

# **Commission Prévention & Dommages (Michel Josset) et GT 4 « Assurer » d'AMRAE Climat (Arnaud Bergauzy)**

# Modélisation d'événements météorologiques catastrophiques

Dr Laurent Marescot, Katarina Marie - Moody's RMS

Flooding of Rojana Industrial Park, Ayutthaya, Thailand, October 2011, Source: Wikipedia

# WARRANTY DISCLAIMER AND LIMITATION OF LIABILITY

This document was prepared to assist users of the RMS products. Information in this document is subject to change without notice and does not represent a commitment on the part of RMS. The material contained herein is supplied “as-is” and without representation or warranty of any kind. RMS assumes no responsibility and shall have no liability of any kind arising from the supply or use of this document or the material contained herein.

©2023 Risk Management Solutions, Inc. All rights reserved. Use of the information contained herein is subject to an RMS-approved license agreement.

## Notre histoire

- **30ans**, entreprise fondée à Stanford en 1988. Acquis par Moody's en 2021
- Pionnier de **la modélisation des risques de catastrophe** – premier modèle de tremblement de terre en Californie en 1989
- Les modèles de risque RMS couvrent **120 pays**
- Les risques modélisés comprennent les risques climatiques, sismiques, infectieux et le cybernétique et le terrorisme
- Plus de 300 scientifiques et ingénieurs employés, 150 PhD inclus. Plus de 400 personnes dans le domaine de l'analytique
- RMS dépense **150 millions** de dollars par an en **R&D**
- Risk Intelligence lancée en 2019, la première **plateforme de gestion des risques basée sur le cloud**



Ré / assureurs

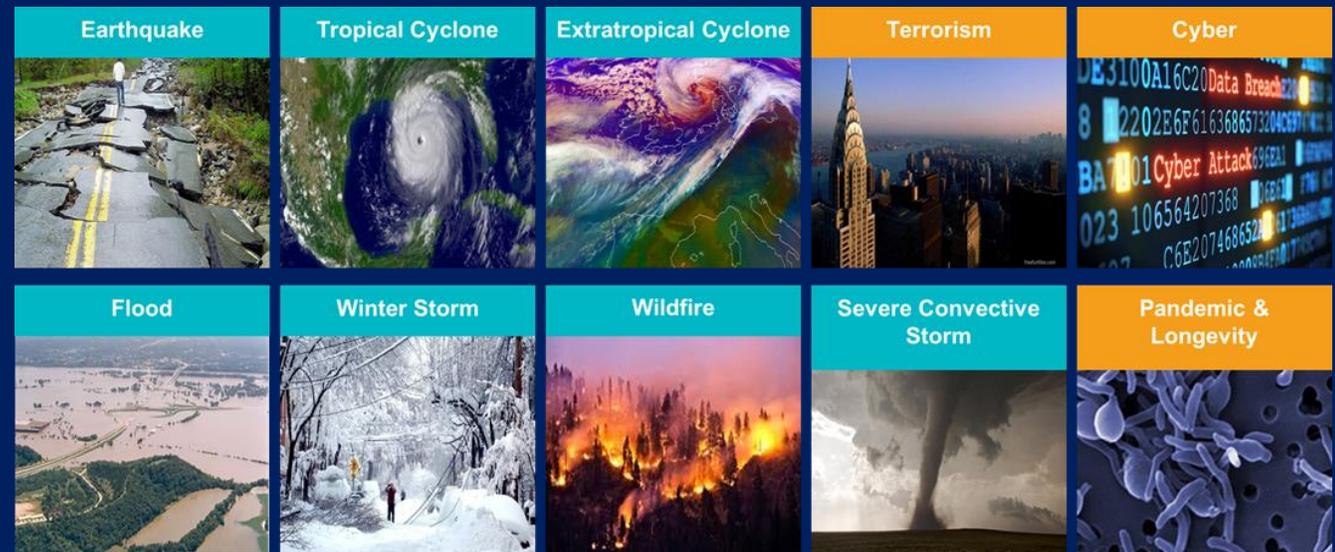
Courtiers

Entreprises

Services financiers

Secteur public

Fournisseur indépendant de modèles et logiciels de gestion des risques



# Vue RMS pour les périls TGN et Catnat en France

TGN (MRH, MRP, auto)

Catnat

**Tempête Convective HD**




Grêle, *straight-line wind* et tornades

Modélisation détaillée du risque auto



**Tempête HD (Métropole)**



Projection du changement climatique disponible



Inclut le *clustering*, pour des événements tels que Lothar et Martin (1999)

Marées de tempête (par ex. Xynthia)

**Nouveau modèle, mars 2023**  
Vue unique dans l'industrie sur les marées de tempêtes

**Inondation HD (inland flood)**



Projection du changement climatique disponible



Débordement de cours d'eau, ruissellement, remontée de nappe, fonte de neige, crue et lave torrentielle

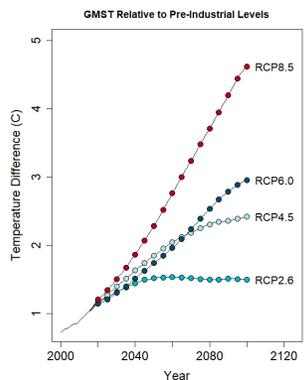
Permet d'isoler les composantes fluvial / ruissellement

Vue complète sur les ouvrages de protection

**Sécheresse (retrait / gonflement des argiles)**



Sous investigation



## Modèles de Changement Climatique Probabilistes

- Inondation et tempête
- 2025 – 2100
- Pas de temps de 5 ans
- Par RCP

**Cyclone (Caraïbes)**




Inclut la capacité de discriminer les pertes par vitesse de vent (TGN / Catnat)

