

## **I. Introduction.**

Dans le cadre du stage à effectuer pour obtenir le diplôme d'études spécialisées en sciences actuarielles, j'ai travaillé 2 jours par semaine pendant 6,5 mois chez Secura Belgian Re, dans le département Recherche et Développement.

Le sujet du stage portait sur l'estimation de la superinflation dans les grands sinistres en RC automobile. La superinflation est en effet un paramètre qui joue un rôle important dans la cotation de traités de réassurance. Le projet sera décrit plus en détails un peu plus loin dans le rapport.

Lors de cette première expérience professionnelle en tant qu'actuaire, j'ai donc été impliquée dans un projet depuis la création du fichier de données jusqu'à la présentation des résultats en passant par l'implémentation des méthodes d'analyse, la résolution de difficultés pratiques, l'interprétation des résultats et la recherche d'améliorations des méthodes utilisées qui en découlent.

C'était très motivant de pouvoir gérer d'un bout à l'autre un projet dont les résultats sont attendus et susceptibles d'être utilisés !

Toute l'analyse a été implémentée en SAS, ce qui m'a permis de me familiariser avec le logiciel.

La suite du rapport contient une présentation succincte de la société. Suit la présentation du projet et des activités qui lui sont rattachées. Seront décrites les différentes étapes qui ont jalonné le travail : le premier paragraphe décrit le projet et son intérêt, le deuxième présente les données mises à disposition pour le projet, le troisième paragraphe explique les deux méthodes de sélection des grands sinistres utilisées et les trois derniers paragraphes présentent l'analyse effectuée et les résultats obtenus pour ces sinistres.

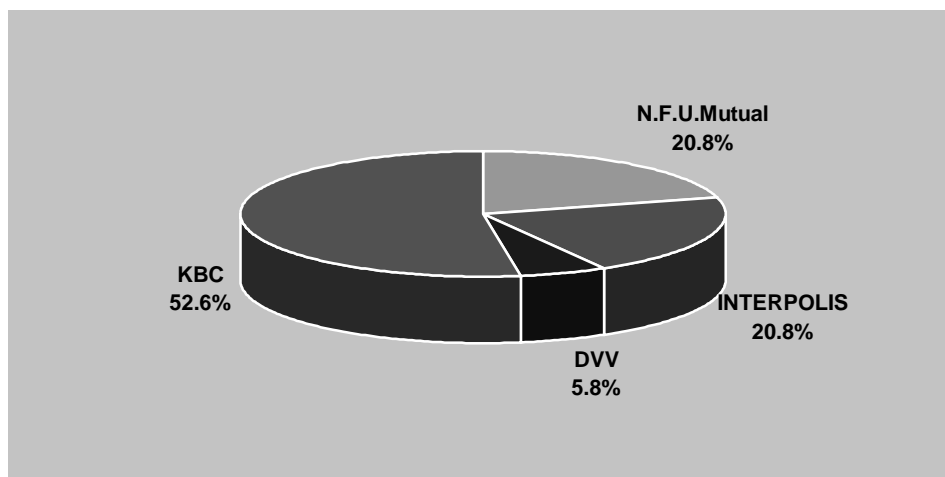
## II. Présentation de la société.

Secura Belgian Re est située au 12, rue Montoyer à 1000 Bruxelles.

Ses activités de réassurance débutèrent le 1er janvier 1946, à l'initiative du Professeur Emile Van Dievoet. Elles se déroulent aujourd'hui dans de nombreux pays, principalement en Europe.

*Figure 1. Les marchés où se déroulent les activités de Secura.*

La figure suivante présente les différents actionnaires et leurs parts respectives.



*Figure 2. Composition des participations.*

La figure suivante présente un organigramme simplifié des différents départements qui composent Secura.

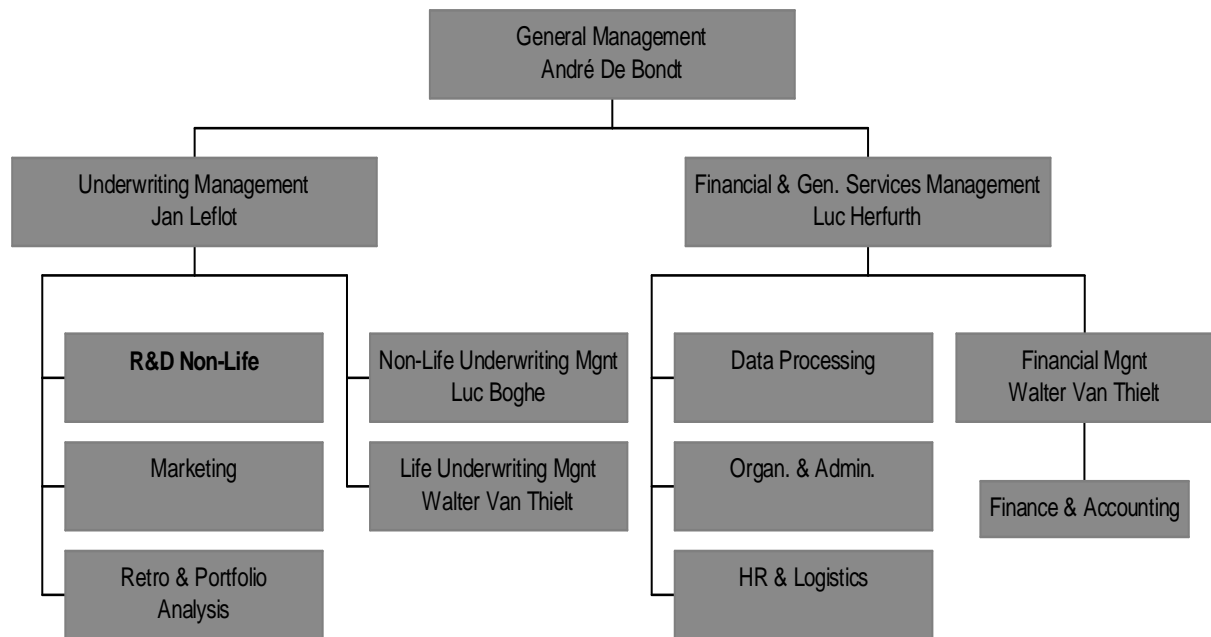


Figure 3. Organigramme simplifié de la société.

J'ai effectué mon stage dans le département R&D, le bureau d'études Non Vie, dirigé par Philippe De Longueville. Ce département est composé de trois actuaires, une mathématicienne et un informaticien. Ses activités sont multiples : coordination de l'activité technique au sein de Secura, développement de méthodes de cotation, implémentation informatique, études techniques en réassurance et en assurance (aide aux cédantes), formation continue, promotion (séminaires, publications..), collaboration avec les universités...

