

Intégration de l'inflation dans le calcul de la volatilité des réserves des segments construction

Marie HERR – 07/10/2024



SOMMAIRE

1. Contexte de l'étude

1.1 Contexte inflationniste

1.2 Assurance Construction

1.3 Provisionnement

2. Calcul du risque de réserves

2.1 Principes généraux

2.2 Calcul du BE implicite

2.3 Calcul de la MSEP

2.4 Spécificités des segments Construction

2.5 Calcul des PSAP Construction

2.6 Calcul des PSNEM Construction

3. Intégration de l'inflation

3.1 Modèle initial entreprise

3.2 Evolution du modèle

3.3 Cadence de paiements

3.4 Application PSAP

3.5 Méthodologie pour les PSNEM

3.6 Application PSNEM

3.7 Modèle de Verbeek

1. CONTEXTE DE L'ÉTUDE

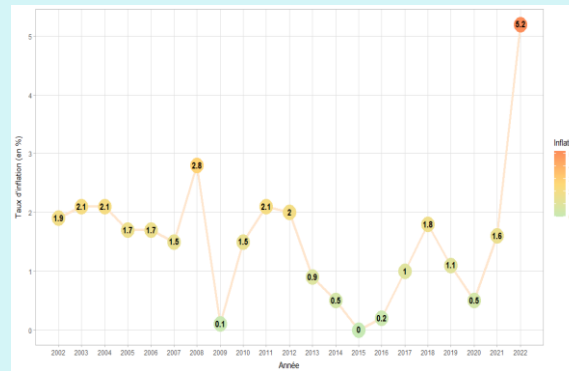
1.1 • Contexte inflationniste

Forte inflation impactant les paiements futurs

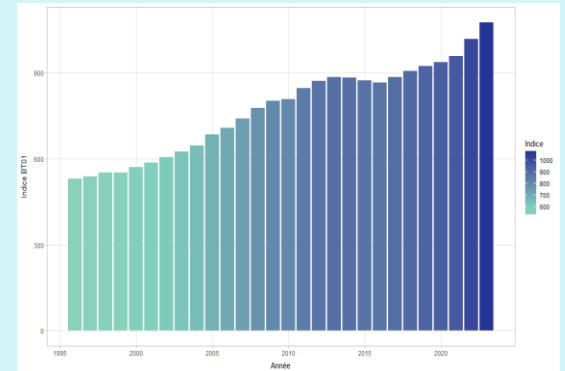
Prise en compte de l'inflation dans le calcul du risque de réserves : modèle interne

Adaptation des méthodes de calcul de provisionnement

Evolution de l'IPC depuis 2002



Evolution de l'indice BT01 depuis 1995



- Quel(s) indice(s) utiliser ?
- Quelle modélisation des taux ?
- **Quelle méthode d'intégration ?**

➤ **Objectif du mémoire :** adapter la modélisation actuelle de la volatilité des ultimes en y intégrant l'inflation

1. CONTEXTE DE L'ÉTUDE

1.2 • Assurance Construction



Acteurs

- Maître d'ouvrage
- Maître d'oeuvre
- Entrepreneurs



Construction

- Demande de permis de construire
- Début des travaux : DROC
- Réception des travaux



Cadre juridique

- Garantie Dommages-Ouvrage
- Garantie Responsabilité Civile Décennale
- Loi Spinetta 1978

Les garanties DO et RCD sont dites décennales :

- Elles courent pendant **10 ans** après la réception des travaux
- Les branches construction sont caractérisées par la **lenteur** de leur développement
- Taux de recours très élevé sur la garantie DO du fait du principe de **double détente**

Garantie DO :
maître
d'ouvrage



Garantie RCD
: constructeur



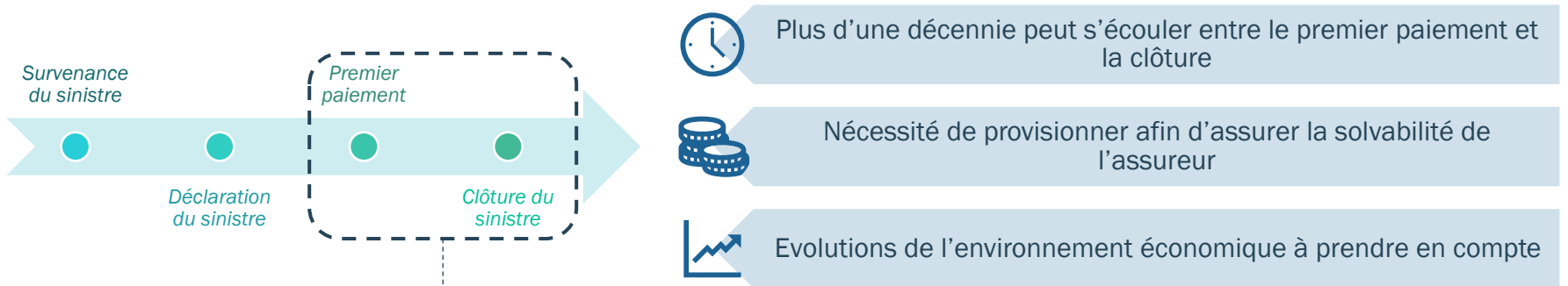
Indemnisation
rapide et
complète du
maître
d'ouvrage

**DROC : Date Réglementaire d'Ouverture de Chantier*

1. CONTEXTE DE L'ÉTUDE

1.3 • Provisionnement

Fonctionnement des provisions



➤ Incertitudes sur le développement des sinistres :

