

INSEA

## Projet de Fin d'Etudes

\*\*\*\*\*

### MODELISATION DE LA PRIME PURE DES ACCIDENTS DE TRAVAIL.

Préparé par : Wadiâ AZHARI

Sous la direction de : *M. Driss EFFINA* (INSEA)  
*M. Younes MOUATASSIM* (AAM)

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

**Diplôme d'Ingénieur d'Etat**

**Option : Actuariat-Finance**

*Devant le jury composé de :*

*M. Driss EFFINA* (INSEA)  
*M. Abderrahim OULIDI* (INSEA)  
*M. Youness MOUATASSIM* (AAM)

Jun 2014

## AVERTISSEMENT.

---

Afin de protéger la confidentialité des données utilisées lors de l'étude présentée dans ce mémoire, certaines informations (chiffres, graphiques, tableaux) figurant initialement dans les pages suivantes ont été masquées ou ont subi des modifications. Les statistiques descriptives de la base de données, les axes des graphiques ainsi que les résultats des simulations ont été sensiblement transformés pour apparaître dans ce document.

---

## DÉDICACE.

---

À mes très chers parents pour leur amour.

À mes frères Mohamed, Mourad, Anouar, Youssef et Ismail.

À mes sœurs Rachida, Rabiaa, et Karima.

À tous les amis pour leur soutien.

Wadia AZHARI.

---

## REMERCIEMENTS

---

**J**e tiens tout d'abord à remercier vivement tous les professeurs et tout le corps administratif de l'INSEA pour leurs efforts considérables à fin d'assurer aux élèves ingénieurs la meilleure formation théorique et pratique.

Mes vifs remerciements sont également adressés à Abderrahim DBICH, directeur de marché des particuliers à AXA pour son accueil chaleureux, et son suivi du projet pendant toute la période de stage.

Un grand remerciement est également destiné à M. Younes MOUATASSIM, actuaire senior à AXA , pour tous ses efforts considérables et ses conseils en matière d'orientation.

Je veux aussi témoigner ma reconnaissance aux membres de jury pour avoir accepté l'évaluation de mon travail.

En fin je tiens à remercier chaleureusement tous ceux et celles qui ont contribué de près ou de loin à l'accomplissement de ce stage.

## RÉSUMÉ.

---

Le stage effectué à AXA Assurance Maroc est un stage qui traduit un besoin de l'organisme .pendant ce stage nous avons traité partiellement la le projet intitulé « études de la rentabilité de la branche des accidents de travail », dans ce sens ce que nous avons pu réaliser pendant ces trois mois réside dans la modélisation de la prime pure. Classiquement, pour la modéliser cette prime on devrait passer pare trois phase principales .en premier lieu, afin de réaliser un descriptif pertinent du portefeuille de la compagnie on est obligé d'effectuer des traitements sur les bases de données qui occupent généralement une durée très importante .En deuxième lieu, salariale puisque on ne peut pas modéliser les grandes entreprises de la même manière que les petites entreprise nous devons chercher statistiquement un seuil de segmentation de la masse salariale .En fin on passe à la modélisation par deux méthodes statistiques en séparant les comptes ; le model GLM pour les entreprises avec de petites masses salariales puis le modèle de crédibilité de B.STRAUB pour les entreprises avec des grandes masses salariales .par conséquent on arrive à détecter les variables et surtout les modalités sur qui on pourra se baser pour améliorer la rentabilité de la branche des accident du travail de l'organisme .

## MOTS CLÉS.

---

Modélisation, Fréquence, coût moyen, GLM, Crédibilité, BUHLMAN STRAUB.

# TABLE DES MATIÈRES

---

LA BRANCHE DES ACCIDENTS DE TRAVAIL DANS SON ENVIRONNEMENT COMPÉTITIF. ....	13
I. Généralité sur l'assurance et sur l'organisme d'accueil.....	14
I.1. Initiation à l'assurance : .....	14
1.1.1 Définition de L'assurance : .....	14
I.1 .2 Coassurances et Réassurance :.....	15
II. Généralité sur l'organisme .....	16
II.1 Organigramme de la compagnie. ....	16
II .2 Historique d'AXA AL AMANE :.....	17
II .3 Naissance d'Axa Assurance Maroc :.....	17
III. Généralité sur les accidents du travail au Maroc:.....	18
III .1 Définitions : .....	19
III .2 Le caractère obligatoire : .....	19
IV. La présentation de l'assurance AT dans le marché marocain :.....	20
IV .1 Evolution du marché. ....	20
IV .2 L'environnement compétitif :.....	22
V .3 Le fonds de garantie : .....	23
IV.4 Interventions du fonds de majoration des rentes. ....	24
VI.5 Le règlement des indemnités .....	24
VI.5.1 L'indemnité journalière : .....	24
VI.5.2 En cas d'I.P.P (les rentes et capitaux).....	25
VI.5.3 Détermination du salaire qui sert au calcul de la rente .....	26
VI.6.4 Rente des conjoints :.....	27
VI.5.5 La rente des orphelins :.....	27
VI.5.6 La rente .....	28
VI.5.7 La réduction proportionnelle. ....	28
VI.6 Les autres garanties : (les frais médicaux et pharmaceutique).....	28
VI.6.1 Les frais médicaux :.....	28

VI.6.2 Les frais pharmaceutiques : .....	29
VI.6.3 Les frais funéraire : .....	29
PRÉSENTATION DES DONNÉES DE L'ORGANISME ET DU CADRE THÉORIQUE DE LA MODÉLISATION .....	30
I. Description de la base de données : .....	31
I.1 Objectif : .....	31
I.2 Les fichiers de base. ....	31
I.3 Les traitements et les épurements de la base de données. ....	31
II. Caractéristiques du portefeuille A.T : .....	31
II.1 Fichier sinistre : .....	31
III. La théorie de la modélisation de prime pure : .....	33
III.1 Séparation des petits comptes et des grands comptes. ....	33
III.1.1 Les raisons de la séparation. ....	33
III.1.2 Les critères de la séparation. ....	34
III.1.1 Les résultats de la séparation. ....	34
III.2 Modélisation la prime pure pour les petits comptes .....	34
III.2.1 Les raisons d'utilisation du «GLM» : .....	34
III.2.2 Le cadre théorique de «GLM » .....	35
III.2.2 La famille exponentielle : .....	35
III.2.3 Estimation des paramètres .....	35
III.2.3 Test de significativité des paramètres. ....	36
III.2.4 Comparaison des modèles : .....	36
III.2.4 Les résidus. ....	37
III.3 Théorie de crédibilité : « modèle de BUHLMAN-STRAUB » .....	37
III.3.1 Histoire : .....	37
III.3.2 Principe et motif : .....	38
III.3.3 Le modèle du BUHLMANN-STRAUB. ....	38
III.3.3.1 Hypothèses du modèle : .....	38
III.3.3.2 Théorème : .....	39
III.3.3.3 Interprétations. ....	40
III.3.4 Estimation des paramètres de structure : .....	40
III.3.5 Démarche à suivre : .....	41
APPLICATION DE LA THÉORIE AUX DONNÉES D'AXA ASSURANCE MAROC... ..	42
I. Séparation des comptes : .....	43

I.1	Objectif et perspective de la segmentation :	43
I.2	Choix de seuil de la segmentation :	44
I.3	Démarches utilisées :	45
I.3 .1	Le seuil et la déviance du modèle GLM :	45
I.3.2	Adaptation de la méthode de sinistres grave.	46
I.4	Conséquence :	46
II.	Modélisation du coût moyen de la charge pour les petits comptes	47
II.1	Application du modèle GLM sur le coût moyen	47
II .1 .1	Choix de la distribution	47
II.1.2	Présentation des variables tarifaires :	48
III.1.3	Classification des variables tarifaire :	49
II.2	Les résultats du GLM :	52
II.2.2	Interprétation des résultats :	53
III.	Modélisation de la charge des grands comptes par la crédibilité :	54
III.1	Rappel de l'objectif adapté à la base de données d'AXA :	54
III.2	la démarche appliquée sur les données d'AXA :	54
III.3	Interprétation du coût de crédibilité.	57
	<i>CONCLUSION</i> :	59
	<i>BIBLIOGRAPHIES</i> :	60
	Annexes.	61

## LISTE D'ABRÉVIATIONS

---

AAM:AXA Assurance Maroc.

AT: Accident de Travail.

CDG: Caisse de Dépôt et de Gestion.

CNRA: Caisse Nationale de Retraite et d'Assurance.

DAPS: Direction d'Assurance et de Prévoyance Sociale.

FMAR: Fédération Marocaine d'Assurance et de Réassurance.

GLM : Modèle Linéaire Généralisé.

I.P.P : Incapacité Physique Permanente.

I.T.T : Incapacité Temporaire de Travail.

MP: Maladies Professionnelles.

MEFP : Ministère d'Emploi et de Formation Professionnelle.

IARD : Incendie -Accident et Risque Divers.

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: les primes émises par branche d'assurance.....	21
Tableau 2: la part du marché du chaque compagnie d'assurance en pourcentage.....	22
Tableau 3: l'indemnisation en cas d'incapacité physique permanente .	25
Tableau 4 : Frais pharmaceutique à remboursés :	28
Tableau 5:frais d'hospitalisation selon le type de la chambre occupée,	29
Tableau 6 : corrélation entre la masse salariale et la prime.....	43
Tableau 7 : les quantiles de masse salariale pour tout le portefeuille	45
Tableau 8 : les classes activités de portefeuille	48
Tableau 9: les classes de la variable "activité "	50
Tableau 10 : les <i>betas</i> estimés par le modèle « GLM –sortie SAS html».....	52

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : organigramme d'AXA Assurance Maroc.....	16
Figure 2: évolution des primes émises entre 2007 et 2013 dans le marché en milliers, .....	20
Figure 3:part des émises dans le marché par branche en 2013. ....	21
Figure 4 : parts de marché des compagnies d'assurance dans le marché marocain en 2013 :.	23
Figure 5 : La courbe de LORENZ de la distribution des masse salariales.....	44
Figure 6: Répartition de la masse salariale.....	46
Figure 7 : digrammes des QQ-plot de certaines lois. ....	47
Figure 8 : variation du coût crédibilisé d'une police à l'autre.....	55
Figure 9 : le coût crédibilisé en fonction du facteur de crédibilité.....	56
Figure 10 : exemple illustratif pour l'interprétation du facteur de crédibilité.....	57

## **INTRDUCTION :**

---

Au Maroc, les accidents du travail sont gérés principalement par les compagnies privées d'assurance tandis que dans les autres pays ils sont régis par le système de la sécurité sociale de l'Etat. Statistiquement, le nombre d'accidents de travail enregistré par année dans tout le Royaume est évalué à **60 000**, et ces accidents sont généralement issus des activités de manutention de marchandise et du secteur de bâtiments et travaux publics .En outre, les compagnies d'assurance traitent **6 000** dossiers en moyens par an.

Cette privatisation de la branche d'assurance non vie n'implique pas évidemment la liberté des tarifs dans le marché. Autrement dit, la direction de l'assurance et de la prévoyance sociale détermine les tarifs avec lesquels les compagnies d'assurances doivent commercialisés le coté obligatoire de la branche « accident de travail et maladie professionnel ». Cependant, les compagnies peuvent introduire d'autres produits facultatifs conçus à travers des études principalement actuarielles et commerciales et qui donnent plus de choix aux assurés selon leur objet de garantie. Dans ce sens, les assureurs effectuent périodiquement des études sur leurs branches afin de déterminer leurs rentabilités.

Dans cette perspective, AXA Assurance Maroc lance le projet de l'étude de la rentabilité de l'assurance des accidents de travail, surtout qu'elle est en première position en 2013, en termes de chiffre d'affaire .Afin d'analyser rigoureusement et en proche le comportement de ces assurés en fonction de plusieurs caractéristiques. Mon travail s'inscrit pendant toute la période du stage dans le but de réaliser une étude statistique et actuarielle sur la branche AT avec les observations réelles du portefeuille de l'organisme d'accueil. La modélisation élaborée et les statistiques calculées pendant ce stage permet d'analyser le portefeuille d'AXA et d'avoir une idée sur la rentabilité de la branche. Cette dernière, se traduit à travers le rapport des primes sur les charges qui sont à l'engagement de la compagnie. En outre, cette étude permet d'avoir des décisions qui vise l'amélioration de l'activité de la branche.

Le déroulement de l'étude s'articule généralement autours trois parties ; une partie qui décrit le contexte global de l'assurance des accidents de travail au Maroc en mettant l'accent particulièrement sur l'offre d'AXA puis un descriptif statistique qui suit le cahier de charge

## *Introduction*

du projet et qui décrit le portefeuille d'AXA en manipulant exhaustivement les bases de données. Enfin, nous modélisons la fréquence et la charge par le modèle linéaire généralisé en mettant en exergue les recommandations à prendre pour améliorer la branche.

# Partie 1 :

## LA BRANCHE DES ACCIDENTS DE TRAVAIL DANS SON ENVIRONNEMENT COMPÉTITIF.

---

Cette partie se focalise sur une brève présentation de l'organisme d'accueil, sur l'introduction de la branche des accidents de travail dans le marché marocain .et sur la position concurrentielle de l'organisme.



## **I. Généralité sur l'assurance et sur l'organisme d'accueil**

Ce chapitre met en évidence la présentation de l'organisme

### **I.1. Initiation à l'assurance :**

#### **1.1.1 Définition de L'assurance :**

L'assurance c'est la mutualité, c'est la réunion de nombreuses personnes qui, risquant d'être frappées par un événement similaire, coûteux ou dommageable, s'accordent entre elles à l'avance pour venir en aide à celui ou ceux qui sont frappés par le sort.

Chaque assuré souscripteur verse sa quote-part à l'assurance. L'ensemble des primes ainsi versées financent le remboursement des sinistres dans une même catégorie de risques. Les cotisants, pour eux comme pour les autres, constituent ainsi une mutualité.

L'industrie de l'assurance consiste donc à organiser cette réunion de capitaux et leur versement. Il faut ainsi une organisation rigoureuse et une forte solidarité réciproque. Il serait aléatoire d'attendre l'accident pour réunir les fonds nécessaires à ceux qui sont frappés, de même que divers mécanismes doivent prévoir l'aggravation continue ou temporaire d'un risque (augmentation imprévisible de la fréquence des vols par exemple) ou sa diminution. Le système doit se prémunir contre les abus et les " tricheries " et chacun doit être traité avec les mêmes règles.

C'est pourquoi, le législateur est intervenu pour définir l'application de règles strictes de souscription et de paiement des sinistres et des primes, règles qui visent en définitive la protection de la mutualité.

L'assurance donc est le seul moyen au monde de faire supporter par autrui (l'assureur) ce que vous ne pouvez pas supporter seul.

Cependant, tous les risques ne sont pas assurables. Pour qu'un risque soit assurable, il doit obéir à trois règles :

- Être "futur" ;
- Être aléatoire et incertain dans sa survenance ou dans sa date (assurance vie) ;
- Être indépendant de la volonté de l'assuré.

## I.1 .2 Coassurances et Réassurance :

Afin de ne pas s'exposer à une situation dépassant ses capacités financières, l'assureur doit prendre des mesures visant à limiter ses propres risques.

L'assureur doit :

- Restreindre les conséquences d'un sinistre collectif frappant simultanément un nombre plus ou moins important d'assurés. Il devra donc ne pas limiter son activité à une seule catégorie de risques ou à une région géographique de faible étendue.
- Eviter la survenance d'un sinistre trop important compte tenu de ses ressources. Son portefeuille devra donc être composé de nombreux petits et moyens risques plutôt que d'un nombre restreint de gros risques.
- Limiter sa participation sur chaque risque en fonction de son portefeuille et de sa capacité financière.