**Tremblement de terre**




Secousse Liquéfaction

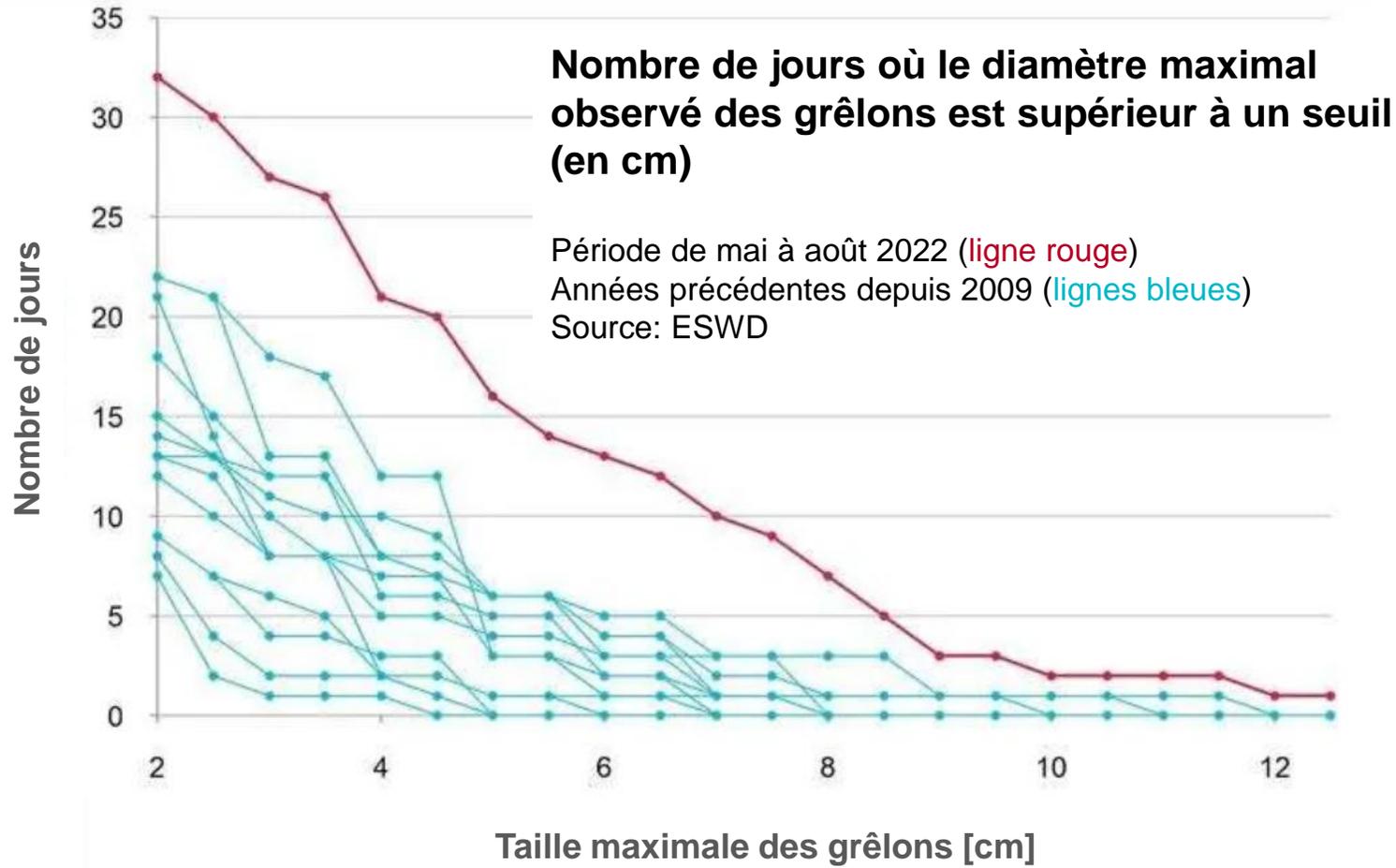


## Questions abordées durant cette matinée...

- Pourquoi avons-nous besoin de modèles pour la gestion du risque de catastrophes?
- Comment fonctionne un modèle de catastrophe?
- Quels sont les exemples d'utilisation?
- Quelles solutions en absence de modèles complets?

## Pourquoi avons-nous besoin de modèles pour la gestion du risque de catastrophes?





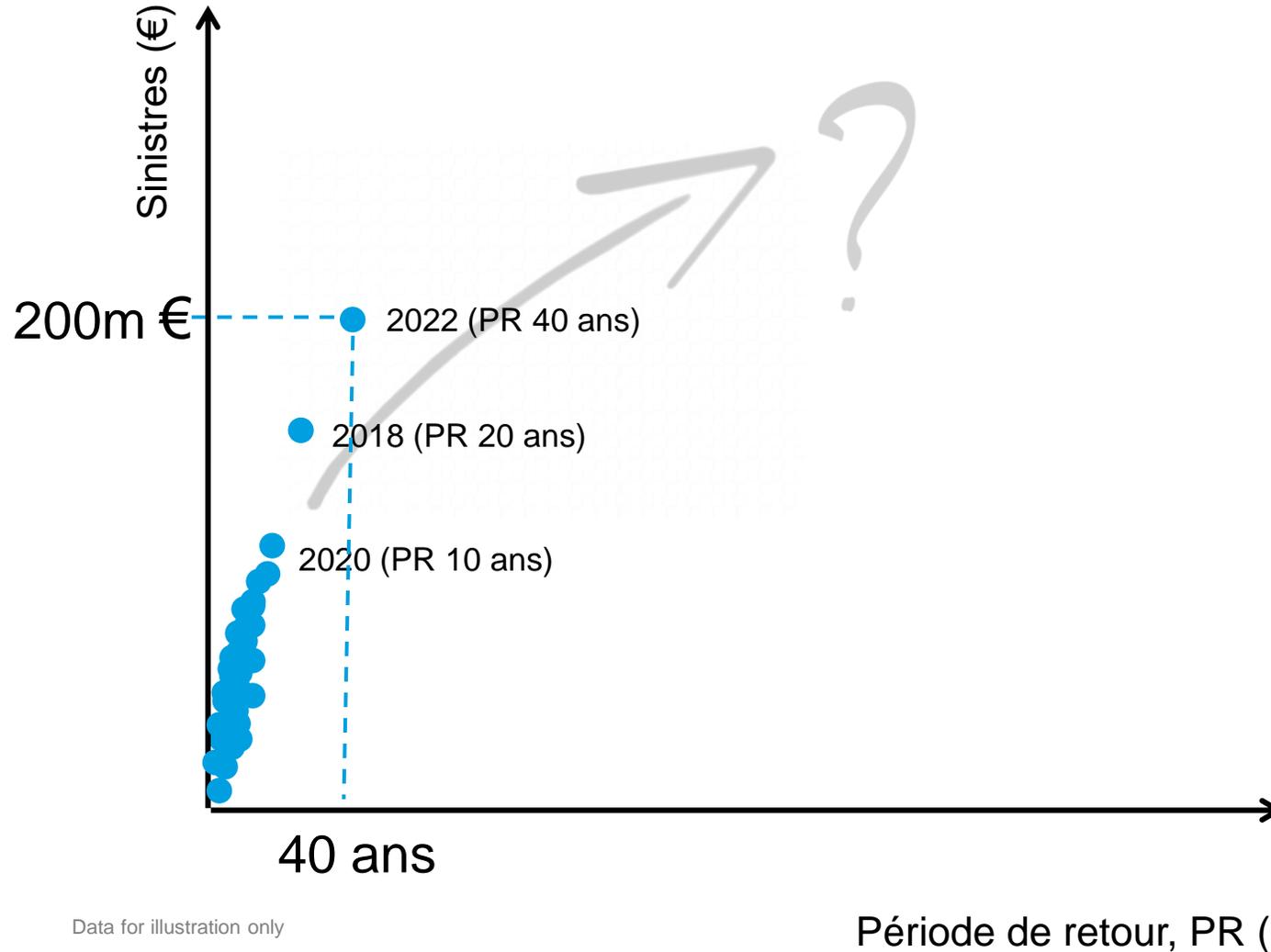
Perte estimée à € 6 Mrd, dont € 2 Mrd pour les dommages habitation

