

La mesure du risque opérationnel : Essai de modélisation pour le cas d'une compagnie Marocaine d'assurance

Operational Risk Measurement: Modelling Test for the case of a Moroccan insurance company

ACHIBANE MUSTAPHA

Enseignant chercheur

Ecole Nationale de Commerce et de Gestion de Kenitra

Université Ibn Tofail

Laboratoire de Recherche en Sciences de Gestion des Organisations (RSGO)

achibm@hotmail.com

TAHRAOUI BTISSAM

Doctorante-chercheuse

Ecole Nationale de Commerce et de Gestion de Kenitra

Université Ibn Tofail

Laboratoire de Recherche en Sciences de Gestion des Organisations (RSGO)

btissam.tahraoui@gmail.com

Date de soumission : 08/01/2020

Date d'acceptation : 06/03/2020

Pour citer cet article :

ACHIBANE.M & TAHRAOUI.B (2020) « La mesure du risque opérationnel : Essai de modélisation pour Le cas d'une compagnie Marocaine d'assurance », Revue du contrôle, de la comptabilité et de l'audit « Volume 4 : numéro 2 » pp : 407 - 431

Digital Object Identifier : <https://doi.org/10.5281/zenodo.3732761>

Résumé

La norme européenne Solvabilité II est entrée en 2016 au Maroc et elle a remplacé la Solvabilité I. Elle oblige les compagnies d'assurance d'adopter un nouveau cadre réglementaire plus strict mais il peut prendre en considération d'autres risques. Une des grandes nouveautés est que les compagnies ont l'obligation de mobiliser une partie de leurs fonds propres en couverture de leur exposition aux risques opérationnels. Pour calculer ce montant de capital, le régulateur propose deux approches : une approche standard et une approche avancée. L'approche standard est une approche simplifiée calculée comme un pourcentage des primes ou des provisions. L'approche avancée est un modèle interne où le risque correspond réellement à la situation de l'entité. Le CEIOPS incite les compagnies à opter pour le modèle interne.¹

Cet article s'adresse aux compagnies qui souhaitent mettre en place un modèle interne Pour le risque opérationnel. Un modèle plus complexe dans lequel il sépare les fréquences et les risques de gravité par Les approches Loss Distribution Approach (LDA)

Mots-clés : Solvabilité II; Risque opérationnel; Approche avancée; LDA.

Abstract

The European standard Solvency II entered Morocco in 2016 and replaced Solvency I. It obliges insurance companies to adopt a new stricter regulatory framework but it may take into account other risks. One of the big news is that companies have the obligation to mobilize part of their equity to cover their exposure to operational risks. To calculate this amount of capital, the regulator proposes two approaches: a standard approach and an advanced approach. The standard approach is a simplified approach calculated as a percentage of premiums or provisions. The advanced approach is an internal model where the risk really corresponds to the situation of the entity. CEIOPS encourages companies to opt for the internal model.

This article is intended for companies wishing to set up an internal model for operational risk. A complex model in which it separates frequencies and risks of gravity by The Loss Distribution Approach (LDA).

Keywords: Solvency II; Operational risk; Advanced approach ; LDA.

¹ (Julie GAMONET, 2006 :5)

INTRODUCTION

L'épanouissement d'une compagnie d'assurance n'est pas au hasard, mais d'une étude et d'un travail continu pour cibler les meilleures occasions.

La compagnie d'assurance affronte plusieurs risques car elle évolue dans un milieu de plus en plus turbulent ; cela est dû principalement aux changements accélérés, à une concurrence forte et à l'innovation technologique. Dans ce contexte il est difficile de se forger une reconnaissance. La réussite de la compagnie, aujourd'hui, ne dépend plus exclusivement de son savoir-faire, de la qualité de ses services, de ses vendeurs mais de la maîtrise de sa gestion des risques. Parmi ces risques, Le risque opérationnel se retrouve régulièrement au cœur de l'actualité. En effet le risque opérationnel a toujours existé dans les compagnies d'assurance mais était souvent ignoré ou géré d'une manière désorganisée. Les pertes imputables sont de haut niveau.²

« Le risque opérationnel est défini comme le risque de perte résultant de procédures internes, de membres du personnel ou de systèmes inadéquats ou défaillants, ou d'événements extérieurs »³. Malgré les meilleurs efforts déployés par les sociétés d'assurance, les pertes importantes au titre du risque opérationnel sont toujours présentes, se mesurent souvent en milliards. Aujourd'hui malgré sa complexité et sa diversité, on tente de le mesurer et de le gérer comme les autres risques.

Dans le cadre de solvabilité I, le risque opérationnel n'était pas abordé. Il faut attendre solvabilité II pour que les règles prudentielles établissent des standards en la matière dans le but de maîtriser ce risque. En termes de quantification, plusieurs solutions sont proposées allant des plus simples aux plus difficiles à mettre en place.

Le faible développement du système d'information des compagnies et de leurs systèmes des collectes des données rendaient difficile voire impossible l'application des méthodes les plus avancées. Mais avec la prise de conscience des pertes importantes qui peuvent être dues au risque opérationnel, les compagnies investissent de plus en plus afin d'être à mesure d'appliquer les techniques les plus avancées.

Dans ce sens, cet article aura pour finalité de comprendre et d'analyser ce dilemme à travers la problématique suivante : "Quelles sont les étapes de modélisation LDA pour les assurances afin de déterminer le capital économique (fonds propres réglementaires) ?".

² (AHMAT CHEBBI, 2010)

³ DIRECTIVE 2009/138/CE DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL du 25 novembre 2009

La présente recherche s'emploiera à l'évaluation d'une des méthodes de quantification dans une compagnie d'assurance.

La démarche vise essentiellement dans un premier temps à exposer les étapes de la modélisation. Les données utilisées permettent de capter la dynamique de l'évolution des différentes pertes. Dans un second temps, on utilisera cette modélisation enfin de déterminer le capital économique (fonds propres réglementaires).

Ainsi, ce travail sera scindé en trois axes :

- Le premier traitera La réglementation des sociétés d'assurance : Solvency I et Solvency II
- Le deuxième sera réservé au risque opérationnel dans les assurances
- Le troisième axe consistera sur l'application de la méthode LDA pour une compagnie marocaine d'assurance

1. La réglementation des sociétés d'assurance : Solvency I et Solvency II

1.1 Présentation de La solvabilité I :

Généralement La solvabilité d'une entreprise d'assurance peut être définie comme étant son aptitude à faire face à ses engagements vis-à-vis des tiers et principalement de ses assurés. Cette aptitude se traduit par la détermination d'un capital suffisant pour faire face à des situations défavorables.

la réglementation sur la solvabilité imposait aux assureurs de constituer un « matelas » de fonds propres pour faire face aux aléas de leur activité.

-Solvabilité I repose sur trois notions qui sont :

La marge de solvabilité qui est constituée par le patrimoine de l'organisme libre de tout engagement prévisible.

L'exigence de marge de solvabilité ou marge de solvabilité réglementaire qui est le montant minimum en fonds propres que doit détenir une compagnie d'assurance.

