H0
13 W	4,646408e-52 < 5%	Nous rejetons H0
26 W	7,572275e-50 < 5%	Nous rejetons H0
52 W	7,15396e-48 < 5%	Nous rejetons H0
01 M	4,186239e-60 < 5%	Nous rejetons H0
02 M	8,117872e-56 < 5%	Nous rejetons H0
.	.	.
.	.	.
.	.	.
19 Y	6,247404e-62 < 5%	Nous rejetons H0
20 Y	4,193889e-64 < 5%	Nous rejetons H0
30 Y	4,392032e-52 < 5%	Nous rejetons H0

✚ Exemple de Q-Q plot pour la maturité 09 mois :



Annexe 4 : L'estimation de la volatilité (Campbell, Lo & MacKinlay)

Considérons une subdivision temporelle $t_k = kh$ avec h =pas de la subdivision et $k=0, \dots, n$ ($T=nh$). Posons $P_k=P(kh)$. Le rendement simple est donné par $R_k(\mathbf{h}) = \frac{P_k}{P_{k-1}} - 1$. Le rendement logarithmique $R_k(\mathbf{h}) = \ln\left(\frac{P_k}{P_{k-1}}\right)$ donne les mêmes résultats que le rendement simple, du fait que le développement limité au premier ordre au voisinage de zéro de $\ln(1+x)$ est égal à x . Néanmoins, le rendement logarithmique est utilisé pour les données à haute fréquence dans le cas continu et pour atténuer la valeur de l'actif.

La dynamique de Black-Scholes est donnée par : $dP(t) = P(t) (\mu dt + \sigma dB_t)$. En appliquant le lemme d'Itô à $\log(P(t))$, nous montrons que la solution de l'équation ci-dessus est donnée par :

$$P(t) = P(0) \exp\left(\left(\mu - \frac{1}{2}\sigma^2\right)t + \sigma B_t\right)$$

$$\text{Donc : } \frac{P_k}{P_{k-1}} = \frac{P(0) \exp\left(\left(\mu - \frac{1}{2}\sigma^2\right)kh + \sigma B_{kh}\right)}{P(0) \exp\left(\left(\mu - \frac{1}{2}\sigma^2\right)(k-1)h + \sigma B_{(k-1)h}\right)}$$

$$\text{D'où : } R_k(\mathbf{h}) = \exp\left(\sigma(B_{kh} - B_{(k-1)h}) + \left(\mu - \frac{1}{2}\sigma^2\right)h\right) - 1$$

Nous déduisons alors que :

$$E(R_k(\mathbf{h})) = E\left(\exp\left(\sigma(B_{kh} - B_{(k-1)h})\right)\right) \exp\left(\left(\mu - \frac{1}{2}\sigma^2\right)h\right) - 1$$

$$E(R_k(\mathbf{h})) = E\left(\exp(\sigma N(0, 1))\right) \exp\left(\left(\mu - \frac{1}{2}\sigma^2\right)h\right) - 1$$

$$E(R_k(\mathbf{h})) = \exp\left(\frac{\sigma^2 h}{2}\right) \exp\left(\left(\mu - \frac{1}{2}\sigma^2\right)h\right) - 1 \quad \text{D'où} \quad E(R_k(\mathbf{h})) = \exp(\mu h) - 1$$

$$V(R_k(\mathbf{h})) = E(R_k(\mathbf{h}) - E(R_k(\mathbf{h})))^2 = \exp(2\mu h)(\exp(\sigma h) - 1)$$

Si nous résolvons le système des deux équations, nous obtenons la volatilité de l'actif sous la forme suivante :

$$\sigma = \frac{1}{h} \left[\log \left(1 + \frac{V(R_k(\mathbf{h}))}{(1 + E(R_k(\mathbf{h})))^2} \right) \right]^{\frac{1}{2}}$$

L'espérance est obtenue à travers la moyenne annuelle et la variance représente le carré de l'écart-type. Puisque la plupart des statistiques publiées sur les rendements se basent sur les rendements simples, la dernière formule reste très utile pour obtenir une estimation rapide de la volatilité quand l'historique de $(P(t))_t$ n'est pas disponible. Si nous disposons d'un historique de données, il est plus intéressant de calculer les estimateurs MV.