Ainsi, la somme maximale que l'assureur peut accepter sur un risque déterminé s'appelle le plein de souscription. L'assureur déterminera son plein en fonction de l'importance de la société et en tenant compte des données fournies par le calcul des probabilités. Il varie suivant les catégories d'assurances. L'assureur qui se voit proposer des risques dont le montant excède son plein est obligé de se décharger de cet excédent. Pour cela, il peut employer deux formules :

- Une formule qui consiste à partager le risque en un certain nombre de participations réparties entre plusieurs assureurs. Cette méthode est appelée co-assurance.
- Une autre formule qui consiste à laisser à la charge d'un tiers appelé réassureur une partie proportionnelle ou limitative des risques souscrits par l'assureur primaire. Cette méthode est appelée réassurance.

Donc, la co-assurance est l'opération par laquelle plusieurs compagnies garantissent un même risque, jugé trop important pour chacune d'elles, en prenant respectivement une fraction déterminée contractuellement. Tandis que la réassurance est une opération par laquelle l'Assureur, qui demeure seul responsable vis-à-vis des assurés pour les risques qu'il a

acceptés de couvrir, se garantit à son tour auprès d'un tiers (le Réassureur) pour une partie plus ou moins importante de ces risques.

## II. Généralité sur l'organisme

### II.1 Organigramme de la compagnie.

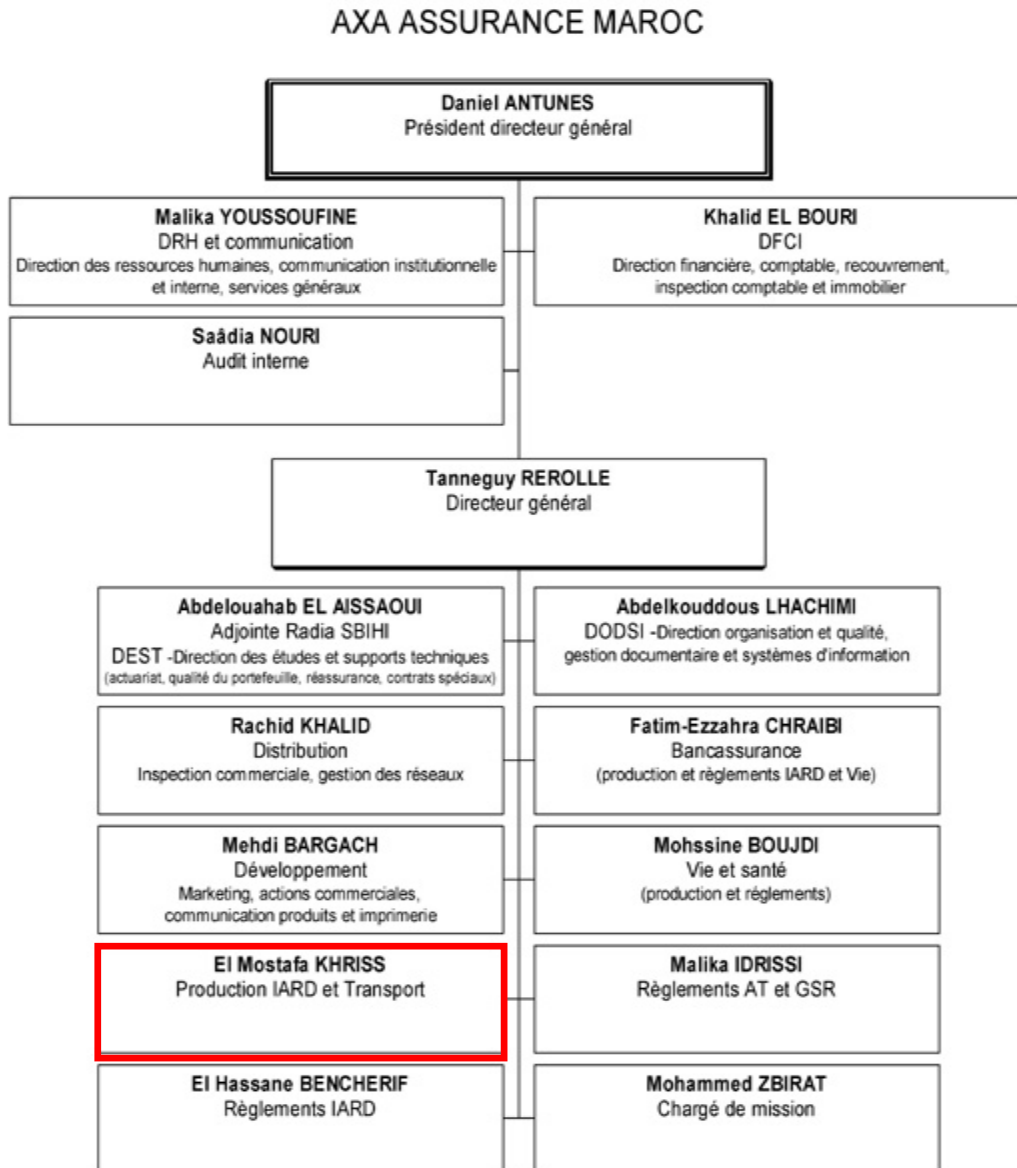


Figure 1 : organigramme d'AXA Assurance Maroc.

Source : document AXA

Pendant ce stage nous avons travaillé dans direction de la production IARD et transport et précisément dans l'entité assurances dommages. On remarque que la structure de l'organisme

et hiérarchique fonctionnelle c'est-à-dire qu'on trouve une ligne verticale et une horizontale, les directions de la même ligne on le même pouvoir hiérarchique.

## II .2 Historique d'AXA AL AMANE :

<b>1924 :</b>	Ouverture de la délégation de l'Urbaine pour le Maroc.
<b>Années 30 :</b>	Ouverture des autres délégations qui composeront plus tard le portefeuille de l'Entente AL AMANE
<b>1950 :</b>	Création de l'Entente Africaine Transfert des portefeuilles d'assurances de L'URBAINE ET SEINE
<b>1959 :</b>	L'Entente Africaine devient l'Entente Absorption de la MERIDIENE, L'INTROCEANE et de LA FLANDRE
<b>1968 :</b>	Naissance de L'UAP Accord de représentation entre l'Entente et l'UAP
<b>1975 :</b>	Création d'AL AMANE Transfert du portefeuille d'assurances de l'ex UAP-VIE MAROC Transfert du portefeuille d'assurance VIE de L'ENENTE
<b>1985 :</b>	Naissance du Groupe AL AMANE- L'Entente
<b>1993 :</b>	Fusion et absorption de L'Entente par AL AMANE
<b>1997 :</b>	Axa absorbe L'UAP et AL AMANE devient sa filiale au Maroc.
<b>1999 :</b>	AXA affirme sa présence au Maroc, AL AMANE devient AXA ALAMANE

## II .3 Naissance d'Axa Assurance Maroc :

La fusion d'AXA Al Amane et de la Compagnie Africaine d'Assurances a donné lieu à la naissance d'AXA Assurance Maroc. Née le jeudi 25 mai 1999, la compagnie d'assurance a deux actionnaires de référence : le groupe AXA (51%) l'un des premiers groupes mondiaux spécialisé dans la protection financière, et le groupe ONA (49%) le premier groupe marocain opérant dans des activités industrielles et financières.

AXA Assurance Maroc offre une gamme complète de produits concernant l'ensemble des risques des particuliers et des entreprises. Elle a un principe simple : chaque question,

projet, besoin ponctuel ou de long terme doit trouver une réponse AXA Assurance Maroc. Selon trois critères clefs : écoûte, conseil et satisfaction du client.

Cette nouvelle entité contrôle une part de marché de plus de 21% avec 2.2 milliards de dirhams comme chiffre d'affaire, 9.8 milliards de dirhams de provisions techniques, 15 milliards de dirhams d'actifs gérés et 3.6 milliards de dirhams de fonds propres. AXA Assurance Maroc s'est fixés des axes stratégiques :

- Apporter des réponses adéquates aux besoins de ses clients.
- Développer en permanence le professionnalisme et le savoir-faire de ses équipes.
- Rechercher la qualité de service garantie à tous les niveaux comme l'atteste la certification ISO 9001.
- Etre exemplaire sur son marché.

### **III. Généralité sur les accidents du travail au Maroc:**

Les textes qui justifient les informations exposées dans ce mémoire durant ce travail sont issus de la base juridique suivante :

- Décret du 10 novembre 2010 relatif au tarif à appliquer.
- Deux arrêtés du MEFP du 16 février 2010 fixant le salaire des rentes.
- loi 06.03 modifiant le dahir du 6 février 1963 par le dahir n° 1-03-167 (19 juin 2003).
- Arrête du 7 Aout 2002 fixant les tarifs des frais médicaux.
- Loi 18.01 modifiant et complétant le dahir du 6 février 1963 par le dahir n° 1-02-179 (23 juillet 2002).
- Arrêté du 23 décembre 1999 relatif au tableau des maladies professionnelles
- Arrêté du 27 février 1975 relatif aux frais funéraires.
- « Dahir n° 1-60-223 du 12 ramadan 1382 (6 février 1963) portant modification en la forme du dahir du 25 hija 1345 (25 juin 1927) relatif à la réparation des accidents du travail »
- Dahir du 31 Mai 1943 relatif aux maladies professionnelles
- dahir du 25 hija 1345 (25 juin 1927) des accidents du travail.

### **III .1 Définitions :**

**L'accident du travail :** « selon l'article 3 de du dahir 1-206-223 » est l'accident qui survient à un salarié qui travail pour le compte d'un ou plusieurs employeurs dans un endroit quelconque, quelle qu'en soit la cause, par le fait ou à l'occasion du travail même si la profession exercée n'est à un but lucratif.

#### **Les accidents du trajet :**

Le trajet sur lequel peut survenir l'accident et passer pour un accident de travail réside dans : le lieu entre de travail est la résidence principale le travail et dans les heures du travail, ou le lieu où on prend les trois repas du jour et le lieu du travail dans les heures du travail, ou lieu habituel des repas et la résidence dans l'heure du travail.

**Les maladies professionnelles :** « L'article 2 du dahir du 31/05/1943 » régissant les maladies professionnelles, a établi une liste nominative des maladies pouvant être qualifiées de professionnelle.

- Les manifestations morbides d'intoxications aiguës ou chroniques.
- Les infections microbiennes.
- Les affections résultants d'une ambiance ou d'attitudes particulières.

#### **Les accidents du travail : selon l'article 3 de du dahir 1-206-223**

### **III .2 Le caractère obligatoire :**

Selon la Loi 18-01 modifiant et complétant le dahir du 6 février 1963 par le dahir n° 1-03-167 (23 juillet 2002), toutes les entreprises doivent souscrire un contrat d'assurance AT .par la suite , le dahir de 23 juillet 2003 complétant aussi le dahir 06 fevrier1963 permet de restreindre le champs d'obligation de l'assurance AT à toute entreprise assujetties à la CNSS , aussi les agents de collectivité locales temporaire occasionnels , journaliers contractuels ainsi que les salariés des établissement publique non adhérer au régime de sécurité sociale .

De plus, lors de la souscription ou de renouvellement du contrat l'entreprise doit adresser une copie certifiée conforme concernant la déclaration du salarié au régime de sécurité social à la compagnie d'assurance en question.

Selon l'article 3 de la loi 18-01 qui complète le chapitre de du dahir 1-60-223, toute personne s'abstinentes de souscrire ou de renouveler le contrat parmi les personnes obligée de le faire doit être sanctionné d'une amende qui varie de 2000 dirhams à 100000 dirhams, en

cas de récidive, plus de l'amende la personne en question fait l'objet d'un emprisonnement qui peut être d'un mois à trois mois.

#### IV. La présentation de l'assurance AT dans le marché marocain :

##### IV .1 Evolution du marché.

Au Maroc l'assurance de la branche des accidents du travail sont dominée par le secteur privé selon les rapports de la fédération marocaine de l'assurance et de la réassurance, l'évolution des primes émises de la branche entre 2007 et 2013 (en milliers de dirhams) est en augmentation (le taux d'évolution entre 2007 et 2013 est de 45 %

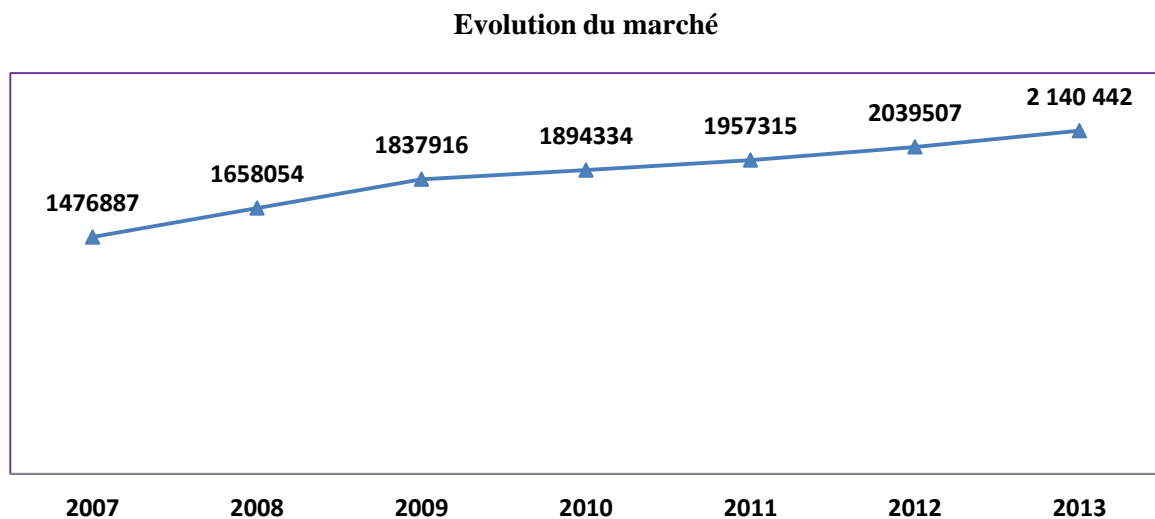


Figure 2: évolution des primes émises entre 2007 et 2013 dans le marché en milliers,

Source : FMAR

Les compagnies d'assurances qui couvrent les accidents de travail en 2013 sont :AXA assurance Maroc ,Wafa assurance ,RMA watanya, ATLANTA SANAD,ZURICH,MAMDA ,MCMA et MATU .ESSAADA et CINIA assurance sont cessées de souscrire les contrat des AT .

Tableau 1: les primes émises par branche d'assurance.

Branches	Les primes émises dans le marché en 2013(en Milliers DHS)
Automobile	8 497 064
Accidents corporels - Maladies – Maternité	3 068 767
<b>Accidents du travail et Maladies Professionnelles</b>	<b>2 140 442</b>
Incendie et éléments naturels	1 255 429
Assistance - crédit – caution	968 905
Autres opérations	606 687
Transport	587 365
Responsabilité civile générale	509 490
Assurances des risques techniques	377 051

source : FMAR

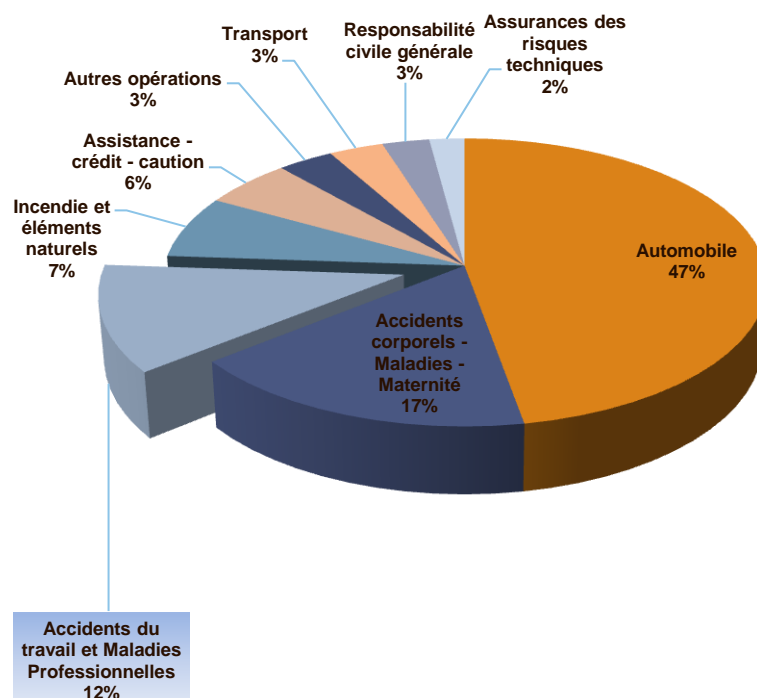


Figure 3: part des primes émises dans le marché par branche en 2013.

