

## **Pandémie**

### **Assurances de personnes**

## Résumé

---

La pandémie est définie comme une épidémie infectant les êtres humains dans des zones géographiques différentes, à propagation rapide et d'une ampleur exceptionnelle.

Les pathologies associées aux pandémies sont majoritairement grippales, notamment depuis le début du XX<sup>ème</sup> siècle avec 4 phénomènes de ce type recensés (1918, 1957, 1968 et 2009).

La très grande majorité des scénarios de pandémie dans la littérature scientifique et actuarielle internationale s'appuient d'ailleurs sur les 3 premiers de ces événements et sur les 3 taux permettant de mesurer leur impact : taux d'attaque (pourcentage de personnes infectées), taux de létalité (pourcentage de personnes décédées sur la population infectée) et taux de surmortalité (pourcentage de décès dû à la pandémie).

Les modèles utilisés actuellement pour modéliser le risque pandémique sont de deux types : les modèles actuariels, basés sur la mortalité historique et qui estiment les taux de surmortalité, et les modèles épidémiologiques, prenant en compte les probabilités de passage entre différents états (susceptible, exposé, infectieux et remis) : la formule standard utilisée pour calculer le SCR du sous-module « catastrophe », dans le cadre de Solvabilité 2, reprend d'ailleurs les conclusions du modèle Swiss Re qui est un modèle épidémiologique stochastique.

En ce qui concerne le marché de l'assurance de personnes en France, ce sont bien évidemment les garanties décès qui sont le plus impactées par la pandémie :

Le groupe de travail a donc choisi de chiffrer les conséquences d'un tel événement sur les garanties décès du marché français.

Sur la base de différents scénarios, croisant 3 hypothèses de sévérité de l'événement et 3 types de courbes de mortalité, il en ressort un impact estimé entre 3 et 17 milliards d'euros.

Enfin, il apparaît que l'impact des dispositifs de réassurance de réassurance (quote-part, excédent de sinistre par tête, stop-loss, couvertures spécifiques) reste relativement marginal, puisque selon les scénarios, le reste à charge du marché français s'établit dans une fourchette 70% - 90%, y compris les montages de titrisation connus.

## Préambule

Cette note constitue la synthèse des travaux du Groupe de travail « Pandémie » de l'APREF dont les travaux se sont déroulés entre juillet 2015 et mai 2016 et ont permis de dresser un panorama complet du phénomène pandémique et de ses implications sur les marchés de l'assurance et de la réassurance de personnes.

Après une présentation générale et historique de ce phénomène, la note s'attache à récapituler les principales approches techniques et actuarielles relatives à la pandémie puis à chiffrer ses impacts pour le marché de l'assurance de Personnes.

Enfin, la dernière partie permet de dresser un panorama des solutions de réassurance existantes (en assurances de personnes) et de valoriser le reste à charge du marché après intervention de ces couvertures.

## SOMMAIRE

<b>1. Généralités sur la pandémie</b> .....	<b>6</b>
1.1 Définition.....	6
1.1.1 L'endémie .....	6
1.1.2 L'épidémie .....	6
1.1.3 La pandémie .....	7
1.2 Historique des pathologies associées aux pandémies.....	8
1.2.1 Pandémies grippales .....	8
1.2.2 Pandémie Sidéenne .....	10
1.3 Perspectives .....	10
<b>2. Les principaux scénarios de pandémie dans la littérature scientifique et actuarielle internationale</b> .....	<b>11</b>
2.1 Description des scénarios .....	11
2.2 Les facteurs influençant ces scénarios .....	11
2.2.1 Démographie .....	11
2.2.2 Caractéristiques régionales/nationales.....	12
2.2.3 Population assurée vs population générale .....	12
2.2.4 Changements depuis les pandémies précédentes (avancées médicales, prophylaxie).....	12
2.3 Les modèles existants : théorie .....	13
2.4 Les modèles existants : quelques cas publiés .....	14
2.4.1 Solvabilité II / Swiss Re / Modèle épidémiologique stochastique.....	14
2.4.2 SOA / Modèle épidémiologique stochastique.....	15
2.4.3 RMS / Modèle épidémiologique déterministe.....	15
<b>3. Impact sur les assurances de personnes</b> .....	<b>16</b>
3.1 Les différents types de garanties concernées.....	16
3.1.1 Pour les contrats collectifs.....	16
3.1.2 Pour les contrats individuels.....	16
3.2 Les taux servants à notre étude .....	17
3.3 Le chiffrage de ces scénarios.....	17
<b>4. Les solutions de réassurance disponibles</b> .....	<b>19</b>
4.1 Impact des plans de réassurance en place.....	19
4.2 Les couvertures spécifiques existantes sur le marché français .....	19
4.2.1 La réassurance en excédent de sinistre pandémie.....	19
4.2.2 La titrisation (ILS : Insurance Linked Securities) .....	19
4.3 Impact de la réassurance sur un scénario pandémique .....	20
<b>Bibliographie</b> .....	<b>22</b>

## Résumé

---

*La pandémie est définie comme une épidémie infectant les êtres humains dans des zones géographiques différentes, à propagation rapide et d'une ampleur exceptionnelle.*

*Les pathologies associées aux pandémies sont majoritairement grippales, notamment depuis le début du XXème siècle avec 4 phénomènes de ce type recensés (1918, 1957, 1968 et 2009).*

*La très grande majorité des scénarios de pandémie dans la littérature scientifique et actuarielle internationale s'appuient d'ailleurs sur les 3 premiers de ces évènements et sur 3 taux permettant de mesurer leur impact : taux d'attaque (pourcentage de personnes infectées), taux de létalité (pourcentage de personnes décédées sur la population infectée) et taux de surmortalité (pourcentage de décès dû à la pandémie).*

*Les modèles utilisées actuellement pour modéliser le risque pandémique sont de deux types : les modèles actuariels, basés sur la mortalité historique et qui estime les taux de surmortalité, et les modèles épidémiologiques, prenant en compte les probabilités de passage entre différents états (susceptible, exposé, infectieux et remis) : la formule standard utilisée pour calculer le SCR du sous module « catastrophe », dans le cadre de Solvabilité 2, reprend d'ailleurs les conclusions du modèle Sis Ré qui est un modèle épidémiologique stochastique.*

