

Généralisation du modèle de Mack à l'environnement 3D de la Responsabilité Civile Décennale

Habib CHEBCHOUB

AGENDA

1. Environnement juridique et économique de l'assurance construction 05
2. Méthodes d'estimation des provisions en assurance construction 17
3. Mise en pratique du modèle de Mack 3D 35
4. Conclusion 40

AGENDA

1. Environnement juridique et économique de l'assurance construction 04
 1. Cadre général de l'assurance construction
 2. Deux types de provisions
 3. Marché français de l'assurance construction
2. Méthodes d'estimation des provisions en assurance construction 16
3. Mise en pratique du modèle de Mack 3D 34
4. Conclusion 39

CADRE GÉNÉRAL DE L'ASSURANCE CONSTRUCTION

Une opération de construction est une opération visant à édifier un ouvrage dans un site selon le choix du maître d'ouvrage et conformément à la vision du concepteur.



Avant Travaux

- Démarches administratives ;
- Démarches financières ;
- Études techniques.



Pendant les travaux

- les fouilles ;
- les fondations ;
- le gros œuvre ;
- la mise hors d'eau ;
- le second œuvre ;
- les finitions, la voirie et les réseaux divers.



Déclaration DROC

Déclaration d'ouverture réglementaire de chantier et début des travaux (envoi de la déclaration d'ouverture de chantier à la mairie).



Réception

La réception est l'acte par lequel le maître d'ouvrage déclare accepter l'ouvrage avec ou sans réserves. Elle marque le point de départ des 10 ans de garantie.

CADRE GÉNÉRAL DE L'ASSURANCE CONSTRUCTION

Intervenants



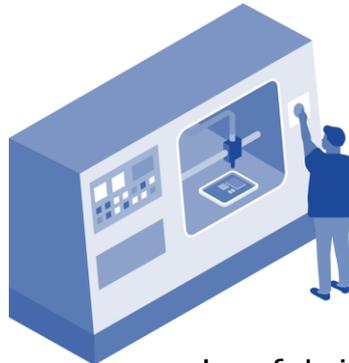
Les constructeurs non réalisateurs

- Techniciens ;
- Architectes ;
- Bureaux d'études ;
- Contrôleurs techniques.

Le maître d'ouvrage



Les artisans Les entreprises (Gros œuvre, couverture, peinture, ...)



Les fabricants

CADRE GÉNÉRAL DE L'ASSURANCE CONSTRUCTION

Loi Spinetta – Les grandes étapes avant 1978

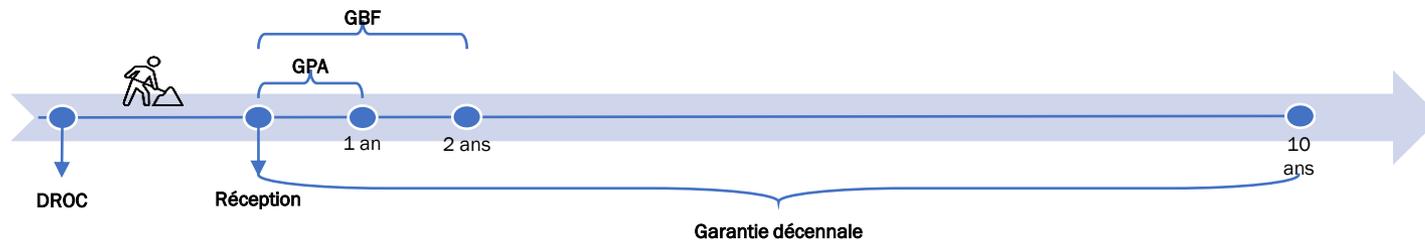
Avant 1978 :

- Le code d'Hammourabi (1750 av JC) : la responsabilité professionnelle de l'architecte. L'effondrement d'une maison ayant causé la mort de ses occupants entraîne la mort de l'architecte ;
- 1804 : les fondements de la responsabilité civile décennale (article 1792 du code civil) ;
- 1928 : la police globale de chantier : assurance de chose pour un chantier déterminé ;
- La loi du 31 décembre 1940 sur l'architecture : première loi obligeant un constructeur à s'assurer.

CADRE GÉNÉRAL DE L'ASSURANCE CONSTRUCTION

Loi Spinetta – Responsabilité des constructeurs

- La réparation des malfaçons dans le domaine de la construction repose essentiellement sur une **présomption de responsabilité de plein droit des constructeurs** (la présomption de responsabilité dispense l'acquéreur de prouver la faute du ou des constructeurs).
- Elle concerne exclusivement les dommages qui compromettent la solidité de l'ouvrage ou le rendent impropre à sa destination (notion subjective qui s'interprète au cas par cas). En effet, l'article 1792 du Code Civil corrigé par la **loi Spinetta du 4 janvier 1978** stipule que :
- La présomption de responsabilité des constructeurs s'étend aux dommages aux éléments d'équipement « indissociables » (Art. 1792-2 du Code Civil) :
- Cette présomption de responsabilité s'exerce pendant **10 ans à compter de la réception des travaux**, d'où le nom de responsabilité décennale (Art. 1792-4-1 à 1792-4-3 du Code Civil).



AGENDA

1. Environnement juridique et économique de l'assurance construction 04
 1. Cadre général de l'assurance construction
 2. Deux types de provisions
 3. Marché français de l'assurance construction
2. Méthodes d'estimation des provisions en assurance construction 16
3. Mise en pratique du modèle de Mack 3D 34
4. Conclusion 39

DEUX TYPES DE PROVISIONS

Provisions techniques

- Tous les sinistres liés aux contrats déjà souscrits, et dont la survenance est incluse dans la période de garantie, doivent être provisionnés, ainsi que leur recours et frais de gestion.
- Cependant, le fait générateur est délicat à r en construction. La notion de survenance peut donc être interprétée de manière différente selon les assureurs. Certains l'assimilent à la déclaration.
- Deux types de provisions doivent être constituées :
 - **La provision pour sinistres à payer (PSAP)** : valeur estimative des dépenses en principal et en frais, tant internes qu'externes, nécessaires au règlement de tous les sinistres survenus et non payés, y compris les capitaux constitutifs des rentes non encore mises à la charge de l'entreprise (Art. R343-7 du Code des Assurances).
 - **La provision pour sinistres non encore manifestés (PSNEM)** : elle couvre les sinistres liés à des DROC antérieures à la d'inventaire, mais non survenus.
- Ces provisions et leurs modalités de calcul sont précisées par les articles 143-13, 143-14 et 143-15 du Règlement N° 2015-11 de l'ANC.
- Le poids des provisions en assurance construction est particulièrement élevé (≈ 11 ans de primes) comparativement aux autres branches (ensemble des ABR : 2,4 ans / Automobile : 2,3 ans / DAB particuliers : 1,1 an / DAB pros & agricoles : 1,3 an / RC générale : 6 ans).