### **III. Le projet : estimation de la superinflation dans les grands dommages corporels en RC auto.**

#### ***A. Définition de la superinflation et intérêt de son estimation.***

Les grands sinistres, avec indemnisation de dommages corporels mettent souvent plusieurs années avant d'être réglés. Ils subissent donc l'effet de l'inflation. De plus, on peut observer qu'ils augmentent plus rapidement encore que s'ils subissaient seulement l'inflation basée sur l'indice des salaires. C'est le phénomène de superinflation, encore appelée inflation sociale. La superinflation trouve son origine dans divers facteurs, parmi lesquels on peut citer : l'augmentation de l'espérance de vie, l'amélioration des techniques médicales, l'évolution de la jurisprudence, la conscientisation de plus en plus grande des victimes, la diminution des taux d'intérêt à long terme.

Il est important de connaître l'inflation totale subie par les sinistres afin de pouvoir estimer au mieux les montants à mettre en réserve, afin de pouvoir coter des traités de réassurance...

Il existe deux types d'inflation influençant les sinistres, l'inflation en nombre et l'inflation en coût. Dans ce travail, on s'intéressera à l'inflation en coût des grands sinistres. La superinflation est obtenue par différence entre cet indice d'inflation et l'indice des salaires. Comme les banques et le bureau du plan fournissent des prévisions pour l'indice des salaires, si la superinflation future peut être estimée on pourra en déduire l'inflation des grands sinistres. L'objectif du stage est de construire une méthode d'estimation de la superinflation satisfaisante et applicable dans un grand nombre de pays.

Le travail est effectué sur base de données concernant les grands sinistres RC Auto en Belgique sur la période 1987-1997.

Trois grandes étapes ont jalonné le travail : création du fichier de données, sélection des grands sinistres sur lesquels travailler et analyse de ces sinistres.

## **B. Création du fichier de données.**

Les cédantes travaillant avec Secura lui fournissent chaque année des renseignements sur les sinistres subis.

La première étape du travail a consisté à rapatrier les données concernant les grands sinistres RC auto en Belgique depuis APL vers des tableaux SAS, via un programme de lecture. Pour chaque compagnie les données concernent d'une part les primes (encaissement par année de souscription) et d'autre part les sinistres (paiements et réserves par année de souscription et par année de développement) dépassant une certaine priorité dépendant de la compagnie et de l'année considérée. Toutes ces données ont ensuite été globalisées pour toutes les compagnies en deux fichiers.

Le fichier primes contient pour chaque compagnie l'encaissement de primes relatif à chaque année de souscription.

Le fichier sinistres contient pour chaque compagnie et pour chaque année de souscription le développement de chaque sinistre survenu cette année-là. Les montants dont on dispose sont les paiements cumulés (éclatés en paiements et paiements d'intérêts moratoires) et les réserves cumulées (éclatées pareillement). Le fichier sinistres contient également pour chaque compagnie la priorité des statistiques considérée pour chaque année. Cette priorité est le montant que le sinistre doit dépasser pour être renseigné par la compagnie et elle varie de 1 à 30 millions.

Année	Compagnies	Assiette de primes	Sinistres en année 1	Sinistres en 1997
1987	12	6.779.446.600	78	105
1988	15	13.160.139.430	101	132
1989	20	17.892.935.839	133	217
1990	23	23.652.163.945	183	258
1991	23	25.802.667.455	182	239
1992	23	27.280.847.017	181	245
1993	24	27.289.267.439	174	249
1994	24	28.017.798.373	144	207
1995	26	29.902.500.794	173	246
1996	25	30.513.016.608	199	267
1997	24	31.065.621.454	229	229

*Tableau 1. Assiette de primes par année de souscription et nombre de sinistres lors de la première et de la dernière année de développement connue.*

On constate que l'on dispose de moins d'informations pour les années 1987 et 1988 que pour les autres (moins de compagnies).

### **C. Sélection des grands sinistres.**

Cette sélection a été effectuée de deux manières. La première consiste à considérer les sinistres au-dessus d'un certain montant et la deuxième à prendre les "x" plus grands sinistres.

#### **1. Sinistres au-dessus d'une priorité.**

On fixe une priorité et on sélectionne, pour les compagnies qui mentionnent tous leurs sinistres supérieurs à cette priorité (c'est-à-dire celles qui ont une priorité des statistiques inférieure à la priorité choisie), les sinistres de montant plus grand ou égal. Cette priorité peut être constante dans le temps ou désindexée (avec l'indice des salaires) et ramenée à l'année 1997.

En choisissant une priorité plus élevée, le nombre de sinistres pouvant lui être supérieurs diminue mais le nombre de compagnies parmi lesquelles extraire les sinistres augmente étant donné que davantage de compagnies auront une priorité des statistiques inférieure à la priorité choisie. Il faut donc trouver un compromis, entre nombre de compagnies élevé (pour cela il faut choisir une grande priorité) et nombre de sinistres par compagnie élevé (pour cela il faut choisir une petite priorité), permettant d'obtenir un échantillon de sinistres le plus grand possible.

Les analyses ont été effectuées sur les sinistres sélectionnés à partir de deux priorités : 11 millions (qui permet d'obtenir un grand échantillon de sinistres) et 30 millions (pour traiter le cas des très grands sinistres). Pour chacune, le cas d'une priorité constante et le cas d'une priorité indexée ont été envisagés. La priorité est désindexée afin d'obtenir une définition des grands sinistres équivalente d'année en année et pour essayer d'éliminer l'effet de l'inflation en nombre.

Les primes sont elles indexées (et ramenées à l'année 1997) à partir d'un indice basé sur la prime moyenne (encaissement divisé par le nombre de polices) en RC auto, et ce afin de travailler à exposition constante.

Indices	Sinistres	Primes
1987	73.12	102.53
1988	74.79	101.66
1989	78.07	100.76
1990	81.85	103.32
1991	85.97	106.14
1992	89.68	108.92
1993	92.77	104.81
1994	95.22	102.63
1995	96.61	107.79
1996	98.22	103.94
1997	100.00	100.00

*Tableau 2. Indices utilisés pour l'indexation des priorités et des primes.*

*Base 97=100.*

Le tableau suivant reprend le nombre, en deuxième année de développement, des sinistres constituant les quatre échantillons qui seront utilisés.

Priorité constante de 11 millions	:	480
Priorité désindexée de 11 millions	:	472
Priorité constante de 30 millions	:	189
Priorité désindexée de 30 millions	:	203

*Tableau 3. Nombre des sinistres sélectionnés, en développement 2.*

## 2. Sélection des "x" plus grands sinistres.

On sélectionne pour chaque année de souscription et pour l'année de développement 2 les "x" plus grands sinistres, en nombre constant par rapport à 1 milliard d'encaissement. Si on désire travailler avec toutes les compagnies disponibles, il faut se contenter des sinistres supérieurs à la priorité des statistiques maximale pour l'année considérée. Ceci définit le nombre maximum de sinistres qui peuvent être considérés pour chaque année. Ces maxima sont alors rapportés à l'encaissement et on prend x égal au minimum de ces nombres. On multiplie alors x par l'encaissement pour obtenir le nombre absolu de sinistres sélectionnés par année. Un exemple de cette méthode est donné dans le tableau 4.