*En ce qui concerne le marché de l'assurance de personnes en France, ce sont bien évidemment les garanties décès qui sont le plus impacté par la pandémie :*

*Le groupe de travail a donc choisi de chiffrer les conséquences d'un tel évènement sur les garanties décès du marché français.*

*Sur la base de différents scénarios, croisant 3 hypothèses de sévérité de l'évènement et 3 types de courbes de mortalité, il en ressort un impact estimé entre 3 et 17 milliards d'euros.*

*Enfin, il apparait que l'impact des dispositifs de réassurance de réassurance (quote-part, excédent de sinistre par tête, stop-loss, couvertures spécifiques) reste relativement marginal, puisque selon les scénarios, le reste à charge du marché français s'établi dans une fourchette 70% - 90%, y compris les montages de titrisation connus.*

*Cette note essaie de dresser un large panorama du phénomène pandémique et de ses implications sur les marchés de l'assurance et de la réassurance de personnes.*

*Après une présentation générale et historique de ce phénomène, la note récapitule les principales approches techniques et actuarielles relatifs à la pandémie puis à chiffrer ses impacts pour le marché de l'assurance de Personnes.*

*Enfin, la dernière partie fait l'inventaire des solutions de réassurance existantes (en assurances de personnes) et évalue le reste à charge du marché après intervention de ces couvertures.*

## **1. Généralités sur la pandémie**

---

### **1.1 Définition**

Compte tenu des nombreuses définitions présentes dans la littérature, il est nécessaire de bien cerner les différentes notions en termes de risque utilisées dans cette note, à savoir la différentiation entre le Risque Endémique, le Risque Epidémique et le Risque Pandémique.

Ces trois termes « endémie », « épidémie » et « pandémie » appartiennent au vocabulaire de l'épidémiologie. Ils ont leur équivalent dans le domaine des maladies animales, parfois transmissibles à l'homme.

#### 1.1.1 L'endémie

L'endémie se définit par la **présence habituelle d'une maladie, en générale infectieuse, dans une population déterminée ou une région précise, avec une incidence stable** : le paludisme est endémique dans de nombreux pays africains. Pour rappel, l'incidence d'une maladie correspond au nombre de nouveaux cas survenant pendant une période donnée.

#### 1.1.2 L'épidémie

Une épidémie se définit par la **croissance rapide de l'incidence d'une maladie dans une région donnée et pendant une période spécifique.**

Initialement, le terme d'épidémie concernait des maladies comme la variole, la peste, le choléra et la grippe avec sa résurgence annuelle. De nos jours, sont intégrées dans cette notion de nouvelles maladies comme le SIDA et la fièvre hémorragique due au virus Ebola.

L'épidémie se propage du fait de la grande contagiosité de la maladie transmissible incriminée. L'adjectif épidémique a deux contraires : endémique, que nous venons de voir, et sporadique, qui signifie occasionnel, ou au cas par cas.

### 1.1.3 La pandémie

Le terme « pandémie » est formé des particules grecques pân (« tout ») et demos (« peuple »), désignant littéralement une maladie affectant « le peuple tout entier ». Il n'existe pas de définition unique, précise et quantifiée de ce phénomène, la pandémie peut néanmoins se décrire succinctement comme étant une **épidémie de grande ampleur**.

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), une pandémie est une épidémie qui doit respecter les critères suivants :

- ✓ **maladie infectieuse causée par un agent pathogène nouveau** ou qui ne s'est pas manifesté depuis longtemps,
- ✓ cet agent se **propage facilement et de façon soutenue d'un être humain à un autre** de telle sorte que **la maladie infectieuse atteint un très grand nombre de personnes dans une zone géographique très étendue**.

Notons qu'une maladie ne constitue pas une pandémie du seul fait qu'elle est répandue ou qu'elle entraîne la mort de plusieurs personnes. Elle doit également être infectieuse. Le graphique ci-après présente les différentes phases d'une pandémie selon l'OMS.

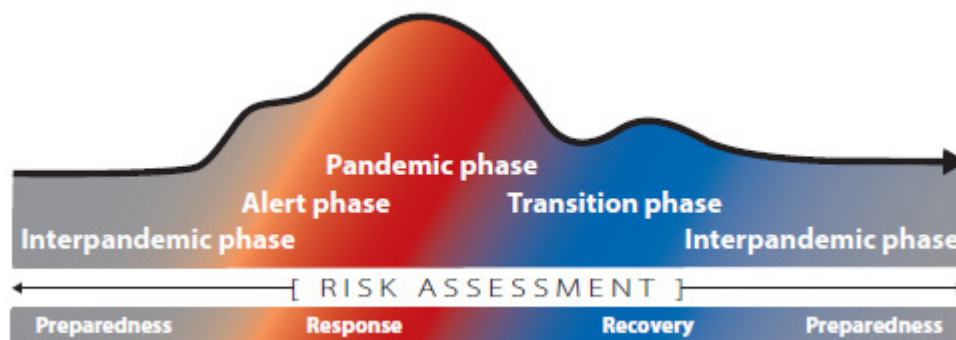


Figure 1 : Les phases pandémiques selon l'OMS (source : Pandemic Influenza Risk Management, WHO Interim Guidance, 2013)

Dans le cadre de cette étude, la pandémie est considérée comme :

- ✓ Un phénomène étendu dans des zones géographiques différentes infectant les êtres humains : l'agent pathogène, ayant développé la capacité de se transmettre durablement d'humain à humain, provoque des flambées épidémiques de grande ampleur géographique.

- ✓ Un phénomène à propagation rapide : Le critère de vitesse de développement de l'agent pathogène est primordial car il doit s'être répandu avant qu'un remède et des moyens de prévention efficaces ne soient trouvés.
- ✓ Un phénomène à l'impact exceptionnel mais pas nécessairement virulent : La généralisation d'une épidémie à l'échelle mondiale engendre bien évidemment une augmentation rapide et drastique du nombre de malades, provoquant d'importantes perturbations économiques et sociales, ainsi qu'une forte demande en soins pouvant amener à la saturation des services de santé et hospitaliers.