DEUX TYPES DE PROVISIONS

PSNEM réglementaire

- Soit n l'écart de millésime entre la date d'inventaire et la DROC.

$$PSNEM = \sum_{n=0}^{13} PSNEM_n = \sum_{n=0}^{13} \max(a_n \times A_n; b_n \times B_n)$$

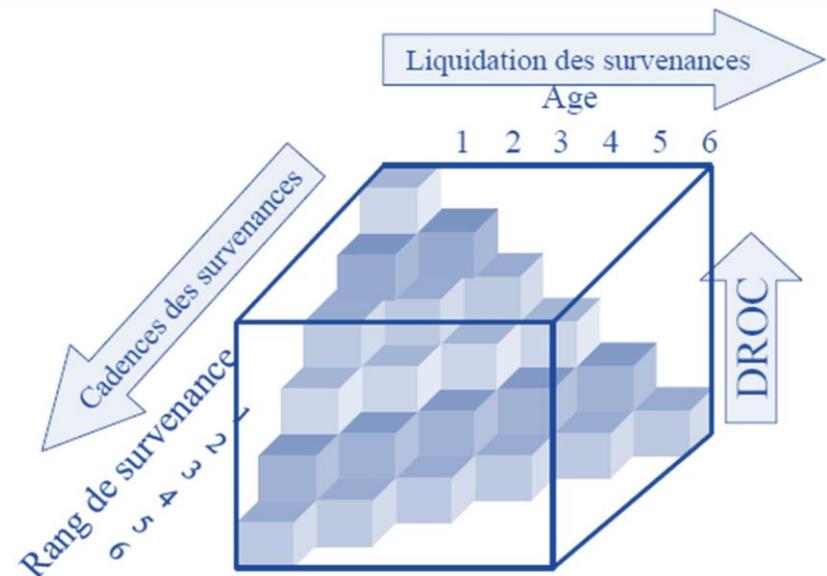
- A_n = coût total dossier par dossier des sinistres nets de recours, qui se sont déjà manifestés à la d'inventaire
- a_n = un coefficient suivant un barème réglementaire
- B_n = montant des primes émises et des primes restant à émettre, nettes des primes à annuler et des frais d'acquisition
- b_n = coefficient déterminé suivant un barème réglementaire

| n | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
|-------|---|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| a_n | 0 | 0 | 3,4 | 2 | 1,4 | 1 | 0,7 | 0,5 | 0,35 | 0,25 | 0,20 | 0,15 | 0,10 | 0,05 |
| b_n | 1 | 1 | 0,95 | 0,85 | 0,75 | 0,65 | 0,55 | 0,45 | 0,35 | 0,25 | 0,20 | 0,15 | 0,10 | 0,05 |

DEUX TYPES DE PROVISIONS

PSNEM économique

- Le calcul de la PSNEM selon le modèle réglementaire de l'article 143-14 du Règlement N° 2015-11 de l'ANC est une contrainte minimale :
- « Lorsque les éléments d'information disponibles conduisent à estimer un coût des sinistres non encore manifestés supérieur au montant résultant de l'application de la méthode prévue au 2 de l'article 143-3 du présent règlement, l'entreprise constitue des provisions à due concurrence du coût estimé. »
- Une société peut par exemple construire son propre barème à partir des données de son portefeuille, en estimant ses propres cadences de manifestation.
- Si ce barème est plus prudent que le réglementaire, elle doit retenir le montant économique.
- La méthode réglementaire ne permet pas de prendre en compte les caractéristiques propres au portefeuille de l'assureur concerné.
- Il est possible d'estimer la charge ultime des sinistres non manifestés, sur la base des statistiques de l'assureur : **estimation d'une PSNEM économique.**



AGENDA

1. Environnement juridique et économique de l'assurance construction 04
 1. Cadre général de l'assurance construction
 2. Deux types de provisions
 3. Marché français de l'assurance construction
2. Méthodes d'estimation des provisions en assurance construction 16
3. Mise en pratique du modèle de Mack 3D 34
4. Conclusion 39

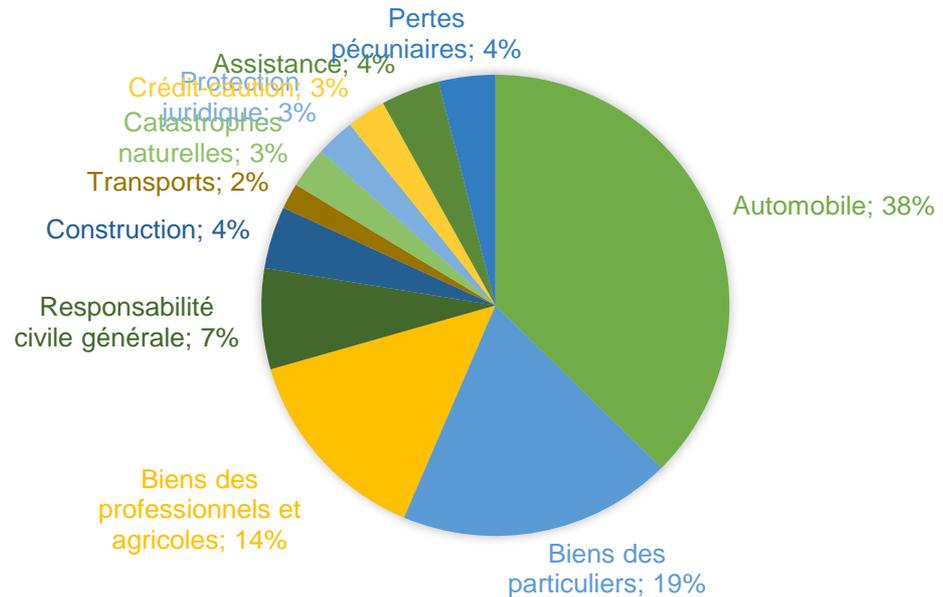
MARCHÉ DE L'ASSURANCE CONSTRUCTION EN FRANCE

Poids économique

Chiffre d'affaires de
l'assurance de biens
et de responsabilités
66,4 Mds€

Les cotisations en assurance
construction s'élèvent à 2,9 Mds€
à fin 2022 (4% des ABR).