Source : FMAR

On constate que la branche des accidents du travail est en troisième position par rapport à l'autre branche après la branche d'automobile et celle des accidents corporel-maladies-maternité, les trois positions sont expliquées par leur caractère obligatoire.

#### IV .2 L'environnement compétitif :

Il s'agit de voir la part du marché de chaque compagnie d'assurance en pourcentage on constate que AXA Assurance Maroc est en première position par rapport à ces concurrents en 2013 mais elle est classée la deuxième entre 2007 et 2012, ceci est aux efforts en élargissant les champs d'application par l'ouverture sur d'autres garanties facultatives qui permettent d'augmenter le nombre de police inscrit à la compagnie .

Tableau 2: la part du marché de chaque compagnie d'assurance en pourcentage.

Années	2 007	2 008	2 009	2 010	2 011	2 012	2 013
A.A.M	18,41%	18,58%	24,00%	18,45%	19,92%	21,21%	22,16%
WAFA Assurance	9,76%	9,64%	15,03%	16,65%	19,03%	18,88%	18,80%
RMA Watanya	21,90%	22,12%	29,65%	22,14%	21,03%	21,54%	18,54%
Atlanta	8,72%	8,91%	11,51%	8,65%	8,86%	7,61%	8,71%
SANAD	10,37%	9,97%	11,47%	8,30%	6,63%	6,21%	6,85%
Zurich	6,07%	6,57%	8,26%	6,51%	7,00%	6,32%	5,69%
MAMDA	3,83%	4,13%	5,26%	4,00%	3,87%	3,36%	3,52%
MCMA	2,15%	1,91%	2,22%	1,46%	1,37%	2,52%	2,59%
MATU	0,0113	0,0092	0,0023	-	-	-	0,21%
ESSAADA	11,73%	10,04%	-	-	-	-	-
CNIA Assurance	5,92%	7,21%	16,82%	13,83%	12,29%	12,33%	-

Source : Rapports d'activités FMAR

Pour voir en proche la part de la compagnie en 2013 en termes de chiffre d'affaire on représente les chiffres sous cette forme :

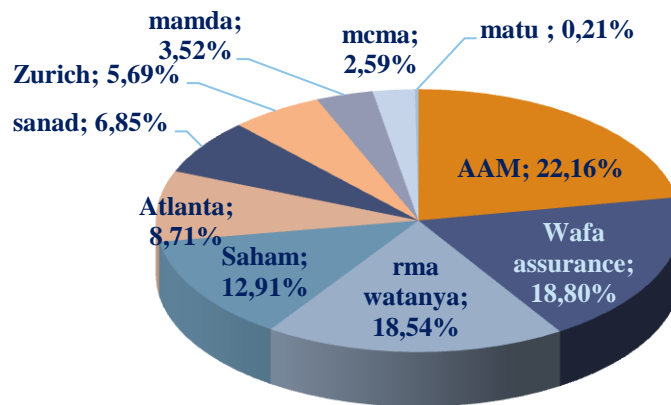


Figure 4 : parts de marché des compagnies d'assurance dans le marché marocain en 2013 :

Source : Rapport de FMAR 2013

On constate qu'AXA Assurance Maroc est en première position en termes de chiffre d'affaire avec une part de 22 % et avec 474 332 000 dirhams en prime émises de l'année 2013.

### V.3Le fonds de garantie :

La CNRA intervient en matière de la gestion financière (gestion administrative réalisée par le ministère d'emploi ...) des rentes permet en payant les rente attribué par voie de justice suite à un accident du travail .En outre les compagnies d'assurance qui sont tenues de payés des rentes trimestrielle peuvent déléguer cette fonction à la CNRA moyennant le dépôt d'un capital constitutif des rentes ,dans ce sens les article 343 et 178 du dahir 1-60-232 consistent à déposer obligatoirement un capital représentatif des rentes dans deux mois après la décision judiciaire (ou accord amiable entre parties) au profit de CDG afin d'assurer deux situations :Les accidents de circulation, (accident assimilé à l'accident du travail) et les accidents des salariés avec employeur non assuré (autre que l'Etat non assuré contre les accidents du travail).

Fonds de Majoration des Rentes des Victimes d'Accidents du Travail ou de leurs ayants droit est régi par le Dahir du 9 décembre 1943 et par son Arrêté d'application, daté du 10 décembre 1943 .Ce fonds géré par le Service du Travail n'est pas doté d'une autonomie administrative et financière. Il est géré par le Trésorier Général de l'Etat

#### **IV.4 Interventions du fonds de majoration des rentes.**

- Accorder des majorations de rentes aux victimes d'accidents du travail ou à leurs ayants droit, qui ont bénéficié de rentes, en vertu du Dahir du 25 juin 1927 .Cette disposition est appliquée avec effet rétroactif aux victimes ou à leurs ayants droit, Le taux d'I.P.P. minimum exigé pour bénéficier d'une majoration de rente est de 30%.
- Allouer des allocations aux victimes d'accidents du travail ou à leurs ayants droit, qui n'ont pas bénéficié de rentes, en vertu du Dahir du 25 juin 1927.Ceci concerne les professions qui n'étaient pas assujetties au Dahir du 25 juin 1927 au moment de la survenance de l'accident du travail, à condition que cette profession soit assujettie à ce Dahir, à la date de dépôt de la demande d'allocation.
- Allouer une majoration de rente à la victime atteinte d'une incapacité totale du travail, l'obligeant à avoir recours à l'assistance d'une tierce personne, pour effectuer les actes ordinaires de la vie.
- Fourniture et renouvellement d'appareils de prothèse pour les accidentés du travail, quel que soit le degré de leur incapacité et dont l'infirmité résultant de l'accident nécessite un appareil de prothèse ou d'orthopédie.
- Les recettes du Fonds de Majoration des Rentes :
- Les avances qui sont consenties par le Trésor, conformément à l'article 11 du Dahir du 9 décembre 1943,
- Les avances qui lui sont consenties par les autres fonds institués par la législation des accidents du Travail,
- Le produit des taxes et contributions recouvrées par application de l'article 10 du Dahir du 9 décembre 1943,

#### **VI.5 Le règlement des indemnités**

Les indemnités que l'entreprise ou l'assurance garantie à la victime sont :

##### **VI.5.1 L'indemnité journalière :**

« Chapitre 2 du dahir 1-60-223 (6 février 1963) ».

Cette indemnité prend effet à partir du lendemain de l'accident et le premier jour (le jour de l'accident) est à la charge de l'employeur dans le calcul de cette indemnité il sera intéressant de noter qu'il n'y a aucune différence entre les jours ouvrables et les non-ouvrables en d'autres termes ; les jours de repos hebdomadaire les fêtes chômées, et les jours fériés sont comptés de la même manière que les jours dont lesquels on travaille.

Le règlement donne cette formule de calcul :

$Indemnité\ journaliere = \frac{2}{3} remuneration\ quotidienne$ , cette rémunération prend en considération le salaire journalier proprement dit et le montant des avantages supplémentaires en nature (logement, nourriture,...) ou en argent (indemnités de cherté de vie, prime d'ancienneté...), de plus le salaire journalier est calculer comme suit :

- $salaire\ journalié = Salaire\ horaire \times 8$  ;
- $salaire\ journalié = Salaire\ hebdomadaire /6$  ;
- $salaire\ journalié = Salaire\ bihebdomadaire/12$  ;
- $salaire\ journalié = Salaire\ mensuel/243$  ;
- $salaire\ journalié = Salaire\ annuel /300$ .

En outre si on veut calculer l'indemnité total on multiplie par le nombre de jours d'arrêt du travail, cette dernière est caractérisé par une date de départ (le lendemain de l'accident) la date de la cession (la veille de la reprise du travail).

Si le salaire journalier est variable alors on prend la moyenne pendant 24 jours de travail qui précèdent l'accident du travail et si le travail du salarié est discontinu si le travail est discontinu on prend le salaire horaire on indemnise par heure sous la base d'un salaire journalier calculé a travers le salaire hebdomadaire avec un minimum de 48 heure de travail pendant les 6 jours.

### VI.5.2 En cas d'I.P.P (les rentes et capitaux)

Tableau 3: l'indemnisation en cas d'incapacité physique permanente .

IPP	Rente/capital	Calcul de l'indemnité
IPP<10%	Rente ou capital	Rente Annuelle = 50% (Salaire Annuel * Taux d'IPP). Capital de Rachat = Rente x le prix de rente.
10%<=IPP<30%	Rente annuelle	Rente Annuelle =50% (Salaire Annuel * Taux d'IPP).
30%<=IPP<50%	Rente annuelle	Rente Annuelle = (Salaire Annuel * Taux d'IPP Réduit).
IPP>=51%	Rente annuelle	Rente Annuelle = (Salaire Annuel * Taux d'IPP Réduit).

Source : « le dahir 1-60-1963 »

Le calcul de taux d'I.P.P.

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{si } 30\% \leq IPP < 50\% \text{ le taux IPP réduit} = 15\% + (\text{taux d'IPP} - 30\%) + 50\%(\text{taux d'IPP} - 30\%). \\ \text{si } IPP > 50\% \text{ le taux d'IPP réduit} = 45\% + (\text{taux d'IPP} - 50\%). \end{array} \right.$$

Le taux de l'incapacité permanente est déterminé en fonction de son âge de sa faculté physique et morale de la victime, et en fonction de ces capacité et de ses qualification professionnelles suivant un barème d'invalidité déterminé par un arrêté du ministre délégué au travail et aux affaires sociales.

Lorsque la victime subit plusieurs accidents du travail en calcul des taux d'incapacité réduit pour tous les accidents et le taux d'incapacité total (pour tous les accidents)...

### VI.5.3 Détermination du salaire qui sert au calcul de la rente <sup>1</sup>

Il s'agit de voir le salaire sous lequel cette rente et ces capitaux sont calculé, ainsi il sera important de définir les différentes notions du salaire dont on aura besoin.

Salaire réel : la rémunération réel de la victime

Salaire de base : salaire avant toute déduction et avant toute cotisation sociale

SMIG ou SMAG : salaire minimal interprofessionnel ou agricole garantie.

**Premier cas** : si le salaire réel est inférieur au SMIG ou SMAG avec un  $IPP \geq 10\%$  ou en cas de décès alors salaire de base est égale au SMIG annuel qui est fixé à 24344,32 dirhams.

**Deuxième cas** : si le salaire réel est entre les deux borne 105739,67 et le SIMG alors 422958,67 alors le salaire de base est égale au salaire réel.

**Troisième cas** : si le salaire réel est entre 105739,67 et 422958,67 dirhams alors le salaire de base est réduit à salaire égale à  $105739,67 + (\text{salaire reel} - 105739,67)/3$

**Quatrième cas** : Si le salaire réel annuel dépasse la borne 422958,67 dirhams alors on réduit le salaire à  $211479,34 + (\text{salaire reel} - 422958,67)/8$ .

Calcul des capitaux :

Pour le calcul des capitaux :

Lorsque le taux d'IPP < 10% alors on à possibilité de rachat des rentes sous forme d'un capital ceci est obtenu en multipliant par le tarif de rente ce dernier est calculé sous la base de la table *PF 60-64* ou C.R.I avec un *taux technique de : 4,75%* (pour l'incapacité permanente ,l'âge commence de 15 ans à 80 ans sauf pour les enfants et les descendant ( l'âge dans l'intervalle (0 ans ,15 ans)) .le calcul se fait avec un taux technique *de 3,5 %* et avec un taux de chargement de 3%. Il est à remarquer que le prix de rente est différent selon le cas où on est dans le cas d'une incapacité physique partiel ou absolue est plus précisément les tarifs de

---

<sup>1</sup> Source : (16 février 2010 : fixation des salaires annuels pour calcul des rentes)

rente réservés à l'incapacité partielle sont supérieures à ceux réservés pour l'incapacité absolue ceci est du à l'effet des rentes viagères, autrement dit, en cas d'incapacité partielle la victime pourra reprendre son travail, tandis qu'en incapacité absolue l'assureur doit rendre des rentes viagères à l'assuré.

#### **En cas de décès :**

En cas de décès les indemnités sont reversées aux bénéficiaires : les conjoints, les orphelins, et les ascendants.

#### **VI.6.4 Rente des conjoints <sup>2</sup>:**

Pour les conjoints on distingue selon l'âge du conjoint, le jour où le conjoint atteint un âge supérieur à 60 ans (le jour de l'accident ou un autre jour) il bénéficie de **50 %** du salaire annuel. Dans le cas contraire il profite seulement de **30%** du salaire annuel de la victime. Cette rente est servie au conjoint survivant non divorcé et non séparé du corps de la victime.

#### La rente et la pension alimentaire :

Dans le cas où la victime doit à un conjoint une pension alimentaire, la rente est ramenée à cette pension. Et si y en a plusieurs on ne peut pas dépasser 20% du salaire annuel. Et si l'un des conjoints décède les rentes des autres augmentent proportionnellement.

Et si le conjoint survivant non divorcé et non séparé du corps de la victime a droit à cette pension alimentaire on donne une rente qui est évaluée au max (30% salaire annuel – pension alimentaire, 15% salaire annuel ou à 20% du salaire annuel s'il a un enfant ou plusieurs).

Le conjoint condamné pour abandon familial n'a aucun bénéfice du décès de la victime. Dans le cas où le conjoint (sans enfants) se remarie la rente sera suspendue est comme indemnisation définitive il reçoit un montant de triple du salaire annuel, tandis que s'il a des enfants : la pension est maintenue tant que l'un des enfants a le droit d'en profiter, en outre le rachat de cette rente est déferé jusqu'à l'âge où l'enfant n'a plus droit d'en bénéficier.

#### **VI.5.5 La rente des orphelins :**

Les enfants légitimes ou adoptés non mariés orphelins de père ou de mère âgés de moins de 16 ans bénéficient d'une rente de 15% du salaire annuel (pour un orphelin), 30% (pour deux), 40% (pour trois),... Si les enfants sont orphelins du père et de mère ils profitent de 20% du salaire annuel pour chacun. Pour l'âge de l'enfant, les limites de 17 ans si l'enfant est en

---

<sup>2</sup> Source : « Chapitre 3 deuxième section dahir n°1-60-223 »

apprentissage et de 21 ans s'il continue ses études sont acceptées pour l'indemnisation de la rente.

#### **VI.5.6 La rente des ascendants:**

Les ascendants profitent de 10% du salaire annuel comme rente pour chacun à condition que la somme des rentes ne dépasse pas 30% du salaire annuel, si c'est le cas on plafonne à 30% et on réduit proportionnellement pour chaque ascendant

#### **VI.5.7 La réduction proportionnelle.**

La somme de toute l'indemnisation mentionnées ne peuvent pas dépassée 85% du salaire, si c'est le cas on réduit proportionnellement chaque indemnisé pour plafonner le tout à 85 % du salaire annuel.

