

Evaluation du risque de pandémie et construction d'un modèle interne partiel en assurance de personnes dans le cadre de Solvabilité II

WG Risk du 13 juin 2013 - Romain SPEISSER

« I had a little bird,
Its name was Enza,
I opened the window,
And in-flu-enza. »

Comptine de 1918, Etats-Unis

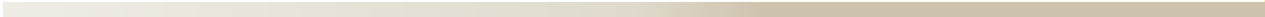
Introduction

I. Le risque de pandémie

II. Modèle Interne Partiel basé sur un modèle à données historiques

III. Modèle Interne Partiel basé sur un modèle SEIR stochastique

Conclusion



Introduction



- **Risque le plus destructeur en termes de vies humaines (hors risque militaire)**
 - La grippe espagnole de 1918-1919 aurait fait entre 40 et 50 M de morts
 - Impact direct et conséquent pour les assureurs
 - Mais difficile de prévoir la survenance et la sévérité d'une pandémie
- **Solvabilité I ne traite pas spécifiquement ce risque**
- **Objectif**
 - Se concentrer sur deux modèles utilisés en pratique et:
 - Tenter de remédier aux incohérences observées
 - Mettre en évidence les tenants et aboutissants de ces modèles dans le cadre de la création de deux modèles internes partiels



I. Le risque de pandémie

Définition d'une pandémie par l'OMS

- Epidémie qui s'est propagée dans au moins 2 pays d'une même région géographique et dans au moins un autre pays d'une autre région
 - Ce schéma implique une transmission interhumaine
- Impact exceptionnel mais pas forcément virulent

Seul le virus de la grippe semble avoir un potentiel pandémique dans le cadre de Solvabilité II

- Capacité à muter rapidement et brutalement en une forme transmissible d'humain à humain
- Forte proportion d'infections pré-symptomatiques et asymptomatiques

Le recensement des pandémies grippales et donc leur fréquence annuelle observée varie selon les auteurs

- 7,4 % // 4,5% // 3,6 % // 2,3 %

Garanties et risques impactés

- Décès
- Frais de soin
- Hospitalisations
- Incapacité (?)
- Invalidité (?)
- Risque de marché
- Risque de crédit
- Risque opérationnel (absentéisme)

Critère de l'âge (et du sexe) de la population

- Les adultes et jeunes adultes ont été proportionnellement très impactés en termes de décès par les pandémies de 1918 et 2009
- A contrario, les gripes saisonnières touchent surtout les personnes âgées

Critère de la vulnérabilité de la population

De nombreux autres critères entrent en compte

- Facilité d'accès et qualité des soins, vigilance et réactivité des pouvoirs publics, vaccinations, ...

SCR Vie CAT = 1,5 ‰ * Capital sous risque

- Choc de 1,5 ‰ calibré d'après une étude de Swiss Re (2007) pour un pays développé dont la répartition par âge reflète celle d'un portefeuille assuré

SCR Santé CAT Pandémie = 0,075 ‰ * E + 0,4 * F


- E est l'exposition aux garanties invalidité
- F est l'exposition aux garanties frais d'hospitalisation et frais de soin, en considérant 1 % d'hospitalisations et 20 % de consultations médicales
- Choc de 0,075 ‰ calibré d'après une étude de Vilensky (2008) sur l'épidémie d'encéphalite léthargique (1915-1930).
 - IM de cas (0,5 ‰ de la population) recensés en 15 ans
 - Maladie invalidante dans 29 % des cas
 - Le régulateur reconnaît que les chiffres avancés sont contradictoires
 - Il fait l'hypothèse d'IM de cas qui surviendraient en une seule année

Invalidité - Point sur l'encéphalite léthargique

- Aucune autre épidémie provoquée et seuls quelques cas sporadiques encore observés aujourd'hui
 - Maladie peu contagieuse (Vilensky) et transmissions interhumaines rares (Dourmashkin, 1997)
 - Les études récentes tendent à prouver que son origine n'est pas liée à la grippe
- **Nous considérons que cette maladie invalidante n'est pas de nature à engendrer une pandémie**