RÉPARTITION ASSURANCES DE BIENS ET RESPONSABILITÉ

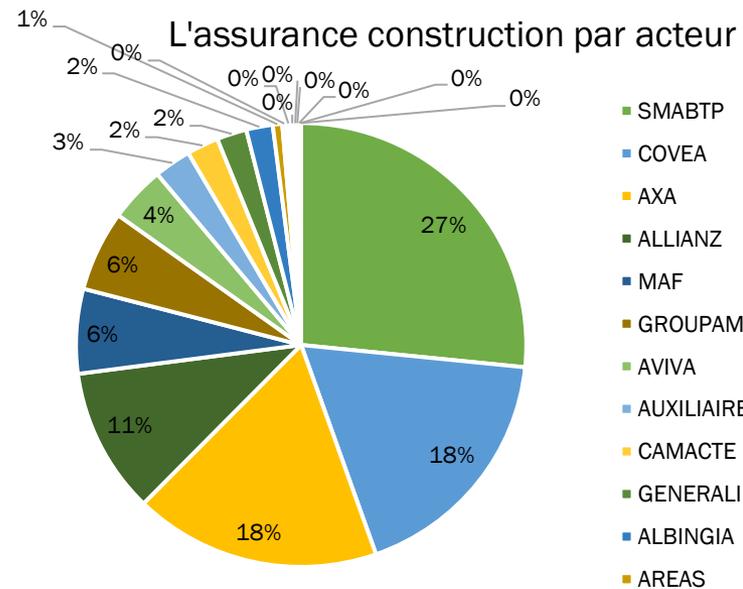


MARCHÉ DE L'ASSURANCE CONSTRUCTION EN FRANCE

Les principaux acteurs de l'assurance construction

80%

des cotisations
détenues par les
assureurs du top 5



Source : FFA 2015

AGENDA

- | | | |
|----|---|----|
| 1. | Environnement juridique et économique de l'assurance construction | 04 |
| 2. | Méthodes d'estimation des provisions en assurance construction | 16 |
| | 1. Présentation de la donnée | |
| | 2. Méthodes classiques de provisionnement Non-Vie | |
| | 3. Vers un Modèle de Mack 3D pour l'Assurance Construction | |
| 3. | Mise en pratique du modèle de Mack 3D | 34 |
| 4. | Conclusion | 39 |

Présentation et qualité des données

Présentation

- Intégralité de la liquidation des exercices 1996 à 2021
 - Des triangles de liquidation des paiements bruts de recours encaissés au 31 décembre 2021;
 - Des triangles de liquidation des charges de sinistres dossier/dossier bruts de recours à encaisser au 31 décembre 2021.

Qualité de données

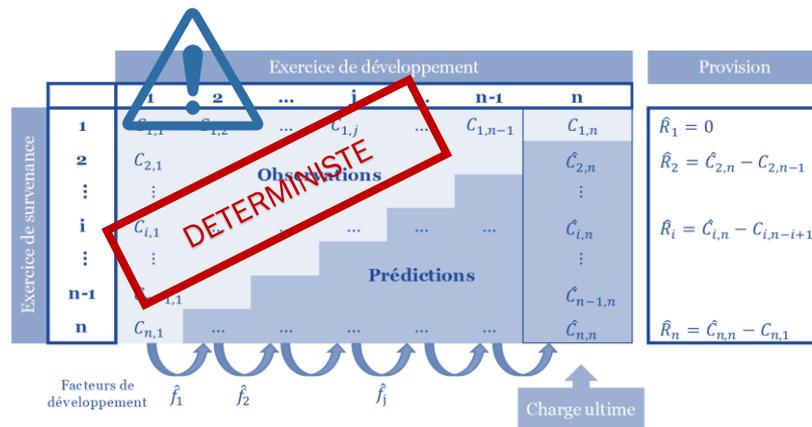
- Etats statistiques établis et contrôlés sous un format informatique;
- Contrôles
 - Vérification sur le format/les valeurs des données : élimination de toute valeur aberrante ;
 - Vérification de l'exhaustivité dans la base : réconcilier la base avec la balance générale ;
 - Contrôle de cohérence;
 - Réconciliation des charges de sinistres ainsi que les paiements entre la vision par année de survenance et la vision par année de DROC ;

AGENDA

1. Environnement juridique et économique de l'assurance construction 04
2. Méthodes d'estimation des provisions en assurance construction 16
 1. Analyse préliminaire des données
 2. Méthodes classiques de provisionnement Non-Vie
 3. Vers un Modèle de Mack 3D pour l'Assurance Construction
3. Mise en pratique du modèle de Mack 3D 34
4. Conclusion 39

MÉTHODES CLASSIQUES DE PROVISIONNEMENT NON-VIE

Méthodes déterministes — Exemple Chain Ladder

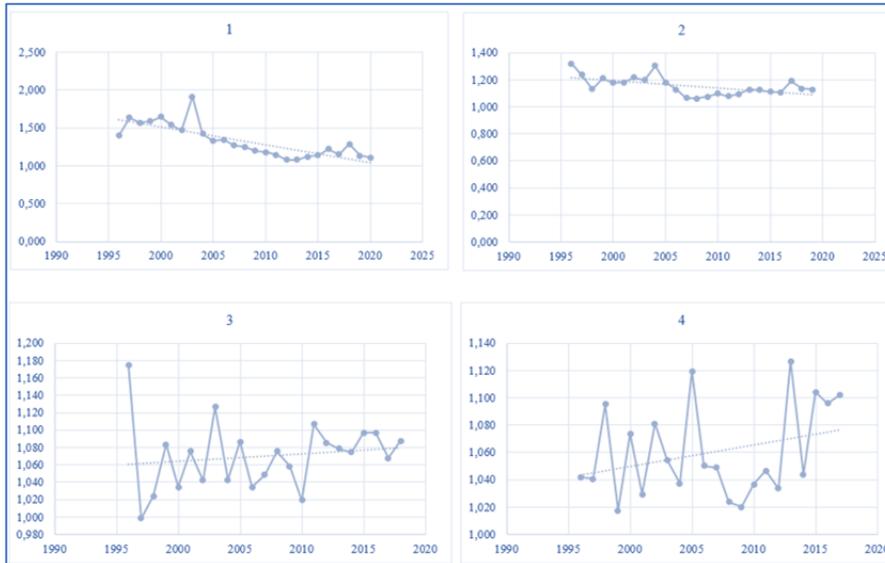


- La méthode Chain Ladder est une méthode de provisionnement déterministe s'appliquant à des données de sinistralité agrégées dans un tableau à double entrée (année de survenance en ligne, année de développement en colonne) ou « triangle ».
- Elle constitue la méthode de référence en matière de provisionnement non-vie, mais est soumise à des hypothèses restrictives qu'il est nécessaire de vérifier lorsqu'elle est mise en œuvre.
- La méthode Chain Ladder repose sur les hypothèses suivantes :
 - Il existe des facteurs de développement f_j , $j \in \{1, \dots, n-1\}$, tels que $C_{(i,j+1)} = f_j \times C_{(i,j)}$, $\forall i \in \{1, \dots, n\}$
 - Les exercices de survenance $i \in \{1, \dots, n\}$ sont indépendants.