### **VI.6 Les autres garanties : (les frais médicaux et pharmaceutique)**

#### **VI.6.1 Les frais médicaux :**

Les tarifs de ces frais sont fixés à travers le tableau suivant :

Tableau 4 : Frais pharmaceutique à remboursés :

<b>code</b>	<b>frais pharmaceutiques</b>	<b>Frais à remboursés (dirhams)</b>
<b>K</b>	<b>Acte de chirurgie de spécialité</b>	<b>10</b>
<b>RZ</b>	<b>Acte radiologie</b>	<b>7,5</b>
	<b>acte de pratique médicale courante et petite</b>	
<b>PC</b>	<b>chirurgie</b>	<b>7</b>
<b>D</b>	<b>Acte pratiqué par le chirurgien dentiste</b>	<b>10</b>
<b>B</b>	<b>acte de biologie</b>	<b>1,5</b>
	<b>consultation au cabinet par le médecin</b>	
<b>C</b>	<b>comprenant le diagnostic courant</b>	<b>40</b>
<b>C2</b>	<b>consultation au cabinet par le médecin spécialiste</b>	<b>60</b>
<b>V</b>	<b>visite au domicile par le médecin</b>	<b>65</b>
	<b>visite au domicile par le médecin spécialiste</b>	
<b>V2</b>	<b>qualifié</b>	<b>80</b>
<b>VN</b>	<b>visite de nuit 21h 7h</b>	<b>70</b>
<b>V2N</b>	<b>visite de nuit 21h 7h médecin spécialiste qualifié</b>	<b>85</b>
<b>VD</b>	<b>visite dimanche</b>	<b>70</b>
<b>v2D</b>	<b>visite dimanche par le médecin qualifié</b>	<b>85</b>
<b>AMI</b>	<b>actes pratiqué par l'infirmier(e)</b>	<b>5</b>
<b>AMM</b>	<b>actes pratiqué par le masseur ou kinésithérapeute</b>	<b>5</b>

source : « arrêté n° :849-01 7 aout 200 »

Le frais de l'établissement des certificats médicaux sont fixés à 40 dirhams. si la visite est effectuée hors le territoire de la commune ou domicilié, sont rémunérés par 1,4 dirhams par kilomètre en allée ou en retour.

Lorsque les soins sont donnés dans une clinique privée (en cas d'urgence) l'indemnisation des jours est fixée à 240 dirhams pour les dix premiers jours et à partir des onzièmes jours les frais sont comme ceux de l'hôpital public.

Les tarifs de l'hospitalisation journalière dans un hôpital public ou dans un centre d'hospitalisation civil ou militaire sont fixés dans le tableau suivant :

Tableau 5: frais d'hospitalisation selon le type de la chambre occupée,

Chambre d'hospitalisation	frais (dirhams)
chambre particulière	200
chambre de 2 lits	150
chambre de plus de 2 lits	100

Source : « arrêté n° :849-01 7 août 200 »

### VI.6.2 Les frais pharmaceutiques :

L'arrêté du ministre de la santé 18 septembre 1969 fixe le mode de calcul des prix des médicaments destinés à l'usage de la médecine humaine, dans ce sens les médicaments utilisés pour la guérison dans la formation sanitaire publique en cas des accidents de travail sont remboursés à l'Etat soit en nature ou en argent.

### VI.6.3 Les frais funéraires :

Les frais de funéraire<sup>3</sup> sont remboursés en cas des de travail à limite de ne pas dépasser 750 dirhams.

En somme, l'introduction de cette partie dans le mémoire montre des recherches effectuées sur plusieurs articles (arrêté, décret, rapports...). Cependant, les recherches et les mémoires effectuées dans ce sens sont rares voire introuvables. Il est à noter aussi, que le cadre réglementaire introduit dans cette partie exige aux compagnies d'assurance de se comporter de la manière en ce qui concerne la garantie obligatoire<sup>4</sup>.

<sup>3</sup> Source : (arrêté de 25 Février 1975):

<sup>4</sup> Garantie obligatoire est celle qui couvre juste les accidents de travail

## Partie 2 :

### PRÉSENTATION DES DONNÉES DE L'ORGANISME ET DU CADRE THÉORIQUE DE LA MODÉLISATION .

---

La deuxième partie contient un descriptif de données et les étapes que nous allons utiliser pour extraire la table finale de l'étude .De plus, on introduit les théories principales utilisées pour la modélisation.

(Plusieurs figures et tableaux sont supprimés)

Dans cette partie nous allons introduire les bases de données avec lesquelles nous allons effectuer des calculs qui vont servir pour la modélisation.

Remarque importante :

La majorité de cette partie est supprimées par motif de confidentialité ainsi les données présentés ne traduit pas convenablement le portefeuille de la compagnie.

## **I. Description de la base de données :**

### **I.1 Objectif :**

L'objectif de ces traitements est de constituer de tous ces fichiers deux fichiers qui caractérisent la production et la sinistralité et ensuite les lier pour avoir la base finale sur laquelle nous nous basons pour modéliser la fréquence et la charge, extraire les montant pour le provisionnement et étudier la rentabilité du portefeuille.

### **I.2 Les fichiers de base.**

Le premier travail consiste à renommer toutes les variables de tous les fichiers traités dans l'ordre de pouvoir manipuler facilement les bases, ensuite nous somme amenés à fusionner ces fichiers avec les clés de jointure nécessaire.

### **I.3 Les traitements et les épurements de la base de données.**

Cette étape nous a pris beaucoup de temps pour supprimer les polices erronées et traites les valeurs manquantes. En effet nous somme obligés de remplir les valeurs manquantes et les erreurs de saisies afin de bien décrire le portefeuille et ne pas avoir des résultats faux au niveau de la modélisation.

## **II. Caractéristiques du portefeuille A.T :**

Pour comprendre les composantes du portefeuille « AT », il est légitime de présenter les variables dans les fichiers correspondants.

### **II.1 Fichier sinistre :**

Les variables sur lesquels nous nous allons extraire les statistiques descriptives du portefeuille sont , les charges, le nombre de sinistre, l'année de survenance de sinistres, les rubriques d'indemnisation, le sexe, le mode de la prime, le statut de l'assuré ...

- **Le nombre de sinistre :**

C'est le nombre d'accident enregistré dans le portefeuille « AT ». on constate que le maximum du nombre de sinistre est atteint pour l'année  $n$  cela peut être expliqué à priori par une augmentation de nombres de nouvelles contrats en  $n-1$  a augmenté, par rapport aux autres années qui précèdent, soit une augmentation des employés dans certaines entreprises adhérentes ou un phénomène permettant cette augmentation en agissant sur certaines activités bien précises.

- **Le sexe.**

Selon le sexe, le nombre de sinistres chez le sexe féminin est relativement stable par rapport au celui du masculin, il est important de constater la dominance du sexe masculin au niveau de sinistralité. En outre la tendance de l'évolution globale du nombre de sinistre par année de survenance est exactement la même que celle des masculin, ceci nous permet de conclure à priori que la sinistralité sera expliquée par le sexe.

- **Le type de dossiers (traités & en cours de traitement)**

Parmi ces sinistres on trouve ceux qui sont traités et ceux qui sont en cours de traitement. En principe, le nombre de sinistres correspondants aux dossiers traités sera en diminution d'une année à l'autre, et le nombre maximal de nombre traité correspond à l'année la plus ancienne .

La nature de préjudice nous permet de conclure la répartition de notre portefeuille en matière de nombre de décès et en nombre de blessés. (Les blessés sont nombreux par rapport aux décès)

- **l'état matrimonial**

En outre dans le portefeuille d'AXA les nombre de sinistres peuvent être repartis selon l'état matrimonial la victime entre 2003 et 2013

Les mariés occupent presque la majorité avec un pourcentage de \*\*% et avec un nombre de sinistre de \*\*\* . Probablement les veuves et les divorcés sont classés en derniers car le genre masculin domine par défaut dans le portefeuille et les divorcés et les veuves sont caractérisées généralement du genre féminin.

Ainsi, on confirme l'hypothèse selon laquelle, les mariés subissent le plus grand nombre de sinistres.

## **Les charges :**

Les charges sont les engagements d'AXA qui doit à ses adhérents. Selon la base de données ces charges se composent de charges réglées et réservées. En outre la charge des charges sont constituées par agrégation de plusieurs rubriques dont les frais médicaux, pharmaceutiques d'hospitalisation et de transport, les remboursements en cas d'indemnités journalières, les remboursements en cas d'incapacité physique permanente, frais funéraires, les frais d'expertise, les honoraires d'avocats, les frais judiciaires, les frais d'astreintes et autres frais, et les arrérages de rentes et de capital constitutif

La modélisation de la prime en assurance des « accidents de travail » est basée essentiellement sur la modélisation de la fréquence et du coût moyen. Ainsi, on est amené à introduire une théorie de GLM pour les petits comptes et une théorie de la crédibilité pour les grands comptes.

Les grands comptes sont les entreprises qui ont en général des caractéristiques qui rendent les observations aberrantes au niveau de la base de données. Tandis que les petits comptes qui occupent la grande partie de l'échantillon ne sont pas séparés en termes de nuage de points.

## **II.2 : Fichier production :**

Contient les primes émises par années les dates d'effet des contrats les dates d'expiration ... à travers ce fichier on calcule les primes acquises qui vont servir pour calculer le ratio de sinistralité.

Les primes sont considérables pour les polices qui ont des grandes masses salariales ...

## **III. La théorie de la modélisation de prime pure :**

### **III.1 Séparation des petits comptes et des grands comptes.**

#### **III.1.1 Les raisons de la séparation.**

Les raisons de la séparation des comptes résident dans les caractéristiques qui les séparent. En effet, les polices qui ont des chiffres d'affaire, des masses salariales, ou des effectifs importants en termes de volume ne doivent pas évidemment être modélisés de la même manière que pour les comptes qui ont des caractéristiques adverses.

En outre, le comportement des entreprises au niveau de la survenance des sinistres n'est pas le même. Par conséquent, si on effectue la même modélisation sur tous les contrats du portefeuille on risque d'avoir des résultats faux qui vont nous amener à augmenter la prime des petites entreprises sachant qu'elles sont les moins sinistrées en général.

### **III.1.2 Les critères de la séparation.**

La séparation consiste à trouver un seul et unique critère à travers lequel on peut distinguer clairement les entreprises de petite taille et celles de grandes tailles. D'abord on sépare selon la masse salariale, souvent on constate qu'il y'a une discontinuité au niveau de la distribution de la masse.

Aussi, les entreprises se distinguent par leurs effectifs et la modélisation élaborée donne intérêt à ce critère. Car dans le cas contraire, si on applique le GLM seul sans tenir compte de la séparation, on risque d'avoir des difficultés au stade des interprétations des résultats.

Il en est de même pour l'occurrence de sinistre, d'ailleurs, il y'a des entreprises qui sont plus sinistrées que les autres à cause de l'activité que leurs employés exercent, donc il est évident qu'on doit leur modéliser équitablement leurs primes individuelles.

### **III.1.1 Les résultats de la séparation.**

La démarche à faire pour séparer les comptes définitivement après les avoir distingués pour chaque critère est de chercher les polices des grands comptes qui se répètent pour chaque critère de séparation. Cette recherche est facile parce que les polices des grands comptes ne sont pas assez nombreuses.

## **III.2 Modélisation la prime pure pour les petits comptes**

### **III.2.1 Les raisons d'utilisation du «GLM» :**

Dans les modèles de la régression linéaire  $Y_i = X_i\beta + \varepsilon_i$ . On travaille sous des conditions de la normalité ( $N(\mathbf{0}, \sigma^2)$ ) et l'indépendance de la variable aléatoire « erreur  $\varepsilon_i$  », le problème dans le domaine des assurances réside dans la difficulté de respecter l'hypothèse de la normalité de  $\varepsilon_i$ . En outre la relation entre la variable expliquée et les variables explicatives n'est pas nécessairement linéaire.

Pour remédier à ces difficultés on introduit les modèles GLM qui ne s'intéressent pas à la normalité des erreurs c'est-à-dire qu'on peut faire l'étude pour tous les types de distribution de l'erreur.

### III.2 .2 Le cadre théorique de «GLM »

On pose  $g(\mu_i) = X_i' \beta$  comme modèle

Où  $\mu_i = E(Y_i)$  et  $Y_i$  la variable qu'on veut étudier et  $g$  la fonction lien qui est une fonction monotone

#### III.2.2 La famille exponentielle :

Soit  $Y$  une variable aléatoire la distribution appartient à la famille exponentielle si elle est de

la forme :  $f(\theta, y) = e^{\frac{y \cdot \theta - b(\theta)}{a(\varphi)} + c(\varphi, y)}$  .

Où

- $a, b$  et  $c$  sont des fonctions arbitraires qui dépendent de la distribution (de  $f$ )
- $\varphi$  : paramètre d'échelle arbitraire « paramètre de dispersion ».

Dans le cas de la loi normal et gamma  $\varphi$  est libre tandis qu'au niveau de poisson et binominal il est fixe.

- $\theta$  : le paramètre canonique de la distribution.

#### Expressions de la moyenne et de la variance de la famille exponentielle.

On peut montrer facilement que :

$$\mu_i = E(Y_i) = b'(\theta) \text{ et } V(Y_i) = b''(\theta) \cdot a(\varphi) \text{ .}$$

Remarque : si  $\varphi$  est connue alors  $a(\varphi)$  peut être de n'importe quelle forme dans le cas

contraire on pose  $a(\varphi) = \frac{\varphi}{\omega}$ , et  $\omega$  est une constante

#### III.2.3 Estimation des paramètres

Dans les modèles GLM on estime les paramètres par la méthode de la vraisemblance.

Soit :

$$L(\beta) = \prod_{i=1}^n f(\theta, y_i)$$

Donc :

$$l(\beta) = \log(L(\beta)) = \sum_{i=1}^n \log(f(\theta, y_i))$$

On fait la différentiation de  $l$  par rapport à chaque  $\beta_i$  on obtient :

$$\frac{\partial l(\theta)}{\partial \beta_i} = \sum_{i=1}^n \frac{\omega}{\varphi} \times \frac{\partial \theta_i}{\partial \beta_i} \times (y_i - b'_i(\theta_i))$$

On utilise la règle de la chaîne pour calculer  $\frac{\partial \theta_i}{\partial \beta_i} = \frac{\partial \theta_i}{\partial \mu_i} \times \frac{\partial \mu_i}{\partial \beta_i}$  et  $\frac{\partial \mu_i}{\partial \theta_i} = b''_i(\theta_i)$

L'estimateur de obtenu par la méthode de maximum de vraisemblance est obtenu par :

$$\frac{\partial l(\theta)}{\partial \beta_i} \Big|_{\beta_i = \hat{\beta}_i} = 0$$

On obtient finalement :

$$\frac{\partial l(\theta)}{\partial \beta_i} = \sum_{i=1}^n \frac{(y_i - \mu_i)}{v(\mu_i)} \times \frac{\partial \mu_i}{\partial \beta_i} = 0 \quad , \quad i \in [1, n]$$

Ce système d'équations peut être résolu par un algorithme numérique de NEWTON-RAPHSON.