Le fonds de garantie qui est le second seuil pour les ressources dont doit disposer l'entreprise.

Les atouts et les faiblesses de la solvabilité I :

Les atouts du dispositif Solvabilité I sont :

-La simplicité : Elle reste simple par rapport aux exigences de calcul de la solvabilité II. De plus, il est possible de comparer les résultats obtenus pour différentes entreprises.

-La protection des assurés contre le risque technique : ses objectifs se traduisent typiquement en exigences de capital. Le cadre légal actuel impose aux compagnies d'assurance de détenir

un niveau de capital appelé marge de solvabilité, qui joue le rôle de matelas de sécurité permettant de faire face aux aléas de l'activité.

-Investissement sur le marché financier : Avoir un excédent pour gagner des rémunérations sur le marché financier

-Créer un marché unique de l'assurance tous les acteurs seraient soumis à une même réglementation en matière de solvabilité et de reporting financier

Ce système recèle toutefois des limites qui ne sont pas négligeables :

-Les exigences de solvabilité dépendent de paramètres qui sont des substituts inappropriés au risque de. Il n'y a donc pas de distinction entre les risques, quelle que soit leur Volatilité à l'intérieur d'une même branche (seul le montant des souscriptions impacte Le calcul).

-Hormis le risque de souscription, les autres risques ne sont pas pris en compte n'est pas inclus dans l'exigence de marge de solvabilité,

-L'évaluation des actifs et des passifs (provisions techniques incluses) ne repose pas sur une approche cohérente avec le marché, mais sur leur valeur comptable.

-Ne pénalise pas les entreprises qui sous-provisionnent ou qui sous-tarifient les risques ,mais pénalise les entreprises qui sur-provisionnent.

-La diversification, certaines formes de transfert de risques, ainsi que les corrélations des actifs et des passifs ne sont pas prises en compte .Par conséquent, le profil de risque propre à l'entreprise n'est pas pris en compte. Solvabilité I est donc considéré comme une solution provisoire en attendant l'adoption d'une réglementation reflétant mieux le risque auquel un assureur est effectivement confronté.

-Le secteur contrôlé par L'Autorité de Contrôle des Assurances et de la Prévoyance Sociale par la loi n°64-12 entrée en vigueur le 14 avril 2016, Créée en remplacement de La Direction des Assurances et de la Prévoyance Sociale (DAPS) .

Le projet Solvabilité II vise à l'améliorer en tenant compte des nombreuses évolutions en matière de techniques financières et de gestion des risques, dans le but d'assurer une meilleure

Adéquation entre l'exigence réglementaire de capital et les risques (risque marché, crédit et risque opérationnel ect) auxquels sont effectivement confrontés les organismes d'assurance.

1.2 L'émergence de la solvabilité II

1.2.1 Pourquoi la solvabilité II ?

L'Union européenne promeut depuis la fin des années 1980 un marché unique des biens, des services et des capitaux aussi la volonté de l'harmonisation des réglementations comme le secteur bancaire développé de Bâle I, Bâle II et puis Bâle III. L'entrée en vigueur de ces dispositions ont apportées des nombreuses modifications comme une nouvelle architecture organisationnelle de la banque qui a un impact sur la gestion des risques bancaire et le niveau de risque permettent une performance organisationnelle.⁴

Donc la nouvelle réglementation est un principe prévaut : éviter que des écarts de réglementation nationale n'introduisent des distorsions de concurrence. La précédente directive d'harmonisation des règles de solvabilité, Solvabilité I, adoptée dans la décennie 1970, ne permettait pas de prendre en compte les différentes natures des risques auxquels ces dernières sont exposées. Solvabilité II aura ainsi pour vocation de corriger les insuffisances de Solvabilité I.

1.2.2 Nouveauté par rapport à la solvabilité I

Le projet Solvabilité II (« Solvency II ») introduira un régime caractérisé par une prise en compte de tous les risques encourus par les assureurs. Des garanties pour ces risques devront être détenues sous forme de capital de solvabilité. Les travaux sur la conception du futur régime de surveillance et le point sur les tenants et les aboutissants ont été faits le 13 Novembre 2013. Lequel a ouvert la voie à une entrée en vigueur de solvabilité II au 1er Janvier 2016.

La réforme repose sur deux directives et des mesures d'application :

-La directive «Solvabilité II» (directive 2009/138/CE) adoptée au printemps 2009, fixe les grands principes de la réforme. Elle devra être transposée en droit français avant le 31 décembre 2015. Les mesures d'application de la directive-cadre, qui sont en cours de définition : c'est le «calibrage» de la réforme.

-La Directive Omnibus 2, est votée début 2012, offre aux différents acteurs (assureurs, réassureurs, superviseurs...)

A l'issue d'une première phase d'études et de concertation, la Commission Européenne une architecture à trois piliers comparable à celle définie pour le secteur bancaire par le Comité de Bâle (Bâle II) : exigences quantitatives, activités de surveillance. Information et publicité. S'y

⁴ O .RAHAOUI & H.BOUJADAA(2018). L'évolution du processus de décision dans un souci de gestion du risque opérationnel : cas d'une banque mutualiste marocaine. Revue du Contrôle de la Comptabilité et de l'Audit

ajoutent des questions transversales, concernant en particulier le régime à appliquer aux groupes de sociétés :

Pilier I : les règles prudentielles

Le pilier I vise à définir les règles quantitatives dans trois domaines :

- les provisions techniques avec un objectif d'harmonisation de leur valorisation ;
- l'exigence de capital où deux niveaux de capital seront déterminés : le minimum de capital requis ou MCR (en anglais, minimum capital requirement) et le capital requis ou SCR (capital de solvabilité requis, en anglais, solvency capital requirement) :

Le MCR sera calculé d'une manière plus simple et plus robuste que le SCR, afin qu'il n'y ait pas de contestation sur le montant résultant de calcul. Le calcul du MCR sera distinct de celui du SCR car ils obéissent à des logiques différentes⁵

Figure N° 1 : Model de Bilan Solvabilité II

BILAN SOLVABILITE II				
ACTIFS	PASSIFS			
	Fonds propres de base			
			MCR	SCR
Investissements et autres actifs	Risques couvrables	Marge de risque	Provisions techniques	
		Best estimate		
Provisions techniques à charge des réassureurs				
	Autres dettes			

Source : www.ressources-actuarielles.net

Pilier II : le processus de contrôle prudentiel

Le deuxième pilier a pour objectif de fixer des normes qualitatives de suivi des risques en interne aux sociétés et comment l'autorité de contrôle doit exercer ses pouvoirs dans ce contexte.

dans le cadre du Pilier II est de définir et d'harmoniser les activités de surveillance aussi bien au niveau des organismes d'assurance eux-mêmes qu'à l'échelon des superviseurs. Au sein des organismes d'assurance, ce sont les mécanismes d'organisation et de contrôle interne qui sont visés ainsi que les principes applicables en matière de gestion des risques.

⁵ Van Hulle Karel.(2005). Solvabilité II : une approche « risquée » ?. Revue d'économie financière, n°80, 2005. L'industrie mondiale de l'assurance. pp. 243-252.