Cette méthode nous permet donc de travailler avec un nombre de sinistres constant durant tout le développement mais également constant par rapport à l'encaissement durant tous les exercices de survénance considérés.

Année	Nb max sin	Ass primes	Nb max %1mia	Nb sin
1987	21	6.61194E9	3.1760743	4
1988	13	1.2945E10	1.0042108	7
1989	16	1.7758E10	0.9009814	10
1990	13	2.2893E10	<u>0.5678596</u> = x	13
1991	20	2.4309E10	0.8227387	14
1992	26	2.5046E10	1.0380788	14
1993	34	2.6038E10	1.3057895	15
1994	19	2.7301E10	0.6959486	16
1995	31	2.7743E10	1.1174155	16
1996	25	2.9357E10	0.8515961	<u>17</u>
				126

Tableau 4. Nb de sinistres sélectionnés si on prend toutes les compagnies.

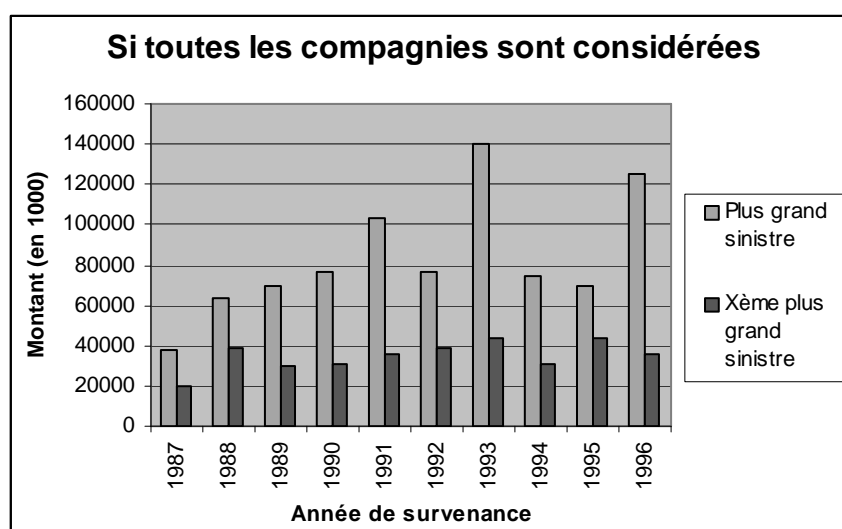


Figure 4. Montants du plus grand et du xème plus grand sinistre de l'échantillon par année de survénance.

Afin d'obtenir un échantillon de sinistres plus important, on élimine certaines compagnies, celles qui ont une priorité des statistiques élevée. Ainsi la priorité maximale des compagnies restantes est plus petite et le nombre de sinistres qui lui sont supérieurs augmente. En éliminant 4 compagnies on obtient un échantillon de sinistres comprenant 290 sinistres.

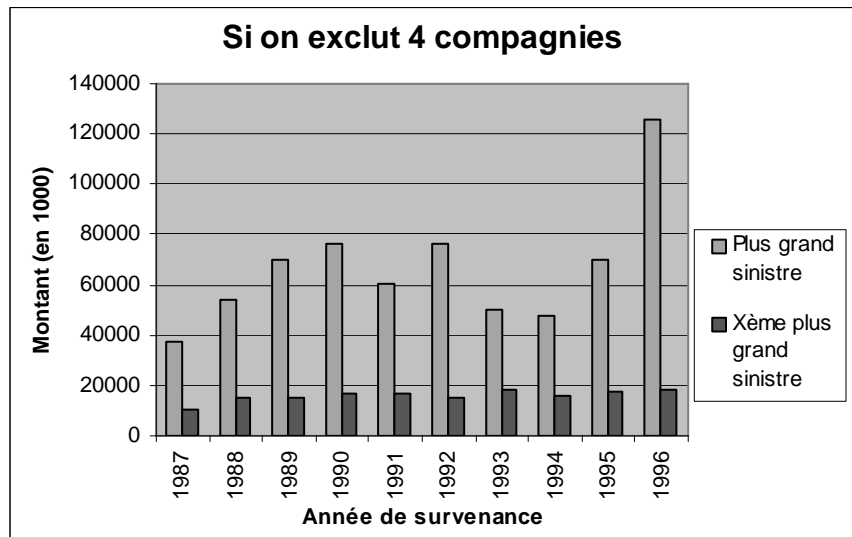


Figure 5. Montants du plus grand et du xème plus grand sinistre de l'échantillon après élimination de 4 compagnies.

Quand on exclut 4 compagnies, le  $x^{\text{ème}}$  plus grand sinistre passe de 10 millions à 18,001 millions de 1987 à 1996, soit une augmentation moyenne de 6.75 % par an. De 1989 à 1996 il passe de 15 millions à 18,001 millions, soit une augmentation moyenne de 2.64 % par an.

Comme les tout grands sinistres risquent d'avoir un comportement différent des autres et donc de perturber les résultats, les calculs sont également effectués sur des échantillons dont on a retiré pour chaque année le sinistre le plus élevé, les 2 plus grands sinistres,...(en nombre constant par rapport à l'encaissement (année de référence : 1996), ce qui signifie que pour les années plus anciennes qui ont un encaissement plus faible on n'exclut pas autant de sinistres).

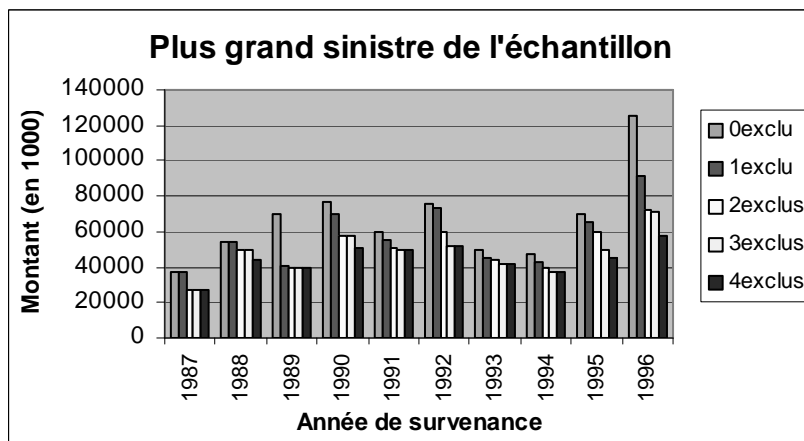


Figure 6. Montant du plus grand sinistre de l'échantillon après élimination de 4 compagnies et après exclusion des plus grands sinistres.

