

# Modélisation ORSA Climatique sous Solvabilité II

Rapport Méthodologique et Hypothèses Utilisées

Projet Actuariel – ORSA Climatique

November 19, 2025

## **Abstract**

Le présent document décrit de manière détaillée la construction d'un modèle ORSA climatique développé en VBA/Excel. Il présente successivement les objectifs du projet, son importance dans un contexte réglementaire (Solvabilité II), les méthodologies employées, les hypothèses retenues, ainsi que les pistes d'amélioration possibles pour en faire un outil professionnel d'analyse de solvabilité climatique.

# Contents

<b>1</b>	<b>Introduction générale</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Objectifs du projet</b>	<b>3</b>
2.1	Objectif principal . . . . .	3
2.2	Objectifs secondaires . . . . .	3
<b>3</b>	<b>Importance du projet</b>	<b>4</b>
3.1	Enjeux réglementaires . . . . .	4
3.2	Enjeux assurantiels . . . . .	4
3.3	Enjeux stratégiques . . . . .	4
<b>4</b>	<b>Description du modèle</b>	<b>5</b>
4.1	Structure générale . . . . .	5
<b>5</b>	<b>Hypothèses retenues</b>	<b>5</b>
5.1	Hypothèses générales . . . . .	6
5.2	Hypothèses sur les actifs . . . . .	6
5.3	Hypothèses sur les sinistres . . . . .	6
5.4	Hypothèses Catastrophes naturelles . . . . .	7
5.5	Hypothèses autres modules . . . . .	7
5.6	Monte-Carlo . . . . .	7
<b>6</b>	<b>Utilisation du modèle</b>	<b>7</b>
6.1	Étapes utilisateur . . . . .	7
6.2	Sorties générées . . . . .	8
<b>7</b>	<b>Améliorations possibles</b>	<b>8</b>
7.1	Améliorations actuarielles . . . . .	8
7.2	Améliorations climatologiques . . . . .	8
7.3	Améliorations techniques . . . . .	8
<b>8</b>	<b>Conclusion</b>	<b>9</b>

# 1 Introduction générale

Le changement climatique constitue un enjeu majeur pour les assureurs, impactant à la fois la fréquence et la sévérité des sinistres, la volatilité des marchés financiers et, plus globalement, la stabilité du bilan. Le processus ORSA (Own Risk and Solvency Assessment), exigé par Solvabilité II, demande à chaque assureur d'évaluer régulièrement son profil de risque et sa solvabilité en tenant compte de son environnement spécifique, incluant les risques climatiques.

Ce projet vise à développer un outil opérationnel permettant :

- de modéliser l'évolution des risques sous différents **scénarios climatiques** ;
- de projeter la **solvabilité sur un horizon de 5 ans**, conformément au cadre ORSA ;
- d'intégrer les **risques de marché, non-vie, vie, contrepartie et opérationnel** ;
- de réaliser des **simulations stochastiques Monte-Carlo** afin de représenter l'incertitude climatique ;
- et de fournir un **rapport PDF automatisé** regroupant les résultats et commentaires générés.

Le modèle repose sur une structure Excel/Visual Basic for Applications et se veut à la fois pédagogique, méthodiquement solide et proche d'une application réelle.

## 2 Objectifs du projet

### 2.1 Objectif principal

Développer un outil robuste de calcul et de projection ORSA permettant de mesurer l'impact du changement climatique sur le capital requis d'un assureur non-vie selon la Formule Standard Solvabilité II.

### 2.2 Objectifs secondaires

- Projeter le SCR (Solvency Capital Requirement) et le BOF sur plusieurs années.
- Décomposer les modules du SCR : Taux, Actions, Spread, Immobilier, Catastrophes naturelles, Contrepartie, Vie, Opérationnel.
- Intégrer trois scénarios climatiques : **Modéré, Sévère, Extrême**.
- Intégrer un module **gamme Gamma** pour la modélisation des sinistres non-vie.

- Fournir une interface utilisateur intuitive permettant d'entrer les données.
- Générer automatiquement : tableaux, graphiques comparatifs et rapport PDF.

## 3 Importance du projet

Ce projet est important pour plusieurs raisons :

### 3.1 Enjeux réglementaires

L'EIOPA demande explicitement que les risques climatiques soient intégrés dans :

- les **stress tests**,
- les **projections ORSA**,
- l'évaluation prospective de la **solvabilité**.

### 3.2 Enjeux assurantiels

Le changement climatique modifie :

- la fréquence des événements naturels,
- leur intensité,
- les comportements du marché financier,
- et les exigences du capital réglementaire.

### 3.3 Enjeux stratégiques

Ce type de modèle permet à une entreprise d'assurance de :

- déterminer les zones de vulnérabilité,
- optimiser son portefeuille (investissements, réassurance),
- anticiper des dégradations de solvabilité,
- améliorer la communication réglementaire et interne.