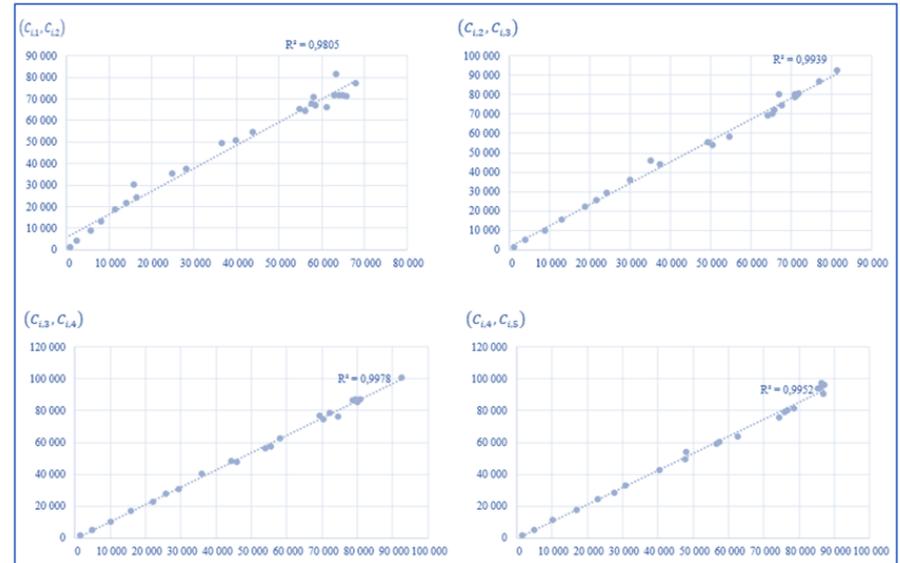
MÉTHODES CLASSIQUES DE PROVISIONNEMENT NON-VIE

Méthodes déterministes – Test d’hypothèses

Hypothèse d’indépendance



Hypothèse de linéarité



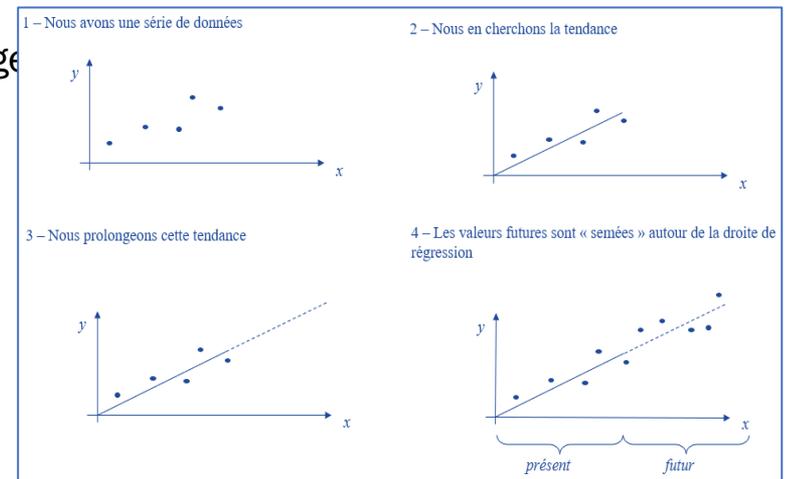
MÉTHODES CLASSIQUES DE PROVISIONNEMENT NON-VIE

Méthodes stochastiques

- En complément des modèles déterministes, les modèles stochastiques offrent une estimation des provisions et une quantification de l'erreur de prédiction. Cette mesure permet notamment un pilotage du niveau de prudence des calculs des provisions techniques.
- Une approche probabiliste permettant de mesurer la volatilité autour de la valeur moyenne (espérance + écart-type).
- Une des mesures utilisées en statistique est la moyenne quadratique de l'erreur prédite MSEP (Mean Squared Error of Prédiction).

$$MSEP(\hat{R}) = \mathbb{E}[(\hat{R} - R)^2] = \mathbb{E}\left[\underbrace{(\hat{R} - \mathbb{E}(R))^2}_{\text{Erreur d'estimation}}\right] + \mathbb{E}\left[\underbrace{(R - \mathbb{E}(R))^2}_{\text{Erreur de processus}}\right]$$

Erreur d'estimation Erreur de processus



MÉTHODES CLASSIQUES DE PROVISIONNEMENT NON-VIE

Méthodes stochastiques – Modèle de Mack

- Méthodes d'estimation de la MSEP (*Mean Squared Error of Prediction*) de type « formule fermée »
- Hypothèse supplémentaire :

(III) Il existe $(\sigma_1, \dots, \sigma_n) \in \mathbb{R}^{n-1}$ tel que

$$\text{pour tout } i \in \{1, \dots, n\} \text{ et } j \in \{1, \dots, n-1\}, \quad \text{Var}(C_{i,j+1} \mid C_{i,1}, \dots, C_{i,j}) = \sigma_j^2 \times C_{i,j}$$

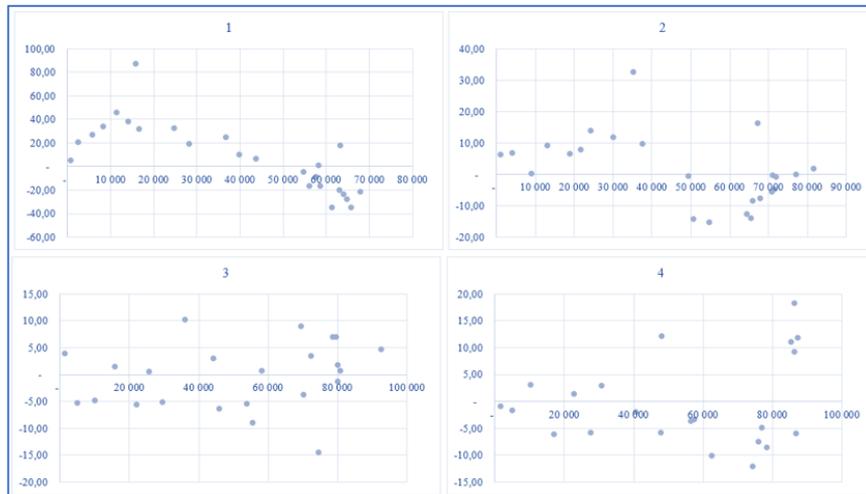
- Formule de Mack :

$$\widehat{MSEP}(\hat{R}_i) = \hat{C}_{i,n}^2 \sum_{j=n-i+1}^{n-1} \frac{\hat{\sigma}_j^2}{\hat{f}_j^2} \left(\frac{1}{\hat{C}_{i,j}} + \frac{1}{\sum_{k=1}^{n-j} C_{k,j}} \right), i = 1, \dots, n$$

Erreur d'estimation
Erreur de processus

MÉTHODES CLASSIQUES DE PROVISIONNEMENT NON-VIE

Modèle de Mack – Test d’hypothèses



- **Description** : Un test graphique permet de vérifier l’hypothèse de variance à l’aide d’un graphique représentant les résidus normalisés en fonction des montants cumulés $C_{i,j}$. L’hypothèse est rejetée si les résidus présentent une structure non-aléatoire. Les résidus sont définis de la façon suivante :

$$res_{i,j} = \frac{C_{i,j+1} - f_j C_{i,j}}{\sqrt{C_{i,j}}}$$

- **Conclusion** : Bien que les résidus ne soient pas uniformément répartis de part et d’autre de l’axe des abscisses sur toutes les années de développement, les graphiques ne dégagent pas une structure non-aléatoire. Ainsi, on peut conclure que l’hypothèse de variance n’est pas remise en cause.