Examinons le poids relatif des grands sinistres que l'on exclut un à un et pour lesquels on suppose que l'inflation est plus importante que pour l'ensemble des sinistres.

Lorsqu'on exclut 4 compagnies mais qu'on garde tous les sinistres, l'échantillon comprend 290 sinistres pour un montant total de 8.400.570.000 F en année de développement 2. Les tout grands sinistres exclus représentent 6,9% de ce total lorsqu'on enlève le plus grand sinistre de chaque année (en équivalent 1996). Ils représentent 13,7% du total lorsqu'on enlève les 2 plus grands sinistres; 17,6% lorsqu'on enlève les 3 plus grands sinistres et 20,2% du total lorsqu'on enlève les 4 plus grands sinistres.

#### ***D. Méthodes IBNR utilisées.***

En examinant l'évolution des montants ou nombres de sinistres en début de développement on peut en déduire l'inflation passée. Pour estimer l'inflation future on va compléter les triangles par des méthodes IBNR afin de pouvoir examiner l'évolution des coûts ultimes de sinistres (dernière colonne de la matrice).

Les méthodes utilisées sont celles de Chain Ladder, des moindres carrés de De Vylder, de séparation (arithmétique et géométrique) de Taylor, de Mack (méthode basée sur la crédibilité) et de Kremer.

Les quatre premières méthodes étaient déjà implémentées en SAS/IML et n'ont nécessité que quelques aménagements. La méthode de Kremer (présentée au Congrès Astin 1998) a dû être programmée. Elle consiste à estimer de façon itérative les facteurs d'inflation dans le triangle supérieur. Ce dernier peut alors être déflaté. Sont ensuite estimés les facteurs de développement sur le triangle supérieur afin de pouvoir compléter le triangle inférieur. Il reste alors à extrapoler les facteurs d'inflation futurs pour pouvoir ramener toute la matrice en francs courants.

La méthode de séparation arithmétique de Taylor et la méthode de Kremer donnent une estimation explicite de l'inflation des sinistres.

## E. Analyse des grands sinistres sélectionnés au-dessus d'une priorité.

### 1. Analyse en nombres.

Dans un premier temps on analyse l'évolution du nombre de sinistres sélectionnés au-dessus d'une priorité (11 et 30 millions).

Ces nombres de sinistres sont tout d'abord ramenés à l'encaissement afin de mettre toutes les années de survenance sur le même pied. Les triangles en nombres sont ensuite complétés par les méthodes de Chain Ladder (CL), la méthode des moindres carrés de De Vylder (DV) et la méthode de Mack (M0).

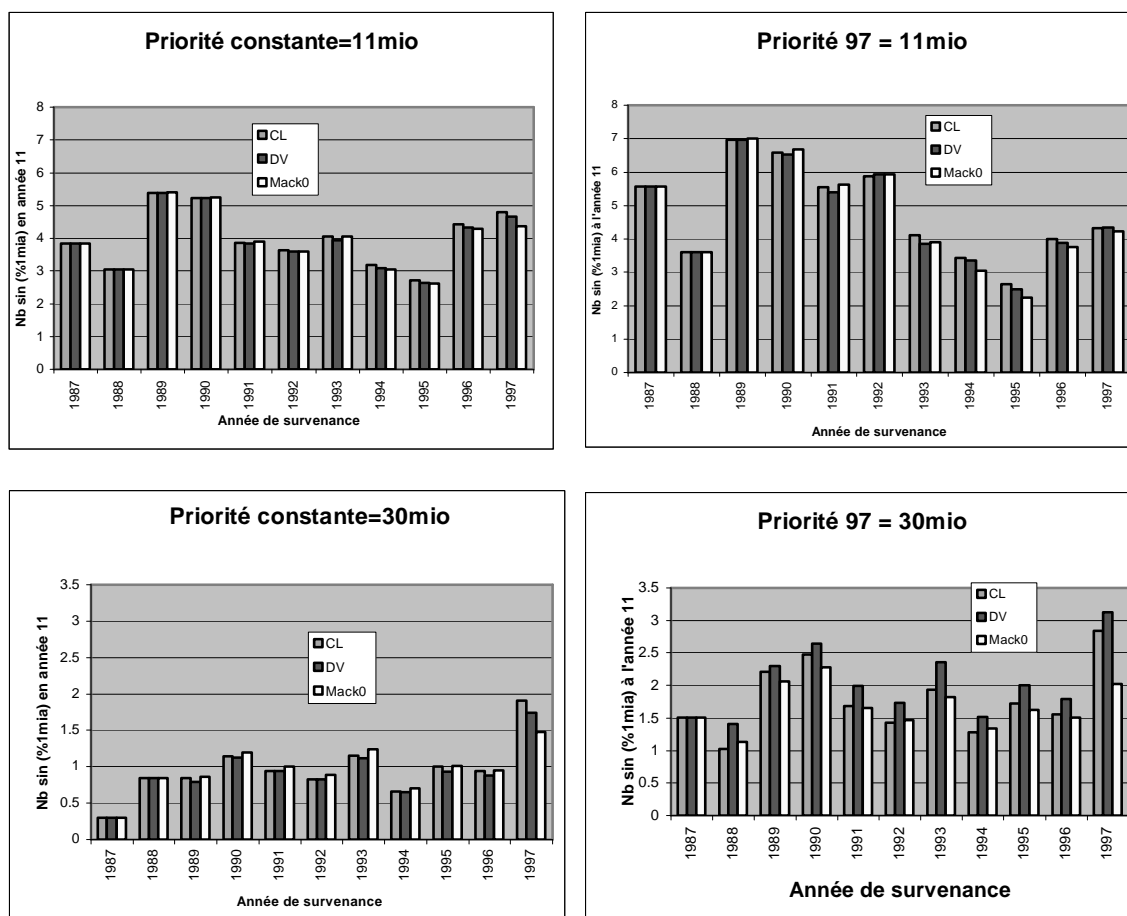


Figure 7. Nombre de sinistres en dernière année de développement pour les échantillons de sinistres sélectionnés au-dessus d'une priorité (11 ou 30 millions, constante ou désindexée).

On examine les évolutions annuelles sur base d'une moyenne géométrique pour les périodes 1987-1996 et 1989-1996 pour le nombre de sinistres en année de développement 2 et en année de développement final.