Incapacité

- Le régulateur exclut l'incapacité dans le SCR Santé CAT Pandémie
 - La grippe entraîne en effet très rarement des ITT supérieures à 10 jours
- **En raison des périodes de franchise souvent supérieures à 15 ou 30 jours, ce risque est négligeable pour un assureur**



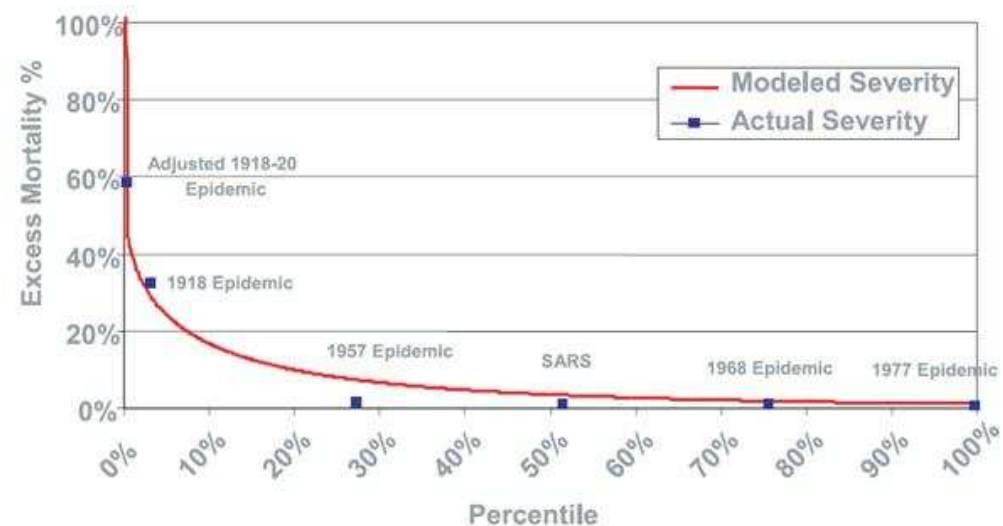
II. Modèle interne partiel basé sur un modèle à données historiques

Hypothèse d'indépendance de la fréquence et de la sévérité des pandémies

Estimation de la fréquence selon le recensement retenu

Modélisation de la sévérité

- Taux calculés à partir de la répartition par âge et par sexe d'un portefeuille
- Calcul de la surmortalité de chaque pandémie par rapport à l'année précédente
 - Pour la grippe espagnole, on agrège les morts de 1918, 1919 et 1920
- On l'exprime en pourcentage d'augmentation de la mortalité toutes causes
 - Hypothèse de surmortalité proportionnelle (plutôt qu'additionnelle)
- Ajustement d'une courbe de sévérité



Trois remarques sur le modèle initial

1) Les taux de mortalité varient significativement en fonction de l'âge et du sexe