Dans ce cadre, les questions liées à la gouvernance d'entreprise font l'objet d'une attention particulière : honorabilité des dirigeants, compétence des instances de gouvernance, des dirigeants et des intervenants extérieurs.

Pilier III : Information et discipline de marché

Les sociétés d'assurances et de réassurances doivent fournir des informations périodiquement par le biais de deux types de document:

Des rapports « narratifs » donnant une vision descriptive de la politique prudentielle mise en place par l'assureur, deux rapports sont à produire:

- Au public, Rapport sur la solvabilité et la situation financière, le SFCR (*Solvency Financial and Condition Report*).
- Au superviseur, le RSR (Regulator Supervisory Report)

2. Le risque opérationnel dans les assurances

2.1 La définition du risque opérationnel selon Solvency II :

Le risque opérationnel peut être défini selon la solvabilité II comme « le Risque de pertes résultant de procédures internes inadaptées ou défaillantes, ou de membre du personnel et de systèmes, ou d'événements extérieurs. »⁶

Figure N° 2 : Types du risque opérationnel

structurelle à l'échelle de l'entreprise	Liée aux activités / processus	organisationnelle et stratégique
- Fraude externe - Ressources humaines - Réglementation - Clients	- Fraude interne - Interruption d'activité - Technologie - Exécution	- Prestataires - Gestion du changement

Source : Comité Bale II

2.2 La méthode de quantification applicable aux sociétés d'assurance :

Il existe plusieurs méthodes en fonction des performances du système d'information de l'entreprise, On distingue deux familles de méthodes :

⁶ DIRECTIVE 2009/138/CE DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL du 25 novembre 2009

2.2.1 L'approche simple : QIS1 à QIS 5(Etudes quantitatives d'impact)

Cette approche est utilisée par les entreprises qui ne disposent pas des historiques sur les risques opérationnels et qui n'enregistre pas des catastrophes assez fiables finalement le résultat une quantification assez peu fiable.

La méthode a été approuvée à travers plusieurs études quantitatives (QIS 1 à QIS5).ces études ont permis de calibrer la formule .En effet à chaque étude l'organisme de régularisation avait un retour vers les compagnies d'assurance qui prenaient la formule et donner leurs avis , cela a permis de relever les failles de la première formule proposée (QIS 1) et ainsi de suite jusqu'à l'élaboration de la formule actuelle (QIS 5).

Cela est valable pour les compagnies (d'assurance) dans l'union européenne. Son adaptation pour le cas du Maroc reste à vérifier car le calibrage dépendait des caractéristiques des compagnies qui ont participé à l'étude. Pour l'appliquer au Maroc, il faudrait s'assurer de la véracité des coefficients en reprenant les mêmes tests que QIS 5 avec un échantillon de compagnies opérant au Maroc.

2.2.2 L'approche avancée : AMA (Advanced Measurement Approach)

-La méthode LDA (Loss Distribution Approach)

Il s'agit de faire la modélisation séparée entre les fréquences et les montants des pertes , La condition essentielle pour appliquer cette méthode sera la disponibilité des données des pertes historiques qui arrivent (assez fréquemment) et le respect des hypothèses et des principes :

- Hypothèses :des Indépendance entre la distribution des fréquences et celle des pertes
- Principe_:Modeliser la distribution des pertes et des fréquences séparément
- obtenir les paramètres des différentes distribution
- Générer les pertes globaux par simulation de Monté Carlo.
- Utiliser ces pertes pour calculer le capital économique par type de risque
- Agrégation pour obtenir le capital économique pour tous types de risques confondus.

-L'approche bayésienne

Elle consiste à réaliser une analyse qualitative des risques faite par des experts et à la transformer en une analyse quantitative. Cette méthode s'apparente à la méthode par scenarios dans la mesure ou elles se composent de deux phases l'analyse qualitative et de constitution de scenarios.

L'approche bayésienne permet d'introduire de la variabilité dans les scénarios étudiés et de simuler les pertes sans nécessiter de base historisée. Elle permet également d'identifier des leviers de réduction de risque dans la mesure où les pertes sont conditionnées à des indicateurs qui peuvent être suivis et modifiés pour réduire le risque. Et enfin elle a l'avantage d'éviter les problèmes de diversification par la construction même du réseau

L'avantage de l'approche bayésienne est aussi qu'elle permet de modéliser des risques exogènes pour lesquels nous n'avons presque pas de données (par exemple la crue centennale).

Donc selon plusieurs théoriciens L'approche classique de la mesure de risque est fondée sur "l'écart type". En effet, Auby.H et Belkacem.L (1999)⁷ définissent le risque comme étant "la dispersion des réalisations de la variable X autour de la moyenne". Le risque est ainsi associé à l'écart type; cette approche est retenue par sa simplicité de calcul, cependant ne permette pas de tenir compte des variations extrêmes.. Cette formule standard a été critiquée aussi par Lissouki.A (2005)⁸ qui incitait les sociétés d'assurance à utiliser des nouvelles normes à principes économique solides.

L'approche avancée est fondée sur des mesures de risques adéquates comme la value at risk. Qui est devenue un outil de référence pour la mesure des risques financiers. L'analyse de cette mesure de risque autant qu'une mesure cohérente a été étudiée en premier lieu par Artzner P, Delbaen F, Eber JM, HeathD (1999).⁹

Donc vu l'importance de cet approche et pour mieux comprendre les étapes de quantification nous avons choisi d'exposer la méthode LDA.

3. L'application de la méthode LDA pour une compagnie marocaine d'assurance

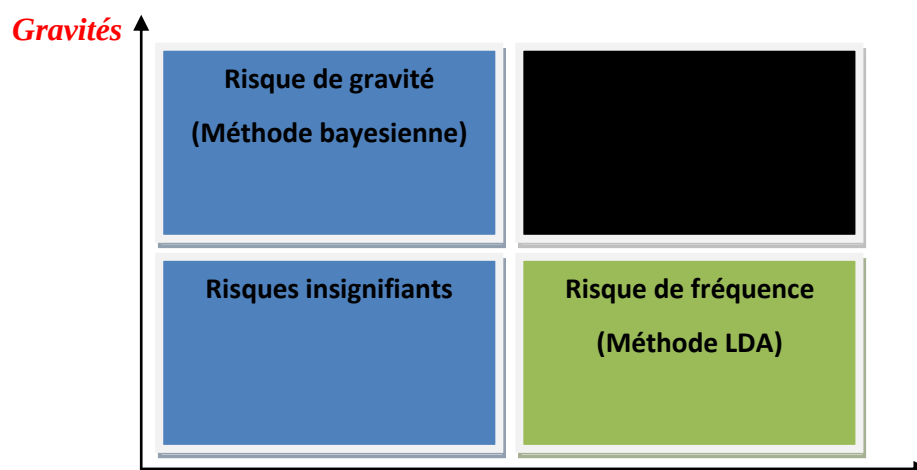
Cette partie expose le modèle interne à mettre en place. Pour identifier la méthodologie à appliquer il faut identifier le type de risque lors de la cartographie des risques :

⁷ Auby.H & Belkacem.L .(1999).Au delà de la VaR , vers une nouvelle mesure du risque en gestion de portefeuille .institut national de recherche en Informatique et en Automatique,pp4

⁸ Lissouki.A (2005) .Quelle formule standard pour la solvabilité des sociétés d'assurances? .Fédération française des sociétés d'assurances Les Entretiens de l'assurance ,2005 pp2

⁹ Artzner, P et al, (1999). Coherent Measures of Risk. Mathematical Finance, 9, 203-228.