Environ 10 X la perte annuelle moyenne (€ 200 Mio) observées sur les 20 dernières années

(source France Assureur)

**Quelle est la période de retour d'un tel événement?**

# Quelle approche utiliser pour modéliser une sinistralité CAT?



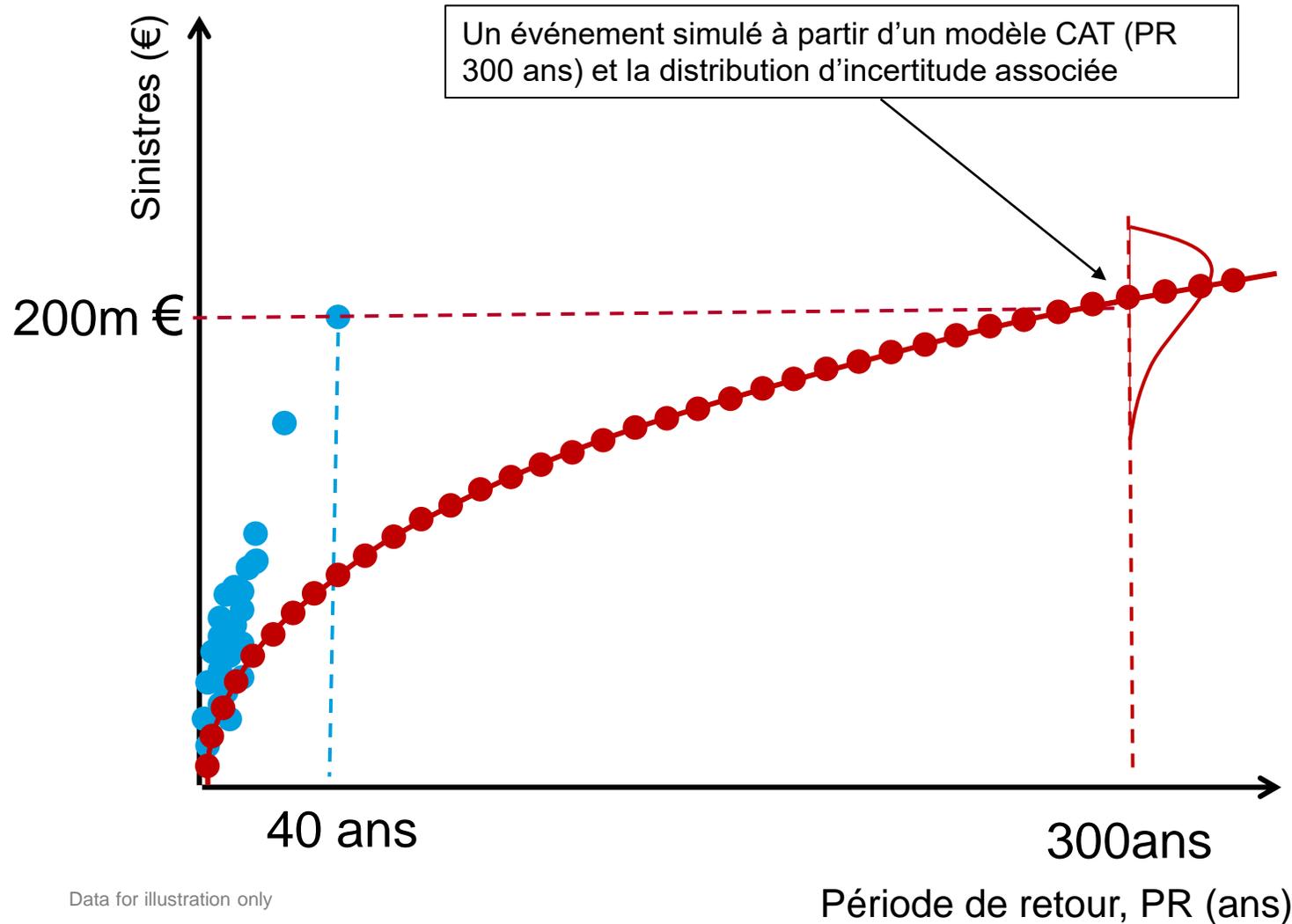
Le problème du manque de sinistres observés se pose déjà pour la gestion du risque de catastrophe **actuel!**

Comment estimer l'impact potentiel d'un événement plus extrême jamais encore observé?

Et comment recalibrer un tel model base sur les sinistres pour refléter l'impact du changement climatique **futur?**

Data for illustration only

# Les modèles CAT fournissent des informations au-delà de la sinistralité observée



Les modèles de catastrophe (CAT) sont les standards depuis plus de 30 ans pour la gestion des risques en assurance / réassurance

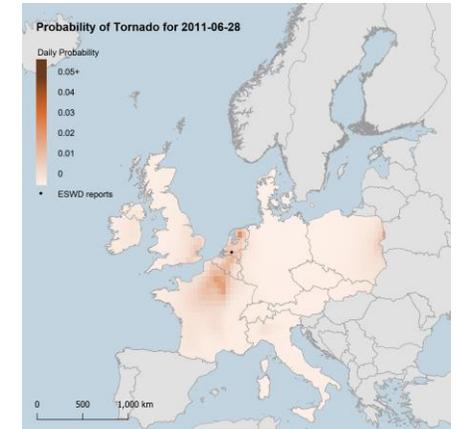
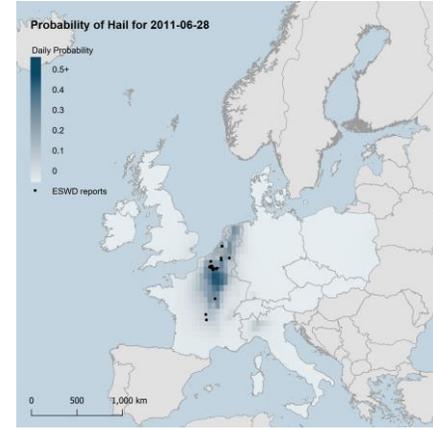
- **Sinistralité annuelle moyenne**
- **Sinistralité à période de retour**

Et de bon outils pour représenter le risque futur!