Priorité	Période	Dvpt 2	Dvpt final CL	Dvpt final M0
Constante 11mio	87-96	6.31	1.62	1.27
	89-96	2.00	-2.73	-3.21
Désindexée 11mio	87-96	-0.45	-3.60	-4.27
	89-96	3.56	-7.62	-8.55
Constante 30mio	87-96	20.99	13.73	13.88
	89-96	5.62	1.65	1.52
Désindexée 30mio	87-96	9.12	0.34	-0.05
	89-96	0.23	-4.89	-4.38

Tableau 5. Evolution en % du nombre, en année 2 et en année 11, de sinistres sélectionnés au-dessus d'une priorité.

#### Constatations sur l'analyse en nombres :

- Les diverses méthodes IBNR donnent sensiblement les mêmes résultats sauf dans le cas d'une priorité de 30 millions désindexée où l'échantillon est moins stable.
- Comme on dispose de peu de données pour les années 1987 et 1988 et comme les données de 1997 n'étaient pas encore confirmées à la date de l'analyse, on s'intéresse surtout à l'évolution 1989-1996.
- Les tout grands sinistres (>30 millions) subissent une évolution en nombres plus importante que les sinistres supérieurs à 11 millions.
- Lorsque la priorité est désindexée, l'évolution est (logiquement) moins importante que lorsque la priorité est constante. Elle est même souvent négative (déflation en nombres).

## 2. Analyse en coûts moyens.

Les montants des sinistres sélectionnés (toujours par la première méthode, soit au-dessus d'une priorité) sont divisés par les nombres ultimes (c'est-à-dire les nombres de sinistres en dernière année de développement) obtenus par la méthode de Chain Ladder. Des triangles des coûts moyens sont ainsi obtenus et peuvent être complétés par la méthode de Chain Ladder (CL), la méthode de Kremer (KR), les méthodes de séparation de Taylor (arithmétique (TA) et géométrique (TG)) et la méthode de Mack (M0).

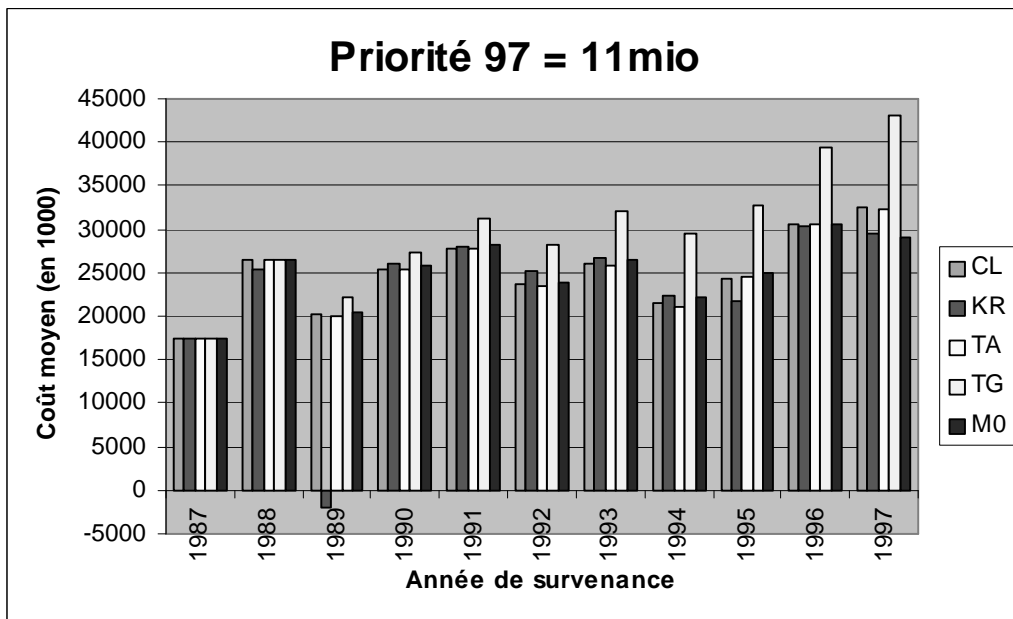


Figure 8. Coûts moyens en dernière année de développement pour une priorité de 11 millions désindexée.

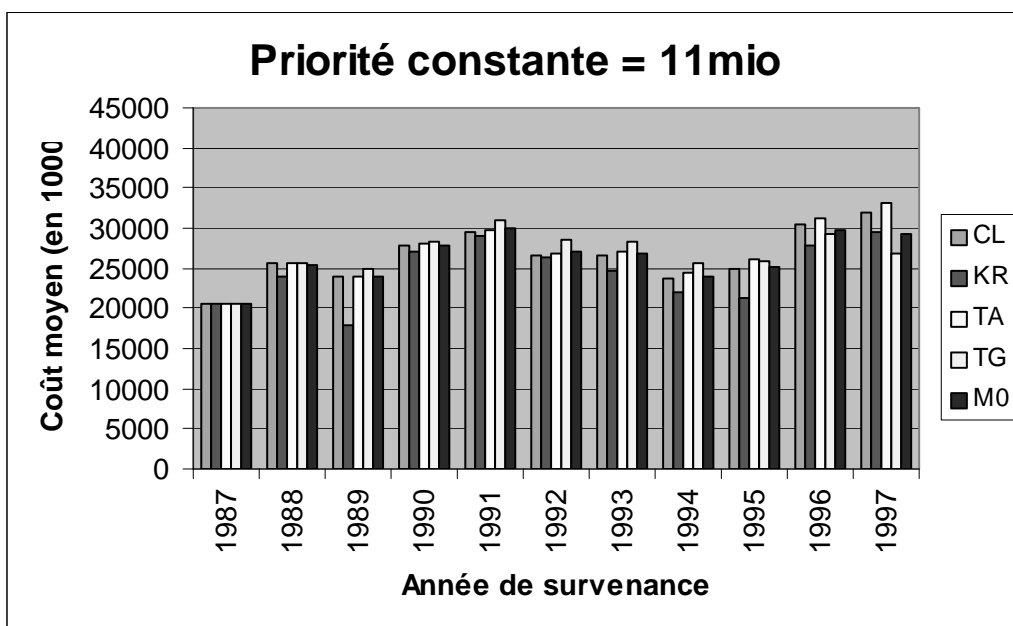


Figure 9. Coûts moyens en dernière année de développement pour une priorité de 11 millions constante.

On examine les évolutions annuelles sur base d'une moyenne géométrique pour les périodes 1987-1996 et 1989-1996 pour le coût moyen des sinistres en année de développement 2 et en année de développement final.