MÉTHODES CLASSIQUES DE PROVISIONNEMENT NON-VIE

Méthodes stochastiques – Modèle GLM

- Le modèle linéaire généralisé est une extension du modèle linéaire gaussien.
- 3 composantes pour un modèle linéaire généralisé :
 1. Hypothèse sur la loi des observations (parmi les lois de la famille exponentielle),

$$f(y_i | (\theta, \phi)) = \frac{\theta y_i - b(\theta)}{a(\phi)} - c(y_i, \phi)$$

2. Prédicteur linéaire,
3. Une fonction de lien entre l'espérance des observations et le prédicteur linéaire,

$$g(\mu) = x_i \times \beta$$

- Estimation des paramètres par la méthode du maximum de vraisemblance en utilisant les algorithmes
 1. Newton-Raphson
 2. Score de Fisher

AGENDA

1. Environnement juridique et économique de l'assurance construction 04
2. Méthodes d'estimation des provisions en assurance construction 16
 1. Analyse préliminaire des données
 2. Méthodes classiques de provisionnement Non-Vie
 3. Vers un Modèle de Mack 3D pour l'Assurance Construction
3. Mise en pratique du modèle de Mack 3D 34
4. Conclusion 39

VERS UN MODÈLE DE MACK 3D POUR L'ASSURANCE CONSTRUCTION

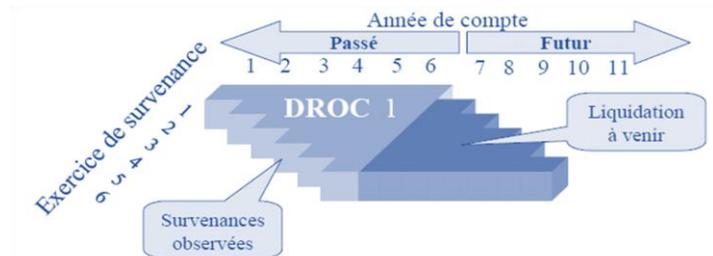
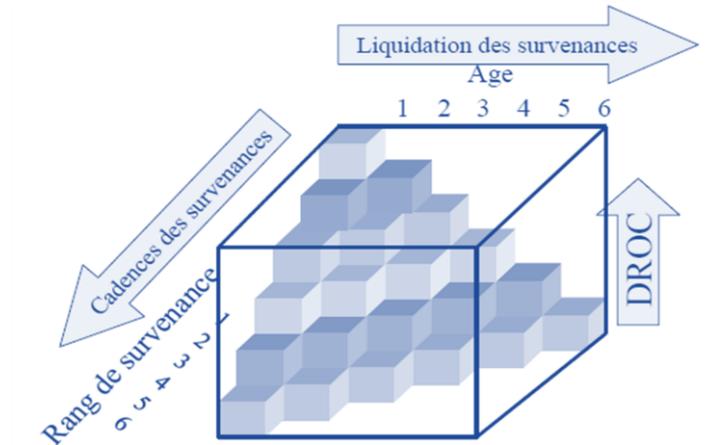
Environnement 3D de l'assurance construction

Vision 3D de la sinistralité

- La gestion en capitalisation des garanties DO et RCD et le caractère décennal de la couverture obligent un suivi spécifique des sinistres.
- Les sinistres étant rattachés à la DROC (exercice de souscription), il faut considérer une nouvelle dimension et donc une représentation en 3D de type « pyramide » :

$$\text{Survenance} \times \text{Développement} \times \text{DROC}$$

- Pour une DROC donnée, on dispose comme pour les branches « classiques » des données de survenance par développement.
 - Par exemple, pour la DROC 1, on dispose pour chaque survenance (1 à 6), les développements jusqu'à la fin de la 6ème année (en gris clair).
 - Comme pour les garanties classiques, il est nécessaire de développer chaque survenance pour estimer sa charge définitive (en gris foncé).



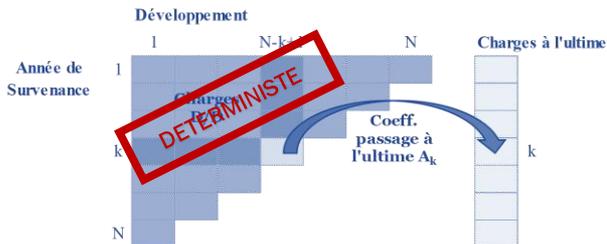
VERS UN MODÈLE DE MACK 3D POUR L'ASSURANCE CONSTRUCTION

PSNEM économique — Méthode de projections « classique »

1ère étape : Calcul des IBNR

- Estimation des charges ultimes pour les survénances passées par projection Chain Ladder des triangles (Survénance \times Développement) de charges (toutes DROC confondues), avec une hypothèse de taux d'inflation.
- On en déduit l'estimation des IBNR par survénance.
- On peut également prendre l'hypothèse de ne conserver que les derniers exercices de survénance si l'on estime qu'il n'y a plus d'IBNR sur les survénances anciennes.

Triangle Survénance \times Développement

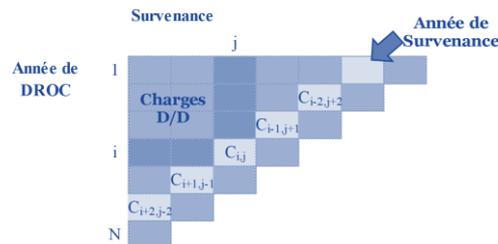


2ème étape : Ventilation des IBNR par DROC

- Par définition, les IBNR sont rattachées à une année de survénance. La PSNEM est rattachée à un exercice de DROC.
- Un moyen de ventiler les IBNR par DROC est d'utiliser une clé de répartition, par exemple les provisions D/D ou des de recours.
- Une autre méthode consiste à utiliser les coefficients de passage à l'ultime par exercice de survénance estimés à l'étape 1.