Data for illustration only

**Modèle RMS pour les tempêtes convectives en Europe (avril à septembre)**

**Simuler à l'aide d'approches météorologiques / climatiques / numériques / statistiques des millions d'événements stochastiques, en capturant la physique du risque**



Grêle



MRH/MRP



Vent d'orage



Auto



Tornade



**Une période de retour de l'ordre de 425 ans**

Pour € 2 Mrd de dommages habitation, sur la base de l'ensemble des événements stochastiques du modèle RMS (50'000 ans de simulation)

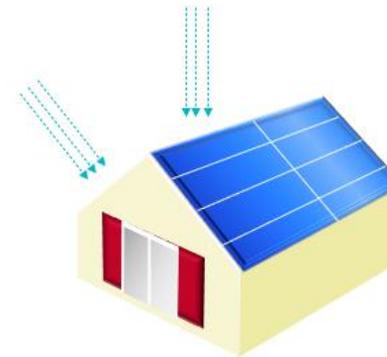
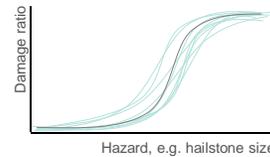
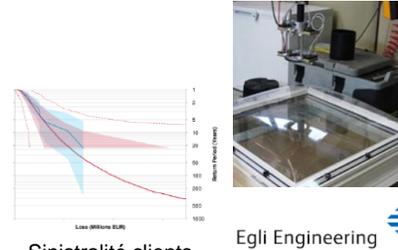
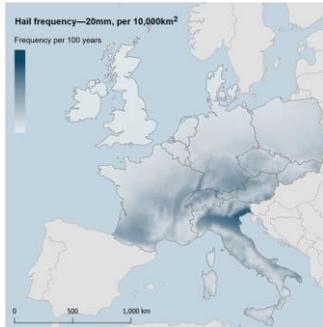
<https://www.rms.com/blog/2022/10/13/should-we-have-expected-the-2022-hail-losses-in-france>

<https://www.rms.com/blog/2022/11/23/2022-the-year-of-the-european-hailstorm>

## Comment fonctionne un modèle de catastrophe?



# Modélisation CAT – l'exemple des tempêtes convectives «Severe Convective Storms (SCS)»



**Module stochastique**

Modéliser la climatologie (grêle, vent d'orage, tornade)



**Module aléa**

Modéliser la sévérité locale (distribution des grêlons, vitesse de vent, classe de tornade)



**Module vulnérabilié**

Calculer les dommages (habitation, commercial, industriel, auto)