Figure N° 3 : Les méthodes de quantification



Fréquence

Source : Elaboré par nos soins

Les risques des pertes importantes et fréquences ne seront pas modélisés car lorsqu'un risque de gravité survient l'entreprise mettra en place des contrôles et autres plans d'actions qui viendront diminuer voire éliminer ce risque c'est un cas très dangereuse pour la compagnie (case noire).

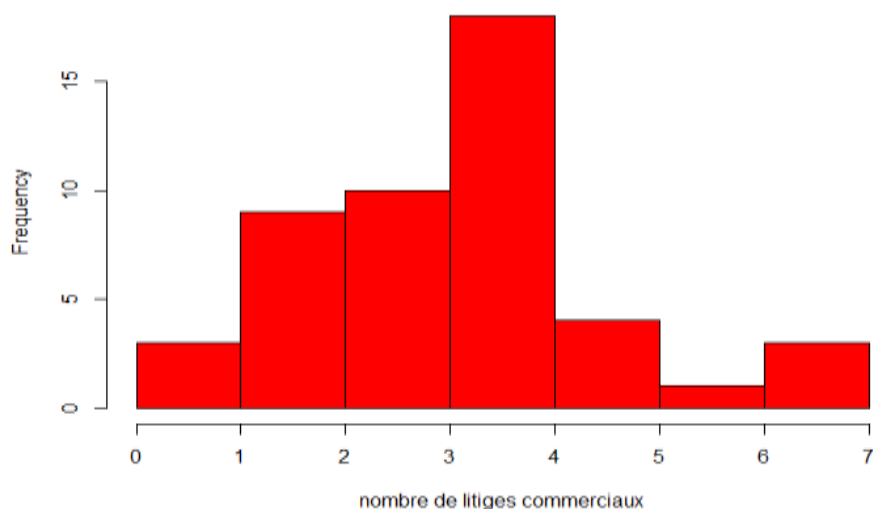
Puise que notre base de données contient des pertes de montants peu élevés mais fréquents on utilisera la méthode LDA

Il s'agit d'ajuster des lois statistiques à des données des pertes, plus précisément de modéliser d'une part la fréquence des incidents opérationnels et d'autre part leur sévérité, puis de les combiner pour obtenir la distribution des pertes totales.

L'objectif est de montrer la méthodologie à adopter pour modéliser des risques avec la méthode LDA à partir d'une base de données.

3.1 Etude de la distribution des séries étudiées pour la période de 2015 à 2018

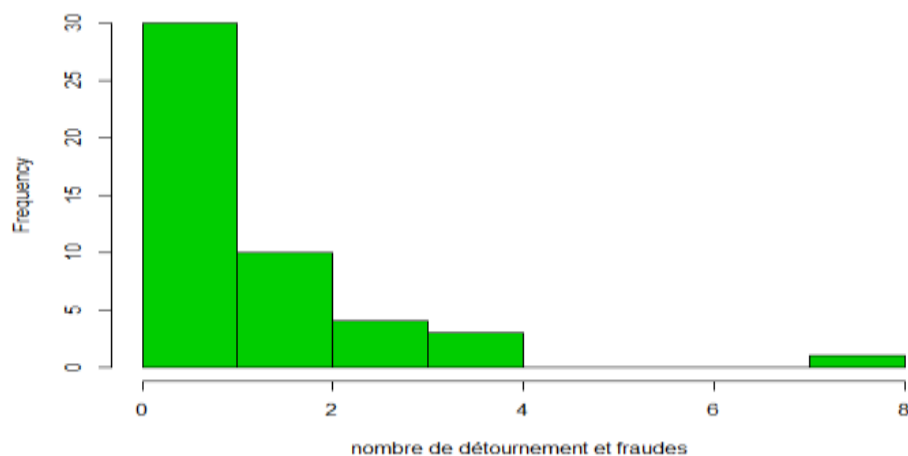
Figure N° 4 : Histogramme du nombre de perte (Litiges commerciaux)



Source : Elaboré à partir de nos calculs

On observe entre 0 et 7 litiges commerciaux par mois. Le nombre de litiges le plus constaté par mois est 4. De plus on remarque dans la plupart des mois, on a au plus 4 litiges.

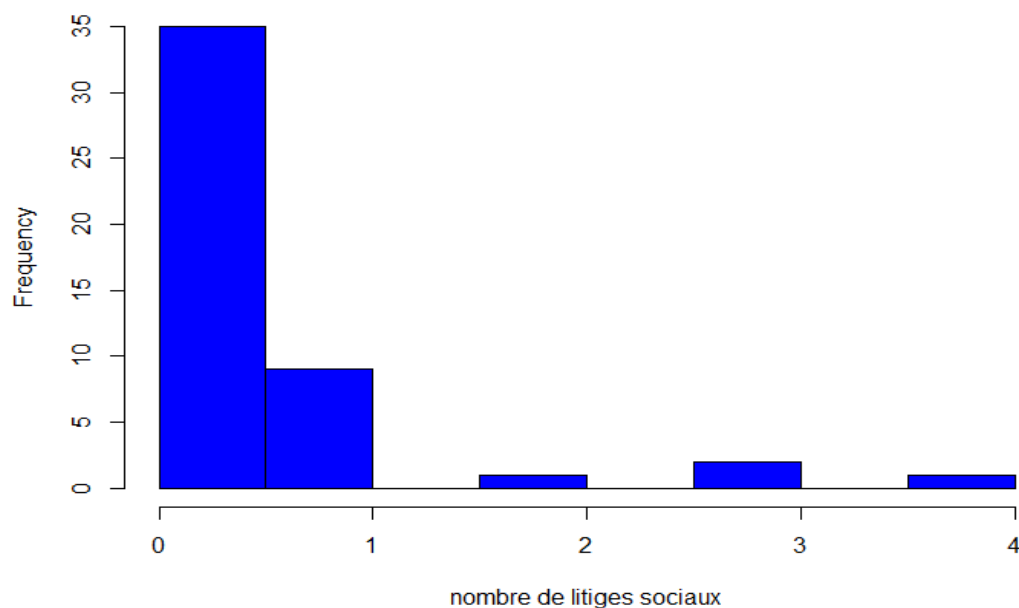
Figure N° 5 : Histogramme du nombre de perte (Détournement et fraudes)



Source : Elaboré à partir de nos calculs

Le principal constat que l'on peut faire c'est que la plus grande partie des mois relève 0 ou 1 fraude.