- Le modèle initial prend bien en compte la répartition du portefeuille assuré

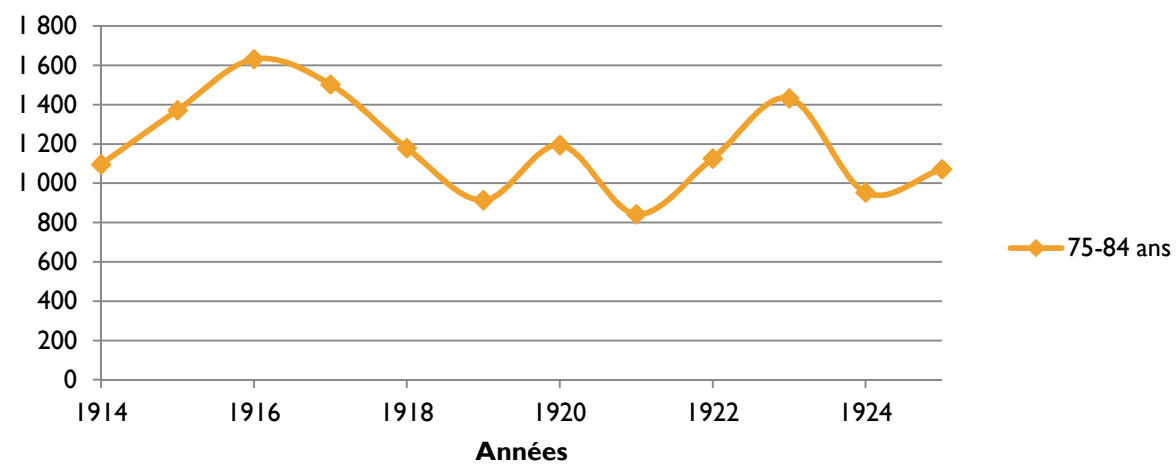
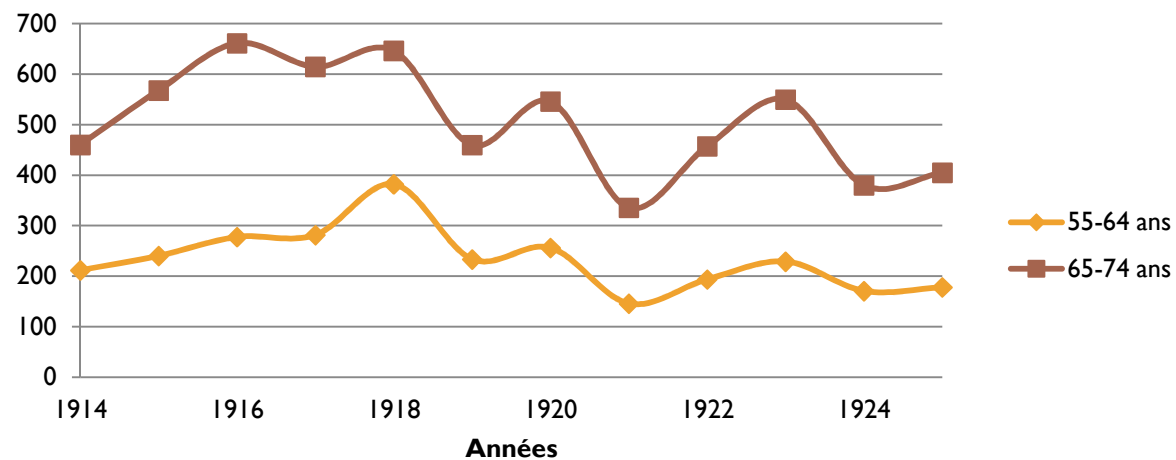
2) Les conséquences de la pandémie se font ressentir (ou non) sur une ou plusieurs années selon l'âge et le sexe

- Pour les catégories d'âge élevées, la mortalité grippale est inférieure en 1919 et 1920 à celle de 1917
- Prendre en compte ces deux années sous-estime donc l'impact à un an

3) Le taux de mortalité toutes causes de l'année précédente n'est pas forcément un bon indicateur de la mortalité que l'on aurait observée en l'absence de pandémie