**Module exposition**

Appliquer des données d'exposition

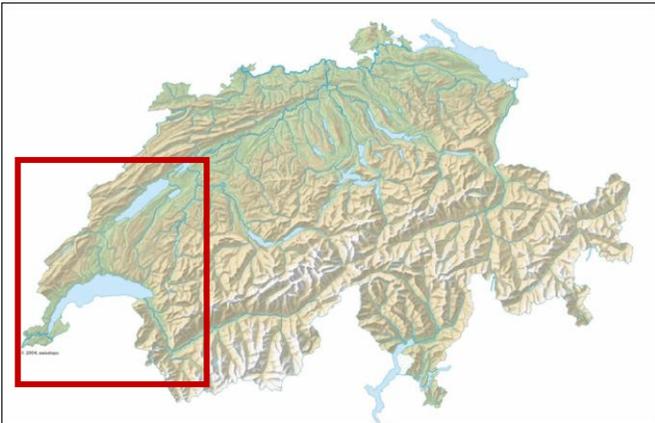


**Module financier**

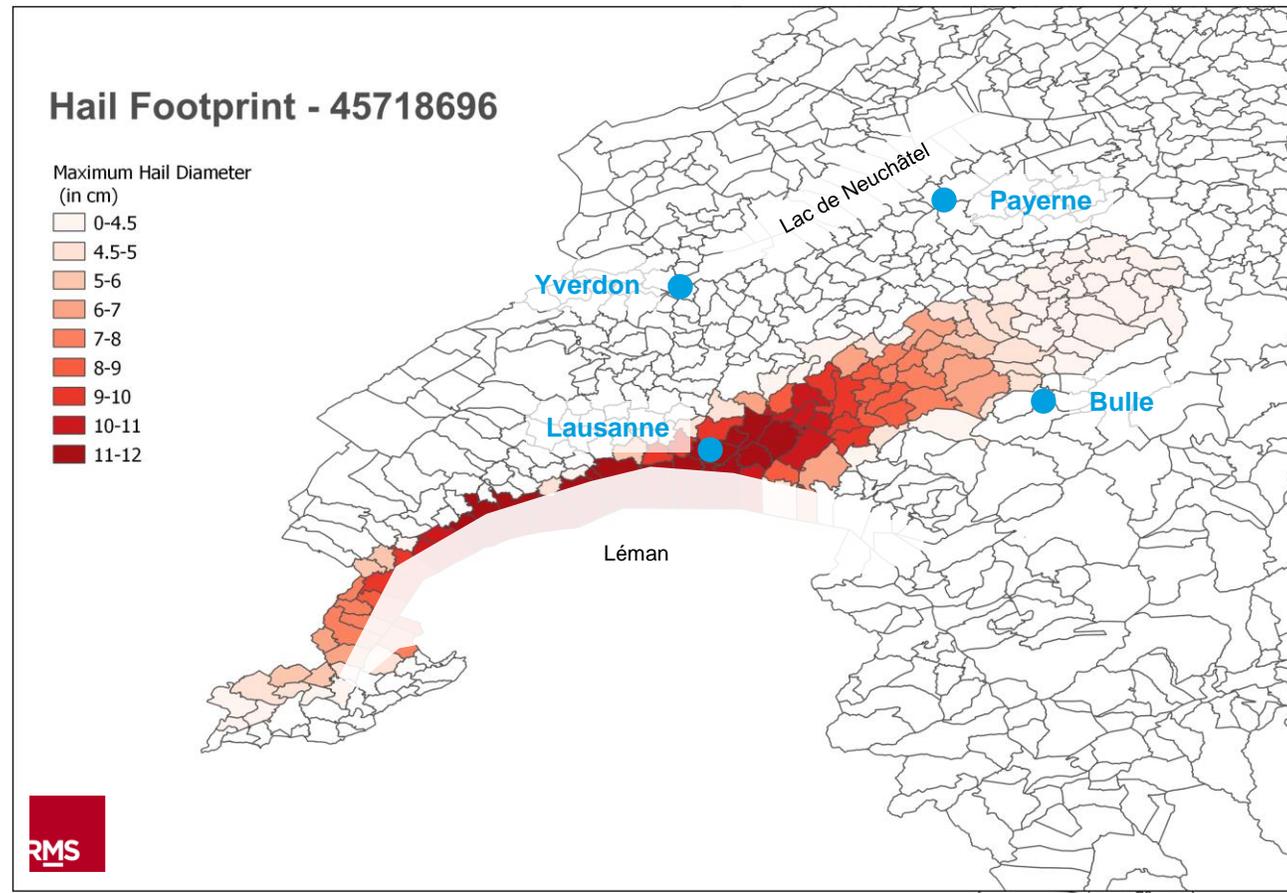
Quantifier les pertes

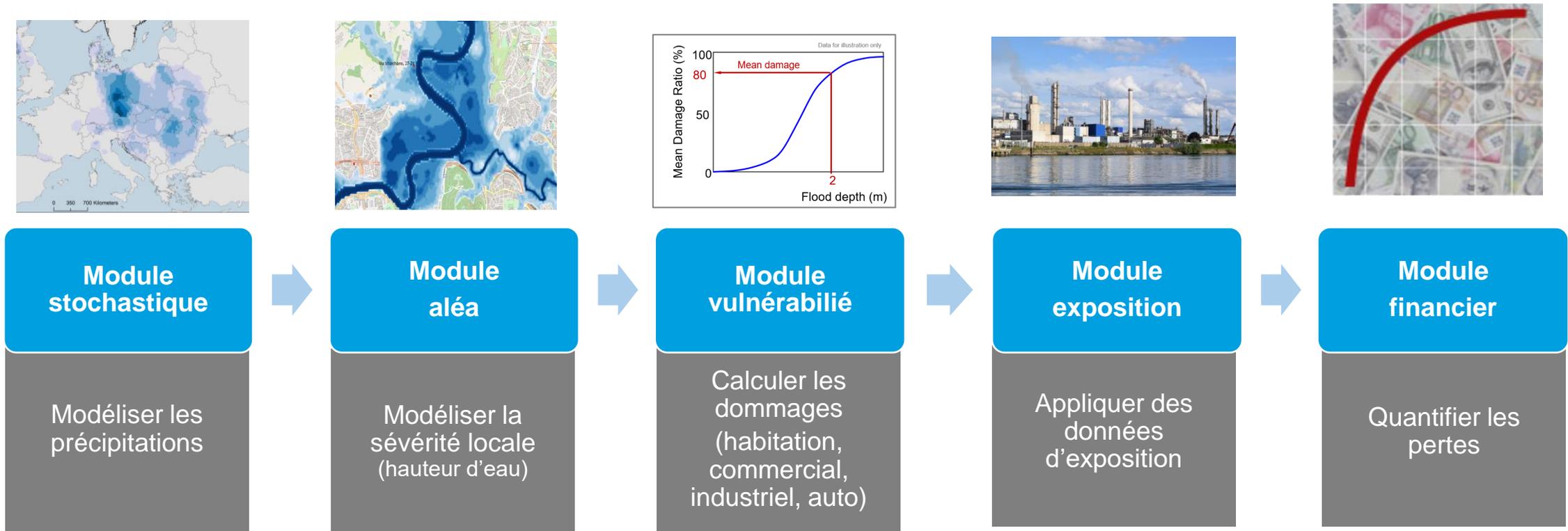
# Grêle maximum 12 cm (pour la région lausannoise, Suisse)

Evénement	Valeurs sinistres ECA Vaud (CHF)	Période de retour ECA Vaud (ans)	Nombre de sinistres	Sinistre moyen (CHF)
46604293	3,400 millions	25,000 ans	76,200	44,600



Les dommages peuvent excéder 10% de la valeur assurée





Le processus de modélisation reste le même!

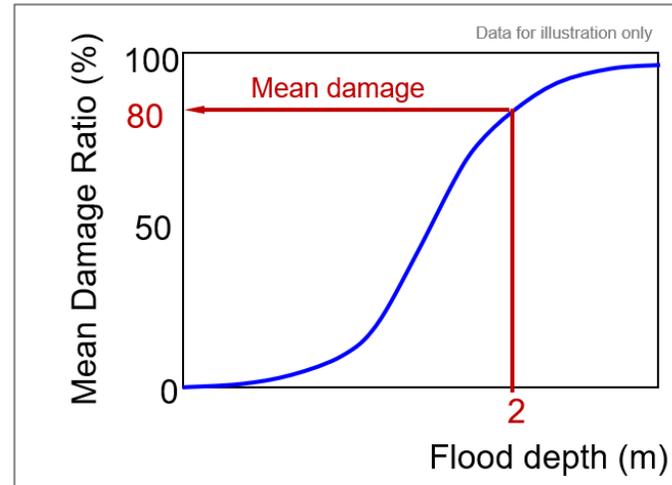
# Les modèles CAT : comprendre l'importance d'une modélisation physique complète du risque



# Modélisation CAT: Comprendre la vulnérabilité des actifs

## Exposition en entrée

Adresse	3 Avenue de l'Industrie
Occupation	MAISON RÉSIDENTIELLE
Construction	MAÇONNERIE
Année de construction	INCONNUE
Nombre d'étages	3
Sous-sol	NON
Valeur construction	€ 1'000'000
Valeur contenu	€ 100'000
Valeur perte d'exploit.	€ -
Franchise inondation	€ 380
Franchise vent	€ 100



### Certaines caractéristiques du bâtiment sont inconnues?

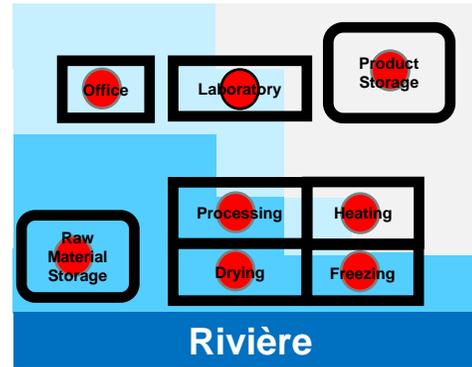
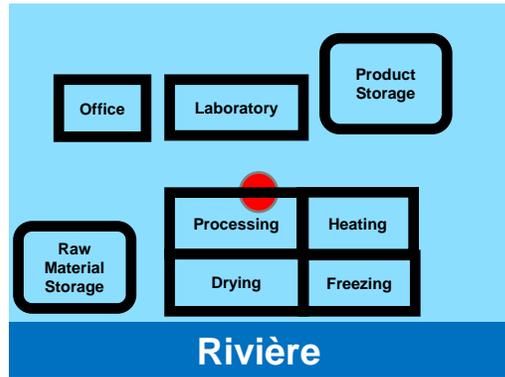
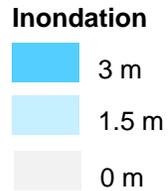
Le modèle accede à la base de données d'inventaire des bâtiments RMS pour extraire les informations manquantes.