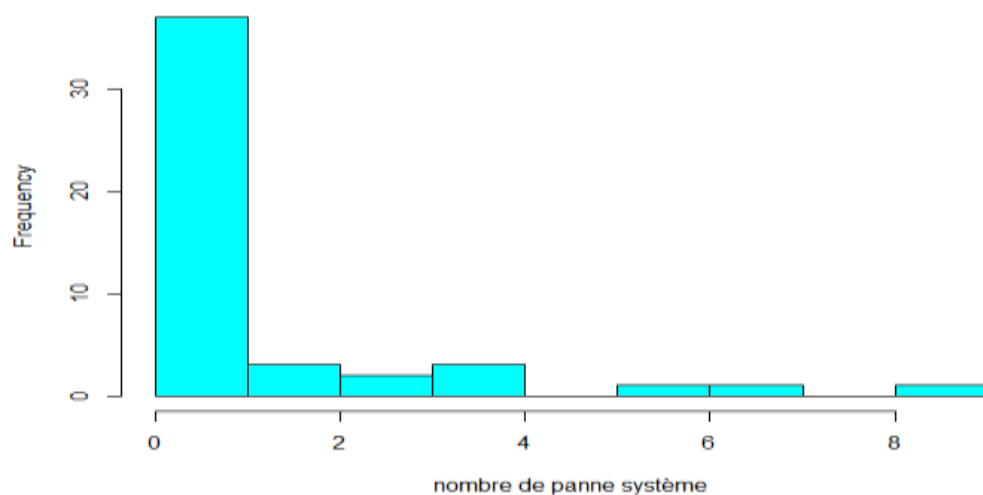
Figure N° 6 : Histogramme du nombre de perte (Litiges sociaux)



Source : Elaboré à partir de nos calculs

On peut faire le même constat que pour les fraudes. De plus dans ce cas on constate que la plupart des mois n'enregistre pas de litiges sociaux.

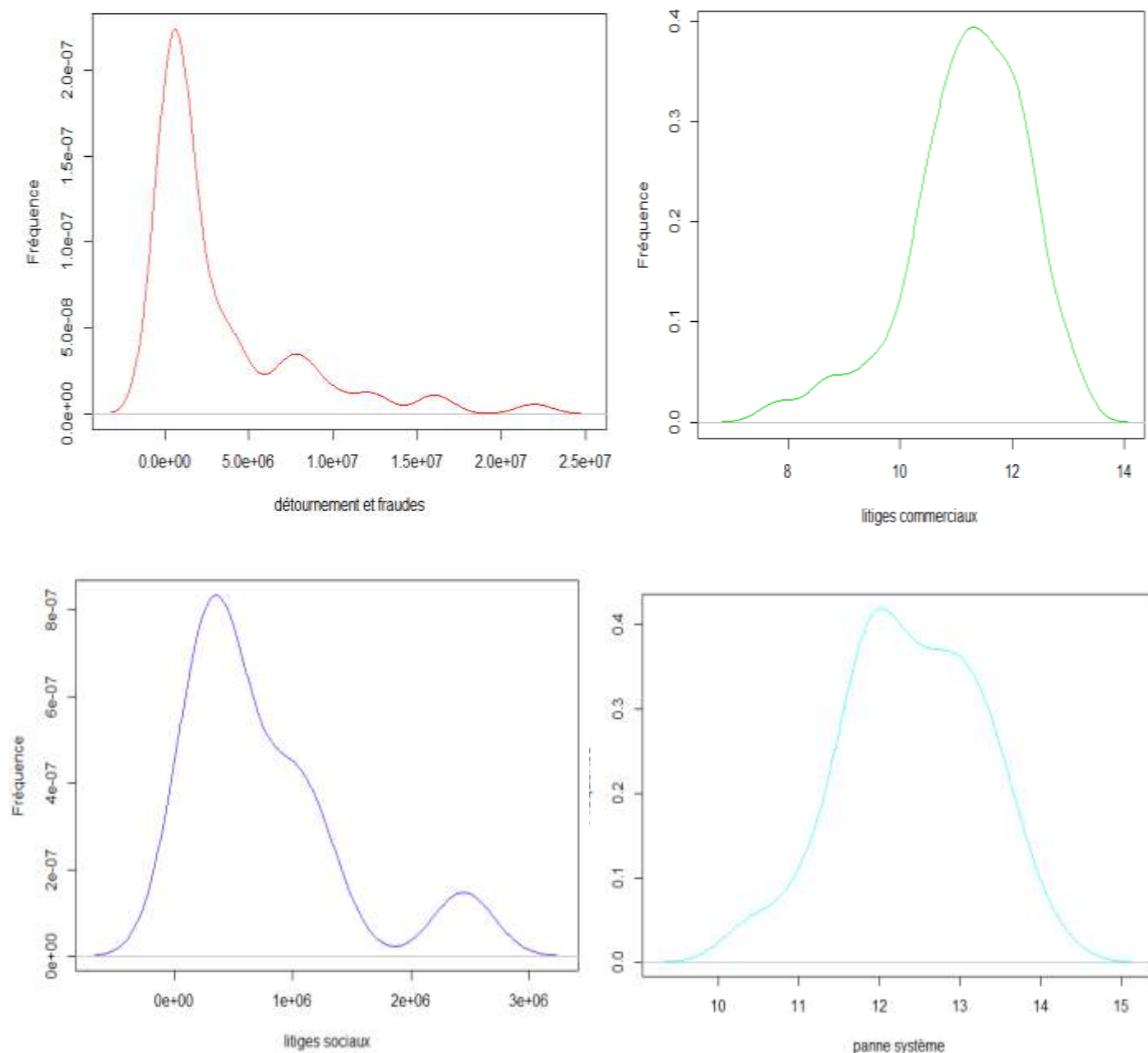
Figure N° 7 : Histogramme du nombre de perte (Panne système)



Sourrce : Elaboré à partir de nos calculs

Ici, on peut relever qu'on enregistre quelques mois pour lesquels on a 9 pannes système. Cela dénote d'un problème assez important.

Figure N° 8 : les Fonctions de densité



Source : Elaboré à partir de nos calculs

Le principal constat que l'on peut tirer de ces graphiques est que la loi normale n'est pas adaptée à la modélisation d'aucune de ces séries. De plus on constate que toutes les distributions sont asymétriques.

3.2 Les Tests préliminaires

Avant l'application de la méthode LDA deux hypothèses doivent être vérifiées :

- L'indépendance des fréquences des pertes par type de risque
- L'indépendance entre le nombre de perte et la valeur de la perte

Dans cet étape on utilise deux tests :

3.2.1 Le test des signes :

Tire de son nom du fait qu'il utilise les signes + et - . Il est basé uniquement sur l'étude des signes. Ce test a pour but de tester l'indépendance des fréquences des pertes par type de risque :

Ce test s'intéresse au nombre des différences positives successives de notre échantillon.