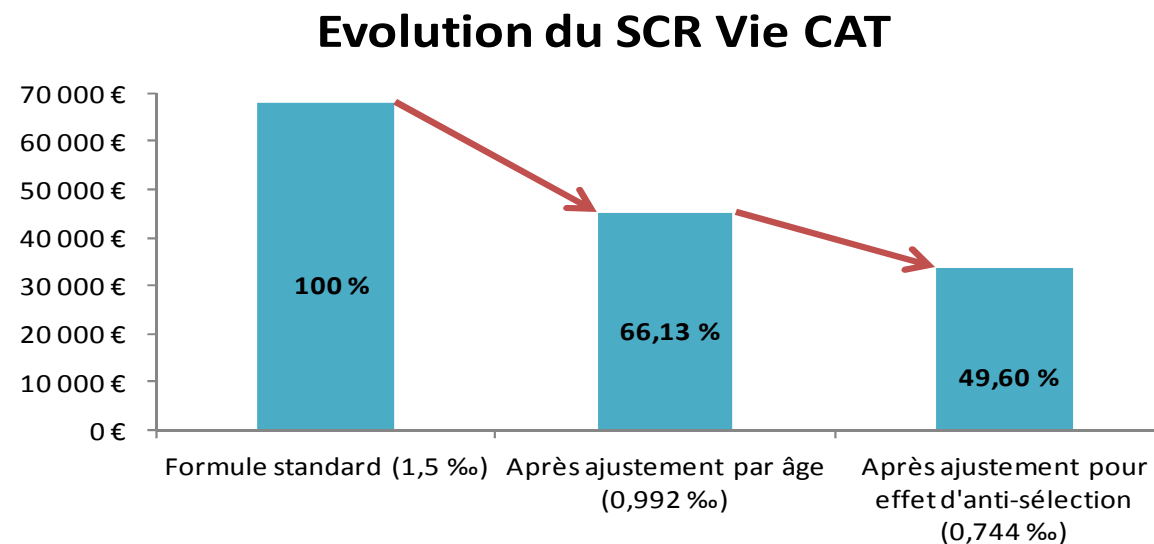
- Choix d'un estimateur plus adéquat

Taux (pour 100 000) de mortalité due à la grippe, tous sexes confondus



- Hypothèses que les données aux Etats-Unis sont valables pour la France
 - **Evaluation de la surmortalité en tenant compte des deux dernières remarques précédentes**
 - **Ajout d'une pondération de 75 % reflétant le rapport entre mortalité assurée et mortalité générale**
- Données de Swiss Re aux Etats-Unis pour les 4 pandémies de 1918, 1957, 1967 et 2009:
 - Concernant les décès dus à la grippe, la mortalité assurée représente constamment entre 60 % et 75 % de la mortalité générale
 - Concernant la mortalité toutes causes, ce rapport baisse de près de moitié au cours de la période
 - L'effet d'anti-sélection s'est renforcé au cours du temps mais il semble rester stable en cas de pandémie

- **Choc final pour notre portefeuille de 0,74 ‰**



- Réduction similaire du SCR Vie CAT chez SCOR UK via leur modèle interne

Sensibilité de 1 à 4 en fonction de la fréquence retenue (de 2,3 % à 7,4 %)

- Or la surmortalité des pandémies historiques varie au grand minimum de 1 à 10

Le SCR baisse de 20% si l'on vieillit le portefeuille de 10 ans

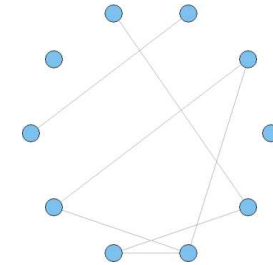
- Poids prépondérant de la pandémie de 1918, donc l'impact est moindre sur le portefeuille vieilli



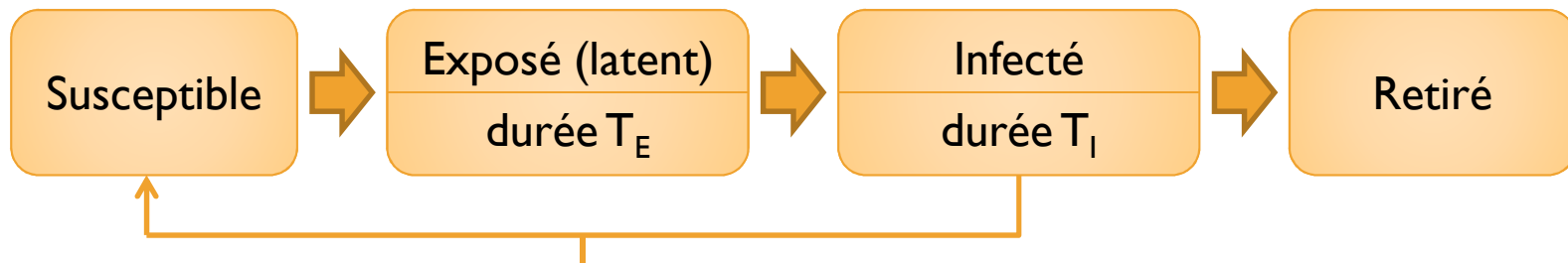
III. Modèle interne partiel basé sur un modèle SEIR stochastique

Un modèle SEIR stochastique (Groendyke, Welch & Hunter)

La population N est supposée constante et homogène (probabilité identique de se faire infecter)