Si nous considérons les rendements composés $r_k(\mathbf{h}) = \log\left(\frac{P_k}{P_{k-1}}\right)$:

$$\mathbf{P}(t) = \mathbf{P}(0) \exp\left(\left(\boldsymbol{\mu} - \frac{1}{2}\boldsymbol{\sigma}^2\right)t + \boldsymbol{\sigma}\mathbf{B}_t\right)$$

Donc : $\frac{P_k}{P_{k-1}} = \exp(\boldsymbol{\sigma}(\mathbf{B}_{kh} - \mathbf{B}_{(k-1)h}) + \boldsymbol{\alpha}h)$ avec $\boldsymbol{\alpha} = \boldsymbol{\mu} - \frac{1}{2}\boldsymbol{\sigma}^2$

Nous obtenons alors : $\mathbf{r}_k(\mathbf{h}) = \boldsymbol{\sigma}(\mathbf{B}_{kh} - \mathbf{B}_{(k-1)h}) + \boldsymbol{\alpha}h$

Les $r_k(h)$ sont des variables aléatoires indépendantes et identiquement distribuées telles que $\mathbf{r}_k(\mathbf{h}) \sim \mathbf{N}(\boldsymbol{\alpha}h, \boldsymbol{\sigma}^2h)$, donc il suffit d'estimer la variance de $\mathbf{r}_k(\mathbf{h})$. En effet, la variance du rendement simple ne coïncide pas avec la volatilité, c'est plutôt la variance du rendement continu qui sera proportionnelle à la volatilité. Par la suite, une simple estimation de la variance de $\frac{r_k(h)}{\sqrt{h}}$ sera un bon estimateur de $\boldsymbol{\sigma}^2$.

Considérons la vraisemblance de $r_1(h), \dots, r_n(h)$:

$$\mathbf{L}(\boldsymbol{\alpha}, \boldsymbol{\sigma}) = \frac{-n}{2} \log(2\pi\boldsymbol{\sigma}^2h) - \frac{1}{2} \frac{1}{\boldsymbol{\sigma}^2h} \sum_{k=1}^n (\mathbf{r}_k(\mathbf{h}) - \boldsymbol{\alpha}h)^2$$

Les estimateurs du maximum de vraisemblance sont :

$$\hat{\boldsymbol{\alpha}} = \frac{1}{nh} \sum_{k=1}^n \mathbf{r}_k(\mathbf{h}) ; \hat{\boldsymbol{\sigma}} = \frac{1}{nh} \sum_{k=1}^n (\mathbf{r}_k(\mathbf{h}) - \hat{\boldsymbol{\alpha}}h)^2$$

Annexe 5 : L'intensité de défaut (John HULL)

Notée $\lambda(t)$ à la date t , l'intensité du défaut est définie de telle sorte que le produit $\lambda(t)\Delta t$ soit la probabilité de défaut dans l'intervalle compris entre t et $t + \Delta t$, conditionnelle à l'absence de défaut avant t . Si $V(t)$ est la probabilité de survie cumulée jusqu'à la date t , nous aurons :

$$V(t + \Delta t) - V(t) = -\lambda(t)V(t)\Delta t$$

En passant à la limite, nous pourrions écrire :

$$\frac{dV(t)}{dt} = -\lambda(t)V(t)$$

Nous en déduisons alors : $V(t) = \exp(-\int_0^t \lambda(\tau)d\tau)$

Si nous notons $Q(t)$ la probabilité de défaut jusqu'à la date t , nous pourrions écrire :

$$Q(t) = 1 - \exp(-\int_0^t \lambda(\tau)d\tau) = 1 - \exp(-\tilde{\lambda}(t)t)$$

Où $\tilde{\lambda}(t)$: l'intensité de défaut moyenne entre 0 et t .

Annexe 6 : Cadre théorique de la théorie de gestion de portefeuille

Soit un portefeuille constitué de N actifs dont les taux de rentabilité sont considérés comme des variables aléatoires R_i (pour $i=1, \dots, N$) et dont les propriétés statistiques sont connues (grâce aux observations des séries passées).

Soit $V_{i,t}$: la valeur d'un actif i à l'instant t .

Nous définissons ainsi :

- * La rentabilité arithmétique de l'actif : $R_i = \frac{V_{i,1} - V_{i,0}}{V_{i,0}}$
- * La rentabilité moyenne : $\mu_i = E(R_i)$
- * Le risque : σ_i tel que $\sigma_i^2 = V(R_i)$
- * La covariance : $\sigma_{ij} = \sigma_{ji} = cov(R_i, R_j)$
- * Le coefficient de corrélation : $\rho_{ij} = \frac{\sigma_{ij}}{\sigma_i \sigma_j}$

La valeur du portefeuille contenant n_i actifs i est : $V_{p,t} = \sum_{i=1}^N n_i V_{i,t}$