Pour mesurer son impact, on distingue généralement trois taux :

- ✓ *le taux d'attaque*, qui rapporte le nombre de personnes infectées à la fin de la pandémie à la population totale,
- ✓ *le taux de létalité*, qui rapporte le nombre de décès au nombre de personnes infectées, mesurant ainsi la virulence de la maladie,
- ✓ *le taux de surmortalité*, qui rapporte le nombre total de décès dus à la pandémie (et donc en excès de ceux qu'on aurait observés en l'absence de pandémie) sur la population totale, et qui est donc le produit des deux taux précédents.

## 1.2 Historique des pathologies associées aux pandémies

Les pathologies associées aux pandémies sont majoritairement grippales (réassortiment génétique de virus grippaux existants). Cela n'empêche cependant pas l'émergence de nouvelles maladies, jusqu'alors peu surveillées, qui déclenchent des flambées épidémiques dans certaines zones du globe, comme a pu le faire Ebola en Afrique de l'Ouest (qui pour le moment ne serait pas considérée comme une pandémie, car elle reste cantonnée à une zone géographique spécifique). De nombreuses autres pandémies ont touché l'humanité au travers des siècles. Ces dernières (peste noire, choléra etc...) ne seront pas évoquées, les agents pathogènes associés ayant été éradiqués, ou ayant disparu à l'échelle mondiale.

### 1.2.1 Pandémies grippales

Si, depuis le début du XX<sup>ème</sup> siècle, on décompte quatre pandémies grippales (1918, 1957, 1968, et 2009), l'historique à plus long terme reste assez flou, faute d'éléments chiffrés fiables.

En effet, le nombre de pandémies connues diffère d'un spécialiste à l'autre selon le périmètre retenu. Ainsi, certains considèrent 32 pandémies sur les 430 dernières années (Lazzari&Stöhr, Linfoot), soit une probabilité annuelle d'occurrence de 7.4%, là où Ghendon en dénombre 14 sur 310 ans, donc une probabilité de 4.5% annuelle. Ce dernier chiffre est cohérent avec les estimations 2007 de Swiss Re. Enfin, on



notera une probabilité annuelle de 2.3% donnée par Potter, qui recense 10 pandémies depuis 1580.

Ainsi, ce "panel" de pandémie permet, dans une certaine mesure, d'étudier les phénomènes observés ainsi que leurs causes/conséquences. On présente ici les 4 pandémies grippales des cent dernières années :

- ✓ 1918 : Grippe d'origine aviaire inconnue de l'homme. Faits marquants : Mortalité en "W" plutôt qu'en "U" → la grippe espagnole a été particulièrement violente parmi la population des 20-40 ans. Explication possible : Les populations plus anciennes avaient connu la pandémie de 1889, et ont ainsi probablement pu résister plus efficacement aux effets de H1N1.
- ✓ 1957 : Echange de matériel génétique entre plusieurs virus grippaux connus de l'homme : virulence moindre. Cette grippe dite asiatique est également d'origine aviaire (H2N2).
- ✓ 1968 : Grippe de Hong-Kong (H3N2) : évolution de la souche de la grippe asiatique de 1957. La première pandémie de l'ère moderne, des transports aériens de masse.
- ✓ 2009 : Grippe A (H1N1) : réassortiment génétique de virus grippaux d'origine aviaire, humaine et porcine. Sa propagation aura été rapide, du fait que sa forme n'avait jamais été observée auparavant : Juin 2009 → pandémie déclarée par l'OMS.

Les pandémies grippales sont des phénomènes dont les observations varient peu. Cependant, leur ampleur et leur périodicité n'en sont pas moins inconstantes. (Référence revalider les chiffres)

Pandémie	Type	Nombre de décès	En France (estimée)	Taux de létalité	Taux de surmortalité	Taux de morbidité
1918	H1N1	40-50 Millions	408 000	7-9%	2-3%	Entre 50 et 70%
1957	H2N2	1-4 Millions	-	0.4%	0.1%	
1968	H3N2	1-2 Millions	30 000	0.4%	0.04%	
2009	H1N1	284 500	5 000	-	-	0.02%

**Taux de létalité** : Pourcentage de personnes décédées sur la population infectée

**Taux de surmortalité** : Pourcentage de décès dû à la pandémie dans la population totale.

**Taux de morbidité / Taux d'attaque** : Pourcentage de personnes infectées.

### 1.2.2 Pandémie Sidéenne

En dehors de la grippe, la deuxième grande pandémie des XXème et XXIème siècles est liée au virus du SIDA. Le premier cas recensé fut en 1959 à Kinshasa (Léopoldville à l'époque). L'épidémie a été déclarée pandémie à partir de 1981 et ce jusqu'en 2006.

Les recherches de vaccins sont toujours en cours, la maladie ne pouvant pour le moment être que contenue par traitement médicamenteux. On notera qu'un patient séropositif ne décède pas du SIDA, mais d'une ou plusieurs maladies opportunistes, profitant de l'immunodéficience impliquée par le VIH.

Pandémie	Type	Nombre de décès	En France (estimée)	Taux de létalité	Taux de surmortalité	Taux de morbidité
1981 - 2006	VIH	25 Millions	37 000	-	-	-

### 1.3 Perspectives

La grippe espagnole a été la plus vaste pandémie grippale que l'homme n'ait jamais eu à combattre. Bien sûr son premier impact aura été essentiellement sur la santé des contaminés au vue du nombre de décès, mais son impact fut également bien réel sur l'économie mondiale ainsi que sur la vie sociétale. Ainsi, par exemple à cette occasion, les transports en commun de San-Francisco ont été interdits pendant plus d'un an à toute personne non munie d'un masque. On notera également l'impact qu'aura eu l'absentéisme au travail, ou encore la construction d'hôpitaux de fortune afin de soutenir les infrastructures déjà en place, débordées au moment du pic de la pandémie.