Reconnaissance RMS à Biot, France 2015

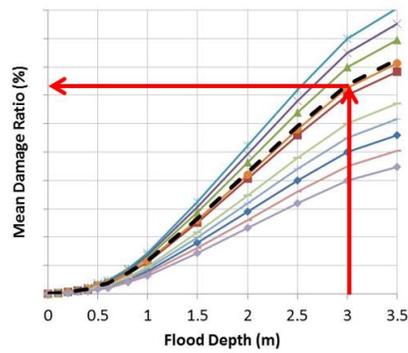


# Modéliser la vulnérabilité des risques industriels complexes

## Exemple d'un site de fabrication d'aliments et de boissons

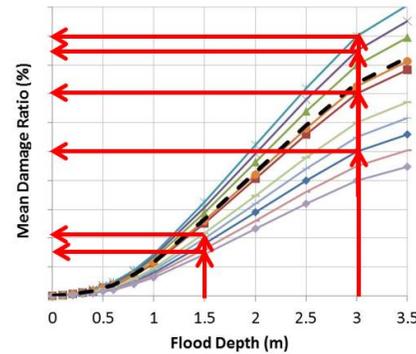


- ◆ Raw mat. warehouse
- Processing
- ▲ Heating
- ✕ Freezing
- ◆ Drying
- Canning
- ◆ Packaging
- Prod. Storage
- Lab
- Office
- M/E



**Vulnérabilité au niveau du site**

**Sinistre: € 3.6 M**



**Vulnérabilité au niveau de l'unité**

**Sinistre: € 2.1 M**



À partir d'un mélange d'exposition mécanique/électrique, TIV = 10 millions d'euros.

**Quels sont les exemples  
d'utilisation?**

**Un focus sur le risque corporate**



## Présentation de l'entreprise

La Tour Roche, le plus haut bâtiment de Suisse avec ses 178 mètres, est situé dans la ville suisse de Bâle. Bâle est le siège du groupe Roche et abrite la direction du groupe et des divisions. Le bâtiment, achevé en 2015, compte 41 étages répartis sur une surface de 74 200 m<sup>2</sup>. Les fonctions du groupe ainsi que les fonctions globales et les centres stratégiques pour l'ensemble de la chaîne de création de valeur, de la recherche et du développement à la production et au marketing, sont également situés à Bâle.

## Options d'analyses

La localisation a été modélisée avec 2 options(1) 25 % de participation avec une franchise de 1 million de dollars et (2) 50 % de participation avec une franchise de 2 millions de dollars.

## Résumé du risque de catastrophe

Le site présente un risque élevé de tremblement de terre et d'inondation, et un risque modéré de tempête. Une valeur d'exposition notionnelle de 100 milliards de dollars a été utilisée pour cet exemple.



Le grand tremblement de terre de Bâle (1356)



EUROPE  
EARTHQUAKE

Shake Only with PLA  
RiskLink v18.1

Critical Probability	Key Return Period	Gross Loss - Option 1		Gross Loss - Option 2	
0.40%	500	33,743,860	33,717,559	66,886,074	66,852,100
0.50%	250	1,141,131	1,137,278	2,156,902	2,153,756
1.00%	100	0	0	0	0
Average Annual Loss (AAL)		2,456,020		4,909,734	
Standard Deviation		143,522,650		287,036,747	
Coefficient Of Variation		58.44		58.46	



EUROPE  
WINDSTORM

Wind Only with PLA  
RiskLink v18.1

Critical Probability	Key Return Period	Gross Loss - Option 1		Gross Loss - Option 2	
		AEP	OEP	AEP	OEP
0.40%	500	20,338,635	20,245,236	39,856,590	39,730,851
0.50%	250	11,115,142	11,040,985	21,446,366	21,350,984
1.00%	100	4,437,874	4,385,756	8,196,900	8,133,033
Average Annual Loss (AAL)		247,553		450,073	
Standard Deviation		3,138,093		6,238,540	
Coefficient Of Variation		12.68		13.86	



EUROPE  
HD FLOOD

With Defenses, Pluvial  
& PLA  
on RMS Modeler 2.0

Critical Probability	Key Return Period	Gross Loss - Option 1		Gross Loss - Option 2	
		AEP	OEP	AEP	OEP
0.40%	500	9,249,973	9,247,946	17,999,297	17,995,892
0.50%	250	309,318	309,318	118,636	118,636
1.00%	100	0	0	0	0
Average Annual Loss (AAL)		1,197,669		2,393,229	
Standard Deviation		77,288,414		154,569,111	
Coefficient Of Variation		64.53		64.59	

## Le problème



- La réaction du secteur de l'assurance à la suite des ouragans majeurs de 2004 / 2005 a entraîné une réduction de la capacité d'assurance pour le portefeuille du client.
- Le portefeuille du client a été présenté au marché de la réassurance avec des informations globales (médiocres) qui ne pouvaient pas refléter les pratiques et conditions uniques de la stratégie de gestion des risques, qui avaient implémentées par le client depuis sa création.

## La solution



- RMS a créé une version personnalisée de son modèle d'ouragan pour les USA:
  - Exposition détaillée au niveau du bâtiment - 30% d'exposition en plus par rapport aux rapports précédents
  - Vulnérabilité personnalisée - plus de 500 fonctions personnalisées reflétant une construction supérieure en qualité
  - Interruption d'activité personnalisée – incluant une minimisation les perturbations pour les clients touchés (par ex. réseau d'hôtels)
  - Amplification des pertes personnalisée - le stockage de matériaux et la présence d'une entreprise de construction captive ont permis au client de ne pas être soumis à une hausse des coûts des matériaux ou de la main-d'œuvre

## Le résultat



- Le client a réduit ses coûts d'assurance de 40 % pour 2007 et a évité une augmentation de 300 % si le projet n'avait pas été réalisé.
- La modélisation de RMS a renforcé la confiance des partenaires du client en matière d'assurance et de réassurance.

# - 40%

réduction du coût  
d'assurance tempête  
grâce à une modélisation  
personnalisée du risque



## Le problème



- MTA avait besoin de mieux comprendre et quantifier l'exposition aux marées de tempête suite à la perte de 5 milliards de dollars causée par l'ouragan Sandy.
- La capacité de réassurance de MTA était limitée après l'ouragan Sandy, les assureurs traditionnels ayant réduit de moitié leur protection.
- MTA avait besoin de quantifier le risque afin de pouvoir le transférer au bon prix sur le marché de la réassurance.