- **IBNER** : *Incurring But Not Enough Reserved*
- **IBNYR** : *Incurring But Not Yet Reported*

$$\left. \begin{array}{l} \text{IBNER} \\ \text{IBNYR} \end{array} \right\} \mathbf{IBNR = IBNER + IBNYR}$$

➤ Etablissement des Provisions pour Sinistres à Payer : **PSAP** = *Provisions Dossier/Dossier* + **IBNR**

➤ Etablissement des Provisions pour Sinistres Non Encore Manifestés : **PSNEM***

**Spécifique à l'assurance construction*

2. CALCUL DU RISQUE DE RESERVES

2.1 • Principes généraux

Risque de réserves : sous-évaluation des provisions

➤ Formule fermée :

$$SCR_{rés} = BE_{S2} \left(\frac{\exp(q \times \sqrt{\ln(1 + \varphi^2)})}{\sqrt{1 + \varphi^2}} - 1 \right)$$

Où :

- BE_{S2} : Best Estimate S2 en $t=0$
- φ : **Volatilité à 1 an (en %) = coefficient de variation**
- q : Quantile à 99,5% d'une loi normale centrée réduite ($\approx 2,58$)

$$\varphi = \frac{\sigma}{BE \text{ déterministe}}$$

Où :

$\sigma = \sqrt{MSEP}$ où MSEP = Erreur de prédiction moyenne quadratique

Enjeux :

- Calcul d'un BE déterministe (BE Implicite)
- Ajout d'une partie stochastique pour simuler une distribution de BE implicites et estimer φ

Modèles employés :

- Chain-Ladder
- Adaptation de la méthode Merz-Wüthrich par Bootstrap

2. CALCUL DU RISQUE DE RESERVES

2.2 • Calcul du BE Implicite

Données

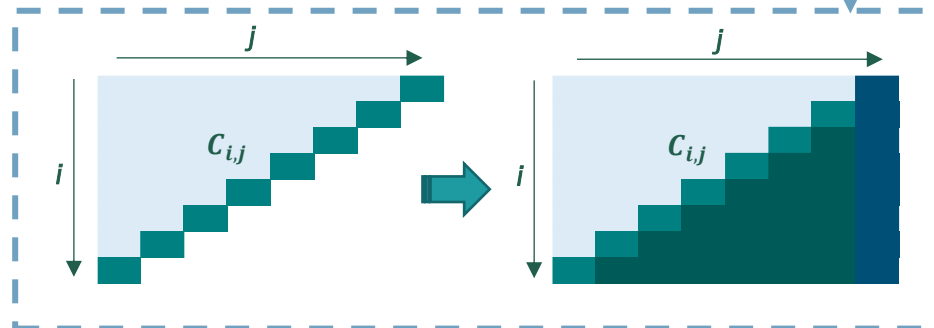
- Triangle de paiements : Règlements
- Triangle de charges : Règlements + Provisions D/D

Hypothèses

- Linéarité des développements
- Indépendance des années de survénance

Modèle Chain-Ladder

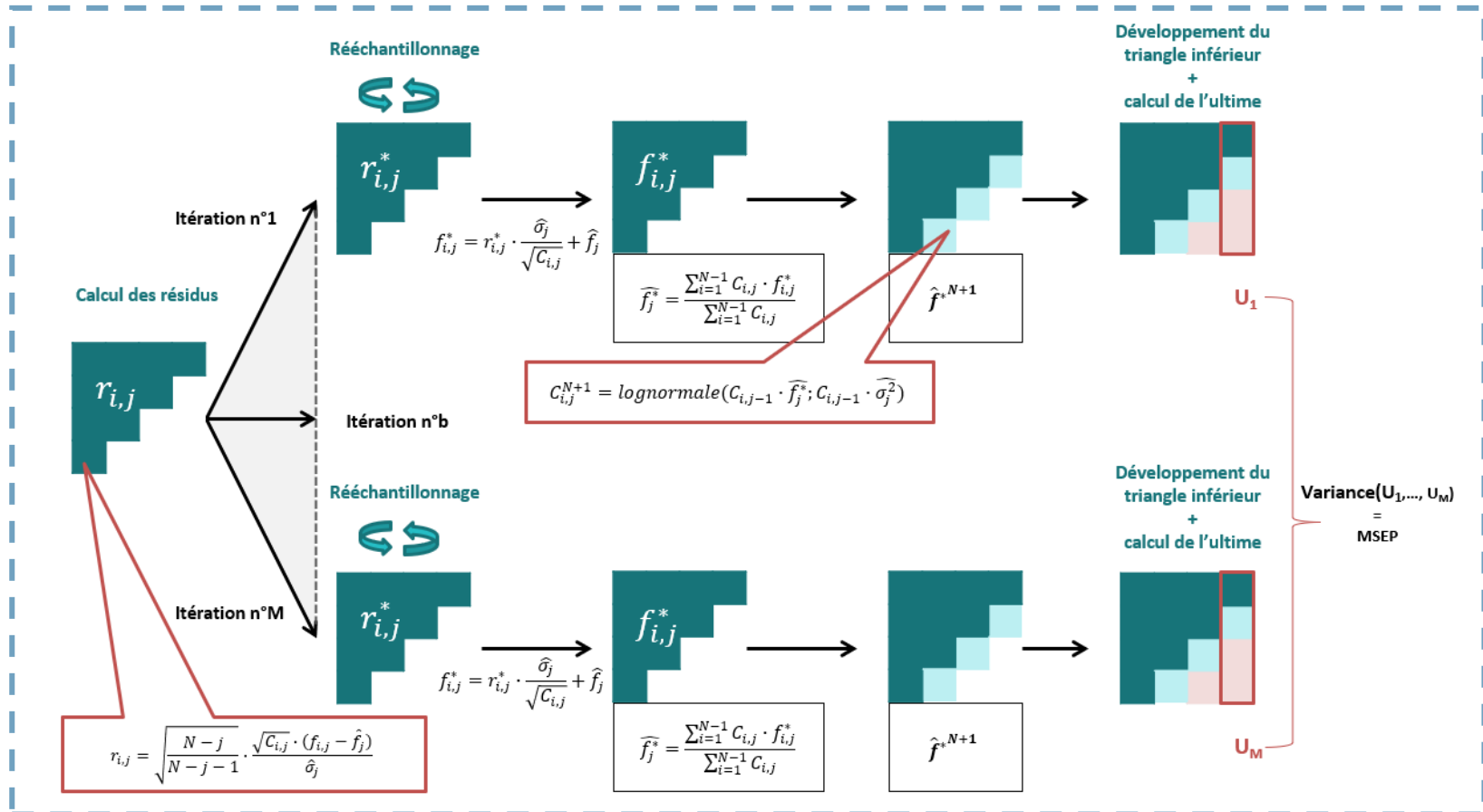
- $\forall 1 \leq j \leq N - 1, \hat{f}_j = \frac{\sum C_{i,j+1}}{\sum C_{i,j}}$
- $\forall 2 \leq i \leq N, \hat{C}_{i,N} = C_{i,N-i+1} \prod \hat{f}_j$