Pour ce qui est du SIDA, le grand progrès aura été d'endiguer sa propagation, notamment via des campagnes de sensibilisation et de prévention, ainsi que par la démocratisation de l'utilisation du préservatif, du moins dans les pays développés. La recherche quant à elle ne cesse de progresser, sans toutefois avoir abouti à un vaccin pour le moment.

## 2. Les principaux scénarios de pandémie dans la littérature scientifique et actuarielle internationale

---

### 2.1 Description des scénarios

La très grande majorité des scénarios dans la littérature s'appuient sur les pandémies historiques, plus précisément sur les trois pandémies du 20ème siècle. Un point commun évident : il s'agit de virus de type influenza, c'est-à-dire de grippe. Ces trois pandémies ont déjà été mentionnées au paragraphe 1 :

- ✓ la grippe dite « espagnole » de 1918-1919 (sous-type H1N1),
- ✓ la grippe dite « asiatique » de 1957-58 (sous-type H2N2),
- ✓ la grippe dite « de Hong-Kong » de 1968-69 (sous-type H3N2).

La pandémie de 2009, également grippale (sous type H1N1), est parfois évoquée dans la littérature, mais plus sur un aspect qualitatif que quantitatif : la surmortalité n'ayant pas été significativement plus élevée que les gripes saisonnières, en tout cas en Europe. Cette pandémie a en revanche permis de dresser un premier bilan des différents plans mis en place par les gouvernements, de leur efficacité ainsi que celle des mesures mises en œuvre et a mis en lumière des pistes de progrès comme des défaillances.

Le présent paragraphe s'appuie exclusivement sur des scénarios de pandémie grippale. L'objectif poursuivi est de fournir une analyse qualitative et quantitative des conséquences d'une pandémie sur le secteur de l'assurance, la nature biologique exacte du virus n'est pas apparue comme déterminante. Bien sûr, selon la nature d'un virus, le mode de diffusion (par contact, air, insectes ...), la transmissibilité, la période d'incubation, la période de contagion, les symptômes, les effets, la létalité peuvent différer. En revanche, le coût pour un portefeuille d'assurance décès restera identique pour un même couple taux d'attaque / létalité (nombre de malades rapporté à la population à la fin de la pandémie / mortalité parmi les personnes ayant contracté la maladie). Ce document se concentre donc sur ces deux paramètres.

### 2.2 Les facteurs influençant ces scénarios

#### 2.2.1 Démographie

Lorsque l'on parle de grippe, les nourrissons (0 – 2 ans) et les personnes âgées (plus de 65 ans) sont les plus vulnérables : lorsque l'on observe les courbes de mortalités en fonction de l'âge pour les épidémies grippales, la courbe habituelle est donc en forme de « U ». Ce fut le cas pour les pandémies de 1957 et 1968.

En 1918, de façon atypique, ce sont les jeunes adultes entre 25 et 35 ans qui ont été les plus touchés. On parle dans la littérature de courbe de surmortalité en « W » : forte mortalité chez les enfants en bas âges, chez les jeunes adultes et chez les personnes âgées. Certaines études corrigent cela en parlant plutôt de courbe en

« N » inversée (« V \ »), les décès pour les plus de 65 ans en période de pandémie n'ayant pas été supérieurs au niveau des années précédentes. Une immunisation suite à une épidémie précédente en 1897 est parfois évoquée pour expliquer cette caractéristique étonnante.

### 2.2.2 Caractéristiques régionales/nationales

Outre la démographie, la situation géographique d'un pays, son état sanitaire, sa politique de santé ainsi que sa préparation à une Pandémie seront autant d'éléments permettant de réduire les effets d'une pandémie.

### 2.2.3 Population assurée vs population générale

Lors d'une pandémie, les personnes en mauvaise santé ou souffrant d'une maladie sont de fait plus exposées, tant pour la contamination que pour la létalité. La population assurée n'étant pas un reflet exact de la population générale, il existe un biais entre ces deux populations, l'accès à l'assurance supposant un risque réduit. La sélection médicale ou encore la sélection de fait du marché du travail expliquent pour partie ce phénomène.

### 2.2.4 Changements depuis les pandémies précédentes (avancées médicales, prophylaxie)

Nous relayons ici des études qui se sont basées, au moins pour partie, sur des données chiffrées des trois pandémies identifiées du 20ème siècle : il convient de rester prudent au niveau de ces chiffres, en particulier pour la Pandémie de 1918 du fait de l'incertitude des relevés effectués à l'époque. Tant les méthodes, non éprouvées, que l'absence d'enquêtes ou d'alertes sanitaires, ou encore pour 1918 le facteur aggravant du contexte de conflit armé, remettent en cause la fiabilité des données.

Article	Auteur	Taux d'attaque		Taux de létalité	
Pandemic Influenza Risk Management - WHO Interrim Guidance	WHO	1918	-	1918	2-3%
		1957	-	1957	<0,2%
		1968	-	1968	<0,2%
Potential Impact of Pandemic Influenza on the US Life Insurance Industry	Jim Toole, FSA, MAAA	1918	30%	1918	2,17%
		1957	30%	1957	0,23%
		1968	-	1968	
Managing Influenza Pandemic Risk	RMS	1918	30%	1918	2,4%
		1957	21%	1957	1,2%
		1968	19%	1968	0,5%

Au-delà de cette incertitude, appliquer en l'état les éléments chiffrés de ces pandémies à la situation actuelle peut sembler simpliste au regard des évolutions de nos sociétés depuis le siècle dernier. Citons parmi les facteurs aggravants ou atténuants de l'impact d'une pandémie:

Sur une base d'un consensus d'experts, les facteurs aggravants ou atténuants de **l'impact d'une pandémie grippale sont :**

***Atténuants***

- ✓ Forte amélioration de l'état sanitaire et de l'hygiène notamment du fait d'une prophylaxie plus efficace qui empêche la propagation du virus.
- ✓ Progrès de la médecine : connaissances, technologies, médicaments. En 1918 une proportion importante des décès était due à des cas de pneumonie que l'on pourrait soigner aujourd'hui avec des antibiotiques.
- ✓ Développement de vaccins. Il faut cependant modérer ce point : il est communément admis qu'une période minimum de 6 mois est nécessaire à la mise à disposition d'un vaccin.
- ✓ Surveillance et alertes, au niveau mondial (OMS) et local (DGS pour la France).
- ✓ Plans d'intervention prédéfinis : organisation des hôpitaux et des centres de soins, coordination avec les médecins, fermeture des aéroports, des écoles.
- ✓ La sévérité de la pandémie de 1918 était due pour partie à la période de guerre : les organismes étaient affaiblis, le personnel soignant était pour partie concentré sur l'effort de guerre, l'organisation militaire des troupes générait de nombreuses et fortes concentrations humaines dans des espaces réduits. L'impact est cependant difficilement quantifiable.