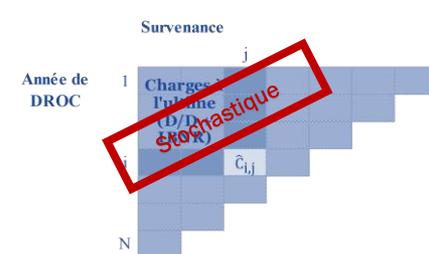
Triangle DROC \times Survénance



3ème étape : Estimation de la PSNEM

- Calcul du triangle des charges DROC \times Survénance incluant les IBNR (charges ultimes).
- Estimation des charges ultimes pour les DROC passées par projection Chain Ladder avec une hypothèse de taux d'inflation.
- On en déduit le montant de la PSNEM par DROC.

Triangle DROC \times Survénance



MÉTHODES CLASSIQUES DE PROVISIONNEMENT NON-VIE

Modèle de Mack 3D – Présentation

- En gardant les notations du modèle de Mack 2D, le modèle de Mack 3D est modélisé comme suit.
Soit $(CD_{k,l})_{k,l}$ le triangle décumulé DROC × Délai de Survenance des paiements non ventilés pour une de DROC k et un délai de survenance l .

Pour une profondeur d'historique n , les coefficients de passage à l'ultime sont définis par :

$$\hat{A}_k = \prod_{i=n-k+1}^{n-1} \hat{f}_i = \hat{f}_{n-k+1} \times \dots \times \hat{f}_{n-1}.$$

Triangle DROC x Survenance

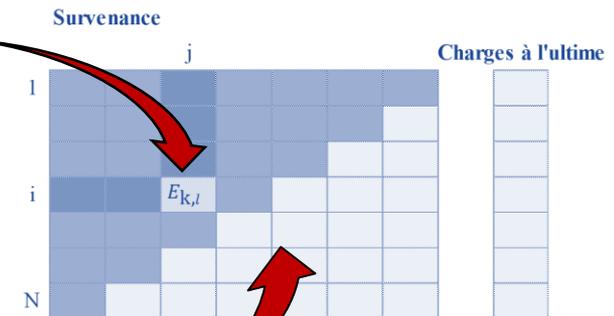
Ce qui permet de définir le triangle ventilé par,



$$E_{k,l} = \sum_{s=1}^l CD_{k,s} \times \hat{A}_{k+s-1}$$

La PSNEM est donc déduite pour tout année de DROC k par,

$$PSNEM_k = E_{k,n} - E_{k,n-k+1}$$



MÉTHODES CLASSIQUES DE PROVISIONNEMENT NON-VIE

Modèle de Mack 3D – Hypothèses

- A l'image du Mack 2D, les hypothèses suivantes doivent être vérifiées :

(I bis) Il existe $(\lambda_1, \dots, \lambda_{n-1}) \in \mathbb{R}^{n-1}$ facteurs de développement tels que,

$$\mathbb{E}(E_{k,l+1} \mid CD_{k,1}, \dots, CD_{k,l}) = \lambda_l E_{k,l} \quad (\forall k \in \{1, \dots, n\}, l \in \{1, \dots, n-1\}).$$

(II bis) L'indépendance des années de DROC, i.e.

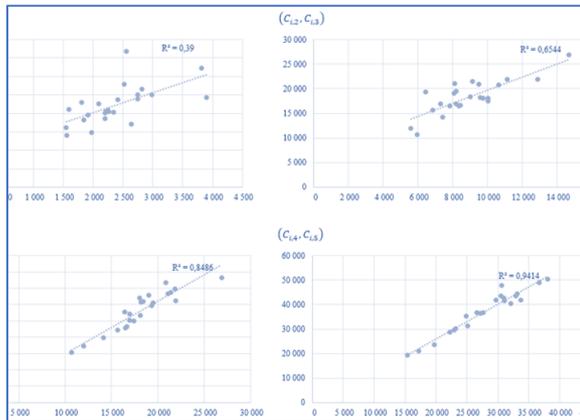
$(CD_{k,1}, \dots, CD_{k,n})$ et $(C_{s,1}, \dots, C_{s,n})$ sont indépendants pour tout $(k, s) \in \{1, \dots, n\}^2$ tel que $k \neq s$.

(III bis) Il existe $(\varphi_1, \dots, \varphi_{n-1}) \in \mathbb{R}^{n-1}$ facteurs de développement tels que,

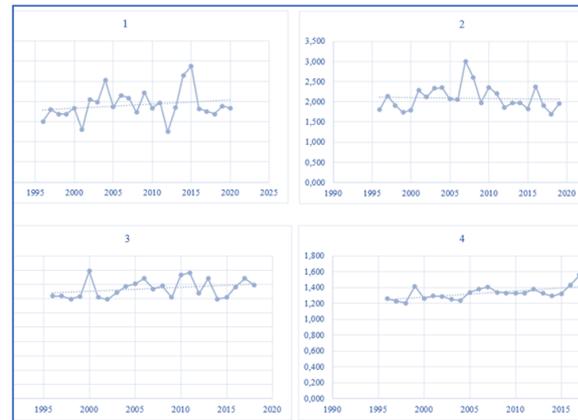
$$\text{Var}(E_{k,l+1} \mid CD_{k,1}, \dots, CD_{k,l}) = \varphi_l^2 E_{k,l} \quad (\forall k \in \{1, \dots, n\}, l \in \{1, \dots, n\}).$$

MÉTHODES CLASSIQUES DE PROVISIONNEMENT NON-VIE

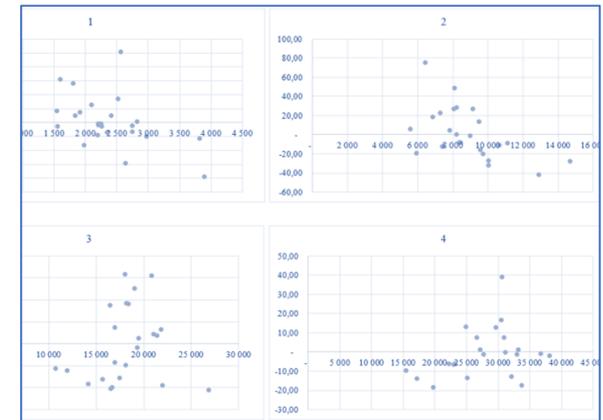
Modèle de Mack 3D – Tests d'hypothèses



Hypothèse de linéarité



Hypothèse d'indépendance



Hypothèse de variance

MÉTHODES CLASSIQUES DE PROVISIONNEMENT NON-VIE

Modèle de Mack 3D – Estimation

- Méthodes d'estimation de la MSEP (Mean Squared Error of Prediction) de type « formule fermée »
- Formule de Mack 3D

$$\widehat{MSEP}(PS\widehat{NEM}_k) = \underbrace{\widehat{E}_{k,n}^2 \sum_{l=n-k+1}^{n-1} \frac{\widehat{\phi}_l^2}{\widehat{\lambda}_l^2} \left(\frac{1}{\widehat{E}_{k,l}} + \frac{1}{\sum_{s=1}^{n-l} C_{s,l}} \right)}_{\text{Mack « classique » (2D)}} + \underbrace{\text{Var}_k(E_{k,n-k+1}) \times \widehat{B}_k^2}_{\text{Erreur « 3D »}}$$