2. CALCUL DU RISQUE DE RESERVES

2.3 • Calcul de la MSEP

Hypothèse de Variance (Mack) + résidus i.i.d. ⇒ Bootstrap



2. CALCUL DU RISQUE DE RESERVES

2.4 • Spécificités des segments Construction

Vision en 3D

Spécificités de la Construction :

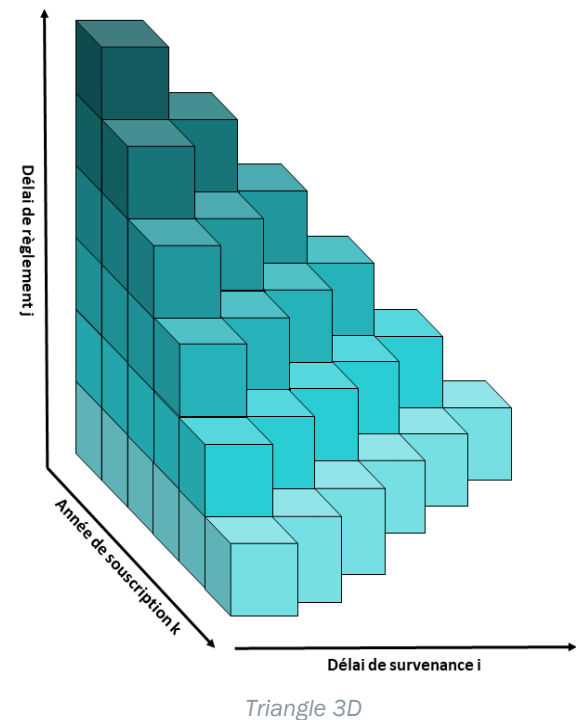
- ❖ Garanties DO et RCD **décennales**
- ❖ Triangle 3D : Survenance x Développement x **DROC**
- ❖ PSAP et **PSNEM**

Modélisations possibles :

- ❖ Triangle DROC x Développement
 - Pas de séparation explicite PSAP/PSNEM
- ❖ Triangle Survenance x Développement puis DROC x Survenance
 - Séparation PSAP/PSNEM
 - Modélisation modulable entre PSAP et PSNEM

Inflation appliquée :