***Aggravants***

- ✓ Mondialisation, circulation accrue des personnes.
- ✓ Développement des transports aériens.
- ✓ Les plans d'interventions sont établis sur la base d'une épidémie grippale, ils pourraient s'avérer moins efficaces pour des virus autres ayant des propriétés différentes, ou même pour une mutation des virus grippaux.
- ✓ Résistances aux antibiotiques

Sur une base d'un consensus d'experts, les facteurs aggravants ou atténuants de la **fréquence d'une pandémie grippale sont :**

***Atténuants***

- ✓ Surveillance et alertes, au niveau mondial (OMS) et local (DGS pour la France).

***Aggravants***

- ✓ La recherche médicale qui aboutit à la création de virus très contagieux et avec un taux de létalité important
- ✓ Apparition du terrorisme bactériologique.

### **2.3 Les modèles existants : théorie**

Deux grandes classes de modèles sont utilisées actuellement pour modéliser le risque pandémique.

**Les modèles actuariels** sont des modèles de projection basés sur la mortalité historique. Dans ces modèles, la courbe de mortalité par âge est lissée ce qui permet de déterminer une tendance. On calcule ensuite la surmortalité empirique (additive ou multiplicative) par rapport à la courbe lissée et on ajuste une loi de probabilité pour estimer différents quantiles de la distribution de la surmortalité aux niveaux de confiance souhaités.

**Les modèles épidémiologiques** s'intéressent plus à la dynamique de la pandémie. Dans les modèles épidémiologiques de type SEIR, dits aussi modèles « compartimentaux », les individus sont classés dans différents compartiments : Susceptibles, Exposés (ou latents), Infectieux et Remis. A travers un système d'équations différentielles et des hypothèses sur les caractéristiques pathogènes du virus (période d'incubation, d'infection, de transmissibilité & le taux de létalité), le modèle SEIR formalise des probabilités de passage d'un état à l'autre.



D'autres modèles considèrent les contaminations comme un processus aléatoire adossé à une structure sociale particulière et modélisent au préalable les contacts sociaux entre les individus grâce à un arbre de Bernoulli. En introduisant un individu infecté, la maladie va se propager parmi la population, les individus en état Infecté (et infectieux) transmettant la maladie de manière aléatoire aux individus Susceptibles avec lesquels ils ont établi un contact social. S'il n'y a pas de contact social, ou si l'individu infecté se rétablit avant d'avoir pu transmettre le virus, l'arbre de transmission s'arrête.

## 2.4 Les modèles existants : quelques cas publiés

### 2.4.1 Solvabilité II / Swiss Re / Modèle épidémiologique stochastique

Le modèle Swiss Re est un modèle épidémiologique stochastique assez complexe. Le modèle simule des milliers de pandémies et permet pour chaque simulation d'obtenir l'estimation de la surmortalité. Le taux de létalité est simulé de manière aléatoire avec une loi Log Normale et le taux de reproduction grâce à une distribution de Pareto généralisée.

Dans le cadre de solvabilité II, la formule standard impose de calculer les SCR du sous module « catastrophe » en reprenant les conclusions du modèle de Swiss Re publié en 2007 :

$$SCR_{LifeCAT} = 0.0015 \times SAR_{Death}$$

$$SCR_{HealthCAT} = 0.00075 \times SAR_{Disability}$$

### 2.4.2 SOA / Modèle épidémiologique stochastique

Basés sur les articles d'Elizabeth Halloran sur la description des données utilisables aux États-Unis ainsi que l'étude de Taubenberger et Morens "1918 Influenza: The Mother of All Pandemics" pour obtenir les taux de létalité et les taux de mortalité par âge, plusieurs scénarios, applicables au marché de l'assurance vie individuelle des États-Unis, ont été construits par 3 universités. Les résultats sont détaillés ci-dessous.

<b>% Abattement du taux d'attaque</b>	<b>Université</b>	<b>Taux de surmortalité pour 1 000</b>	<b>Rapport du Taux de surmortalité par rapport à la population US</b>
0%		4.33	65%
83%	Imperial	0.75	11%
94%	Washington	0.26	4%
91%	Virginia	0.38	6%
70%	Imperial	1.28	19%
92%	Washington	0.34	5%
81%	Virginia	0.82	12%
53%	Imperial	2.02	30%
86%	Washington	0.63	9%
64%	Virginia	1.54	23%

### 2.4.3 RMS / Modèle épidémiologique déterministe

Ce modèle SEIR peut être utilisé dans plus de 30 pays pour différentes lignes d'affaires (décès, santé, AT ...). Chaque personne rétablie est retirée de la liste des susceptibles et les transferts entre les différents pays sont estimés grâce aux trafics aériens.

Le modèle est déterministe, basé sur différentes combinaisons de niveau de propagation et de virulence de 2 000 événements de grippe et 2 500 autres événements infectieux.



### **3. Impact sur les assurances de personnes**

---

#### **3.1 Les différents types de garanties concernées**

Les différentes garanties d'assurances prises en compte dans nos travaux de quantification du risque pandémie sont les suivantes :

##### **3.1.1 Contrats collectifs**

✓ La garantie décès

En cas de décès, il y a versement d'un capital (parfois également de rentes) aux ayants-droits en fonction du salaire de l'assuré décédé.