## La solution



- RMS a quantifié de manière probabiliste l'exposition de MTA aux marées de tempête, permettant à MTA de quantifier le risque de manière réaliste, malgré la complexité du risque (infrastructure).
- L'analyse a permis à RMS de tarifer et de transférer le risque avec précision, en fonction de l'appétit du risque de MTA.

## Le résultat



- MTA a mieux compris les risques liés aux ondes de tempête, ce qui lui a permis d'obtenir une couverture adéquate pour une fraction du prix proposé par ses assureurs traditionnels.
- Réduction de l'incertitude concernant les pertes d'infrastructures lors de tempêtes majeures.

La MTA est une société d'utilité publique chargée des transports publics dans l'État de New York. La MTA est la plus grande autorité de transport public des États-Unis.

Elle transporte plus de 11 millions de passagers en moyenne chaque jour de semaine sur l'ensemble du réseau, et plus de 850 000 véhicules sur ses sept ponts à péage et ses deux tunnels chaque jour de semaine.

# \$200m

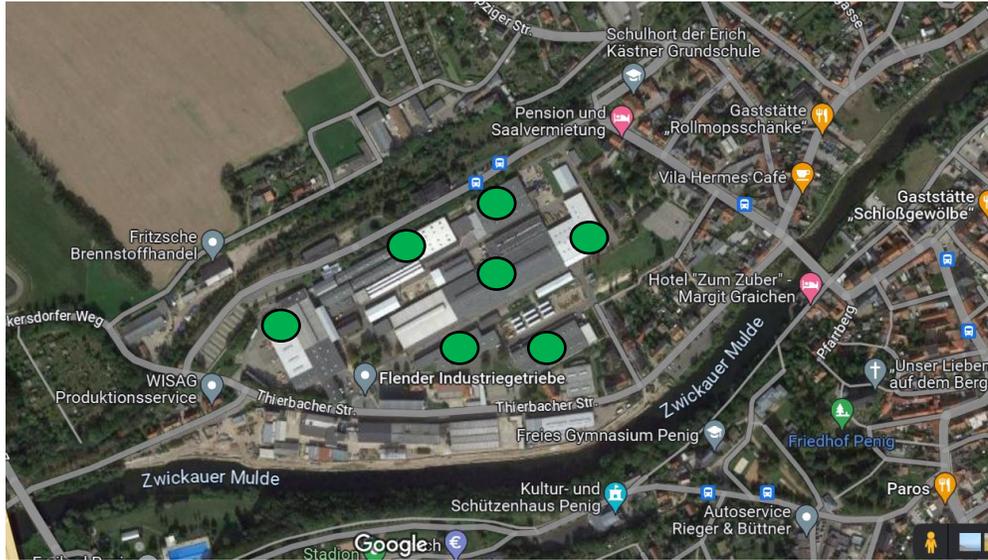
de protection (CAT Bond)

“We are now in a stronger position should our area face another large-scale storm-surge event”

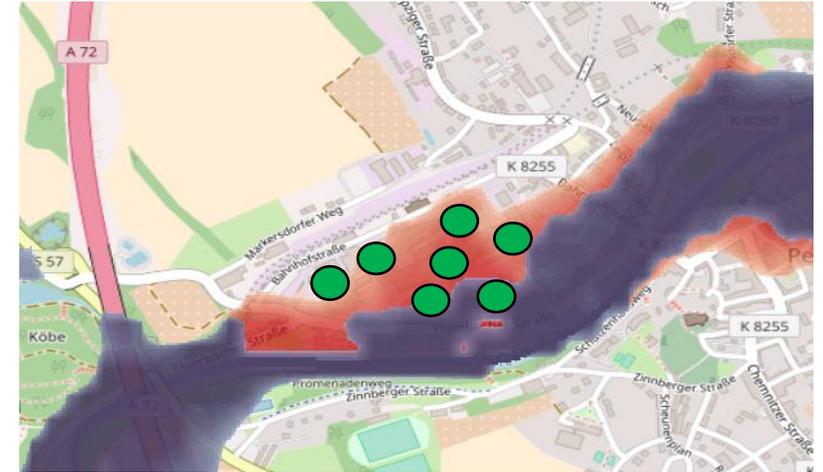
**Thomas F. Prendergast**, former MTA Chairman and CEO

# Cas 4: Analyses de coûts / bénéfiques

## Exemple site de production automobile en Allemagne



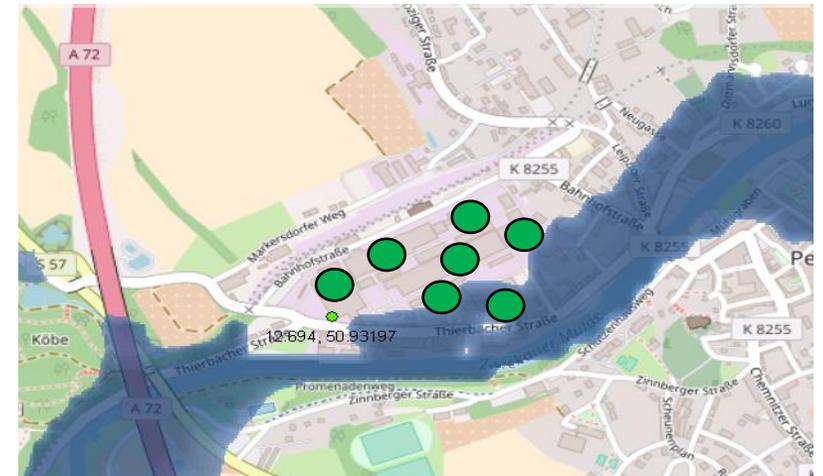
Standard de protection actuel, dans le modèle RMS (SoP 80 ans)



**- 25%**

**diminution des coûts annuels d'assurance modelisés**

Scénario d'investissement (SoP 100 ans)



Analyses coût / bénéfice de la réduction du risque pour un site industriel

**Possibilités d'ajuster les hypothèses de mitigation du risque dans le modèle**  
(par exemple digues et ouvrages de protection pour les bâtiments individuels individuel)