### III.2.3 Test de significativité des paramètres.

Soit les hypothèses suivantes :

$$\mathbf{H}_0 : \beta = \hat{\beta} \text{ Contre } \mathbf{H}_1 : \beta \neq \hat{\beta}.$$

Pour tester la significativité des paramètres  $\beta_i$  on utilise la statistique

$$\mathbf{X}^2 = (\beta - \hat{\beta})' I (\beta - \hat{\beta}) \sim \mathbf{X}_p^2$$

Où  $p$  est le nombre de paramètre de vecteur  $\beta$  et

$$I = E(UU') \text{ et } U \text{ est le vecteur composé de } p \text{ éléments } U_j = \frac{\partial l(\beta)}{\partial \beta_j}, j \in [1, p].$$

La règle de décision :

On rejette  $H_0$  si  $X^2(\text{observé})$  est supérieur à  $X_p^2$  c'est-à-dire si la plus-value est supérieure à au seuil  $\alpha$ ,  $(P(\mathbf{X}^2 > X_p^2) \geq \alpha)$ .

### III.2.4 Comparaison des modèles :

En pratique, lorsque il y a plusieurs modèles on est amené à choisir le modèle qui ajuste le plus le phénomène.

Soit ces deux modèles :

$$\text{Modèle (0)} : g(\mu) = X'_{(0)} \beta_{(0)} \text{ et modèle (1)} g(\mu) = X'_{(1)} \beta_{(1)}$$

Où  $\mu$  est l'espérance de  $Y$  dont les éléments sont indépendants et proviennent du même membre de la famille exponentielle, et  $X_{(0)} \subset X_{(1)}$ .

On pose les hypothèses :

$\mathbf{H}_0$ : Le modèle (0) ajuste mieux le phénomène et  $\mathbf{H}_1$  : le modèle (1) ajuste mieux le phénomène.

$$\text{La statistique du test est la déviance } \mathcal{D} = 2(l(\hat{\beta}_{(1)}) - l(\hat{\beta}_{(0)})) \sim \mathbf{X}_{p_1 - p_0}^2$$

Où  $p_1$  et  $p_0$  sont les nombres de paramètres  $\beta_{(0)}$  et  $\beta_{(1)}$  dans les modèles (1) et (2)

– La règle de décision : si  $\mathcal{D}(\text{observé})$  est supérieur à  $X_{p_1 - p_0}^2$  on rejette  $H_0$  et le modèle (1) est le meilleur, autrement c'est le modèle qui a une vraisemblance supérieure est le meilleur.

- En pratique ce que les logiciels calculent c'est la déviance d'un modèle complet (avec toute variable explicatives sont incluses) caractérisé par  $l(\hat{\beta}_{\max})$  par rapport à un modèle qui est l'objet de l'étude.
- Ainsi, la démarche consiste à comparer les modèles en introduisant ou en supprimant les variable une à une au modèle complet et on retient le modèle qui a une déviance minimale.
- Il est à noter que pour cette comparaison on peut utiliser toutes les fonctions de lien g possible et pour toutes les distributions possibles de  $Y$ .

**Remarque :**

La comparaison des modèles peut être effectuée aussi par le calcul de l'AIC et le BIC ces deux statistiques sont calculées par les formules suivantes :

$AIC = 2(p - l(\hat{\beta}))$  et  $BIC = \log(n) \cdot p - 2 \cdot l(\hat{\beta})$ . Parallèlement à la déviance le modèle à retenir est celui avec un AIC ou un BIC plus faible.

**III.2.4 Les résidus.**

On définit le résidu de PEARSON sous l'expression  $r_i = \frac{y_i - \hat{\mu}_i}{\hat{\sigma}(\mu_i)}$ . Ces résidus mesurent donc la contribution de chaque observation à la significativité du test découlant de cette statistique.

On teste  $H_0$ : modèle bien ajusté contre  $H_1$ : modèle mal ajusté. La statistique du test associé est celle de PEARSON :

$$X^2 = \sum_{i=1}^n r_i^2$$

La règle de décision consiste à rejeter  $H_0$  si  $X^2$  est faible.

Les résidus de déviance :

Ce qui est utilisé pratiquement sont les résidus de déviance. Ce résidu est défini par :

$$r_i^d = \pm (y_i - \hat{\mu}_i) \sqrt{d_i}$$

Où  $d_i = 2((\tilde{\theta}_i - \hat{\theta}_i) - b(\tilde{\theta}_i) + b(\hat{\theta}_i))$  avec  $\tilde{\theta}_i = b'^{-1}(y_i)$  et  $\hat{\theta}_i = b'^{-1}(\hat{\mu}_i)$ .

Il s'agit de tester la normalité de ces résidus pour valider le modèle. Ainsi on utilise le QQ-plot pour vérifier si la distribution des  $r_i^d$  est normale ou non.

**III.3 Théorie de crédibilité : « modèle de BUHLMAN-STRAUB ».**

**III.3.1 Histoire :**

Le professeur suisse HANS BUHLMAN est un contributeur majeur à la science actuarielle. En 1967, il propose une nouvelle approche à la théorie de la crédibilité. Il

Complète cette première approche quelques années plus tard, en collaboration avec ERWIN STRAUB, pour proposer le modèle de crédibilité désormais le plus répandu dans les compagnies d'assurance.

### III.3 .2 Principe et motif :

Cette théorie consiste à estimer et donner individuellement des prévisions des indicateurs actuariels qui font l'objet de l'étude pour modéliser la prime pure. Le principe est basé sur la pondération entre comportement historique individuelle des grands comptes et leur comportement collectif. En effet, la modélisation de la prime pure pour les grands comptes ne pourra être effectuée par le GLM car dans ce cas on risque de mutualiser inconvenablement la prime pure. Autrement dit ; les grands contrats sont souvent les plus sinistrés et si les tarifs sont basé seulement sur la mutualisation des risques les petites entreprises vont payer la même prime que les grandes entreprise d'où la nécessité de la prise en considération l'aspect historique de la sinistralité.

### III.3 .3 Le modèle du BUHLMANN-STRAUB.

Le modèle de BUHLMANN-STRAUB tient compte de la sinistralité des contrats. Spécialement dans les accidents de travail la taille les contrats varie beaucoup. Par exemple, la sinistralité d'un employeur avec 1 000 employés est beaucoup plus grande que celle d'un employeur avec seulement 10 employés.

Soient :

Un portefeuille contenant  $I$  contrat avec  $n$  observation et sur  $t$  années.

$X_{it}$  : La réalisation de la variable aléatoire qui traduit l'indicateur qu'on veut estimer et prévoir pour le contrat  $i$  à l'année  $t$ .

$\omega_{it}$  : Le poids associé à la variable  $X_{it}$ .

$\theta_i$  : Le risque associé au contrat  $i$  (paramètre non observable).

#### III.3 .3 .1 Hypothèses du modèle :

- 1) Les contrats sont deux à deux indépendants. C'est-à-dire les couples  $(X_{it}, \theta_i)$  sont deux à deux indépendants.
- 2) Les contrats ont le même risque. c'est-à-dire la distribution des  $\theta_i$  est identique pour tout  $i \in [1, I]$  pour une année et la variable aléatoire  $X_{it}$  est à variance finie.
- 3) Les variables aléatoires  $X_{it}$  sont tels que :

$$E(X_{it}/\theta_i) = \mu(\theta_i), i \in [1, I]$$

$$cov(X_{it}, X_{iu}) = \delta_{tu} \frac{\sigma^2(\theta_i)}{\omega_{it}}, t, u \in 1, n$$

En pratique la variable aléatoire  $X_{it}$  à une forme d'un ratio dont le dominateur est  $\omega_{it}$ . Ainsi on écrit :

$$X_{it} = \frac{S_{it}}{\omega_{it}}$$

A titre d'exemple :

$S_{it}$  : est le montants total des sinistres et  $\omega_{it}$  est la prime total payé.

$S_{it}$  : est le montants total des sinistres  $\omega_{it}$  la masse salariale.

$S_{it}$  : est le nombre de sinistre et l'effectif  $\omega_{it}$  d'employé dans un contrat  $i$  ...

Et dans cette perspective on peut construire tout les ratios qu'on juge être utile.

Notations :

$$\omega_{i\Sigma} = \sum_{t=1}^n \omega_{it}$$

$$\omega_{\Sigma\Sigma} = \sum_{i=1}^I \omega_{\Sigma i}$$

$$z_{\Sigma} = \sum_{i=1}^I z_i$$

$$X_{i\omega} = \sum_{t=1}^n \frac{\omega_{it}}{\omega_{\Sigma\Sigma}} X_{it}$$

$$X_{\omega\omega} = \sum_{t=1}^n \frac{\omega_{it}}{\omega_{\Sigma\Sigma}} X_{i\omega}$$

$$X_{z\omega} = \sum_{t=1}^n \frac{z_i}{z_{\Sigma}} X_{i\omega}$$

La meilleure prévision linéaire

### III.3.3.2 Théorème :

Pour un portefeuille de  $I$  contrat à  $n$  années de développement et sous les hypothèses (1), (2) et (3), la meilleure approximation linéaire de  $X_{in+1}$  est :

$$\pi_{in+1} = z_i \cdot X_{i\omega} + (1 - z_i) \cdot m \quad \text{Avec } z_i = \frac{\omega_{i\Sigma}}{\omega_{i\Sigma} + k} \text{ et } k = \frac{s^2}{a}$$

$$\text{Où } s^2 = E(\text{var}(X_{it}/\theta_i)) \text{ et } a = \text{var}(E(X_{it}/\theta_i))$$

### III.3 .3.3. Interprétations

- Le paramètre  $m$  nous renseigne sur l'effet de tous les contrats sur le contrat  $i$ , il représente une moyenne de la mesure qui fait l'objet de l'étude.
- Le paramètre  $X_{i\omega}$  représente l'effet de l'expérience individuelle sur la mesure de l'indicateur qu'on veut estimer. Il est à noter que ce paramètre dépend du contrat  $i$ .
- Le paramètre  $z_i$  appelé **coefficient de crédibilité** nous permet de préciser l'effet domine dominant dans cette approximation linéaire dans l'estimation de  $X_{in+1}$ . autrement dit, si  $z_i$  est proche de  $1$  alors l'estimation est basée sur l'expérience individuelle du contrat  $i$ . Par contre, si  $z_i$  est proche de  $0$  alors on conclut que l'effet des contrats du portefeuille domine et on affecte à l'estimation de  $X_{in+1}$  l'estimation moyenne  $m$ .
- $a$  c'est la variance inter-contrat elle renseigne sur l'homogénéité des contrats du portefeuille. si  $a$  est grand alors le portefeuille est hétérogène et dans ce cas la valeur de  $z_i$  est importante et l'effet de l'expérience individuelle du contrat  $i$  domine.
- $s^2$  : C'est la variance intra-contrat. elle mesure l'homogénéité temporelle : si la valeur de  $s^2$  est importante alors le portefeuille n'est pas stable dans le temps.

### III.3 .4 . Estimation des paramètres de structure :

Le paramètre  $m$  :

Intuitivement on peut estimer  $m$  par  $\hat{m}$  tel que

$$\hat{m} = X_{\omega\omega} = \sum_{t=1}^n \frac{\omega_{i\Sigma}}{\omega_{\Sigma\Sigma}} X_{i\omega}$$

Mais, il est préférable d'utiliser en tenant compte de la crédibilité.

$$\hat{m} = \sum_{t=1}^n \frac{z_i}{z_{\Sigma}} X_{i\omega}$$

Estimation de  $s^2$

On estime  $s^2$  par  $\hat{s}^2$  tel que :

$$\hat{s}^2 = \frac{1}{I(n-1)} \sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^n \omega_{it} (X_{it} - X_{i\omega})^2$$

Estimation de  $a$

On estime  $a$  par  $\hat{a}$  tel que :

$$\hat{a} = \frac{\omega_{\Sigma\Sigma}}{\omega_{\Sigma\Sigma}^2 - \sum_{i=1}^I \omega_{i\Sigma}^2} \left( \sum_{i=1}^I \omega_{i\Sigma} (X_{i\omega} - X_{\omega\omega})^2 - (I-1)\hat{s}^2 \right).$$

Il est à noter que l'estimateur de  $a$  peut être négative et dans ce cas on doit prendre affecter la valeur  $0$  à  $\hat{a}$ .

Par conséquent, on donne un estimateur de  $z_i$  en remplaçant  $a$  par  $\hat{a}$  et  $s^2$  par  $\hat{s}^2$ .

### III.3 .5 Démarche à suivre :

Calculer les  $\omega_{i\Sigma}$ ,  $i \in [1, I]$  et  $\omega_{\Sigma\Sigma}$ .

Calculer les  $X_{i\omega}$ ,  $i \in [1, I]$  et  $X_{\omega\omega}$ .

Calculer  $\hat{s}^2$ .

Calculer  $\hat{a}$ .

Calculer  $\hat{z}_i$ .

Calculer  $\hat{m}$

Calculer  $\hat{\pi}_{in+1} = X_{i\omega} \hat{z}_i + (1 - \hat{z}_i)\hat{m}$

Ainsi, on arrive à cerner le modèles théoriques que nous allons utiliser pour modéliser la prime pure. En outre, tout autre modèle utilisé sera introduit dans les annexes.

## Partie 3 :

### APPLICATION DE LA THÉORIE AUX DONNÉES D'AXA ASSURANCE MAROC

---

Cette partie consiste à présenter les modèles théoriques introduits dans le cadre théorique de l'étude. Elle sera élaborée en trois parties, une précision du seuil de segmentation des comptes, puis application du **GLM**, et enfin l'application de la **crédibilité**

Le but de cette partie réside dans la modélisation de la fréquence et le coût moyen par les deux méthodes purement statistique celle du modèle linéaire généralisé et une de la théorie de crédibilité par le modèle du B.STRAUB, le premier modèle sert à analyser les modalités des variables tarifaires sur les petits comptes<sup>5</sup> tandis que le deuxième modèle permet de voir en proche la crédibilité de chaque police pour les grands comptes.

## I. Séparation des comptes :

### I.1 Objectif et perspective de la segmentation :

Logiquement, les grandes entreprises sont connues par la grandeur de leurs masses salariales, ainsi il sera légitime de nous demander si on ne risque pas de fausser la conception de la modélisation si on modélise les entreprises comme il se comporte de la même manière, par conséquent, la perfection de la modélisation met l'accent sur

La variable sur laquelle on segmente le portefeuille est la masse salariale, le choix de cette variable est dû au fait de ne pas pouvoir confondre les entreprises assurées avec des grandes masses salariales et celles qui ont des faibles. En effet, la corrélation entre les primes et la masse salariale est importante, relativement le tableau suivant dans le coefficient de corrélation de Pearson des primes et de la masse salariale.

**Tableau 6 : corrélation entre la masse salariale et la prime**

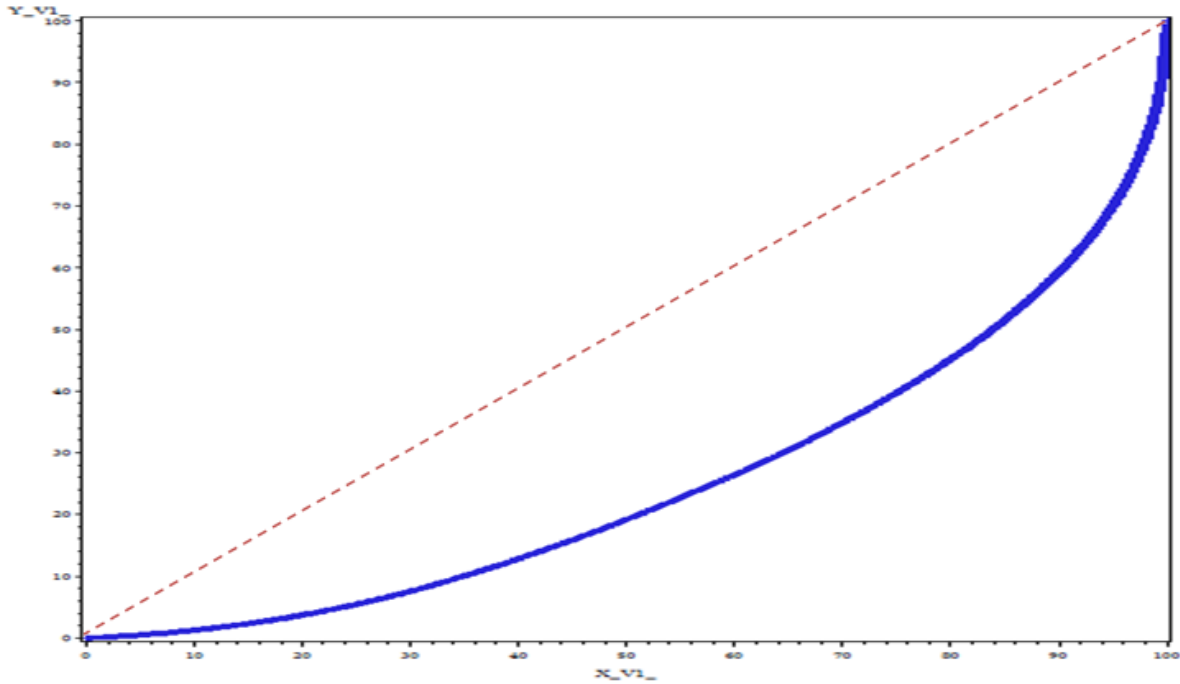
Coefficients de corrélation de Pearson	
Probabilité $>  r $ sous $H_0: \rho=0$	
Nombre d'observations	
	Masse salariale
Prime annuelle	40,06%
	<,0001

A cet égard, la significativité du test nous permet de chercher un seuil qui nous permet de faire la segmentation des comptes.