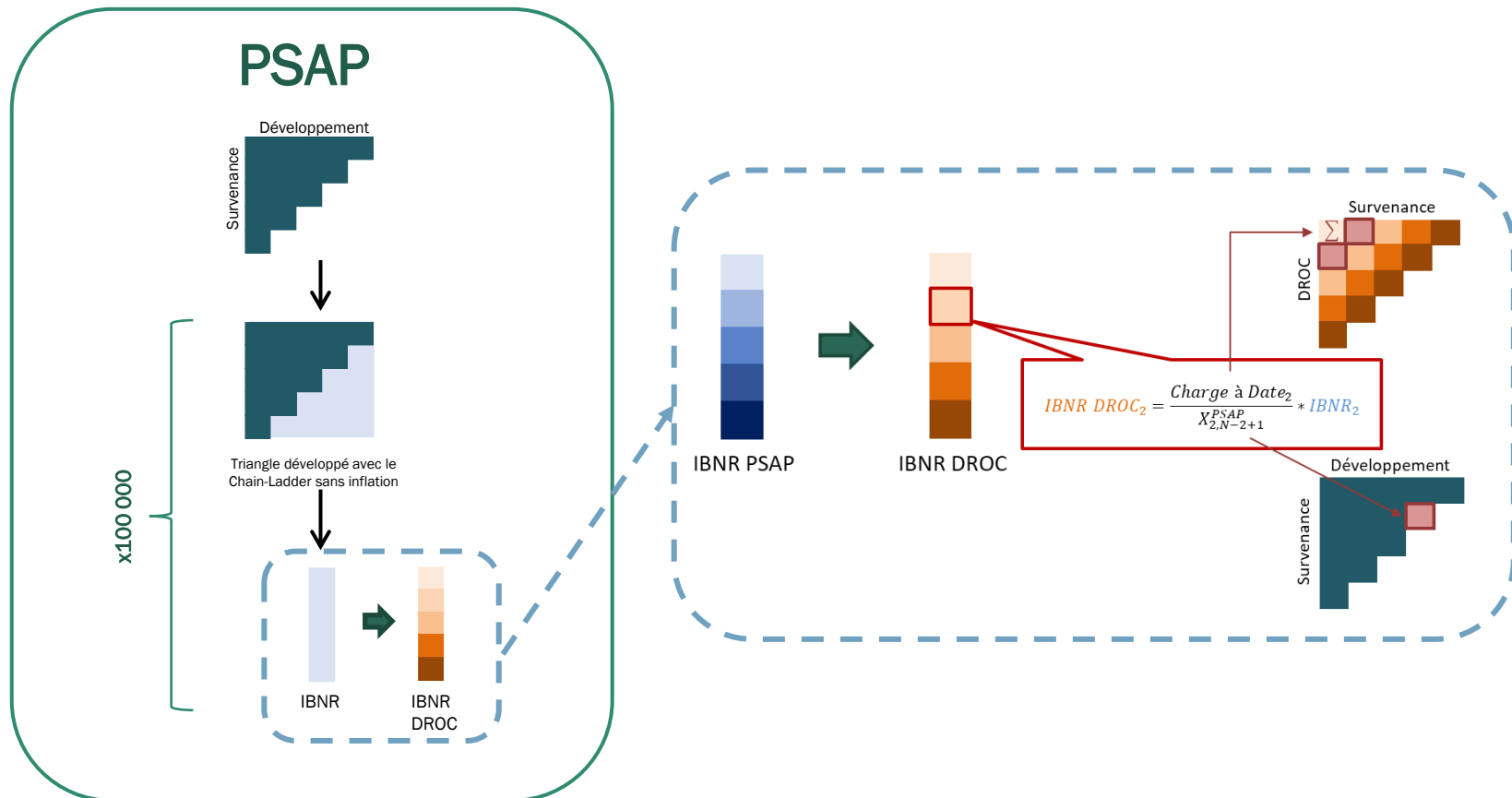
- ❖ **BT01**
- ❖ Sur-inflation



2. CALCUL DU RISQUE DE RESERVES

2.5 • Calcul des PSAP Construction

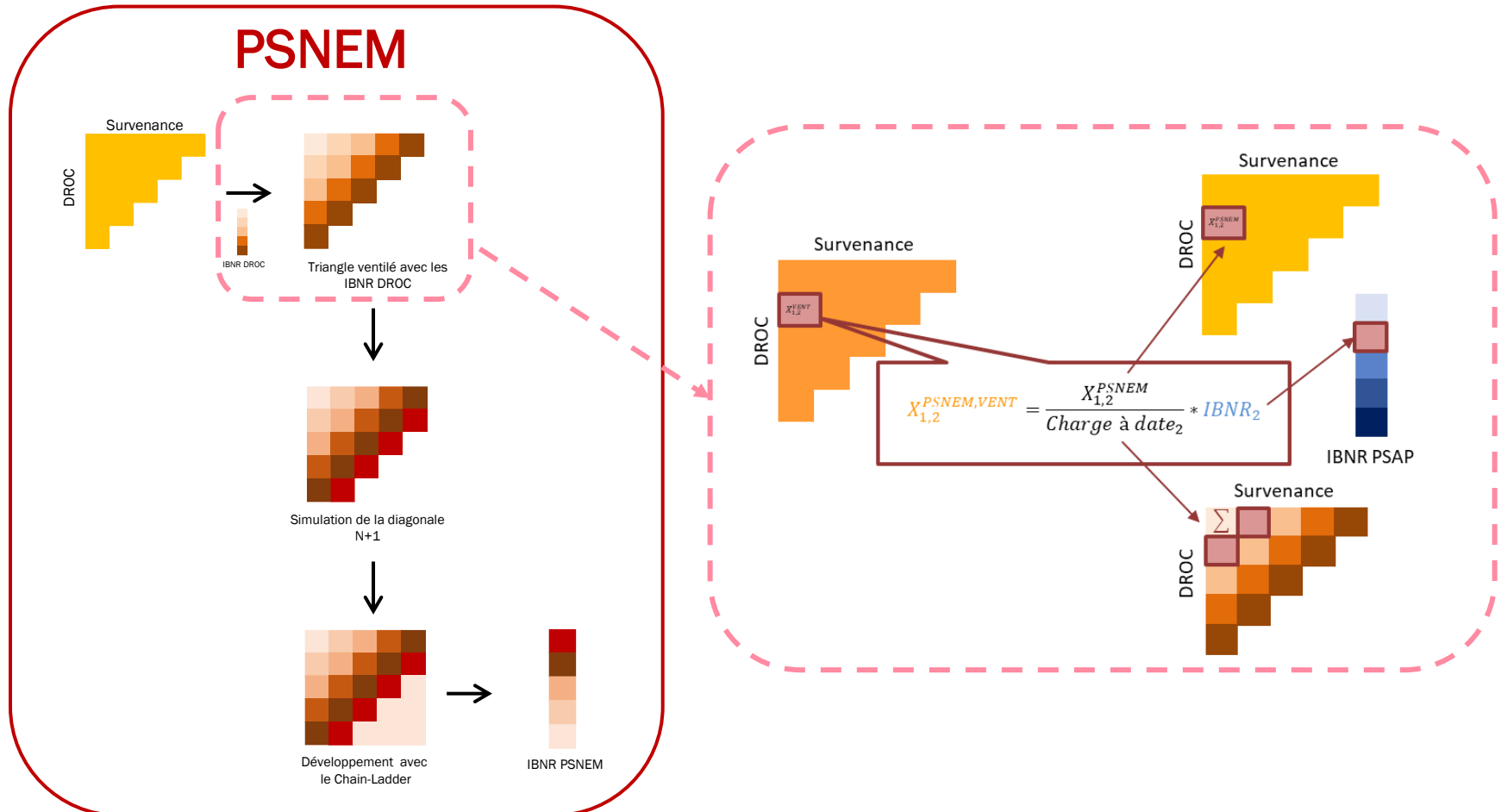
Passage des IBNR PSAP aux IBNR DROC



2. CALCUL DU RISQUE DE RESERVES

2.6 • Calcul des PSNEM Construction

Processus de ventilation des IBNR DROC



3. INTÉGRATION DE L'INFLATION

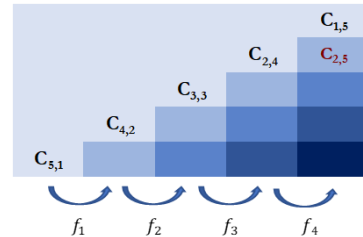
3.1 • Modèle initial entreprise

Vecteur de sur-inflation :

2023	2024	2025	2026	2027	...	2048
r_1	r_2	r_3	r_4	0	...	0

Chain-Ladder :

- $\hat{C}_{2,5} = C_{2,4} + [C_{2,4}f_4 - C_{2,4}](1 + r_1)$