- Génération d'un graphe aléatoire de Bernoulli de paramètre p
- Au départ, la population est « Susceptible ». Un individu infecté *ex nihilo* va alors propager la maladie le long du réseau social créé selon le schéma:



Soit X_c le temps nécessaire à une infection le long d'un contact social c donné
Si $X_c < T_I$, il y a infection le long du contact c

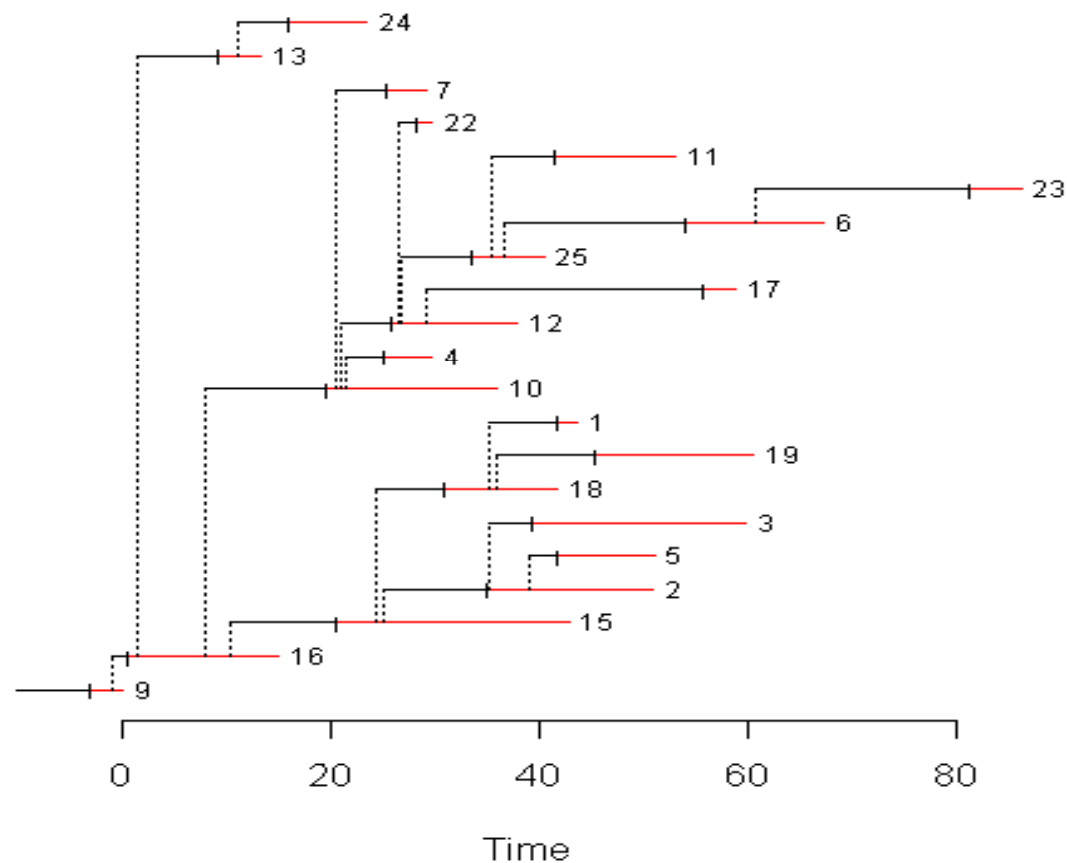
$$T_E \sim \text{Gamma}(k_E, \theta_E)$$

$$T_I \sim \text{Gamma}(k_I, \theta_I)$$

$$X \sim \text{Exp}(\beta)$$

Un modèle SEIR stochastique (Groendyke, Welch & Hunter)

Schéma du résultat d'une épidémie



21 individus infectés sur une population initiale de 25 personnes

On se fonde sur deux études du CDC au Etats-Unis et de l'INVS en France

- Deux scénarios de taille finale: 30 et 35 % de la population est infectée en moyenne
- Deux hypothèses de répartition des cas par âge
 - Hypothèse principale: les estimations (identiques) du CDC et de l'INVS
 - Hypothèse alternative: l'âge n'influe pas sur la répartition des cas
- Prise en compte de la vulnérabilité de la population
 - Soit on utilise les estimations (différentes) du CDC et de l'INVS
 - Soit on considère la population comme « indifférenciée »
- Deux jeux d'hypothèses de la répartition de l'impact sanitaire
 - Consultations médicales, Hospitalisations et Décès selon 3 classes d'âge et selon la vulnérabilité (binaire) de la population