Les hypothèses testées sont : H_0 = Indépendance des fréquences des pertes par type de risque

H_1 = dépendance des fréquences des pertes par type de risque

$$\text{Soit } Z_i = \begin{cases} 1 & \text{si } x_i - x_{i+1} > 0 \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

$$\text{On a } S = \sum_{i=1}^{n-1} Z_i$$

$$E(S) = \frac{n-1}{2} \quad \text{ET} \quad V(S) = \frac{n+1}{12}$$

$$T = \frac{S - E(S)}{\sigma(S)} \times 0.5$$

Rejet de H_0 si $|T - 0.5| > z_{\alpha/2}$ c'est la loi normale $N(0,1)$ avec $\alpha = 5\%$

On peut résumer l'application de ce test sur les quatre types de risque sous forme d'un tableau et on obtient les résultats suivants :

Tableau N°1 : Résultats du test de signe

	Litiges commerciaux	Fraudes et détournements	Litiges sociaux	Pannes système
Statistique de test	0.1328	0.417	0.3693	0.9341
Décision	Indépendance	Indépendance	Indépendance	Indépendance

Source : Elaboré par nos calculs

En effet si on compare la valeur de la statistique de test, on constate qu'elle est inférieure au quantile de la loi normale centrée réduite au seuil de 5%(1.96).

3.2.2 Le test de Spearman

Ce test vise à avoir l'indépendance entre le nombre de perte et la valeur de la perte. En effet pour modéliser séparément la fréquence et la gravité des pertes il faudrait qu'il ait indépendance entre ces deux notions.

Hypothèses testées sont :

H_0 = Indépendance entre le nombre de perte et la valeur de la perte

H_1 = dépendance entre le nombre de perte et la valeur de la perte

Soient $(F_1, F, \dots, F_n)$ la série des fréquences et $(p_1, p, \dots, p_n)$ la série des valeurs des pertes Notons R_i le rang de F_i dans la série $(F_1, F, \dots, F_n)$ et S_i le rang de p_i dans la série $(p_1, p, \dots, p_n)$,

Le rang désigne le numéro de la position occupé par chaque élément de la série après le classement par ordre croissant.

Dans la pratique pour appliquer le test de Spearman on utilise un test de corrélation entre les rangs des pertes et celle des fréquences .Puisqu'on respecte la condition nécessaire $n > 10$,

Et on cherche la moyenne des valeurs des pertes pour avoir l'égalité entre le nombre des fréquences et les montants ce qui permet de faire la différence entre le rang de F_i dans la série $(F_1, F, \dots, F_n)$ et S_i le rang de p_i dans la série $(p_1, p, \dots, p_n)$

Figure N°9 : Les litiges commerciaux

```
# ***** pour les litiges commerciaux *****
> cor.test(rp1,rnb1)

Pearson's product-moment correlation

data: rp1 and rnb1
t = -0.99873, df = 46, p-value = 0.3231
alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 -0.4127342  0.1444290
sample estimates:
      cor
-0.1456842
```

Source : Elaboré par nos calculs sur logiciel R

On rejette H_0 au seuil 5% donc les pertes et les fréquences par mois dues aux fraudes sont liées.

Figure N°10: Les Fraudes et détournements

```
> # ***** pour les fraudes et détournement *****
> cor.test(rp2,rnb2)

Pearson's product-moment correlation

data: rp2 and rnb2
t = 8.1815, df = 46, p-value = 1.6e-10
alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 0.6217313 0.8648236
sample estimates:
      cor
0.7698651
```

Source : Elaboré par nos calculs sur logiciel R

Aussi, on rejette H_0 au seuil 5% donc les pertes et les fréquences par mois dues aux fraudes sont liées.

Figure N°11 : Les litiges sociaux

```
> # ***** pour les litiges sociaux *****
> cor.test(rp3,rnb3)

Pearson's product-moment correlation

data: rp3 and rnb3
t = 30.816, df = 46, p-value < 2.2e-16
alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 0.9584562 0.9869018
sample estimates:
      cor
0.9766258
```

Source : Elaboré par nos calculs sur logiciel R

Il y'a une liaison entre les valeurs des pertes et les fréquences par mois.

On remarque donc que les 4 types de risque il n'y a pas d'indépendance entre le nombre de perte et les valeurs des pertes par mois.

3.3 La modélisation des pertes individuelles (les valeurs des pertes)

Dans cette partie nous avons quatre lois de probabilité continues qui pourraient bien ajuster nos données. Ainsi nous avons retenu la loi lognormale, la loi gamma, la loi exponentiel et la loi de weibull. Pour chacun des types de risques, on estime les paramètres de ces lois ensuite on teste si elles sont appropriées. Dans l'hypothèse où il y'a plusieurs lois candidates on retient celle qui s'ajuste le mieux.

3.3.1 Le test de Kolmogorov-Smirnov

Pour faire ces tests, nous avons recours au test de Kolmogorov-Smirnov ce test d'ajustement de Kolmogorov-Smirnov est un test non paramétrique qui permet de tester l'hypothèse H_0 selon laquelle les données observées sont engendrées par une loi de probabilité théorique considérée comme étant un modèle convenable.

Mais contrairement au test Khi-deux, la loi théorique doit ici être continue et entièrement spécifiée et sans paramètre inconnu.

Dans ce test, les calculs sur les lois de probabilité se font sur les fonctions de répartition : on mesure l'écart entre la fonction de répartition théorique et la fonction de répartition observée.

On considère ainsi une variable aléatoire X de fonction de répartition F , que l'on veut comparer à une fonction de répartition théorique F_0 continue.

On souhaite tester :

-l'hypothèse $H_0 : F = F_0$,

Contre :

- l'hypothèse $H_1 : F \neq F_0$

Ci-dessous un exemple du test sur les pannes systémiques

Résultat N°12 : Les pannes systèmes

```
> # ***** pour les pannes systemes *****
> ks.test(SevPanSyst[,1],plnorm,lln$est[1],lln$est[2])

One-sample Kolmogorov-Smirnov test

data:  SevPanSyst[, 1]
D = 0.075546, p-value = 0.8946
alternative hypothesis: two-sided

> ks.test(SevPanSyst[,1],pgamma,lg$est[1], lg$est[2])

One-sample Kolmogorov-Smirnov test

data:  SevPanSyst[, 1]
D = 0.074373, p-value = 0.9046
alternative hypothesis: two-sided

> ks.test(SevPanSyst[,1],pexp,lexp$est)

One-sample Kolmogorov-Smirnov test

data:  SevPanSyst[, 1]
D = 0.56557, p-value = 6.661e-16
alternative hypothesis: two-sided

> ks.test(SevPanSyst[,1],pweibull,lw$est[1],lw$est[2])

One-sample Kolmogorov-Smirnov test

data:  SevPanSyst[, 1]
D = 0.10101, p-value = 0.6042
alternative hypothesis: two-sided
```

Source : Logiciel R

Seul la loi exponentiel ne permet pas de modéliser nos données par contre toutes les trois autres ajustent bien les données. On retient la loi gamma car elle présente la plus grande p-value.

3.4 La modélisation de la fréquence des pertes

Pour les fréquences des pertes nous avons retenu deux lois à savoir la loi de poisson et la loi binomiale négative. Pour ce faire, nous estimons le paramètre de la loi de poisson et les deux paramètres de la loi binomiale négative ensuite on fait un test d'adéquation de khi-2 pour savoir qu'elle loi ajuste bien nos données. Si les deux lois conviennent, on compare la p-value et on retient la loi qui présente la grande p-value.