- $\hat{C}_{3,5} = \hat{C}_{3,4} + [\hat{C}_{3,4}f_4 - \hat{C}_{3,4}](1 + r_2)$

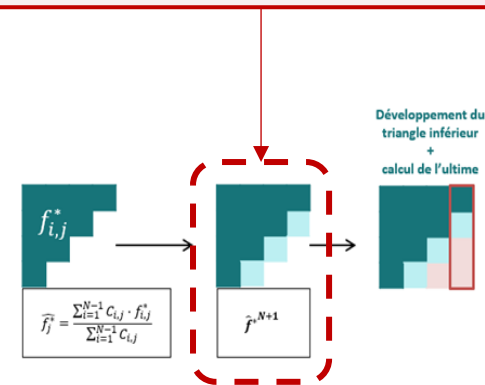


Expression des ultimes :

$$\hat{C}_{i,N} = C_{i,N-i+1} \prod_{k=1}^{i-1} [(1 + r_{i-k})f_{N-k} - r_{i-k}]$$

Bootstrap :

$$\hat{C}_{i,j}^{N+1} \sim \text{LogNormale}([(1 + r_1)\hat{f}_j^* - r_1]C_{i,j-1}, \hat{\sigma}_j^2 C_{i,j-1})$$



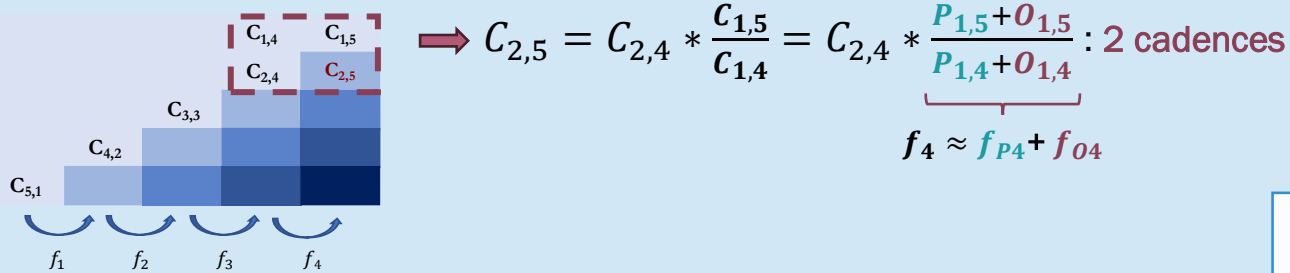
Limites :

- Pas de distinction charges/paiements : BE inflaté < BE non inflaté
- Hypothèse de développement de l'inflation à travers les coefficients
- Simulation Bootstrap contradictoire avec l'hypothèse de linéarité Chain-Ladder