Conformément à ce que l'on observe en pratique, on pose

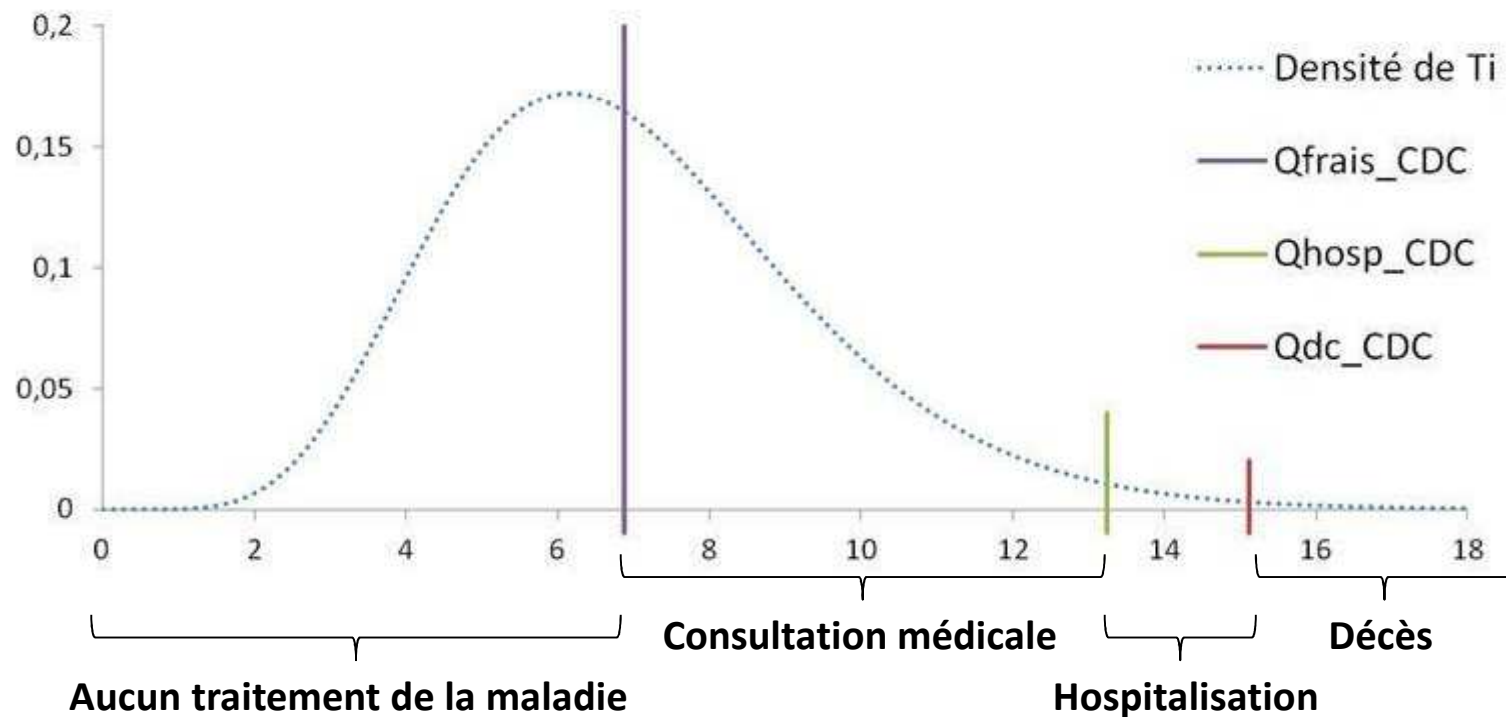
- $T_E = 1$ jour
- Moyenne de 7 jours pour T_I
- $\beta = 0,5$ (soit un temps moyen de transmission de 2 jours)