De cette formule, nous pourrions déduire la part de l'actif i dans le portefeuille de la manière suivante :

$$x_i = \frac{n_i V_{i,0}}{V_{p,0}}$$

Nous obtenons ainsi la rentabilité arithmétique du portefeuille qui n'est autre que la moyenne des rentabilités arithmétiques des actifs qui le composent, pondérés par leurs poids :

$$R_p = \frac{V_{p,1} - V_{p,0}}{V_{p,0}} = \sum_{i=1}^N x_i R_i$$

Outre plus, le portefeuille pourra être représenté sous une forme matricielle. En effet, le portefeuille X sera représenté par un vecteur des parts d'actifs, et en considérant leurs rentabilités respectives sous forme de vecteur également, nous obtenons :

$$X = \begin{bmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_N \end{bmatrix} \text{ et } R = \begin{bmatrix} R_1 \\ \vdots \\ R_N \end{bmatrix}$$

La rentabilité du portefeuille est alors donnée par la formule suivante :

$$R_p = X'R = \sum_{i=1}^N x_i R_i$$

Son espérance sera notée : $\mu_p = E(R_p) = X'E(R) = \sum_{i=1}^N x_i \mu_i$

En considérant la matrice variance-covariance des N actifs : $\Omega = \begin{pmatrix} \sigma_1^2 & \dots & \sigma_{1,N} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{N,1} & \dots & \sigma_N^2 \end{pmatrix}$

Nous obtenons la variance de la rentabilité du portefeuille : $V(R_p) = X' \Omega X = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N x_i x_j \sigma_{ij}$

Le modèle de marché de Sharpe

Le modèle de marché de Sharpe s'écrit sous la forme : $R_{it} = \alpha_i + \beta_i R_{Mt} + \varepsilon_{it}$

Avec :

α_i et β_i : coefficients de régression;

ε_{it} : Le résidu non corrélé à R_{Mt} et d'espérance nulle.

En appliquant l'espérance au modèle, nous obtenons :

$$\mu_i = \alpha_i + \beta_i \mu_M : \text{relation linéaire entre les deux rentabilités.}$$

La variance également, appliquée au modèle, nous permet de déduire la formule du risque total :

$$\sigma_i^2 = \beta_i^2 \sigma_M^2 + \sigma_{\varepsilon_i}^2$$

Le risque total est ainsi décomposé en deux parties : la première est le risque **systématique** qui est non diversifiable, et la deuxième est le risque **spécifique** qui est non systématique mais par contre diversifiable, autrement dit, il peut être éliminé par diversification. En effet, la diversification du portefeuille ne permet pas de réduire tout le risque : Un portefeuille bien diversifié permet de réduire le risque non systématique mais la diversification ne permet pas de réduire le risque systématique, qui correspond au risque du marché.

Le modèle APT

Ce modèle se présente comme suit :

$$R_i = \alpha_i + \beta_{i1} F_1 + \dots + \beta_{ik} F_k + \varepsilon_i$$

Avec :

F_1, \dots, F_k : sont les k facteurs communs

β_{ij} : facteur mesurant la sensibilité de l'action i par rapport au facteur j

ε_i : la valeur résiduelle spécifique de l'action i

Nous supposons par ailleurs que :

$$E(F_1) = \dots = E(F_k) = E(\varepsilon_i) = 0 \text{ Pour tout } i$$

$$\text{cov}(F_i, F_j) = \text{cov}(F_i, \varepsilon_j) = 0 \text{ Pour tous } i, j$$

$$\text{cov}(\varepsilon_i, \varepsilon_j) = 0 \text{ Pour tous } i \neq j$$

Ce modèle d'arbitrage suppose qu'il existe assez d'actifs pour qu'il soit possible de construire un portefeuille sans risque et sans mise initiale, grâce à l'achat et à la vente simultanée d'actifs. Le portefeuille d'arbitrage est représenté par les 3 équations suivantes :

$$R_p = \sum_{i=1}^N x_i \alpha_i + \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^k x_i \beta_{ij} F_j + \sum_{i=1}^N x_i \varepsilon_i = 0 \text{ (Rendement du portefeuille d'arbitrage).}$$

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^k x_i \beta_{ij} = 0 \text{ (Risque nul) et } \sum_{i=1}^N x_i = 0 \text{ (Mise de fonds initiale nulle)}$$

A l'équilibre, le rendement d'un tel portefeuille doit être nul. A partir de là, S. Ross a établi que les rendements de tous les portefeuilles efficients sont sur une même droite de pente positive d'où la linéarité de la relation rendement/risque. Par conséquent :

$$E(R_i) = \lambda_0 + \lambda_1 \beta_{i1} + \dots + \lambda_k \beta_{ik}$$

En appliquant l'APT à l'actif sans risque, nous obtenons : $\lambda_0 = r_f$