3. INTÉGRATION DE L'INFLATION

3.2 • Evolution du modèle

Objectif : Appliquer l'inflation sur les cashflows réels de paiements

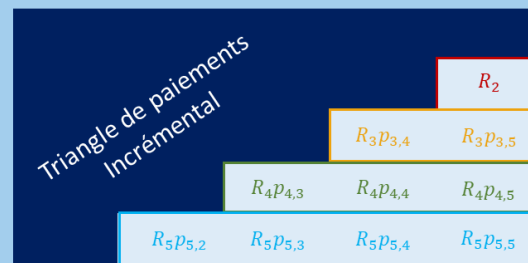


Cadencement de la charge ultime par une **cadence de paiements**

U_i : Ultimes de charges

P_i : Paiements cumulés à date

$R_i = U_i - P_i$: Reste à payer



$$p_{i,j} = \frac{Cad_j}{\sum_{k=N-i+2}^N Cad_k}$$

3. INTÉGRATION DE L'INFLATION

3.3 • Cadence de paiements

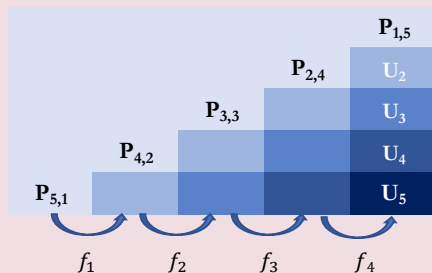


Calcul d'une cadence de paiements

Méthodologie initiale :

➤ $Cad_{cumul,i} = \frac{P_{i,diag}}{U_i} = \frac{1}{\prod \hat{f}_j}$

➤ Cadence incrémentale obtenue en **décumulant** Cad_{cumul}



$Cad_{1,1}$				$Cad_{1,5}$
$Cad_{2,1}$			$Cad_{2,4}$	
$Cad_{3,1}$		$Cad_{3,3}$		
$Cad_{4,1}$	$Cad_{4,2}$			
$Cad_{5,1}$				

Méthodologie alternative :

➤ $Cad_{i,j} = \frac{P_{i,j}}{U_i}$

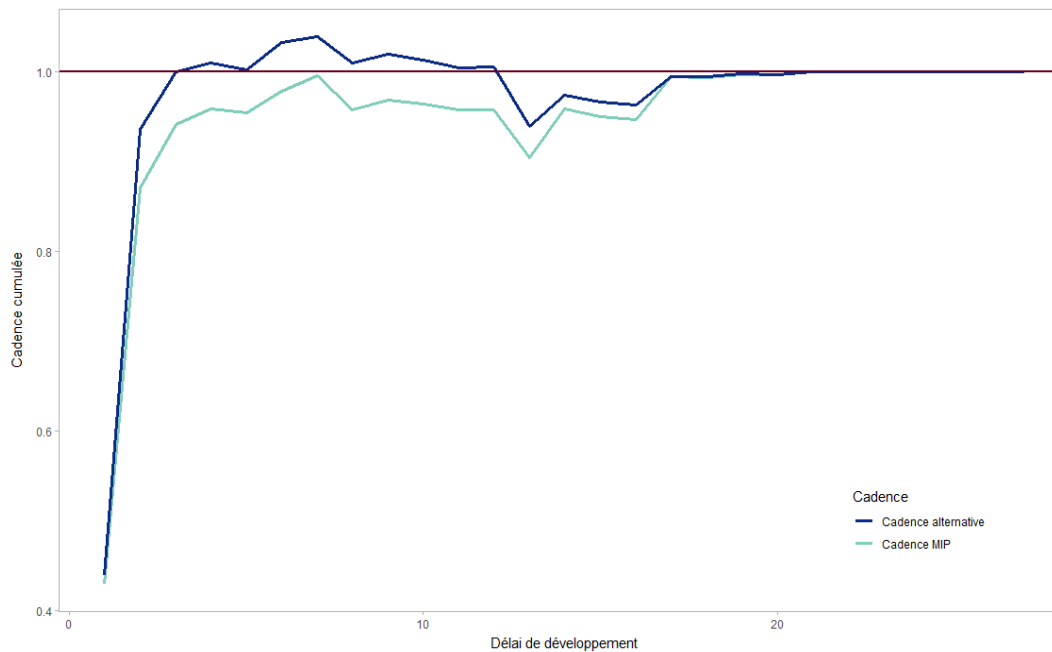
➤ $Cad_{cumul,i} = Moyenne(Cad_{colonne\ i})$

3. INTÉGRATION DE L'INFLATION

3.3 • Cadence de paiements



Calcul d'une cadence de paiements



- La cadence initiale calculée ne retranscrit pas le phénomène des recours : constamment < 1
- La cadence alternative dépasse 1
- **Limite** : pas de pondération dans la cadence alternative

3. INTÉGRATION DE L'INFLATION

3.4 • Application PSAP

Résultats sur les PSAP

Légende :

- Méthode MIP : méthode initiale
- Méthode MIP revue : cadence de paiements, développement de l'inflation
- Méthode incrémentale : cadence de paiements, séparation de l'effet d'inflation

k€

GTPL RCD	Sans inflation	Méthode MIP (BT01 + sur-inf)	Méthode MIP revue (BT01 + sur-inf)	Méthode MIP revue (Vecteur d'inflation fixe)	Méthode incrémentale (BT01 + sur-inf)	Méthode incrémentale (Vecteur d'inflation fixe)
Moyenne ultimes PSAP	943 896	942 937	956 076	957 899	952 936	954 703
BE PSAP moyen	205 719	204 863	217 899	219 722	214 760	216 526
Ecart-Type	7 506	8 319	16 855	8 008	14 384	7 894
CoV	3,65%	4,06%	7,74%	3,64%	6,70%	3,65%
		Méthode MIP (BT01)	Méthode MIP revue (BT01)		Méthode incrémentale (BT01)	
		943 569	945 672		945 182	
		205 393	207 495		207 005	
		8 051	15 962		13 921	
		3,92%	7,69%		6,73%	

Conclusion :

- BT01 stochastique fait presque doubler le CoV
- L'ajout d'une partie stochastique accroît l'importance de l'hypothèse du non-développement de l'inflation
- Une inflation déterministe impacte très peu le CoV
- **Limite** : Trop de volatilité sur les PSAP

3. INTÉGRATION DE L'INFLATION

3.5 • Méthodologie pour les PSNEM

Intégration de l'inflation sur les PSNEM

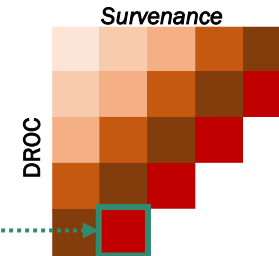
PSAP : Survenance x Développement
PSNEM : DROC x Survenance

Inflater le triangle DROC x Survenance directement de manière calendaire

La structure des triangles PSNEM empêche une réplique directe de la méthodologie PSAP.