Priorité	Période	Dvpt 2	Dvpt final CL	Dvpt final MO	Dvpt final TA
Constante 11mio	87-96	8.96	4.40	4.16	4.70
	89-96	7.53	3.47	3.21	3.83
Désindexée 11mio	87-96	10.08	6.42	6.45	6.42
	89-96	10.42	6.05	5.95	6.18

*Tableau 6. Evolution en % du coût moyen, en année 2 et en année 11, des sinistres sélectionnés au-dessus d'une priorité.*

#### Constatations sur l'analyse en coûts :

L'évolution pour la priorité désindexée est plus importante que pour la priorité constante. En effet, pour le premier type de priorité le nombre de sinistres sélectionnés augmente fortement pour les premières années, ce qui implique que le coût moyen pour ces années diminue. L'augmentation annuelle pour atteindre le montant de 1996 sera donc plus élevée.

Cette méthode de sélection donne des résultats peu faciles à interpréter. Comment séparer effet en nombre et effet en coût ?

De plus avec cette méthode se pose le problème des "vrais" IBNR, c'est-à-dire des sinistres déclarés tardivement. Au moment où ils apparaissent ils font augmenter le coût moyen et s'accélérer le développement mais ils n'ont pourtant rien à voir avec l'inflation.

## F. Analyse des "x" plus grands sinistres sélectionnés.

### 1. Analyse des coûts moyens (paiements + réserves).

Reprenons les sinistres sélectionnés par la deuxième méthode (c'est-à-dire les "x" plus grands sinistres en nombre constant par rapport à l'encaissement) et construisons les triangles de coûts moyens pour ces sinistres.

Ces triangles sont ensuite complétés par les méthodes de Chain Ladder (CL), de Kremer (KR), de Mack (M0) et de séparation arithmétique (TA).

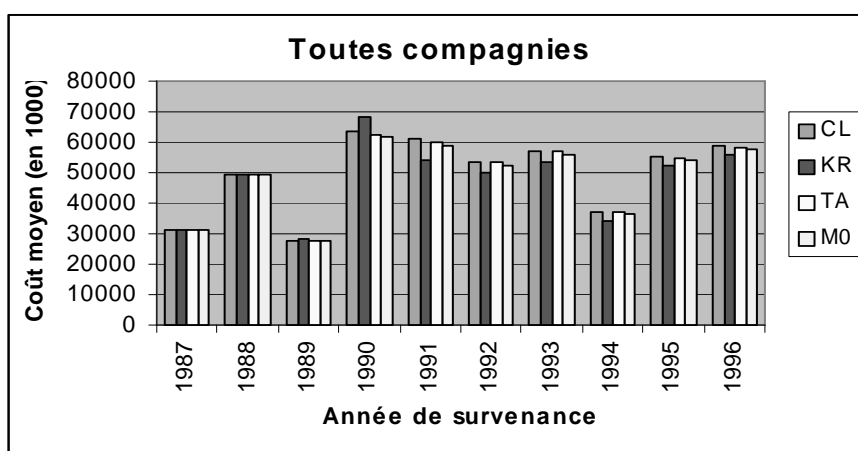


Figure 10. Coûts moyens en année de développement final quand on sélectionne les "x" plus grands sinistres sur toutes les compagnies.

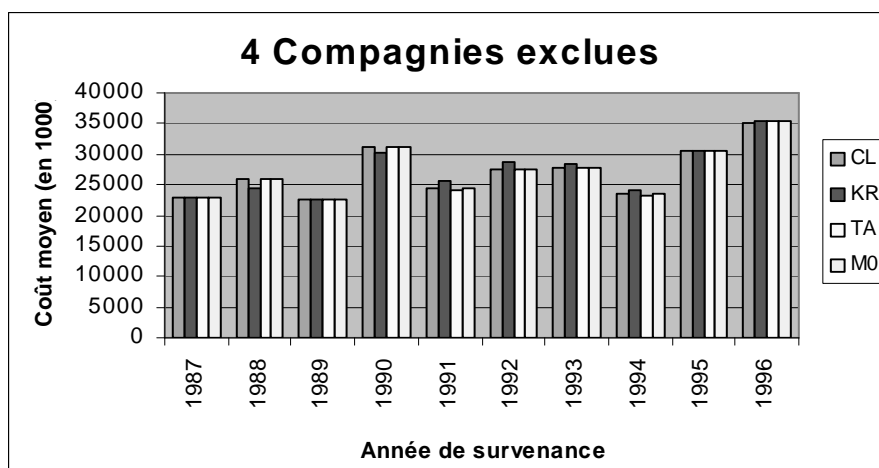


Figure 11. Coûts moyens en année de développement final quand on sélectionne les "x" plus grands sinistres sur toutes les compagnies sauf 4.

Le tableau suivant présente un exemple de triangle, celui portant sur tous les sinistres quand on exclut 4 compagnies. On peut observer que les montants ultimes sont proches ou inférieurs aux montants en année 2 de développement. En ce qui concerne l'évolution des montants en dernière année (voir aussi figure 11), la faiblesse du montant de 89 et la croissance plus élevée sur les dernières années joueront un rôle lors de l'estimation de l'inflation.

	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1987	16888	18251	20673	21825	25057	23103	23159	22967	22969	22988
1988	25467	26361	26701	24992	25444	26426	25367	26099	25910	25931
1989	26361	24490	23772	23671	22192	22210	22624	22653	22567	22585
1990	30179	29458	30309	32213	32431	32641	30985	31233	31114	31139
1991	27793	27589	30002	27289	26633	24737	24205	24399	24306	24326
1992	28104	27537	28055	28810	28563	27991	27389	27608	27502	27525
1993	30338	29397	29248	28616	28890	28311	27702	27924	27817	27840
1994	26247	23743	24332	24159	24390	23901	23387	23574	23484	23504
1995	32019	30770	31702	31476	31778	31141	30471	30715	30598	30623
1996	36281	35416	36489	36230	36576	35844	35073	35353	35218	35247

Tableau 7. Triangle des coûts moyens (en milliers) pour les sinistres sélectionnés quand on exclut 4 compagnies, complété par la méthode de Chain Ladder.

Le tableau suivant présente un résumé des évolutions en pourcentage pour les divers échantillons de sinistres (à savoir portant sur toutes les compagnies (échantillon 1) puis sur toutes les compagnies sauf 4 après exclusion des 0 jusque 4 plus grands sinistres (échantillons 2 jusque 6)) et pour les diverses méthodes. Le nombre entre parenthèses dans la première colonne indique le nombre de sinistres de l'échantillon. Pour les méthodes de Taylor et de Kremer sont également données les évolutions en % du paramètre d'inflation estimé sur le triangle supérieur et de ce même paramètre extrapolé pour compléter le triangle inférieur.