<sup>5</sup> Les petits comptes et les grands comptes sont séparés à partir d'un seuil de la masse salariale.

### I.2 Choix de seuil de la segmentation :

Le descriptif des quantiles et la courbe de LORENZ nous donne une bande dans laquelle notre recherche doit être effectuée.



**Figure 5 : La courbe de LORENZ de la distribution des masses salariales**

On constate que la courbe en bleu « *COURBE DE LORENZ* » est loin des points en rouge ceci signifie que la distribution de la masse salariale dans le portefeuille n'est pas égalitaire en outre *l'indice de génie*<sup>6</sup> qui représente l'air entre les deux courbe est loin de la valeur zéro ce qui signifie que nous sommes devant une inégalité de la répartition de la masse salariale .

<sup>6</sup> Lorsque l'indice est proche de 0 on a une égalité et tant qu'il s'éloigne tant que y a inégalité de la répartition

Tableau 7 : les quantiles de masse salariale pour tout le portefeuille

Les quantiles	
Quantile	Valeur estimée
100% Max	Valeur une
99%	Valeur deux
95%	Valeur trois
90%	**** <sup>7</sup>
75% Q3	****
50% Médiane	****
25% Q1	****
10%	****
5%	****
1%	****
0% Min	****

Ce tableau nous renseigne sur la bande dans laquelle le grand compte se trouve on remarque que 25% de la population partage une masse salariale située entre **valeur deux** dirhams et **valeur trois** dirhams tandis que toutes les autres entreprises ne dépassent pas **valeur une dirham** par année.

### I.3 Démarches utilisées :

Plusieurs démarches ont été utilisées pour chercher ce seuil. La démarche utilisée pour la détermination de seuil sinistre grave est adaptée dans notre cas pour fixer le seuil à partir duquel on segmente notre portefeuille.

#### I.3.1 Le seuil et la déviance du modèle GLM :

L'idée de la méthode se base sur la minimisation de la fonction de la déviance en appliquant modèle GLM sur les charges en question. Le résultat n'était pas satisfaisant d'ailleurs la déviance et toujours en augmentation tant que le nombre d'observation augmente, donc on ne peut trouver un minimum significatif.

<sup>7</sup> Les \* sont insérés pour des raisons de confidentialité des données

### I.3.2 Adaptation de la méthode de sinistres grave.

Cette méthode se focalise sur le seuil à partir lequel, on peut considérer les sinistres comme grave en faisant des tests sur l'adaptation de seuil choisi au model qui ajuste ces sinistre grave. Cette démarche est appliquée à la masse salariale au lieu de la charge de sinistres, mais le problème c'est que l'événement d'avoir une grande masse salariale n'est pas un événement rare.

### I.4 Conséquence :

Alors, nous sommes amenés à choisir la méthode graphique afin d'avoir un seuil qui peut séparer les deux compte

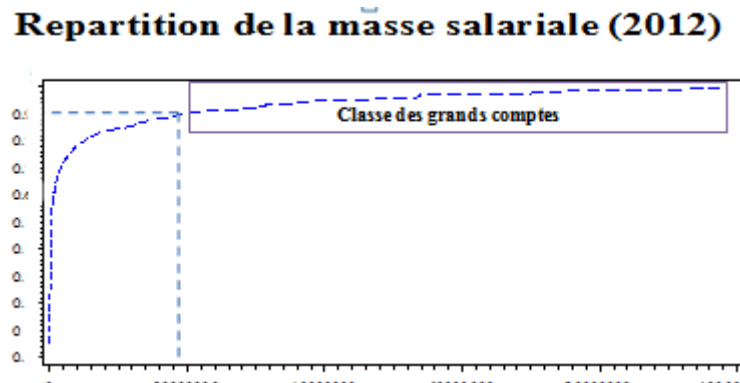


Figure 6: Répartition de la masse salariale (sortie SAS)

La représentation de la répartition de la masse salariale pour chaque année d'étude<sup>8</sup> est née du fait que les polices se répètent d'une année à l'autre (les polices qui se renouvellent). D'après la courbe de la distribution de la masse salariale on choisi un seuil qui est évalué à 20 000 000<sup>9</sup>.

### Remarque :

On ne peut pas se baser sur les quantiles de tout le portefeuille pour fixer le seuil car la fonction de répartition donnée est biaisée autrement dit, les police se répète dans plusieurs années.

Donc, on conclut que le seuil de segmentation est de 200 000 000 dirhams.

<sup>8</sup> La répartition de la masse salariale de 2003 pour les autres années est la même que celle de 2012

<sup>9</sup> ce chiffre n'est pas significatif.

## II. Modelisation du coût moyen de la charge pour les petits comptes

### II.1. Application du modèle GLM sur le coût moyen

En assurance non vie, le modèle linéaire généralisé s'adapte mieux pour la modélisation de la charge et du coût moyen surtout lorsque nous sommes devant une population d'études assez nombreuse. C'est le cas de notre étude lorsqu'on prend les polices qui ont des masses salariales inférieures à **200000000** dirhams.

#### II.1.1 Choix de la distribution

Les choix élus pour présenter la distribution du coût moyen sont Gamma, exponentiel, log normal car le coût moyen est une variable continue qui prend toujours une valeur positive.

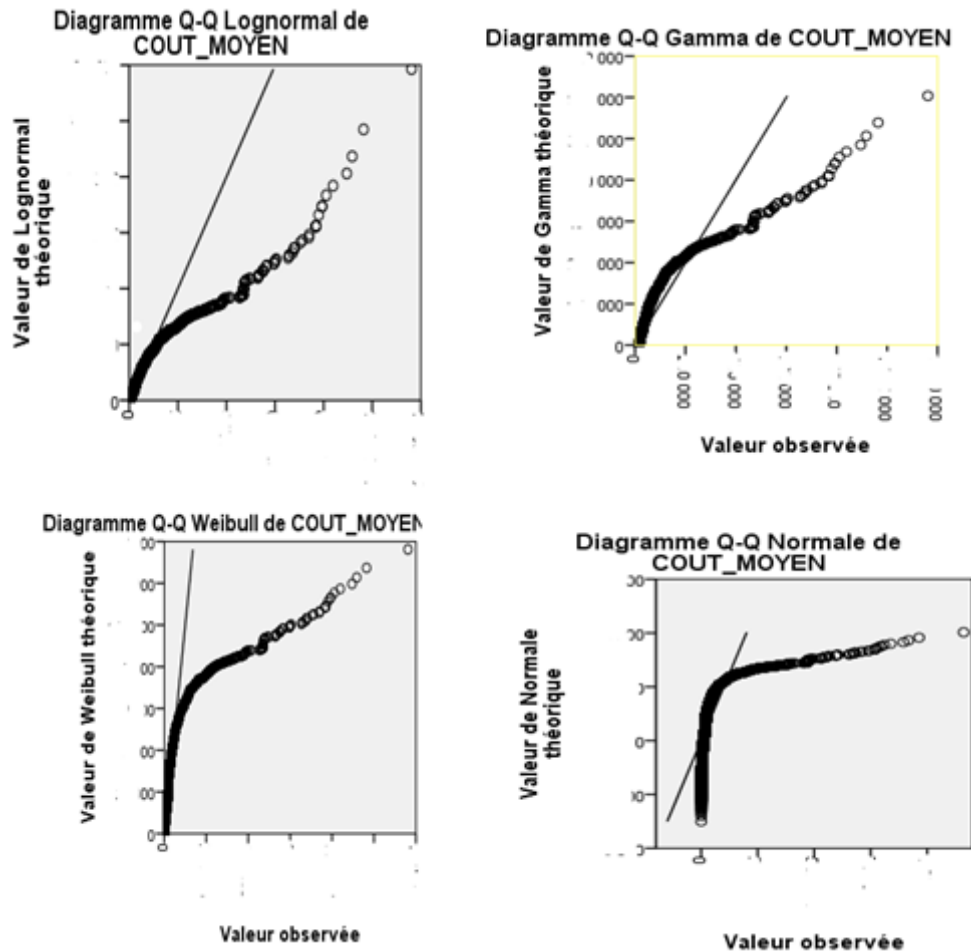


Figure 7 : diagrammes des QQ-plot de certaines lois.

On constate que la loi la adéquate pour présenter le coût moyen est celle de Gamma ceci est justifié par la droite qui passe plusieurs points.

**Remarque :**

En outre, le choix est confirmé sous la base de la déviance du GLM .la déviance la plus petite est celle de la loi Gamma.

**II.1.2 Présentation des variables tarifaires :**

Les variables tarifaire qu'on peut utilisera pour expliquer le coût moyen son :

- L'activité : chaque police à une activité codée par un code interne d'AXA on regroupe cette activité pour construire huit classes :

**Tableau 8 : les classes activités de portefeuille.**

Les activités
Alimentation agriculture pêche
Bois lièges
Bureaux Professions Libérales
Bâtiment travaux publics
Caoutchouc peaux
Exploitations diverses commerce
Fibres textiles
Métaux
Mines industries chimiques
Transport manutention
(les activités manquantes)

Source : données d'AXA et propre codification

- **Masse salariale** : qui englobe toutes les garanties « accident de travail seule, maladie professionnelles seule et les deux »
- **Effectif assuré** : pour chaque entreprise assuré elle lui correspond un nombre de personnes d'assuré.
- **Nature de l'assuré** : personne morale ou physique.
- **Garantie souscrite** : AT, MP et AT-MP.
- **Qualité d'ayant droit** : les différents types de bénéficiaires.
- **Les Régions** : on à utiliser les code des régions qui sont réservés à la branche automobile.
- **Etat matrimonial** : la victime de l'accident peut être mariée, célibataire, veuve, divorcée, ou une valeur manquante.

- **La participation au bénéfice** : l'entreprise de la victime profite de la participation au bénéfice ou non : cette participation au bénéfice est le bonus que la compagnie d'assurance donne aux entreprises qui se comportent bien concernant la sinistralité.
- **L'âge** : l'âge de la victime.
- **Nature de préjudice** : la victime s'il est une blessé ou décès.
- **Sexe**, masculin ou féminin.
- **Nombre de jour d'arrêt du travail** : les jours où la victime ne peut aller au travail à cause d'un accident de travail ou d'une maladie professionnelle.

### III.1.3 Classification des variables tarifaire :

#### Masse salariale :

Selon l'algorithme de CHAID<sup>10</sup> on classifie la masse salariale en 3 classes :

- Classe1 : masse salariale inférieure à un seuil  $S_1$  ;
- Classe2 : masse salariale entre  $s_1$  et un seuil  $S_2$  ;
- Classe3 : masse salariale entre  $s_2$  et  $s_3$ .

#### L'âge :

On classifie l'âge selon la distribution de la charge obtenue dans la partie descriptive des données. Ainsi on construit sept classes.

- Classe1 : âge inférieur à un âge  $a_1$  ans ;
- Classe 2 : âge entre  $a_1$  et  $a_2$  ans ;
- Classe 3 : âge entre  $a_2$  et  $a_3$  ans ;
- Classe 4 : âge entre  $a_3$  et  $a_4$  ans ;
- Classe 5 : âge entre  $a_4$  et  $a_5$  ans ;
- Classe 6 : âge entre  $a_6$  et  $a_7$  ans ;
- Classe7 : âge qui dépasse  $a_7$  ans.

#### Nombre de jours d'arrêt du travail :

Selon CHAID les classes de ce nombre sont les suivantes :

- Classe1 : le nombre de jours ne dépassent pas deux semaines ;
- Classe 2 : entre 15 et 25 jours ;

---

<sup>10</sup> Voir les détails théoriques de l'algorithme annexe

- Classe 3 : entre 30 et 45 jours ;
- Classe4 : entre 45 et 60 jours ;
- Classe5 : plus de deux mois

### La région :

On classifie les régions géographiquement de manière à donner à **Casablanca** une seule classe et les autres régions nous les regroupe en classe **nord**, classe **sud**, classe **est** et classe **ouest**.

### L'activité :

Afin d'avoir un modèle significatif l'algorithme de CHAID permet de regrouper encore plus la variable « activité<sup>11</sup> ».

Tableau 9: les classes de la variable "activité "

Classes d'activités	Classe
Bâtiment travaux publics	<u>1</u>
Mines industries chimiques	<u>2</u>
Exploitations diverses commerce	<u>2</u>
Métaux	<u>3</u>
Caoutchouc peaux	<u>3</u>
Transport manutention	<u>4</u>
Bureaux Professions Libérales	<u>4</u>
Alimentation agriculture pêche	<u>4</u>
Bois lièges	<u>4</u>
MANQUANTES	<u>4</u>
Fibres textiles	<u>5</u>

Les autres variables sont des variables qualitatives (déjà codifiées).

**Remarque importante :** avant de lancer le modèle « GLM » on doit remplir les valeurs manquantes de toutes les variables utilisées afin de ne pas fausser les résultats.

La variable dépendante en question est le coût moyen, les valeurs observées de cette variable sont calculés à partir de la formule suivante.

<sup>11</sup> L'arbre de décision de l'activité donnée par CHAID est dans l'annexe « sortie SPSS »

$$\text{coût moyen} = \frac{\text{charge total}}{\text{nombre de sinistre}}$$

D'après plusieurs tests de GLM, on observe que la classification faite par l'algorithme de CHAID sont illogiques (le regroupement des régions et des activités d'une manière purement statistique n'aide pas beaucoup en terme d'interprétation) .Cependant, lorsque on garde les variables comme elles sont, on a plus d'information à interpréter avec une déviance minimale.