- Suite à la ventilation, les montants estimés par Chain-Ladder sont des survénances **développées** de la forme :

$$Surv_{i,j} = \sum_{k=2023,2024,\dots}^{Inconnus, \text{ à estimer}} X_{k,i,j}$$



- Nécessité de décomposer les survénances suivant une **cadence de liquidation** :

$$Surv_{i,j}^{INF} = \sum_{k=2023,2024,\dots} \underbrace{Surv_{i,j} Cad_k}_{X_{k,i,j}} (1 + r_k)$$

3. INTÉGRATION DE L'INFLATION

3.5 • Méthodologie pour les PSNEM

Intégration de l'inflation sur les PSNEM

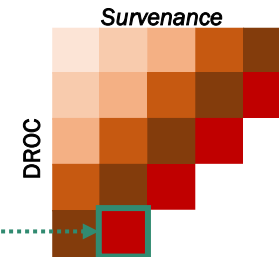
PSAP : Survenance x Développement
PSNEM : DROC x Survenance

Inflater le triangle DROC x Survenance directement de manière calendaire

La structure des triangles PSNEM empêche une répliation directe de la méthodologie PSAP.

- Suite à la ventilation, les montants estimés par Chain-Ladder sont des survénances **développées** de la forme :

$$Surv_{i,j} = \sum_{k=2023,2024,\dots}^{Inconnus, \text{ à estimer}} X_{k,i,j}$$



- Nécessité de décomposer les survénances suivant une **cadence de liquidation** : *Taux moyen pondéré*

$$Surv_{i,j}^{INF} = \sum_{k=2023,2024,\dots} \underbrace{Surv_{i,j} Cad_k}_{X_{k,i,j}} (1 + r_k) = Surv_{i,j} \sum_{k=2023,2024,\dots} Cad_k (1 + r_k)$$

3. INTÉGRATION DE L'INFLATION

3.6 • Application PSNEM

Résultats sur la PSNEM

Légende :

- *Central : Volatilité BT01 uniquement sur la diagonale N+1*
- *Méthode incrémentale : Volatilité BT01 sur tout le triangle*

k€

GTPL RCD	Central sans sur-inflation (PSAP non inflatées)	Central avec sur-inflation (PSAP non inflatées)	Central avec sur-inflation (PSAP inflatées)	Méthode incrémentale (PSAP non inflatées)	Méthode incrémentale (PSAP inflatées)
Moyenne ultimes	1 114 007	1 119 357	1 128 398	1 126 729	1 135 770
BE PSNEM moyen	243 868	249 218	258 259	256 590	265 631
Ecart-Type	30 368	31 632	37 010	41 803	50 804
CoV	12,45%	12,69%	14,33%	16,29%	19,13%

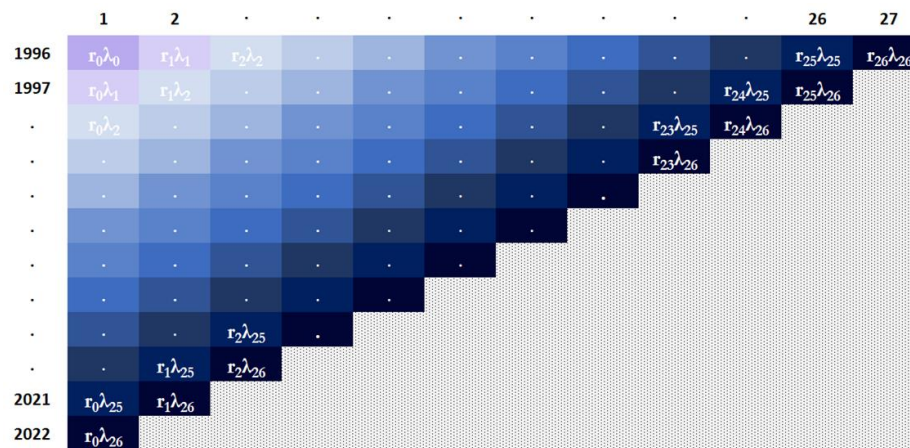
Conclusion :

- *Pour estimer la volatilité à un an, le scénario central sur-inflaté est le plus pertinent*
- *L'intégration des PSAP inflatées a un impact non négligeable sur le CoV*

3. INTÉGRATION DE L'INFLATION

3.7 • Modèle de Verbeek

Description du modèle



Intérêt de la méthode :

- Estimation simple des paramètres
- Capte les effets calendaires
- Intégration simple de l'inflation via les coefficients lambda

Hypothèses :

1. Indépendance des années de survie
2. $\sum_{k=0}^{N-1} r_k = 1$

Estimation itérative des paramètres :

$$\lambda_{26} \Rightarrow r_{26} \Rightarrow \lambda_{25} \Rightarrow r_{25} \Rightarrow \dots$$