	Dvpt 2	CL Dvpt fin	Mack0 Dvpt fin	Taylor Lambda Dvpt fin	Lambda prédit	Kremer Inflat Dvpt fin	Inflat prédit			
Toutes c <sup>ies</sup> éch 1 (126)	87-96 89-96	8.94 7.33	7.12 11.11	7.26 11.25	10.85 6.90	2.33 3.27	6.77 10.32	10.64 5.37	9.65 9.57	
Tous sin éch 2 (290)	87-96 89-96	8.87 4.67	4.86 6.56	4.96 6.68	4.87 6.58	7.31 1.09	3.75 2.90	4.92 6.62	9.75 4.61	8.64 8.72
1 exclu éch 3 (282)	87-96 89-96	7.60 4.80	3.91 5.96	3.99 6.07	3.91 5.97	6.33 1.27	3.38 2.62	4.05 6.14	8.57 4.67	7.63 7.67
2 exclus éch 4 (273)	87-96 89-96	8.90 4.45	5.09 4.30	5.26 4.52	5.06 4.27	7.81 0.72	3.94 3.00	5.59 4.84	9.90 4.27	8.89 8.87
3 exclus éch 5 (265)	87-96 89-96	8.47 3.71	4.71 3.30	4.85 3.48	4.67 3.25	7.50 0.20	3.54 2.75	5.20 3.82	9.50 3.53	8.53 8.51
4 exclus éch 6 (265)	87-96 89-96	7.87 3.57	4.26 4.10	4.37 4.23	4.21 4.03	6.70 -0.26	4.00 2.76	4.62 4.52	9.06 3.38	8.16 8.13

Tableau 8. Tableau récapitulatif des taux d'inflation lorsqu'on sélectionne les plus grands sinistres.

Constatations :

- Les quatre méthodes utilisées fournissent des résultats fort semblables.
- Les grands sinistres ont une inflation plus importante que les autres. Quand on les exclut de l'échantillon l'inflation diminue (sauf pour la période 87-96 quand on exclut deux sinistres, ce qui est dû au fait que l'exclusion de ces 2 sinistres correspond à l'exclusion d'un sinistre en 1987, année pour laquelle on ne disposait déjà pas de beaucoup de données).

L'évaluation de l'inflation s'est faite jusqu'à présent sur base d'une moyenne géométrique. Ceci implique que l'évolution 87-96, par exemple, ne repose que sur 2 montants, celui de 87 et celui de 96. Si l'un de ces 2 montants est particulièrement grand ou particulièrement petit, le résultat obtenu pour l'inflation sera fortement influencé. Afin de stabiliser les résultats on peut tenir compte des montants intermédiaires en ajustant une droite de régression.

Considérons la variable  $y$  représentant les coûts moyens des sinistres en développement final obtenus par Chain-Ladder.

Considérons  $x$ , représentant l'année et supposons que 1987 corresponde à  $x=0$ .

Si on suppose un taux d'inflation  $b$  constant d'année en année, alors  $y=a(1+b)^x$ , où  $a$  est le coût moyen des sinistres en 1987. En passant au logarithme on obtient une relation linéaire  $y^*=\ln y=\ln a+x \ln(1+b)$ .

Le tableau suivant reprend les taux d'inflation extraits du tableau 8 (colonne Chain Ladder) dans la colonne "moyenne géométrique" ainsi que les résultats obtenus par régression.

		Moy géom	Régression
Tous sin	87-96	4.86	3.08
Éch 2	89-96	6.56	3.56
1 exclu	87-96	3.91	2.44
Éch 3	89-96	5.96	3.38
2 exclus	87-96	5.09	3.13
Éch 4	89-96	4.30	3.13
3 exclus	87-96	4.71	2.74
Éch 5	89-96	3.30	2.73

Tableau 9. Tableau reprenant les résultats des régressions pour les échantillons portant sur toutes les compagnies sauf 4.

On remarque que l'utilisation de régressions permet de stabiliser, de lisser, les résultats : les évolutions à partir de 87 et de 89 sont beaucoup plus proches l'une de l'autre.

L'évolution moyenne annuelle de l'indice des salaires était de 3.33% sur la période 87-96 comme sur la période 89-96. On peut donc trouver le taux de superinflation par différence entre les taux du tableau et 3.33%.

Les données des compagnies ayant été mises à jour (une année de survenance et une année de développement supplémentaires), le même travail a pu être effectué sur le fichier adapté. Pour pouvoir comparer les nouveaux résultats avec les anciens, le fichier adapté a été construit sur base des compagnies communes et à partir des anciens sinistres. En fait on a "simplement" ajouté une année de survenance (1997) et une année de développement (1998) aux sinistres considérés. Les résultats conduisent à des taux d'inflation plus élevés mais la régression permet d'atténuer cette augmentation.

		Moy géom	Régression
Tous sin	87-97	7.50	4.03
	89-97	7.07	4.67
1 exclu	87-97	6.76	3.10
	89-97	5.87	4.13
2 exclus	87-97	7.58	2.09
	89-97	5.82	3.38
3 exclus	87-97	7.46	2.89
	89-97	5.38	3.12

Tableau 10. Tableau reprenant les résultats des régressions pour les échantillons portant sur toutes les compagnies sauf 4 pour le fichier mis à jour.

Les graphiques suivants présentent les résultats des droites de régression fournissant les taux d'inflation du tableau 9.