✓ La garantie invalidité (PTIA)

Il s'agit de l'invalidité physique ou mentale constatée (avant l'âge de 65 ans) mettant l'assuré dans l'incapacité définitive d'exercer toute activité rémunératrice et dans l'obligation d'avoir recours à l'assistance d'une tierce personne pour effectuer les actes courants de la vie (se laver seul, se nourrir seul, se déplacer seul...). L'assureur rembourse le montant du capital restant en cas de décès ou s'il y a perte complète d'autonomie.

##### **3.1.2 Contrats individuels**

✓ La garantie emprunteur : Emprunteurs, Emprunteurs professionnels

Souscrite généralement par un intermédiaire, l'assurance emprunteur est une assurance temporaire, limitée à la durée du crédit, qui garantit son remboursement en cas de décès.

✓ La garantie temporaire Décès

De même que les contrats collectifs, le but d'une telle assurance est donc de garantir, pendant une période donnée, le versement d'un capital au(x) bénéficiaire(s) désignés (souvent le conjoint). Généralement, le montant versé en cas de décès de l'assuré sera défini dans le contrat.

✓ La garantie obsèques

Les contrats obsèques sont des assurances vie entière qui ont pour objet de financer les frais funéraires et d'aider la famille du défunt.

A noter que les risques pris en compte dans cette étude sont les mêmes que ceux qui ont servis pour l'étude APREF sur les événements catastrophes.

Ainsi les risques santé / GAV / PAV / ITT / IPP, maladies redoutées et dépendance ne rentrent pas dans le cadre de l'étude.



### 3.2 Les taux servants à notre étude

Les scénarios présentés dans cette note sont caractérisés par un taux d'attaque (pourcentage de personnes infectées) et un taux de létalité (taux de décès parmi les personnes infectées) dont les définitions sont rappelées ici :

Le taux d'attaque : il est défini par le nombre de malades rapporté à la population à la fin d'une épidémie ou d'une vague épidémique.

Le taux de létalité : il s'agit de la proportion de personnes infectées qui décèderont de la maladie. Plusieurs phénomènes rendent difficile l'estimation du taux de létalité : le nombre total de cas infectés est très souvent sous-estimé et l'attribution de la cause d'un décès à la pandémie n'est pas toujours simple.

### 3.3 Le chiffrage de ces scénarios

Le chiffrage d'un scénario catastrophe extrême n'a pas été retenu. Par exemple il ne sera pas pris en compte un scénario du type « mutation des virus combinant la haute contagiosité interhumaine du virus H1N1 (grippe espagnole et pandémie de 2009) à la létalité du virus H5N1 (grippe aviaire, qui ne se transmet pas d'homme à homme) ». L'occurrence d'un tel scénario aurait des conséquences dramatiques pour l'espèce humaine. Cette mutation n'est cependant pas totalement improbable (des chercheurs ont d'ailleurs réussi à opérer une mutation similaire en laboratoire), il nous semble en effet vain de quantifier des coûts, aussi importants soient-ils, dans un contexte où plus du quart de la population mondiale disparaîtrait.

Par conséquent, les chiffrages de ce document portent sur le coût d'un événement pandémique pour les garanties décès du marché français. Nous ne traitons en aucun cas du coût global pour l'industrie de l'Assurance en France ni de l'impact sur l'économie générale.

Nous avons retenu trois scénarios, avec de façon classique une dégradation dans la sévérité :

- ✓ un scénario « très sévère » correspondant à une réplique de la pandémie de 1918, sans modération.
- ✓ un scénario « sévère » correspondant à une pandémie de type 1918 mais en appliquant une légère modération, abattement de 35% des taux de surmortalité.
- ✓ un scénario « modéré » correspondant à une pandémie de type 1918 mais modéré en atténuant la surmortalité de 70% pour tenir compte de l'époque actuelle et des avancées médicales.

Ces scénarios sont caractérisés par un taux de surmortalité (i.e. taux d'attaque \* taux de létalité), taux additionnel de mortalité imputable à la pandémie. Toutefois, il serait préjudiciable d'appliquer un taux de surmortalité unique sur chaque âge. En effet,

des études ont montré que la grippe de 1918 n'a pas touché de manière uniforme la population française. C'est pour cela que nous utiliserons plusieurs courbes de surmortalité afin de prendre en compte une pandémie qui impacterait une sous-population particulière. Dans ce contexte, nous retrouvons dans la littérature les trois types de courbes précédemment évoquées:

- ✓ Une courbe en « U » : forme impactant les nouveaux nés et les personnes âgées (+ 60 ans). Cette courbe est représentative des gripes saisonnières
- ✓ Une courbe « V\ » : forme impactant les nouveaux nés et les actifs (entre 20 et 40 ans).
- ✓ Une courbe « W » : forme impactant les nouveaux nés, les actifs et les personnes âgées (+ de 70 ans). Cette courbe est représentative de la grippe de 1918. Pour ce type de courbe, nous utiliserons la courbe provenant de l'article *Potential Impact of Pandemic Influenza on the U.S. Life Insurance Industry* de Jim Toole.

Pour évaluer ces différents scénarios nous utilisons une estimation des capitaux assurés répartis par tranche d'âge et par catégorie socio-professionnelle. Les capitaux sous risque des assurés bénéficiant d'une couverture de prévoyance collective ont été estimés à partir de la répartition de la population active occupée par secteur d'activité, par tranche d'âge et de la proportion possédant ce type de contrat. À partir des mêmes critères et du taux d'endettement des français, les capitaux sous risque ont été estimés pour les assurés adhérant à une couverture individuelle. Le montant total des capitaux décès garantis sur la population française est estimé à 3 000 milliards d'euros.

L'impact d'une pandémie (en millions d'€) selon chaque type de courbe ressort alors à environ:

Type de courbe		Abattement de surmortalité	"U" curve	"V\" curve	"W" curve
Scénario très sévère	très	0%	8 804	17 091	13 055
Scénario sévère		35%	5 723	11 109	8 486
Scénario modéré		70%	2 641	5 127	3 917

Pour rappel : tous ces scénarios correspondent à la grippe espagnole de 1918 mais différents taux d'abattement sont appliqués aux taux de surmortalité.