En théorie des probabilités et en statistiques, la loi de Poisson est une loi de probabilité discrète qui décrit le comportement du nombre d'événements se produisant dans un laps de temps fixé, si ces événements se produisent avec une fréquence moyenne connue et indépendamment du temps écoulé depuis l'événement précédent.

La loi binomiale négative est une distribution de probabilité discrète. Elle décrit la situation suivante : une expérience consiste en une série de tirages indépendants, donnant un "succès" avec probabilité p (constantes durant toute l'expérience) et un "échec" avec une probabilité complémentaire. Cette expérience se poursuit jusqu'à l'obtention d'un nombre donné n de succès. La variable aléatoire représentant le nombre d'échecs (avant l'obtention du nombre donné n de succès) suit alors une loi binomiale négative. Ses paramètres sont n , le nombre de succès attendus, et p , la probabilité d'un succès. Cette loi est aussi connue sous le nom de loi de Pólya, en l'honneur de George Pólya.

Et puis Le test du Khi-deux (χ^2) prononcé « khi-deux » ou « khi carré » est un test non paramétrique qui permet de tester l'hypothèse H_0 selon laquelle les données observées sont engendrées par un modèle faisant intervenir une loi de probabilité, ou une famille de lois de probabilité.

Le choix du modèle résulte de diverses considérations théoriques ou expérimentales, et il importe de tester son adéquation

Figure N°13: La Loi de poisson (Les fraudes et détournements)

```
> regdesp<-c(valobs=kobs, valtab=qchisq(0.95, degf), pvalue=pchisq(kobs, degf, lower.tail=FALSE))  
> regdesp  
      valobs      valtab      pvalue  
1.8242930 9.4877290 0.7680349
```

Source : Elaboré par nos calculs sur logiciel R

La p-value est supérieur à 5% donc la loi de poisson ajuste bien le nombre mensuel des pertes dues aux fraudes et détournements.

Figure N°14: Loi binomiale négative(Les fraudes et détournements)

```
> regdesnb<-c(valobs=kobs, valtab=qchisq(0.95, degf), pvalue=pchisq(kobs, degf, lower.tail=FALSE))
> regdesnb
  valobs  valtab  pvalue
0.9919758 9.487725 0.9110103
```

Source : Elaboré par nos calculs sur logiciel R

La p-value est supérieur à 5% donc la loi binomiale ajuste bien le nombre mensuel des pertes dues aux fraudes et détournements.

Comme la p-value dans le cas de la loi binomiale négative (0.91) est supérieur à celle de la loi de poisson (0.76), on retient la loi binomiale négative comme celle qui ajuste le mieux nos données.

```
> ajustfmb<-goodfit(Fréquences[,2], type='nbinomial')
> ajustfmb$par
$size
[1] 3.054275

$prob
[1] 0.6831398
```

Figure N°15: Loi de poisson(Les litiges sociaux)

```
> regdesp<-c(valobs=kobs, valtab=qchisq(0.95, degf), pvalue=pchisq(kobs, degf, lower.tail=FALSE))
> regdesp
  valobs  valtab  pvalue
2.640281e+01 7.814728e+00 7.853624e-06
```

Source : Elaboré par nos calculs sur logiciel R

La p-value est supérieur à 5% donc la loi de poisson ajuste bien le nombre mensuel des pertes dues aux litiges sociaux.

Figure N°16: Loi binomiale négative(Les litiges sociaux)

```
> regdesnb<-c(valobs=kobs, valtab=qchisq(0.95, degf), pvalue=pchisq(kobs, degf, lower.tail=FALSE))
> regdesnb
  valobs  valtab  pvalue
2.0539037 7.8147275 0.5612945
```

Source : Elaboré par nos calculs sur logiciel R

La p-value est supérieur à 5% donc la loi de poisson ajuste bien le nombre mensuel des pertes dues aux litiges sociaux.

Comme la p-value dans le cas de la loi binomiale négative est supérieur à celle de la loi de poisson ,on retient la loi binomiale négative comme celle qui ajuste le mieux nos données.

```
> ajustfmb<-goodfit(Fréquences[,3],type='nbinomial')
> ajustfmb $par
$size
[1] 0.4978355

$prob
[1] 0.5322527
```

Figure N°17: Loi de poisson (Les pannes système)

```
> regdesp<-c(valobs=kobs, valtab=qchisq(0.95, degf), pvalue=pchisq(kobs, degf, lower.tail=FALSE))
> regdesp
      valobs      valtab      pvalue
1.695366e+02 1.259159e+01 5.640071e-34
```

Source : Elaboré par nos calculs sur logiciel R

La p-value est inférieur à 5% donc la loi de poisson n'ajuste pas le nombre mensuel des pertes dues aux pannes système.

Figure N°14: Loi binomiale négative(Les pannes système)

```
> regdesnb<-c(valobs=kobs, valtab=qchisq(0.95, degf), pvalue=pchisq(kobs, degf, lower.tail=FALSE))
> regdesnb
      valobs      valtab      pvalue
2.1320082 12.5915872 0.9071661
```

Source : Elaboré par nos calculs sur logiciel R

La p-value est supérieur à 5% donc la loi binomiale ajuste bien le nombre mensuel des pertes dues aux pannes systèmes. C'est donc cette dernière que l'on retiendra pour la suite.

Figure N°15: Loi binomiale négative(Les pannes système)

```
> ajustfmb$par
$size
[1] 0.3569821

$prob
[1] 0.2409412
```

Source : Elaboré par nos calculs sur logiciel R

3.5 Le calcul du capital économique

Le calcul du capital économique se fait en cinq étapes.

Etape 1 : On simule par monté Carlo le nombre mensuel de perte par catégorie de risque. On fait comme le calcul du capital économique se fait sur une année, on générera 12 valeurs mensuelles.

Etape 2 : on fait la somme des 12 valeurs simulées dans l'étape 1 et on génère un nombre équivalent de perte par catégorie de risque. On fait la somme des valeurs simulées pour obtenir la perte annuelle par catégorie de risque.

Etape 3 : on répète les étapes 1 et 2 plusieurs fois pour obtenir une longue série des pertes annuelles. Dans notre cas nous avons choisi de répéter ces étapes 100000 fois.

Etape 4 : on calcule, pour chaque type de risque, la VAR (Value At Risk) au seuil de 1% qui correspond au capital économique à allouer à chaque catégorie de risque.

Etape 5 : finalement, on calcule le capital économique global de l'entreprise en prenant en compte le pourcentage que représente chaque risque dans la perte globale par année.

Pour l'étape 5, on suppose que la contribution des différents types de risque est linéaire par conséquent, on rapporte la VAR pour chaque type de risque à la somme des VAR.

Tableau N° 1 : La VAR pour chaque type de risque

	Litiges commerciaux	Fraudes et détournements	Litiges sociaux	Pannes système
Loi des fréquences	Poisson	Binomiale négative	Binomiale négative	Binomiale négative
Loi de la sévérité des pertes	Loi DeWeibull	Loi Lognormale	Loi Exponentiel	Loi Gamma
Capital économique	6 517 143	35 189 196	12 881 667	4 460 655
Pourcentage	11%	60%	22%	8%

Source : Elaboré par nos calculs (logiciel R)

Nous constatons que le risque des fraudes et détournements est bien un risque grave, l'exigence en fonds propres au titre de ce risque est très élevé par rapport aux autres risques.