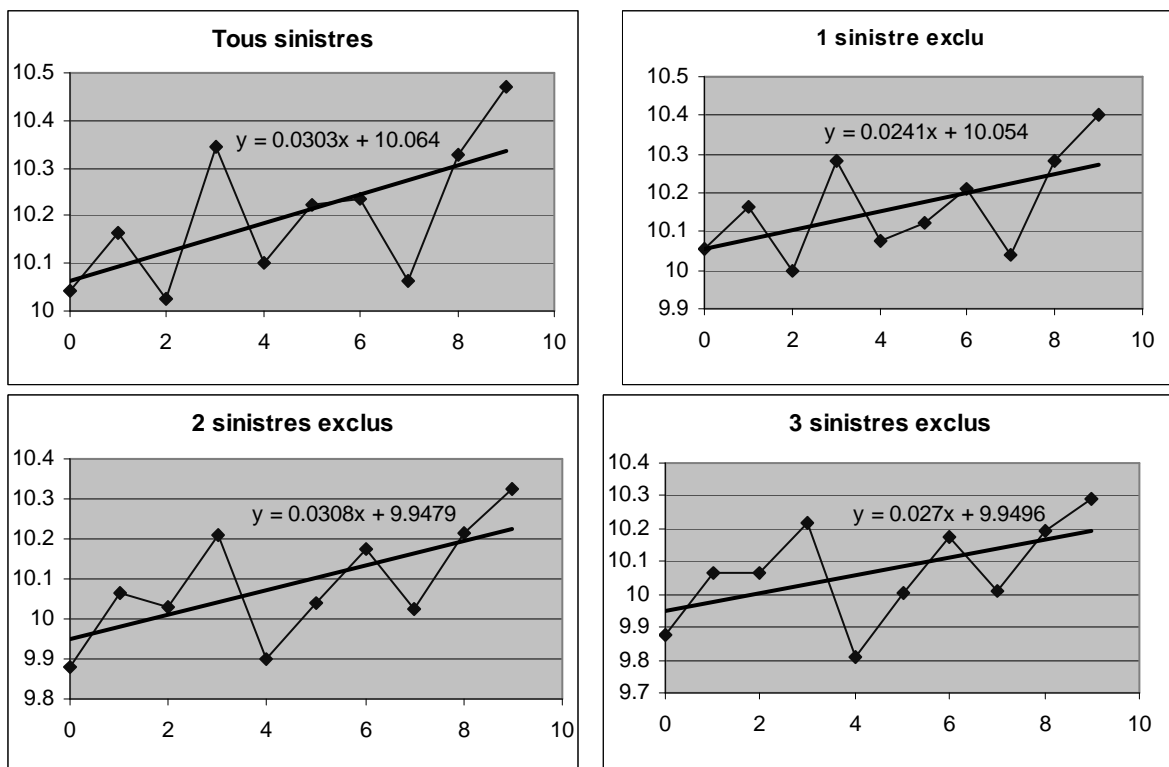


Figure 12. Graphiques des droites de régression pour les échantillons de sinistres portant sur toutes les compagnies sauf 4 et après exclusion des 0 jusque 3 plus grands sinistres.

## 2. Analyse des paiements moyens.

La dernière partie de l'analyse consiste à extraire les montants des paiements des triangles précédents. Il est intéressant d'examiner le triangle des paiements car ces derniers sont réellement attachés à une année. Lorsqu'on travaille avec les paiements plus réserves on estime l'inflation également sur les réserves, or ces montants sont des montants estimés pour le futur. Comment savoir si le gestionnaire qui a estimé les réserves a tenu compte de l'inflation et s'il l'a fait, de quelle façon ?

Le triangle des paiements a un comportement beaucoup plus instable que celui des paiements plus réserves. Lorsqu'on complète les triangles de paiements par les diverses méthodes utilisées dans ce travail, les montants obtenus en développement final diffèrent fortement d'une méthode à l'autre.

Examinons plus en détails les résultats obtenus par la méthode de Taylor appliquée sur les triangles de paiements moyens des "x" plus grands sinistres sélectionnés après avoir exclu 4 compagnies et les 0,1,2,3 ou 4 plus grands sinistres (en équivalent 96). Le tableau suivant reprend les taux d'inflation calculés par moyenne géométrique et par régression linéaire sur les logarithmes des données.

		Dvpt 2	Dvpt final		Lambda		Lambda prédit	
			Moy	Reg	Moy	Reg	Moy	Reg
Tous sin (290)	87-96	29.02	4.37	4.13	17.35	9.5	7.64	5.98
	89-96	12.16	8.34	7.78	2.65	-0.68	4.23	4.23
1 exclu (282)	87-96	19.16	1.80	2.85	12.33	5.72	7.93	5.62
	89-96	2.48	6.89	7.23	-1.92	-3.87	3.34	3.33
2 exclus (273)	87-96	20.96	3.28	3.44	14.85	7.82	8.18	6.04
	89-96	1.82	5.66	7.37	-1.12	-3.47	3.88	3.87
3 exclus (265)	87-96	21.26	3.54	3.52	14.67	7.86	8.55	6.27
	89-96	1.68	5.52	7.15	-1.36	-3.48	3.95	3.94
4 exclus (265)	87-96	21.51	3.58	3.79	14.92	8.53	8.62	6.40
	89-96	1.89	5.94	7.36	-1.26	-3.33	4.12	4.11

Tableau 11. Tableau récapitulatif des taux obtenus en complétant les triangles de paiements par la méthode de Taylor.

### Constatations :

1. Si on examine les taux d'inflation obtenus sur les montants en développement final, on constate que ce taux est systématiquement plus élevé pour la période 89-96 que pour la période 87-96. C'est dû au fait que le paiement moyen en 89 s'est développé moins rapidement que ceux de 87 et 88 et aboutit donc à une valeur plus faible.
2. Pour l'évolution 87-96 on constate que les taux obtenus par régression sont proches de ceux obtenus par moyenne géométrique mais également proches de ceux obtenus pour les triangles paiements + réserves (voir tableau 9).

3. Par contre pour l'évolution 89-96 les taux obtenus par régression sont plus élevés que ceux obtenus par moyenne géométrique, l'effet décrit en 1 est encore amplifié. Cette amplification est due au fait qu'en développement final le paiement moyen des sinistres survenus en 1991 est particulièrement faible (surtout quand on exclut les tout grands sinistres), ce qui fait pivoter la droite de régression en augmentant sa pente.

## **IV. Conclusion.**

Le stage obligatoire organisé durant le DES est un premier contact enrichissant avec le monde de l'actuariat et une première expérience professionnelle bienvenue.

Lors de ce stage j'ai eu l'occasion d'utiliser dans le cadre d'un projet concret les différentes méthodes vues dans les cours d'assurance non vie. Ce travail m'a également permis de me familiariser avec le monde de la réassurance et avec les problèmes qui lui sont spécifiques. Enfin, comme toutes les étapes du projet ont été réalisées en SAS, j'ai pu améliorer ma connaissance de ce logiciel.

## Table des matières.

<b>I.</b>	<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>1</b>
<b>II.</b>	<b>PRÉSENTATION DE LA SOCIÉTÉ.....</b>	<b>2</b>
<b>III.</b>	<b>LE PROJET : ESTIMATION DE LA SUPERINFLATION DANS LES GRANDS DOMMAGES CORPORELS EN RC AUTO.....</b>	<b>4</b>
A.	DÉFINITION DE LA SUPERINFLATION ET INTÉRÊT DE SON ESTIMATION. ....	4
B.	CRÉATION DU FICHIER DE DONNÉES.....	5
C.	SÉLECTION DES GRANDS SINISTRES.....	6
1.	<i>Sinistres au-dessus d'une priorité.</i> .....	6
2.	<i>Sélection des "x" plus grands sinistres.</i> .....	8
D.	MÉTHODES IBNR UTILISÉES.....	11
E.	ANALYSE DES GRANDS SINISTRES SÉLECTIONNÉS AU-DESSUS D'UNE PRIORITÉ. ....	12
1.	<i>Analyse en nombres.</i> .....	12
2.	<i>Analyse en coûts moyens.</i> .....	14
F.	ANALYSE DES "X" PLUS GRANDS SINISTRES SÉLECTIONNÉS.....	16
1.	<i>Analyse des coûts moyens (paiements + réserves).</i> .....	16
2.	<i>Analyse des paiements moyens.</i> .....	20
<b>IV.</b>	<b>CONCLUSION.....</b>	<b>22</b>