## 4. Les solutions de réassurance disponibles

---

### 4.1 Impact des plans de réassurance en place

Les traités en quote-part et excédent de sinistre par tête décès seront automatiquement impactés par une pandémie dès lors qu'ils couvrent le décès toutes causes. Les hypothèses du groupe de travail événements extrêmes ont été reprises afin de mesurer la participation de la réassurance à l'indemnisation d'un sinistre. Ces paramètres sont les suivants :

- ✓ Cession proportionnel : 4,00%
- ✓ Cession non-proportionnel en excédent de sinistre par tête : 0,95%

Les excédents de sinistre catastrophe n'ont pas vocation à couvrir les événements pandémiques (clauses horaires, périmètre géographique, définition de l'accident qui est une action soudaine et immédiate ...). C'est pourquoi, nous ne tiendrons pas compte des capacités correspondantes dans la suite de l'étude.

### 4.2 Les couvertures spécifiques existantes sur le marché français

#### 4.2.1 La réassurance en excédent de sinistre pandémie

Bien que les traités Stop Loss soient « efficaces » sur le risque pandémique, ils restent marginaux en France, et sont inclus dans les estimations de capacité sur le marché pour cette section. Néanmoins, les cédantes ayant souscrits un traité Stop Loss pourront déduire de l'analyse APREF, l'impact de cette couverture spécifique.

Il existe également certaines couvertures spécifiques contre ce risque mais qui restent aujourd'hui marginales en nombre. Elles sont soit propres à chaque compagnie soit mutualisées par le biais du pool BCAC.

Selon nos estimations le cumul des couvertures existantes sur le marché :

- ✓ Les Stop Loss et couvertures spécifiques pandémie (moins de 10 couvertures, pour une capacité d'env. 300M€)
- ✓ Le BCAC propose une couverture groupée qui s'établit en 2016 à 128M€ pour la dérive de mortalité.

#### 4.2.2 La titrisation (ILS : Insurance Linked Securities)

Les mécanismes de titrisation sont largement détaillés dans la littérature. Notons toutefois qu'ils nécessitent généralement des montages de taille significative sur des durées de 3 à 5 ans. Compte tenu des impératifs de documentation de la sinistralité, celle-ci est souvent basée sur des indices synthétiques laissant à charge de la compagnie le risque résiduel entre le comportement de son portefeuille et celui de l'indice.

Axa a communiqué sur une opération de titrisation pour 285M€ de capacité. D'autres opérations ont pu avoir lieu mais restent confidentielles...

### 4.3 Impact de la réassurance sur un scénario pandémique

En retenant les estimations liées à courbe en W les scénarios retenus sont les suivants:

(Chiffres en Millions)	Scénario modéré	Scénario sévère	Scénario très sévère
<b>Sinistre estimé au paragraphe 3</b>	<b>3 917</b>	<b>8 486</b>	<b>13 055</b>
<b>Réassurance</b>			
QP	157	339	522
XST	37	81	124
SL et Réassurance spécifique pandémie	300	300	300
BCAC déviation de la mortalité	128	128	128
Titrisation	285	285	285
<b>Total réassurance + titrisation</b>	<b>907</b>	<b>1 133</b>	<b>1 359</b>
<b>Reste à charge du marché de l'assurance (en €)</b>	<b>3 010</b>	<b>7 353</b>	<b>11 696</b>
ce qui représente ( en % du sinistre marché)	77%	87%	90%

Pour information nous avons également repris l'impact des réassurances marché sur les scénarii extrêmes du paragraphe 3 ce qui nous mène aux résultats suivants :

(Chiffres en Millions)	Scénario MIN	Scénario MAX
<b>Sinistre estimé au paragraphe 3</b>	<b>2 641</b>	<b>17 091</b>
<b>Réassurance</b>		
QP	106	684
XST	25	162
SL et Réassurance spécifique pandémie	300	300
BCAC déviation de la mortalité	128	128
Titrisation	285	285
<b>Total réassurance + titrisation</b>	<b>844</b>	<b>1 559</b>
<b>Reste à charge du marché de l'assurance (en €)</b>	<b>1 797</b>	<b>15 532</b>
ce qui représente ( en % du sinistre marché)	68%	91%

**Quel que soit le scénario retenu, le reste à charge du marché est très important.**

***NB : Chaque compagnie devra en fonction de son portefeuille et ses couvertures de réassurances, déterminer si son exposition est conforme à son appétence au risque.***

## Préconisations

---

Les travaux menés ont permis de mettre en exergue le risque majeur que représentent le phénomène pandémique avec notamment les risques de faillites potentielles d'assureurs qu'il serait susceptible de générer et les besoins en capital correspondant.

Le marché de la réassurance, même s'il est loin d'être suffisant pour satisfaire les besoins théoriques, existe et est même sous-utilisé : on note en effet qu'à un tel niveau d'incertitude, la meilleure façon de gérer le risque est de le partager de façon équitable, notamment par le biais des traités en quote-part classiques.

Les assureurs devraient donc s'attacher en priorité, en fonction des spécificités de leurs portefeuilles, à utiliser de façon optimale les techniques et capacités mis à disposition par les réassureurs.

Par ailleurs un certain nombre de points nécessiteraient des investigations supplémentaires :

- Investiguer de manière plus détaillée la problématique des « nouveaux risques » (dissémination d'agents pathogènes à des fins terroristes notamment)
- Etudier l'impact d'une pandémie majeure sur les marchés financiers et plus généralement sur la situation macro-économique.
- Appréhender les impacts « positifs » d'une pandémie, notamment sur les rentes viagères
- Etudier les impacts de tels événements sur l'assurance non-vie : en particulier les conséquences en termes de pertes d'exploitation peuvent être majeures.
- Elargir l'approche au niveau européen, voire mondial.