- Avec,
 - $\widehat{B}_k^2 = \widehat{\lambda}_{n-k+1} \times \dots \times \widehat{\lambda}_{n-1} = \prod_{i=n-k+1}^{n-1} \widehat{\lambda}_i$;
 - $\text{Var}_k(E_{k,n-k+1}) = \text{Var}(E_{k,n-k+1} \mid CD_{k,1}, \dots, CD_{k,n-k+1})$

MÉTHODES CLASSIQUES DE PROVISIONNEMENT NON-VIE

Modèle de Mack 3D – Interprétation

- Le \hat{B}_k^2 étant connu, on cherche à estimer l'entité $\text{Var}_k(E_{k,n-k+1})$. Après développement, on obtient :

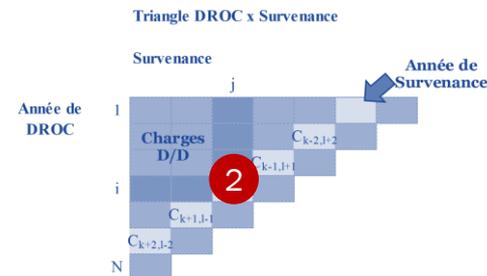
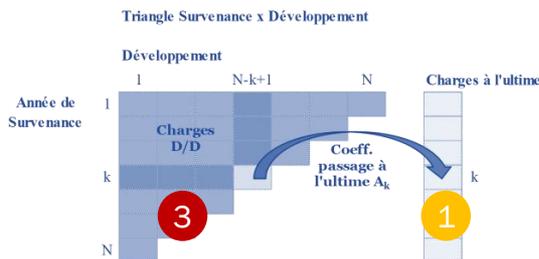
$$\widehat{\text{Var}}_k(E_{k,n-k+1}) = \sum_{s=1}^{n-k+l} CD_{k,s}^2 \times \frac{\widehat{\text{Var}}(\hat{C}_{k+s-1,n})}{C_{k+s-1,n-k-s+2}^2}$$

1
Erreur d'estimation de la survivance (en diagonale)

- Avec, $\widehat{\text{Var}}(\hat{C}_{k,n}) = \hat{C}_{k,n}^2 \sum_{j=n-k+1}^{n-1} \frac{\hat{\sigma}_j^2 / \hat{f}_j^2}{\hat{C}_{i,j}}$

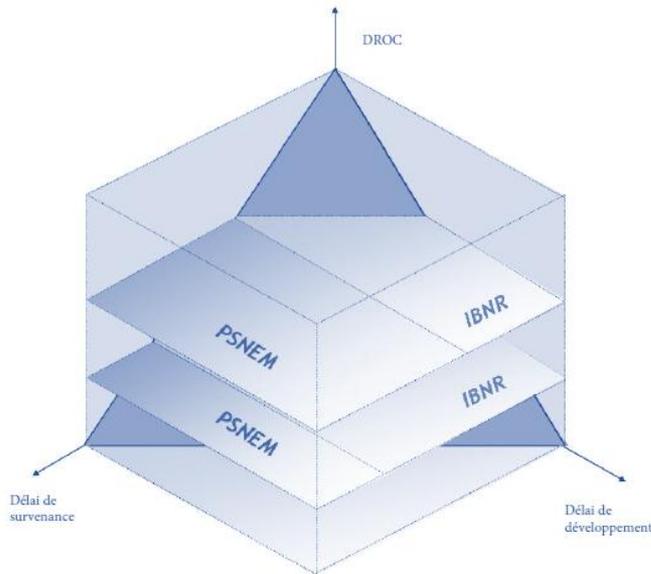
$$\text{Ainsi, erreur « 3D »}^2 = \hat{B}_k^2 \times \sum_{s=1}^{n-k+l} CD_{k,s}^2 \times \frac{\hat{C}_{k+s-1,n}^2 \sum_{j=n-k+s}^{n-1} \frac{\hat{\sigma}_j^2 / \hat{f}_j^2}{\hat{C}_{i,j}}}{C_{k+s-1,n-k-s+2}^2}$$

2
3
Ratio triangle PSNEM/PSAP



MÉTHODES CLASSIQUES DE PROVISIONNEMENT NON-VIE

Modèle GLM « 3D » : modèle multiplicatif Poisson ODP



- Chaque montant constituant la pyramide est le résultat de la combinaison de trois facteurs :

$$g(\mathbb{E}(Y_i | X)) = x_i \times \beta$$

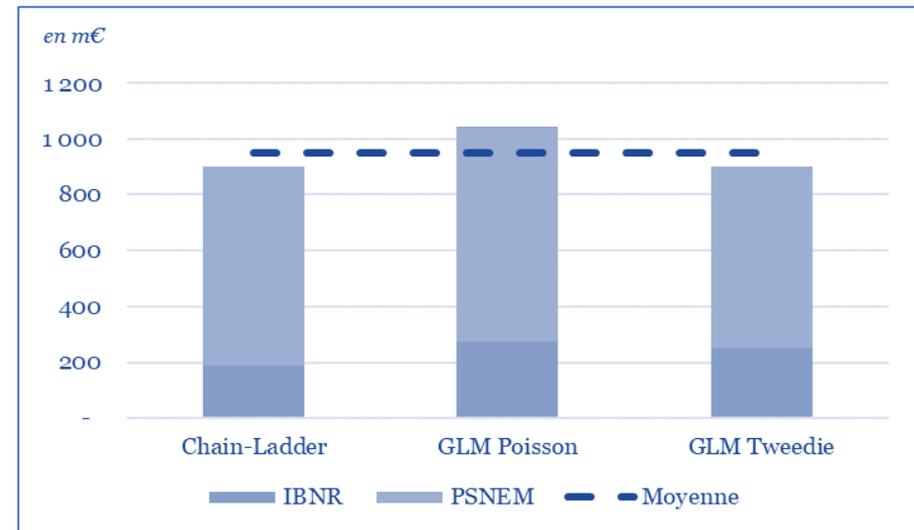
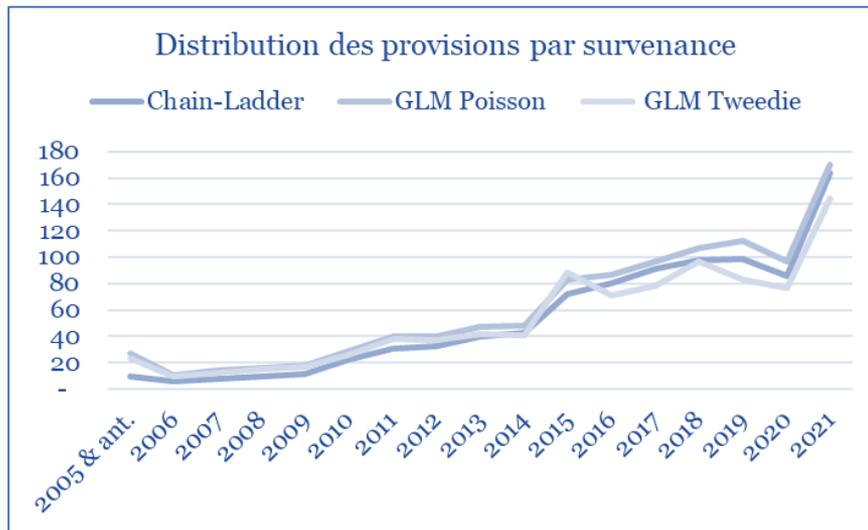
- Avec,
 - année de développement;
 - année de survenance;
 - DROC
- On ajuste, sous R, un modèle linéaire généralisé, de type Poisson surdispersé, sur la pyramide.
- On complète le cube avec une possibilité de différenciation entre les PSNEM et les PSAP.