Le capital économique est alors la somme des VAR par type de risque pondéré des pourcentages. On a ainsi :

Capital économique globale = 24 836 929,93 Dirhams

Donc la société marocaine d'assurance doit avoir comme fonds propres réglementaires pour couvrir le risque opérationnel **24 836 929,93 Dirhams**.

Conclusion

Quoiqu'il en soit, un risque opérationnel mal apprécié peut entraîner des conséquences néfastes, les pertes peuvent être colossales et se chiffrer en milliards de Dirhams.

Le risque opérationnel n'est pas un risque négligeable au sens de Solvabilité II. Le Maroc, quant à lui, est très en retard par rapport à l'application de cette nouvelle réglementation.

Pourtant après le contrat programme, signé en mai 2011 par le gouvernement marocain et le secteur d'assurance, et compte tenu de la prise de conscience du danger du risque opérationnel, les compagnies marocaines essaient d'investir de plus en plus pour la quantification de ce risque et se préparer à ses exigences nouvelles.

En effet, nous avons vu que la formule de l'approche simple, qui risque d'être utilisée dans les QIS5, tend à surestimer les besoins en capitaux propres au titre du risque opérationnel par rapport à l'ancienne formule des QIS4.

Cependant, la formule standard, très consommatrice en fonds propres, ne reflète pas forcément les risques potentiels. Quant à la formule Bayésienne, elle permet d'introduire de la variabilité dans les scénarii étudiés et de simuler les pertes sans nécessité de base historisée des données. Cette approche est utilisée en cas de risques de faibles fréquences et de valeurs de pertes importantes.

C'est pourquoi nous nous sommes intéressés à la mise en place d'un modèle interne qui quantifierait les risques et qui s'adaptera à notre base de données (fréquence élevée et gravité faible).

Nous proposons un modèle décomposant les risques opérationnels en deux catégories : Les risques de fréquence et les risques de gravité ont été modélisés par une méthode Loss Distribution Approach (LDA). Le capital obtenu correspond à la VAR 99.9%. Il se caractérise par davantage de précision dans la quantification des risques. Cette recherche sera effectivement d'une grande utilité aux compagnies d'assurance marocaines qui désirent

adopter une approche avancée de mesure de capital, puisqu'elle fournit les étapes de modélisation de la méthode LDA.

Néanmoins, la technique est très coûteuse, nécessite du temps, l'historique des données et les charges de modélisation.

Les sociétés mères qui ont assez de ressources, peuvent quand même calculer les fonds propres par la modélisation LDA, ce qui est une tâche ardue pour les intermédiaires d'assurances.

Cela nous amène à nous interroger Les agents généraux et les courtiers, comment gèrent-ils leurs ressources pour appliquer la modélisation LDA ?

Bibliographie

1. Article de revues

- Abram T (2009).The Hidden Values of IT Risk Management .Isaca Journal
- Arrêté du ministre des finances et de la privatisation n° 1548- 05 relatif aux entreprises d'assurances et de réassurance
- Directive 2009/138/CE du parlement européen et du conseil du 25 novembre 2009 sur l'accès aux activités de l'assurance et de la réassurance et leur exercice, mise à jour de la directive 2014/51/UE du parlement européen et du conseil du 16 avril 2014,
- Éric Lamarque & Frantz Maurer, (2009). LE RISQUE OPÉRATIONNEL BANCAIRE Dispositif d'évaluation et système de pilotag . Revue française de gestion, n° 191 , 93 – 108
- Lissouki.A (2005) .Quelle formule standard pour la solvabilité des sociétés d'assurances? .Fédération française des sociétés d'assurances Les Entretiens de l'assurance ,2005 pp2
- O.Rahaoui & H.Boujadaa (2018). L'évolution du processus de décision dans un souci de gestion du risque opérationnel : cas d'une banque mutualiste marocaine. Revue du Contrôle de la Comptabilité et de l'Audit
- Van Hulle Karel.(2005). Solvabilité II : une approche « risquée » ?. Revue d'économie financière, n°80, 2005. L'industrie mondiale de l'assurance. pp. 243-252.

2. Livres

- Dahir n°1-02-238 (2002). « Code des assurances » .direction des assurances et de prévoyance sociale
- Jean-David DARSA (2013) , Les risques opérationnels de l'entreprise , GERESO ÉDITION
- Christian Jimenez ,Patrick Merlier, Dan Chelly (2008) .Risques opérationnels . Revue Banque

- Patrick Thourot (13 Février 2014). Solvency 2 en 125 mots clés. Revue Banque
- Dan Chelly (Janvier 2013) .Gérer les risques sous solvabilité. L'Argus de l'assurance
- Marcelo G. Cruz (2002) .Modelling, Measuring and Hedging Operational Risk . John Wiley & Sons

3. Mémoire et Rapport

- Auby.H & Belkacem.L .(1999).Au dela de la VaR , vers une nouvelle mesure du risque en gestion de portefeuille .institut national de recherche en Informatique et en Automatique,pp4
- J u l i e G A M O N E T (2006). Modélisation du risque opérationnel dans l'assurance. Centre d'Études Actuarielles

4. Webographie

- www.finances.gov.ma (Janv/2020)
- www.wikipedia.org (Janv/2020)
- www.fmsar.org.ma/Reglementations-assurances.html (Janv/2020)
- www.insurancespeaker-solucom.fr (Janv/2020)
- http://ec.europa.eu/index_fr.htm (Janv/2020)
- www.scor.com (Janvier /2019)
- <https://eiopa.europa.eu/regulation-supervision/insurance/solvency-ii>(Jan/2019)
- www.acpr.banque-france.fr(Janv/2020)
- www.ressources-actuarielles.net(Janv/2020)
- www.france-universite-numerique-mooc.fr(Janv/2020)
- <https://d1n7iqsz6ob2ad.cloudfront.net/document/pdf/5385ea0c14ea2.pdf>(Avr/19)
- <https://www.cia-ica.ca/docs/default-source/2014/214118f.pdf>(Janv/2020)
- <https://www.cia-ica.ca/docs/default-source/2014/214118f.pdf>(Janv/2020)
- www.actuarialab.net/storage/chakirali.pdf(Janv/2020)
- https://dipot.ulb.ac.be/dspace/bitstream/2013/14295/1/Lorent_BFW2007_02_proef-10.pdf(Janv/2020)
- https://www.revue-risques.fr/wp-content/uploads/2019/02/Risques-066_Web.pdf(Janv/2020)
- <https://www.actuarialab.net/storage/elanbarimouatassim.pdf>(Janv/2020)
- <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00967625/document>(Janv/2020)
- https://fr.wikipedia.org/wiki/Loi_binomiale_n%C3%A9gative(Janv/2020)
- https://www.memoireonline.com/04/12/5752/m_Allocation-du-capital-ajuste-au-risque-dans-le-cadre-du-projet-solvabilite-2-cas-dapplicatio36.html(Janv/2020)