## II.2 Les résultats du GLM :

Tableau 10 : les *betas* estimés par le modèle « GLM –sortie SAS html»

Analyse des valeurs estimées du paramètre de vraisemblance maximum								
Paramètre		DDL	Valeur estimée	Erreur type	Intervalle de confiance		Khi-2 de Wald	Pr > Kh i-2
					de Wald à 95 %			
Intercept	La constante	1	12.5181	0.0965	12.3290	12.7073	16829.1	<.0001
Activite	Alimentation agriculture pêche	1	-0.1142	0.0479	-0.2080	-0.0203	5.69	0.0171
Activite	Bois et lièges	1	-0.1536	0.0572	-0.2658	-0.0414	7.20	0.0073
Activite	Bureaux et Professions et Libérales	1	0.4249	0.1569	0.1174	0.7324	7.34	0.0068
Activite	Bâtiment et travaux et publiques	1	0.1708	0.0466	0.0795	0.2620	13.45	<.0001
Activite	Caoutchouc et peaux	1	-0.3412	0.0471	-0.4335	-0.2488	52.39	<.0001
Activite	Exploitations et diverses et commerce	1	-0.2090	0.0468	-0.3007	-0.1173	19.96	<.0001
Activite	Fibres et textiles	1	-0.4222	0.0483	-0.5169	-0.3275	76.40	<.0001
Activite	Métaux	1	-0.1581	0.0478	-0.2517	-0.0645	10.96	0.0009
Activite	Mines&industries et chimiques	1	-0.0994	0.0498	-0.1970	-0.0018	3.99	0.0459
Activite	Transport et manutention	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	.	.
Massec	MASSE1	1	-0.1954	0.0127	-0.2202	-0.1705	237.64	<.0001
Massec	MASSE3	1	-0.0436	0.0111	-0.0653	-0.0219	15.51	<.0001
Massec	MASSE4	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	.	.
REGION	AL HOCEIMA	1	-0.6990	0.1172	-0.9287	-0.4692	35.56	<.0001
REGION	DOUKALA – ABDA	1	-0.4857	0.0818	-0.6460	-0.3253	35.25	<.0001
REGION	FES – BOULMANE	1	-0.6696	0.0758	-0.8182	-0.5210	78.03	<.0001
REGION	GHARB - CHRARDA - BENI HSEN	1	-0.6037	0.0856	-0.7715	-0.4358	49.70	<.0001
REGION	GRAND CASABLANCA	1	-0.4854	0.0725	-0.6275	-0.3434	44.87	<.0001
REGION	GUELMIM - ES-SMARA	1	-1.2888	0.3601	-1.9945	-0.5831	12.81	0.0003
REGION	KHOURIBGA	1	-0.5104	0.2726	-1.0447	0.0240	3.50	0.0612
REGION	L ORIENTAL	1	-0.5093	0.0785	-0.6631	-0.3555	42.11	<.0001
REGION	LAAYOUNE-BOUJDOUR-SAKIA EL HAM	1	-0.5167	0.7918	-2.0686	1.0353	0.43	0.5141
REGION	MANQ	1	-0.9759	0.1692	-1.3076	-0.6442	33.25	<.0001
REGION	MARRAKECH - TENSIFT - AL HAOUZ	1	-0.7712	0.0743	-0.9169	-0.6255	107.64	<.0001
REGION	MEKNES – TAFILALET	1	-0.7842	0.0811	-0.9431	-0.6253	93.56	<.0001
REGION	OUED ED-DAHAB-LAGUIRA	1	-1.2359	0.7919	-2.7879	0.3161	2.44	0.1186
REGION	RABAT - ZEMMOUR – ZAER	1	-0.3334	0.0739	-0.4782	-0.1886	20.37	<.0001
REGION	SETTAT – BENSLIMANE	1	-0.1534	0.0811	-0.3124	0.0055	3.58	0.0585
REGION	SOUSS - MASSA – DRAA	1	-1.0613	0.0743	-1.2069	-0.9157	204.18	<.0001
REGION	TADLA – AZILAL	1	-0.9384	0.2231	-1.3756	-0.5012	17.70	<.0001
REGION	TANGER – TETOUAN	1	-1.3398	0.0733	-1.4834	-1.1962	334.47	<.0001
REGION	TAZA – TAOUNATE	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	.	.

Analyse des valeurs estimées du paramètre de vraisemblance maximum								
Paramètre		DDL	Valeur estimée	Erreur type	Intervalle de confiance de Wald à 95 %		Khi-2 de Wald	Pr > Khi-2
Sexe	Féminin	1	-0.1556	0.0121	-0.1792	-0.1319	166.61	<.0001
Sexe	Indéfini	1	-0.1310	0.0864	-0.3005	0.0384	2.30	0.1295
Sexe	Masculin	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	.	.
Nature préjudice	Blessé	1	-1.5703	0.0468	-1.6620	-1.4787	1127.69	<.0001
nature préjudice	Décès	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	.	.
Scale		1	1.6090	0.0120	1.5856	1.6327		

Le tableau ci dessus montre les modalités des variables qu'on doit retenir pour expliquer le coût moyen, le test de Khi-2 de Wald nous permet de retenir les modalités en question ( $Pr > Khi-2$  doit être inférieur à **0,0001 pour retenir la modalité testé<sup>12</sup>**).

### II.2.2 Interprétation des résultats :

Les activités retenues :

- Bâtiment et travaux et publiques ;
- Caoutchouc et peaux ;
- Exploitations et diverses et commerce ;
- Fibres et textiles ;
- Transport et manutention.
- Toutes les tranches de la masse salariale sont retenues.
- Les régions retenues :
  - GRAND CASABLANCA ;
  - TANGER – TETOUAN ;
  - MEKNES – TAFILALET ;
  - GHARB - CHRARDA - BENI HSEN ;
  - TADLA – AZILAL ;
  - DOUKALA – ABDA ;
  - SOUSS - MASSA – DRAA ;
  - AL HOCEIMA ;
  - GHARB - CHRARDA - BENI HSEN ;
  - DOUKALA – ABDA ;
  - L ORIENTAL.

<sup>12</sup> Voir le test de wald dans la partie théorique

- La variable sexe : les deux sexes sont significatifs mais puisque la beta estimée des masculins est supérieur à celui des féminins .alors les masculins sont plus significatifs en terme sinistralité.
- Nature préjudice : les blessés et décès sont tout les deux significatifs la modalité des décès constitue la classe de référence pour le coût moyen et les blesses permet de diminuer le coût moyen.

**Remarque :**

On constate que « **le scale** » est supérieure strictement à 1 donc notre choix de la distribution Gamma est convenable.

La démarche à faire est de regrouper toute les modalités non significatives avec la classe de référence (beta estimé =0) puis on lance le GLM une deuxième fois, mais puisque l'analyse de type 3 nous confirme que toutes variable sont significatives on se contente de ce modèle (car l'objectif n'est pas préciser un coût moyen puis faire la tarification<sup>13</sup>).

Conclusion : toutes les variables introduites sont significatifs.

### III. Modélisation de la charge des grands comptes par la crédibilité :

On applique l'algorithme cité dans le cadre théorique des modèles.

#### III.1 Rappel de l'objectif adapté à la base de données d'AXA :

La théorie de crédibilité permet de prendre en considération l'historique de chaque assuré .dans ce sens on essaye de construire une implémentation sur SAS<sup>14</sup> qui permet de calculer le facteur de crédibilité  $Z_i$  pour chaque police  $i$ , tant que ce coefficient est loin de 1 tant que on peut affecter à la police l'indicateur moyen qu'on essaye d'estimer et prévoir.

Dans notre cas l'objectif est d'estimer et donner une meilleurs prévision linéaire de du coût moyen qui représente le  $X_{it} = \frac{S_{it}}{\omega_{it}}$  ou  $S_{it}$  représente la charge d'une police  $i$  à l'année  $t$  portefeuille sur lequel on utilisera la crédibilité est composé de  $I = 70$  polices et de  $n = 5$  années de survenance du sinistre (2009, 2010, 2011, 2012, et 2013).

#### III.2 la démarche appliquée sur les données d'AXA :

Avant d'appliquer la démarche de la théorie de crédibilité nous devons mentionner la manière avec la quelle on doit constituer la base de donnée. D'ailleurs on met dans les lignes toutes les

13 On peut avoir un output dans la base de donnée voir le code dans SAS dans l'annexe.

14 Voir l'annexe

polices en question qui ne sont pas évidemment nombreux. Ensuite, on met dans les colonnes les coûts de chaque année, le nombre de police, puis la charge totale de chaque exercice.

**Etape 1 :** Calculer les  $\omega_{i\Sigma}$  (les nombre de sinistres), pour tout  $i \in [1, I]$  ,puis sommer sur toute les années pour trouver  $\omega_{\Sigma\Sigma}$

**Etape 2 :** Calculer les  $X_{i\omega}$ (les coût moyen)pour chaque contrat  $i \in [1, I]$ . Puis faire la somme sur toutes les années pour trouver un coût moyen  $X_{\omega\omega}$

**Etape 3 :** Calculer les  $\omega_{i\Sigma}$  ,  $i \in [1, I]$  et  $\omega_{\Sigma\Sigma}$  . Pour trouver le nombre de sinistres total.

**Etape 4 :** Estimer le  $\hat{s}^2$  par la formule citée dans la phase théorique du modèle.

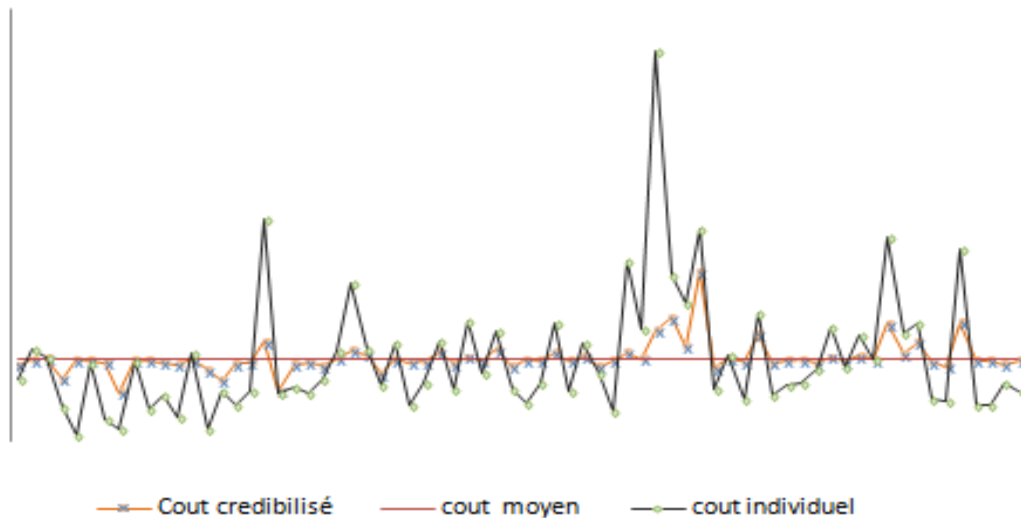
**Etape 5 :** Estimer aussi le  $\hat{\alpha}$  par la formule du cadre théorique.

**Etape 6 :** Estimer le facteur de crédibilité  $z_i$  pour chaque contrat  $i$ .

**Etape 7:** Calculer  $\hat{m}$

**Etape 8 :** Calculer  $\hat{\pi}_{in+1} = X_{i\omega} \hat{z}_i + (1 - \hat{z}_i)\hat{m}$  .

En appliquant le modèle de B.STRAUB on a pu arrivés à déterminer les coûts crédibilisés pour chaque contrat de la base sur laquelle nous avons appliqué l'algorithme.



**Figure 8 : variation du coût crédibilisé d'une police à l'autre.**

On remarque que pour chaque police on a un coût moyen, un coût individuel et un coût crédibilisé. Le coût moyen c'est le coût espéré de toutes les polices et calculé par la formule suivante <sup>15</sup>:

<sup>15</sup> Voir le cadre théorique de la crédibilité

$$\hat{m} = X_{\omega\omega} = \sum_{t=1}^n \frac{\omega_{i\Sigma}}{\omega_{\Sigma\Sigma}} X_{i\omega}$$

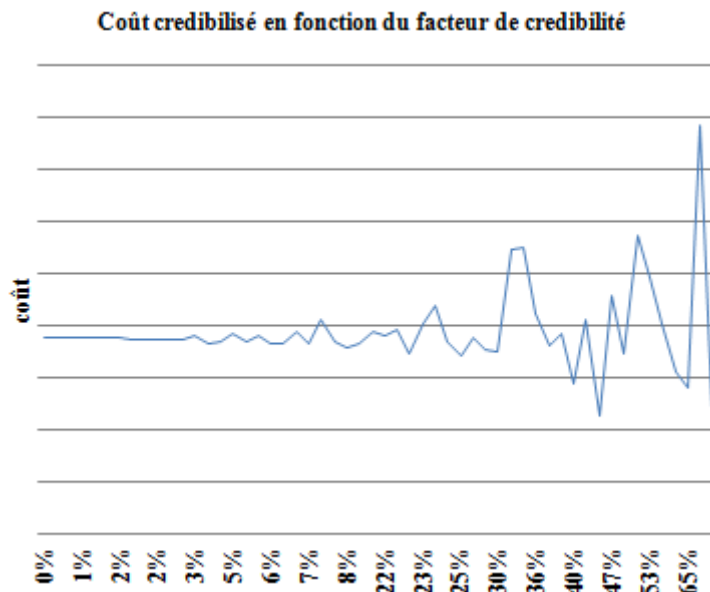
Ou les  $\omega_{it}$  représente le nombre de sinistre observé et  $X_{it}$  le coût moyen observé d'une police  $i$  à l'année  $t$ . le coût individuel c'est le coût qui est réservé à chaque assuré en prenant en considération son propre comportement historique la notation adapté de la partie théorique est  $X_{i\omega}$  qui est estimé par

$$X_{i\omega} = \sum_{t=1}^n \frac{\omega_{i\Sigma}}{\omega_{\Sigma\Sigma}} X_{it}$$

Par conséquent, le coût crédibilisé est le résultat du modèle de B.STRAUB :

$$\pi_{in+1} = z_i \cdot X_{i\omega} + (1 - z_i) \cdot m \text{ Où } z_i \text{ est le coefficient de crédibilité.}$$

Il est à noter que le coût crédibilisé n'est qu'une combinaison du coût moyen et du coût individuel. autrement dit, la modélisation par crédibilité n'est pas tolérable de la même façon que celle des autres modèles du fait que chaque assuré est responsable de son propre comportement.



**Figure 9 : le coût crédibilisé en fonction du facteur de crédibilité**

On constate que la théorie est confirmée par les données du portefeuille d'AXA. En effet, tant que le coefficient de crédibilité augmente tant qu'on trouve des variations intéressante du coût en éloignant du coût moyen stable.

### III.3 Interprétation du coût de crédibilité

Police	$Z_i$
1	0,95
2	0,9
3	0,89
4	0,88
5	0,67
6	0,65
7	0,56
8	0,4
9	0,3
10	0,21
11	0,19
12	0,14

Figure 10 : exemple illustratif pour l'interprétation du facteur de crédibilité

Selon le modèle les contrats sont triés selon leurs mauvais comportements historiques. par conséquent, la prime pure qui est la multiplication de la fréquence est du coût moyen sera basé sur no seulement sur le principe de l'assurance –mutualisation des risque- mais aussi sur la crédibilité du contrat. Tant qu'une police commit des sinistres tant qu'il est pénalisé par rapport aux autres.

#### Remarque importante :

Pour modéliser la prime pure nous devons systématiquement aussi modéliser la fréquence cette dernière dans notre études sera :

$$fréquence = \frac{\text{nombres de sinistre} * 1000}{\text{masse salariale}}$$

Il est à noter que nous avons utilisé cette formule au lieu de la formule qui utilise l'exposition au risque :  $fréquence = \frac{\text{nombre de sinistre}}{\text{exposition au risque}}$  où *l'exposition au risque*, est la durée dans laquelle la police prend effet pendant l'exercice. Cependant dans notre cas presque toutes les polices ont des durées d'effet qui dépasse une année in sera intéressant de travailler avec la première formule.