On considère que T_i est un bon indicateur de la gravité de la maladie

- Plus la durée d'infection est longue, plus la maladie est sévère

On calibre T_i de manière à ce que l'impact sanitaire pour un malade corresponde à une durée d'infection T_i réaliste

Répartition des symptômes en fonction de la durée d'infection en jours



On choisit p de manière à ce que la taille finale des épidémies corresponde en moyenne au scénario fixé

On recense à chaque simulation

- Le nombre de personnes infectées
- La valeur de T_1 pour chaque malade, ce qui nous permet de recenser les impacts sanitaires éventuels

➤ On obtient la distribution des impacts sanitaires en cas de pandémie

- Quantile bicentenaire en fonction de l'estimation de fréquence retenue

Enfin on tient compte de l'effet d'anti-sélection en pondérant le résultat par le ratio suivant découlant des jeux d'hypothèses et de scénarios:

$$\text{Ratio de spécificité} = \frac{\text{probabilité que notre portefeuille soit sinistré}}{\text{probabilité que la population totale soit sinistrée}}$$

En prenant par exemple une taille finale de 30% et les hypothèses du CDC, on obtient pour notre portefeuille d'individus non vulnérables:

	Formule standard	MIP sur SEIR stochastique	MIP sur données historiques
Choc SCR Vie CAT	1,5 ‰	0,22 ‰	0,74 ‰
SCR Santé CAT Pandémie	23 502 €	10 858 €	N/A

Observations sur les sensibilités

- La sensibilité à la fréquence annuelle est relativement faible
- Le choc de surmortalité générale obtenu varie souvent entre 2 ‰ et 5 ‰
 - Or la surmortalité des pandémies historiques varie au minimum de 1 à 10
- Au vu des hypothèses, considérer les individus du portefeuille comme « vulnérables » ou « non vulnérables » a un effet très important sur le SCR
 - Importance de l'état de santé initial
- Dans notre cas, considérer que l'âge n'influe pas sur la répartition des cas a peu d'impact
 - Impact plus élevé sur la population totale, mais surtout sur les 65+ ans
 - Notre portefeuille est donc aussi proportionnellement davantage épargné

Conclusion

Avantages et limites

	MIP sur données historiques	MIP sur SEIR stochastique
😊	<ul style="list-style-type: none">✓ Simple✓ Répartition par âge et sexe✓ Effet d'anti-sélection✓ S'appuie sur des données réelles✓ Pas de scénario arbitraire ou hasardeux	<ul style="list-style-type: none">✓ Utilisable en Santé✓ Réalisme (propagation à travers un réseau social aléatoire)✓ Suivi temporel✓ Répartition par âge✓ Vulnérabilité de la population✓ Effet d'anti-sélection
😞	<ul style="list-style-type: none">× Non utilisable en Santé× Données restreintes et peu fiables× Subjectivité de l'évaluation de l'impact des pandémies× Prépondérance de la pandémie de 1918× Lien avec la fréquence difficile	<ul style="list-style-type: none">× Limites techniques (taille de population, temps de calcul, résultats en nombres entiers pour 1000)× Nombreuses hypothèses et estimations× Importante part d'arbitraire× Lien avec la fréquence difficile

La répartition par âge est la principale composante différenciatrice à intégrer dans un modèle interne partiel

Mais c'est un facteur exogène à l'assureur

- Le régulateur devrait publier des taux par âge homologués pour la surmortalité, les consultations médicales et les hospitalisations
- On pourrait également proposer plusieurs scénarios d'impact par âge

Lien entre fréquence et sévérité

- Supposer l'indépendance n'est intuitivement pas très satisfaisant
- Quel lien avec la structure de la population (pyramide des âges, répartition urbaine, densité) ?
- Promouvoir les études biologiques pour envisager un autre lien ?

Les modèles épidémiologiques pourront suivre en temps réel la propagation d'une épidémie à l'échelle mondiale et évaluer l'impact des mesures sanitaires (campagnes de vaccination, réduction du trafic aérien...)

- Outils d'aide à la décision
- Importance toujours capitale de la surveillance



ESSEC

 MAZARS


SORBONNE UNIVERSITÉS

Merci pour votre attention !