## Bibliographie

---

### Mémoire d'Actuariat – Promotion 2013

Evaluation du risque de pandémie et construction de deux modèles internes partiels en assurance de personnes dans le cadre de Solvabilité 2  
Romain SPEISSER

### Mémoire d'Actuariat – Promotion 2010

Analyse du Risque Catastrophe d'une Pandémie en Assurance Prévoyance par une Approche Épidémiologique  
Khouloud MANDHOJJ

### Méthodologie et Données communes

Groupe de travail Evénements Extrêmes  
APREF vendredi 24 Octobre 2014  
World Economic Forum  
Managing the Risk and Impact of Future Epidemics: Options for Public-Private  
Paul Polman and Arnaud Bernaert

### Ebola Contingency Scenario

Cambridge Centre for Risk Studies; Cambridge Risk Framework  
Working Paper 2014.11.01

### Quantifying Pandemic Risk

SOA/ The actuary magazine  
March 2015

### Institut des actuaires canadiens

Considérations relatives à l'élaboration d'un scénario de pandémie  
Tyrone G. Faulds, président Direction de la pratique actuarielle Wallace Bridel,  
président Commission sur la gestion des risques et le capital requis  
Octobre 2009

### Potential Impact of Pandemic Influenza on the U.S. Life Insurance Industry

Jim Toole, FSA, MAAA  
Mai 2007

### Longevity Bulletin

From the Institute and Faculty of Actuaries  
Juillet 2015

MERS-CoV, Pandemic Risk and ERM

Larry Moews, FSA, MAAA, CERA  
CRO SCOR Global Americas  
Juin 2014

Enterprise Risk Management

Extreme scenarios: Pandemic  
Dr Irene Merk, Scor Global Life  
Juillet 2009

SCOR Pandemic Risk

Conference Highlights  
2012

Pandemics of influenza

Courtesy of the Health Protection Agency, UK  
National Institute of Infectious Diseases (NIID), Japan  
2009

RMS Insights

Infectious Disease Modeling: The Science of Pandemic Assessment  
2015

RMS

Managing Influenza Pandemic Risk  
2007

Swiss Re

SIGMA n°4: Managing Influenza Pandemic Risk  
2009

Statistiques des valeurs extrêmes dans le cas de lois discrètes

Research Center: ESSEC Working Paper  
Anis Borchani  
Septembre 2010

Swiss Re

Pandemic influenza: a 21st century model for mortality shocks  
2007

WHO

Pandemic Influenza Risk Management ; WHO Interim Guidance  
2013

## Articles référencés :

Intitulé du document	Auteur	Année de parution	Bref descriptif	Scenarios / Pandémies historiques	Virus	Modèle utilisé	Caractéristiques régionales/nationales	Nombre de personnes contaminées	Nombre de morts	Coefficient Ro (Reproductive Number)
Recorded Human Pandemics.pdf	NIID - ECDC		Powerpoint synthétique sur les pandémies du 20ème siècle	Epidémies grippales: - 1889 Russian (H2N2) - 1900 Old Hong Kong (H3N8) - 1918 Spanish (H1N1) - 1957 Asian (H2N2) - 1968 Hong Kong (H3N2) - 2009 Novel (H1N1)	Grippe	-	Données pour l'Angleterre et le Pays de Galles	Nombre de consultations en 1968 pour l'Angleterre et le Pays de Galles	Pour 1918 et 1957: Angleterre et Pays de Galles	- 4 études citées pour 1918: $2 < R_0 < 3$ / $1,5 < R_0 < 2$ / $1,5 < R_0 < 1,8$ / $1,5 < R_0 < 3,7$ - 4 pour 1957: $1,8$ / $1,65$ / $1,5$ / $1,68$ - 3 pour 1968: $1,5 < R_0 < 2,2$ / $2,2$ / $1,3 < R_0 < 1,6$
Potential Impact of Pandemic Influenza on the US Life Insurance Industry	Jim Toole, FSA, MAAA	2007	Etude l'impact qualitatif et quantitatif d'une pandémie sur l'assurance	2 épidémies grippales: - 1918 (scénario sévère) - 1957 (scénario modéré)	Grippe	Modèle basé sur des hypothèses: - Morbidité - Taux de surmortalité par âge	Chiffrage pour les Etats-Unis	Morbidité entre 25% et 35%	Nombre de morts supplémentaires dus à la Pandémie: 209.000 pour le scénario modéré, 1,9 millions pour le sévère. A comparer avec 36,000 morts chaque année de la grippe	-
Evaluation du risque de pandémie et construction de deux modèles internes partiels en assurance de personnes dans le cadre de Solvabilité II	Romain Speisser	2013	1/ Modèle actuariel 2/ modèle épidémiologique	Pandémies grippales 1918, 1957, 1968 et 2009	Grippe	1/ Modélisation du nombre de décès supplémentaires sur base stats passé 2/ modèle épidémiologique stochastique SEIR [Susceptibles – Exposés (latents) – Infectés (et infectieux) – Retirés (rétablis ou décédés)]		1/ fréquence annuelle de survenance ente 2,3 et 7,38% et sévérité = $\tan((90 - \text{Quantile}^*d)*\pi/180)$ 2/ simule la propagation temporelle d'une épidémie parmi la population		
EBOLA CONTINGENCY SCENARIO	Kelly, S.; Coburn, A.W.	2014	conséquences économiques d'Ebola plutôt qu'assurantielles	SARS, Polio, Grippe Aviaire	Ebola	impacts sur l'économie (transport, consommation, absentisme, inflation...)		référence à RMS Press release 3 Nov 2014, qui prévoyait en 2014 15 à 130 nouveau cas d'Ebola en 2015 aux USA		non
SCOR pandemic risk conference highlights	Doris J. Azarcon Dr Gabriela Buffet Bruno Latourrette Larry Moevs Julien Pelletier Dr. Lars Pralle	2012	généralités et grands principe de modélisation	interessante cartographie des affections dangereuses dans le monde		référence au SEIR et au GLEaM (stochastique)				non
WHO GIP_PandemicInfluenzaRiskManagementInterimGuidance_Jun2013		2013	Guideline national de gestion des risques et des crises	Pandémies grippales 1918, 1957, 1968 et 2009	Grippe				1918: 2-3% 1957: <0.2% 1968: <0.2% 2009: 0.02% soit 1918: 20-50 million 1957: 1-4 million 1968: 1-4 million 2009: 100 000-400 000	1918: 1.2-3.0 1957: 1.5 1968: 1.3-1.6 2009: 1.1-1.8