On utilise la même démarche que celle de modélisation du coût moyen

#### La première étape :

On prend cette fois ci tout le porte au lieu de prendre la partie sinistrée, puis on effectue des tests d'adéquation sur la variable « le nombre de sinistres » sachant que plus élues sont poison et la binomiale négative (puisque c'est une variable non continue)

**La deuxième étape :**

On codifie les variables selon l'algorithme de CHAID

**La troisième étape :**

- **Utilisation de GLM**

(Portefeuille avec masse salariale qui dépasse le même seuil déterminé au niveau de la modélisation de coût moyen)

- On construit la variable offset = le logarithme de la masse salariale<sup>16</sup> puis on met toutes les variables explicatives dans le modèles.
- On élimine les variable non explicative (pas à pas descendante) dans le modèle un à une jusqu'à avoir la plus petite déviance et on s'arrête.
- **Utilisation de crédibilité.**
  - on construit la base contenant les variables : « masse salariale », « nombre de sinistres » et « la fréquence ».
  - Suivre la même démarche qu'en modélisation du coût moyen.

En somme, la crédibilité et le GLM nous permet de modéliser équitablement la prime pure , ces deux approches ne peuvent pas êtres séparés au niveau modélisation dans l'assurance des accidents de travail .

---

<sup>16</sup> Exactement comme la démarche qu'on utilise en utilisant offset = log( exposition)

## CONCLUSION :

---

En somme, la modélisation par le modèle linéaire généralisé élaborée nous permet de détecter les variables et les classes sur lesquelles la compagnie doit se focaliser pour développer ses produits dans la branche des accidents de travail. En outre, la crédibilité permet de modéliser les contrats d'une manière individuelle en liant le comportement historique individuelle au comportement collectif de la classe sur laquelle nous avons effectué ce travail. Cette classe est déterminée par la méthode graphique en représentant le cumul de la population de tout le portefeuille en fonction de sa masse salariale.

Certes, la modélisation du coût moyen et de la fréquence conduit directement à l'estimation des tarifs actuariel pour chaque classe. Cependant, cette étude sur la base de données d'AXA ou d'une autre compagnie d'assurance ne suffit pas pour déterminer le tarif puisque le tarif du produit obligatoire « garantie accident du travail » est fixé par la DAPS. Du cout, ceci n'empêche pas de prendre l'étude en considération pour développer les autres produits facultatifs ou en moins voir avec précision le comportement des contrats des polices enregistrées dans le portefeuille de la compagnie.

Il est impératif de signaler que durant ce stage, nous avons réalisé **partiellement** le projet qu'AXA Assurance Maroc m'avait confié. En effet, le projet complet contient plusieurs parties que nous devons terminer avant la fin du notre contrat de travail. Cette partie réside dans une réalisation de provisionnement avec plusieurs méthodes, une étude d'impact de certains agrégats économiques sur la rentabilité de la branche des accidents de travail et une analyse qualitative des risques liés à la branche des accidents de travail.

*BIBLIOGRAPHIES:*

---

- [1] Aymeric Souleau. Mémoire d'actuariat, sujet : « *Tarifification de la branche d'assurance des accidents du travail, Bonus-malus et Crédibilité* » Promotion 2010
- [2] Christophe Dutang, Vincent Goulet, Xavier Milhaud, Mathieu Pigeon in “*Credibility theory features of actuar*”.
- [3] Dahir n° 1-60-223 du 12 ramadan 1382 (6 février 1963) portant modification en la forme du dahir du 25 hija 1345 (25 juin 1927) relatif à la réparation des accidents du travail année 2003.
- [4] Duncan Anderson, Sholom Feldblum, Claudine Modlin, Doris Schrimacher, et Neeza Thandi, Ernesto Schirmacher, édition : A foundation for theory, interpretation and application “*Practitioner’s Guide to Generalized Linear Models*” Mai 2004.
- [5] Eric PREUD’HOMME COURS, TP – TOME 1 Modules utilisés : Base, Stat, Insight, Ets, Graph Avril 2006
- [6] Hans Bühlmann et Alois Gisler : A course in credibility theory and its applications. Springer, 2005.
- [7] Rob Kaas , Marc Goovaerts , Jan Dhaene , Michel Denuit deuxième édition (Theory Modern Actuarial Risk Using R) 2008
- [8] Rapports d’activité de FMAR

# **Annexes.**

---

## Annexe 1.

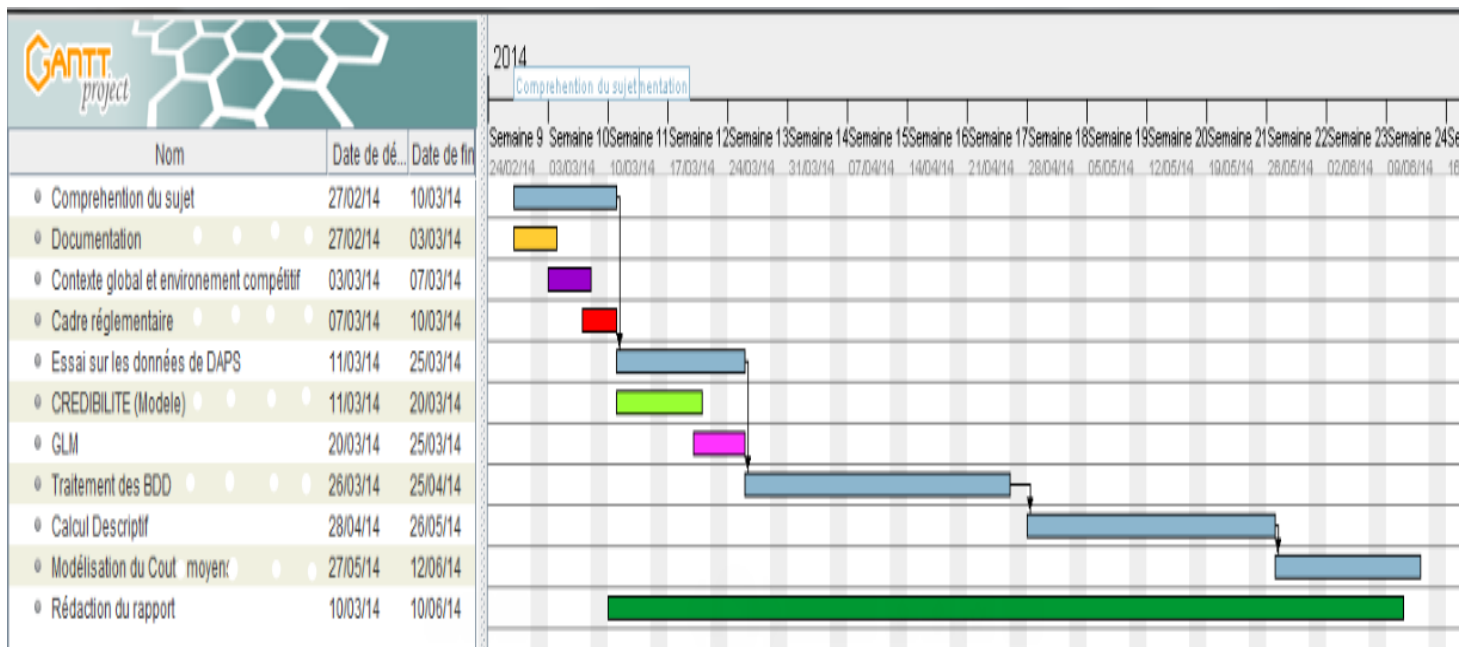
Algorithme CHAID :

Soient  $Y$  la variable à expliquer (à  $k$  modalités) qualitative, et  $X$  les variables explicatives (à  $m$  modalités) qualitatives.

- **Pas n°1** : On construit pour chaque prédicteur  $X_j$  le tableau de contingence ( $m, k$ ) croisant  $X$  et  $Y$  et on effectue les pas n°2 et n°3 ;
- **Pas n°2** : On détermine la paire de modalités de  $X_j$  (en considérant les paires possibles suivant la nature de  $X_j$  dont le sous tableau ( $2, k$ ) fournit le plus petit  $\chi^2$ . Si ce  $\chi^2$  est non significatif, on regroupe les deux modalités correspondantes en une seule (modalité composée) et on répète ce pas n°2 ;
- **Pas n°3** : Pour chaque modalité composée de plus de 3 modalités originales, on détermine la division binaire associée au  $\chi^2$  le plus grand, Si ce  $\chi^2$  est significatif, on effectue cette division binaire ;
- **Pas n°4** : On calcule la significativité  $p'$  de chaque prédicteur  $X_j$  dont les modalités ont été optimalement regroupées et on retient la plus significative. Si cette significativité dépasse la valeur critique (fixée par l'utilisateur), on divise l'ensemble des observations en autant de segments que de modalités composées de variable choisie ;
- **Pas n°5** : Pour tout segment divisible, on retourne au pas n°1.

Le degré de significativité corrigé  $p'$  est obtenu à partir du degré de liberté  $p$  du test du  $\chi^2$  effectué sur le tableau réduit, en le multipliant par un coefficient : le coefficient de Bonferroni [Kass, 1980] qui représente le nombre de possibilités de regrouper  $m$  modalités d'une variable explicative en  $g$  groupes et qui dépend de la nature de la variable explicative considérée.

**Annexe 2 :** présentation du diagramme de GANTT pour la partie élaborée du projet d'étude de la rentabilité AAM.



## Annexe 3 : Implémentation de la crédibilité sur sas

```
/******IMPLEMENTATION GREDIBILITE *****/
data fichierf.CHARGECDIBILITE ;
set fichierf.baseCHARGE;
where masse_salariale > 45000000;
run;

proc sql ;
select count( distinct POLNUM)
from fichierf.CHARGECDIBILITE ; run;

proc sql ;
create table fichierf.basecred as
select distinct POLNUM, annee_survenance, CHARGETOTAL, nbre_sin, coût_moyen
from fichierf.CHARGECDIBILITE;
quit;

data test ;
set fichierf.basecred;

if annee_survenance= 2009 then do;
nbr2009 = nbre_sin;
charge2009 =chargetOTAL;
coût2009=COÛT_MOYEN ; end;
if nbr2009=. then nbr2009=0 ;
if charge2009=. then charge2009=0 ;
if coût2009=. then coût2009=0;

if annee_survenance= 2010 then do;
nbr2010 = nbre_sin;
charge2010 =chargetOTAL;
coût2010=COÛT_MOYEN ; end;
if nbr2010=. then nbr2010=0 ;
if charge2010=. then charge2010=0 ;
if coût2010=. then coût2010=0;

if annee_survenance= 2011 then do;
nbr2011 = nbre_sin;
charge2011 =chargetOTAL;
coût2011=COÛT_MOYEN ; end;
if nbr2011=. then nbr2011=0 ;
if charge2011=. then charge2011=0 ;
if coût2011=. then coût2011=0;

if annee_survenance= 2012 then do;
nbr2012 = nbre_sin;
charge2012 =chargetOTAL;
coût2012=COÛT_MOYEN ; end;
if nbr2012=. then nbr2012=0 ;
if charge2012=. then charge2012=0 ;
```

```

if coût2012=. then      coût2012=0;

if annee_survenance= 2013then do;
nbr2013 = nbre_sin;
charge2013 =chargetOTAL;
coût2013=COÛT_MOYEN ; end;
if   nbr2013=. then   nbr2013=0 ;
if   charge2013=. then charge2013=0 ;
if   coût2013=. then   coût2013=0;

RUN;
proc sql ;
create table gh as
select distinct
POLNUM,max(nbr2009) as nbr2009 ,max(nbr2010) as nbr2010,
max(nbr2011) as nbr2011,max(nbr2012) as nbr2012,max(nbr2013) as
nbr2013,max(charge2009) as charge2009,
max(charge2010) as charge2010,max(charge2011)as charge2011,
max(charge2012) as charge2012,max(charge2013) as charge2013,  max(COÛT2009)
as COÛT2009,
max(COÛT2010) as COÛT2010,max(COÛT2011) as COÛT2011,max(COÛT2012)as
COÛT2012,MAX(COÛT2013) as COÛT2013
from test group by POLNUM ;
quit;

/* etape 1 : *****wsigma i *****/
data CRED.testol ;
set gh ;
Wsigmai= charge2009+charge2010+charge2011+charge2012+charge2013 ;
wsigmai2=wsigmai**2;
/*****2ème etape Xiw i=1 ...I *****/
xiw= (CHARGE2009/wsigmai)*coût2009+ (CHARGE2010/wsigmai)*coût2010+
(CHARGE2011/wsigmai)*coût2011+(CHARGE2012/wsigmai)*coût2012+(CHARGE2013/wsi
gmai)*coût2013;
/*****2.1xww*****/
Ai=(Wsigmai/ 176874521)*xiw;
run ;
/*1.1Wsigmasigma*/
proc means data = CRED.testol sum ;
var wsigmai ;
run ;
/****4.1 wisigmacarré *****/
proc means data = CRED.testol sum ;
var wsigmai2 ;
run ;
/****2.1 xww****/
proc means data = CRED.testol sum ;
var Ai;
run ;
/***** etape 3 estimation sigma carré** 70 nombre de contrats 4 = nbre
d'année -1**/
data CRED.testol ;
set CRED.testol;
escarre=(1/4*70) * (charge2010* (coût2010-xiw) **2
)+(1/4*139) * (CHARGE2009* (coût2009-Xiw) **2)
+(1/4*70) * (CHARGE2011* (coût2011-Xiw) **2)
+(1/4*70) * (CHARGE2012* (coût2012-Xiw) **2)
+(1/4*70) * (CHARGE2013* (coût2013-Xiw) **2);
run;
proc means data = CRED.testol sum ;

```

```

var   escarre;
run ;
/***** etape 4 estimer a (estimateur de vyllder)*****/
data cred.testol ;
set cred.testol ;
aII=WsigmaI*(xiw - 37670.48 )**2;
proc means data = cred.testol sum ;
var   aII;
run ;

data CRED.testol ;
set CRED.testol ;
achap=( 176874521/ ( 176874521**2- 4.34615E15))* ( 3.9542066E19*
0.000027575);
run ;
/*****etape 5 Zi(coeficient de credibiité) *****/
data CRED.testol ;
set CRED.testol ;
Zi = wsigmaI/(wsigmaI+ 2.9385381E17/achap );
run;
/****etape Zsigma **/
proc means data = CRED.testol sum ;
var   Zi;
run ;
/****estimation de m*** m= xww/
****nouveaux ratio ****/
data CRED.testol ;
set CRED.testol ;
coûtM= 37670.48 ;
coût_m=(coût2009+coût2010+coût2011+coût2012+coût2013)/5;
COÛTCREDIBILISE = Zi*xiw + (1-Zi)* 37670.48 ; drop cou2012
;run;
/****afficher**/
symbol1 color=blue   interpol=JOIN   value=dot line=3 ;
symbol2 color=red    interpol=JOIN   value=dot line=2 ;
symbol3 color=green  interpol=JOIN   value=dot line=1 ;
legend1 position  =(top center inside) ;
proc gplot data = CRED.testol;
plot (COÛTCREDIBILISE xiw coûtM)*POLNUM/ overlay legend=legend1;
title 'le coût moyen et le coût crédibilisé' ;
run;
quit;

proc gplot data= CRED.testol;
plot coût_m ;
plot2 COÛTCREDIBILISE ;symbol interpol=spline;
run;

```

### code pour déterminer le seuil de segmentation :

« le cumul de la population en fonction de la masse salariale »

```

proc sql ; create table tab as select distinct POLNUM ,MASSE ,exercice
from fichierf.baseprod; quit;
proc sort data= tab; by masse ;run;
data fichierf.help;
set tab nobs=totalobs;
ecdf_pcs= _n_/ totalobs ;
run;
ods rtf file = 'C:\Users\UsEr\Desktop\PFE FI\FICHIER BASE
F\EXPORTATION\repar2010.doc';
symbol1 i=j v=none c=blue ;

```

```
proc gplot data = fichierf.help;
plot ecdf_pcs*masse;
title 'Le cumul de la population par valeur de la masse salariale ' ;
run;quit;
```