## 4 Description du modèle

### 4.1 Structure générale

Le modèle comprend :

1. Une interface (**UserForm**) pour saisir :
  - Actifs, BEL, primes, taux actuariel,
  - Sinistres historiques,
  - Scénario climatique.
2. Un module de calcul du **SCR Marché** détaillé :
  - SCR Taux,
  - SCR Actions,
  - SCR Spread,
  - SCR Immobilier.
3. Un module **Non-Vie Catastrophe** basé sur plusieurs périls climatiques :
  - Inondation,
  - Sécheresse,
  - Tempête,
  - Autres.
4. Un module **Gamma** pour projeter la sinistralité.
5. Un module d'agrégation du SCR selon Solvabilité II.
6. Un module **Monte-Carlo** incorporant l'incertitude climatique.
7. Un générateur de **rapport PDF** incluant les résultats, graphiques et commentaires actuariaux.

## 5 Hypothèses retenues

Les hypothèses sont classées selon les modules de risques.

## 5.1 Hypothèses générales

- Horizon ORSA : **5 ans**.
- Modèle basé sur la **Formule Standard**.
- BOF = Actif – BEL (pas de marge contractuelle).
- Pas d'inflation monétaire.

## 5.2 Hypothèses sur les actifs

- Allocation stratégique :
  - 76% obligations,
  - 20% actions,
  - 4% immobilier.
- Les taux d'actualisation sont déterminés à partir d'un taux actuariel d'entrée.
- Les spreads augmentent selon les scénarios climatiques.
- Les actions subissent un stress de marché dépendant du scénario.
- L'immobilier est soumis à une baisse de valeur dans les scénarios défavorables.

## 5.3 Hypothèses sur les sinistres

**Distribution retenue : loi Gamma** Les sinistres historiques suivent une loi Gamma paramétrée par :

$$\alpha = \frac{\mu^2}{\sigma^2}, \quad \beta = \frac{\mu}{\sigma^2}$$

Les projections sont faites à partir du dernier sinistre via l'inverse de la fonction Gamma.

### Croissance climatique

Scénario	Modéré	Sévère	Extrême
Croissance annuelle sinistres	+3%	+5%	+8%

## 5.4 Hypothèses Catastrophes naturelles

Les coûts moyens annuels utilisés :

Péril	Coût annuel moyen
Inondation	1.05 milliards €
Sécheresse	1.29 milliards €
Tempête	0.35 milliards €
Autres	0.09 milliards €

Agrégation par racine de la somme des carrés.

## 5.5 Hypothèses autres modules

- SCR Contrepartie : 0.5% des actifs sensibles.
- SCR Vie : 1% du BEL.
- SCR Opérationnel : 3% des primes.

## 5.6 Monte-Carlo

Le Monte-Carlo ajoute de la stochasticité sur :

- la croissance climatique des sinistres,
- les spreads,
- les actions,
- les taux.

Nombre de simulations : **2000**.

# 6 Utilisation du modèle

## 6.1 Étapes utilisateur

1. Ouvrir le formulaire principal.
2. Saisir les paramètres : actifs, BEL, primes, taux, sinistres.
3. Choisir le scénario climatique.
4. Cliquer sur **Valider**.

5. Visualiser les résultats dans la feuille **Résultats**.
6. Utiliser le bouton **Comparer Scénarios** pour afficher les trois courbes.
7. Utiliser le bouton **Monte-Carlo** pour l'incertitude.
8. Exporter en PDF via **Exporter Rapport**.

## 6.2 Sorties générées

- SCR détaillé par module.
- BSCR par année (N à N+4).
- Graphiques comparatifs.
- Résultats Monte-Carlo : moyenne, écart-type, intervalles.
- PDF final entièrement formaté.

## 7 Améliorations possibles

### 7.1 Améliorations actuarielles

- Intégration complète de la réassurance (quota-share, stop-loss).
- Corrélations dynamiques selon scénario climatique.
- Projection stochastique du BOF.
- Modélisation plus granulaire par ligne d'affaires.

### 7.2 Améliorations climatologiques

- Utilisation de scénarios IPCC (SSP2, SSP5).
- Dépendance régionale (géographie).
- Intensification physique paramétrée par températures globales.

### 7.3 Améliorations techniques

- Migration vers Python (pandas, numpy).
- Interface Web (Streamlit).
- Base de données pour stocker les runs ORSA.
- Versioning du modèle.



## 8 Conclusion

Ce projet propose un outil complet permettant de modéliser les effets du changement climatique sur la solvabilité d'un assureur non-vie. Il combine une approche réglementaire (Solvabilité II), une modélisation scientifique (distribution Gamma, stress tests climatiques) et une architecture logicielle permettant une utilisation opérationnelle (simulation, comparaisons, PDF automatique).

Il constitue une base solide pour des travaux prospectifs plus avancés, tant en actuariat, en climat ou en ingénierie logicielle.