AGENDA

1. Environnement juridique et économique de l'assurance construction 04
2. Méthodes d'estimation des provisions en assurance construction 16
3. Mise en pratique du modèle de Mack 3D 34
4. Conclusion 39

MISE EN PRATIQUE DU MODÈLE DE MACK 3D

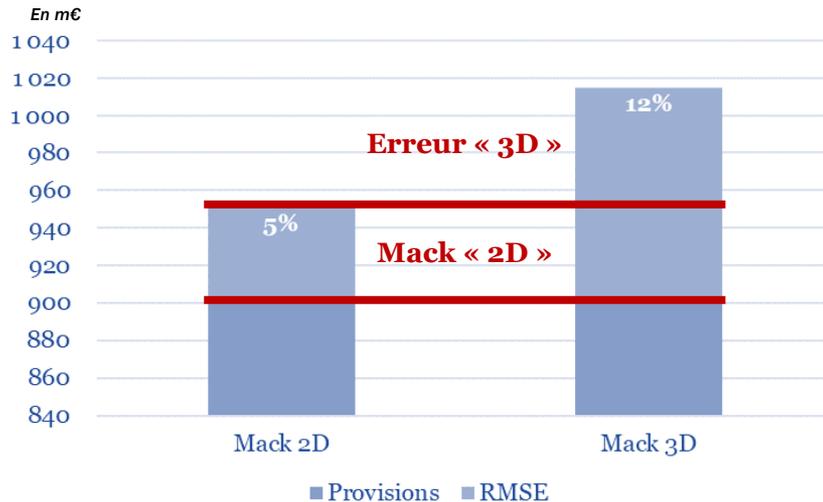
Calcul des provisions



➔ Convergence des distributions de IBNR+PSNEM des différents modèles

MISE EN PRATIQUE DU MODÈLE DE MACK 3D

Mack 2D vs Mack 3D



- L'application du modèle de Mack introduit un terme supplémentaire dans le calcul de la RMSE;
- Bien que les années de DROC anciennes présentent des montant d'IBNR non nuls, l'estimation de l'erreur de Mack 2D sur celles-ci est nulle → Ce phénomène est corrigé par le modèle Mack 3D;
- L'erreur 3D est plus importante sur les années récentes. Ceci est expliqué du fait que la projection est réalisée sur une assiette de charge y compris IBNR.

MISE EN PRATIQUE DU MODÈLE DE MACK 3D

Estimation GLM 3D

Indicateurs

| Loi | RMSE du modèle (€) | R ² | TopDecileLift | log Loss | Quotient |
|--------------------|--------------------|----------------|---------------|----------|----------|
| Poisson ODP | 415 856 | 89% | 6,293 | 4,026 | 1,000 |
| Binomiale Négative | 812 692 | 57% | 6,318 | 4,026 | 1,245 |
| Tweedie | 482 993 | 85% | 6,338 | 4,026 | 1,011 |

Résultats

| Loi/Modèle | Provisions | RMSE | CV |
|--------------------|---------------|-------------|-----|
| Poisson ODP | 1 042 002 712 | 94 005 919 | 9% |
| Binomiale Négative | 745 462 783 | 361 381 624 | 48% |
| Tweedie | 899 170 234 | 147 806 550 | 16% |

- Les modèles avec les lois Poisson ODP et Tweedie présente à la fois une RMSE acceptable et un R² proche de 1. Leurs TopDecileLift, Log Loss et Quotient indiquent à la fois une bonne performance des modèles mais également une comparabilité des deux résultats;
- la performance du modèle Binomiale Négative est faible. L'erreur quadratique de ce dernier est nettement supérieure aux erreurs des autres modèles et son R² est très faible et inférieur à 60% → Ces constatations nous pousse à ne pas retenir ce dernier et l'exclure des comparaisons qui suivent..

MISE EN PRATIQUE DU MODÈLE DE MACK 3D

Comparaisons

| Loi/Modèle | Provisions | RMSE | CV |
|-------------|---------------|-------------|-----|
| Mack 3D | 902 557 144 | 111 765 723 | 12% |
| Poisson ODP | 1 042 002 712 | 94 005 919 | 9% |
| Tweedie | 899 170 234 | 147 806 550 | 16% |

- Estimation des provisions est comparable entre les trois modèles retenus ;
- Convergence des erreurs quadratiques calculées à la fois par le modèle Mack 3D et les modèles GLM 3D;
- L'estimation de l'erreur quadratique des provisions par des modèles GLM 3D permet d'encadrer l'estimation de l'erreur quadratique calculée par le modèle de Mack 3D.

AGENDA

1. Environnement juridique et économique de l'assurance construction 04
2. Méthodes d'estimation des provisions en assurance construction 16
3. Mise en pratique du modèle de Mack 3D 34
4. Conclusion 39

CONCLUSION

Constats

- Besoin d'une évaluation précise de rentabilité → mesure fiable de la volatilité;
- Absence de méthode de référence.

Résultats

- Développement d'un modèle 3D en « formule fermée »;
- Introduction d'un terme supplémentaire dans le calcul de l'erreur de prédiction, appelé « erreur 3D »;
- Convergence des résultats en termes de provisions et de RMSE;
- Le modèle de Mack 3D permet de compenser une nette sous-estimation de l'erreur de prédiction en comparaison à un modèle de Mack classique non adapté aux spécificités de l'assurance construction;
- Les résultats de l'application numérique des modèles de GLM de 3D permettent d'encadrer l'estimation de l'erreur de prédiction calculée par le modèle de Mack 3D;

Next steps

- Inclure un jugement d'expert dans la méthode de Mack 3D.

MERCI POUR VOTRE ATTENTION