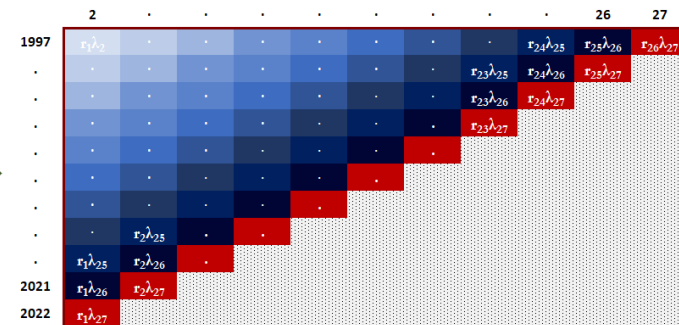
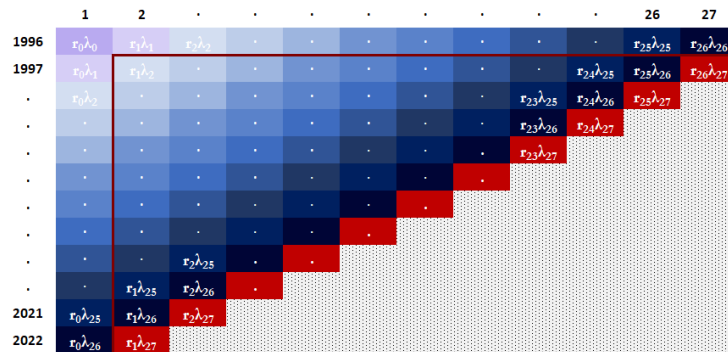
Problématique : passage à une vision stochastique, comment estimer les paramètres avec une diagonale supplémentaire ?

3. INTÉGRATION DE L'INFLATION

3.7 • Modèle de Verbeek

Description du modèle

Idée : Travailler sur un sous-triangle



Limite :

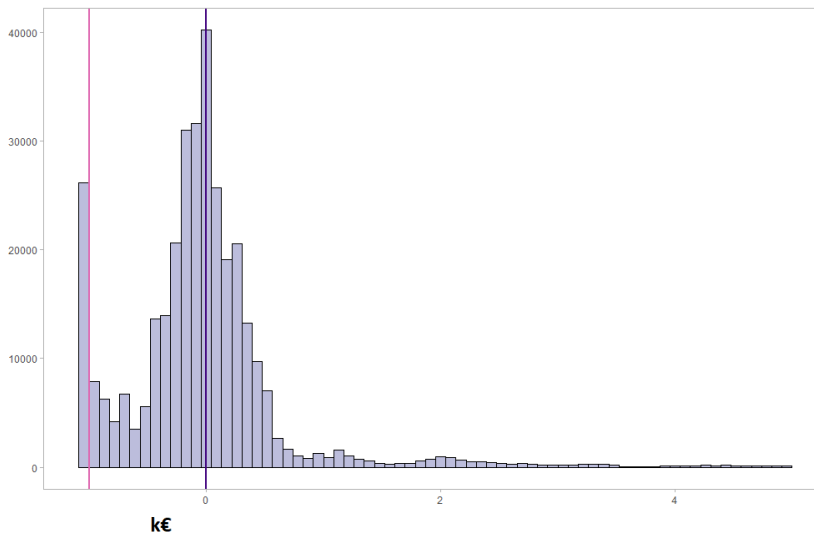
➤ *On ne travaille pas sur le même historique que pour le calcul déterministe*

3. INTÉGRATION DE L'INFLATION

3.7 • Modèle de Verbeek

Description du modèle

Vérification des hypothèses du modèle :



- Les résidus normalisés ne sont pas normalement distribués : tendance à la surestimation dans le triangle modélisé
- Verbeek non inflaté a déjà un CoV plus élevé que le modèle central inflaté

GTPL RCD	Central avec sur-inflation (PSAP inflatées)	Verbeek sans inflation (PSAP inflatées)	Verbeek avec inflation (PSAP inflatées)
Moyenne ultimes	1 128 398	1 127 233	1 140 789
BE PSNEM moyen	258 259	257 094	270 650
Ecart-Type	37 010	40 238	62 878
CoV	14,33%	15,65%	23,23%

4. CONCLUSION

Conclusion

k€

GTPL RCD	Central avec sur-inflation (PSAP inflatées)	Méthode incrémentale (PSAP inflatées)	Verbeek avec inflation (PSAP inflatées)
Moyenne ultimes	1 128 398	1 135 770	1 140 789
BE PSNEM moyen	258 259	265 631	270 650
Ecart-Type	37 010	50 804	62 878
CoV	14,33%	19,13%	23,23%

Conclusions générales :

- Distinction des triangles de charges et de paiements primordiale pour intégrer l'inflation
- Prise en compte de la structure DROC x Survenance des triangles PSNEM
- Respect des hypothèses fondamentales Chain-Ladder
- Impact non négligeable d'un choix de taux déterministes (sur-inflation) ou stochastiques sur le CoV

Axes d'amélioration :

- Couche trop importante d'inflation intégrée aux PSAP : volatilité transférée sur toutes les diagonales avec l'indice BT01 vs estimation d'une volatilité à un an
- Le modèle de Verbeek pourrait être creusé davantage

MERCI POUR VOTRE ATTENTION