## Cas 5: Expansion stragtégique

### Exemple d'analyse – risque inondation France (Sud-Est)

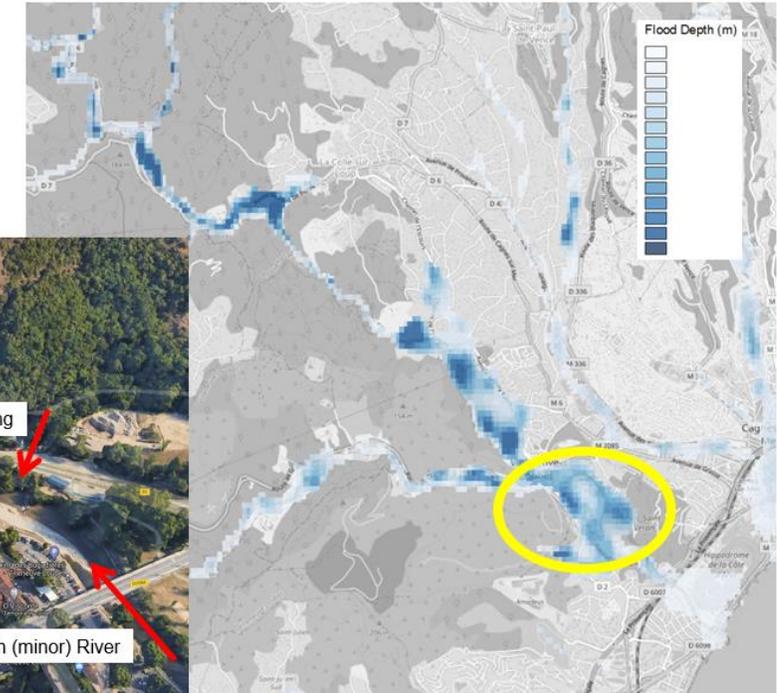
Commune / IRIS Zone	Combined	Fluvial	Pluvial		AEP (200 yr)
	AAL GR Loss	AAL GR Loss	AAL GR Loss	AAL Pluvial Contribution	GR Loss
A	15,695	15,321	373	2%	792,661
B	7,366	6,946	419	6%	236,837
C	12,805	12,152	653	5%	762,186
D	8,259	7,862	398	5%	451,320
E	12,436	-	12,436	100%	536,034
F	31,475	20,952	10,523	33%	694,811
G	851	166	684	80%	18,775
H	12,003	-	12,003	100%	794,901
I	17,280	14,936	2,345	14%	744,843
J	42,252	42,229	23	0%	1,358,599
K	5,011	1,559	3,452	69%	215,978
L	29,323	29,040	283	1%	942,848
M	28,921	14,997	13,924	48%	638,423
N	6,234	3,000	3,234	52%	412,819
O	3,519	2,874	645	18%	210,719

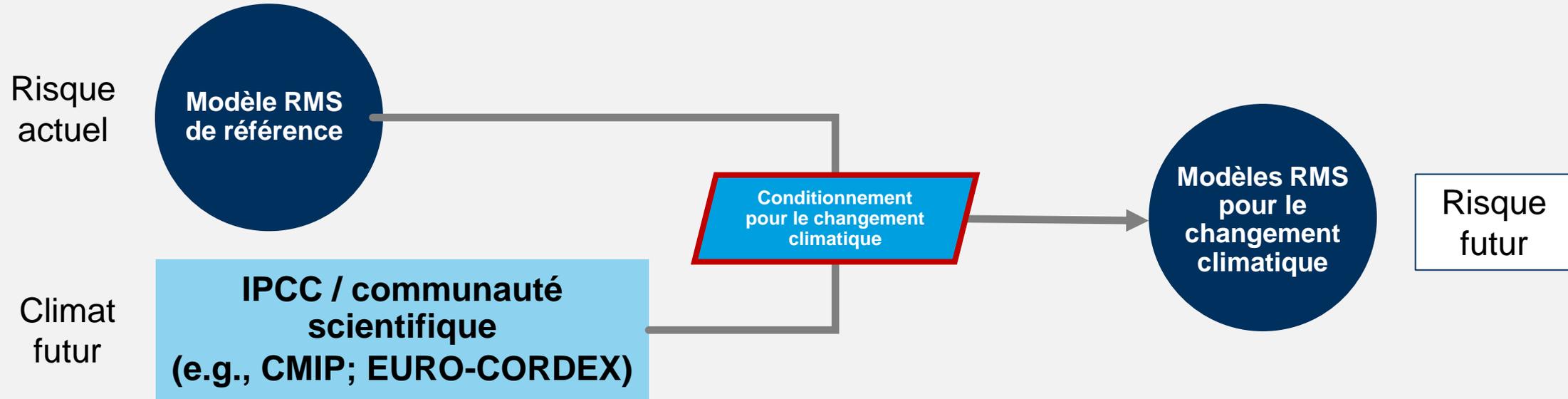
**Identifier les communes à risque**

Le modèle peut différencier les sources fluviale and pluviale (incl. ruissellement)

Les sinistres dans certaines communes sont contrôlés par le ruissellement

Pluvial Inundation Map, Return Period = 30 years

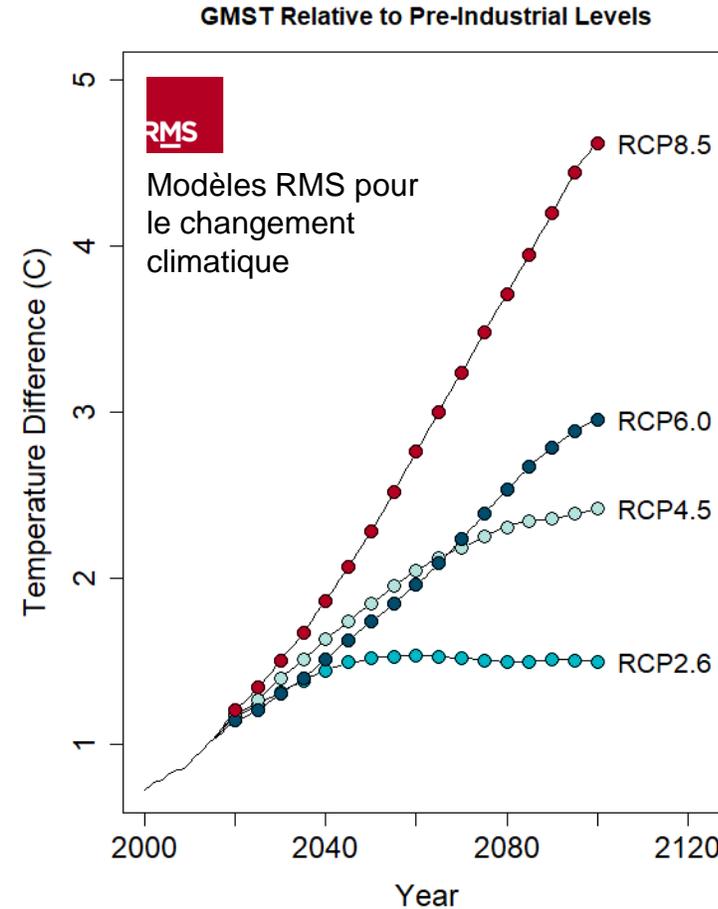
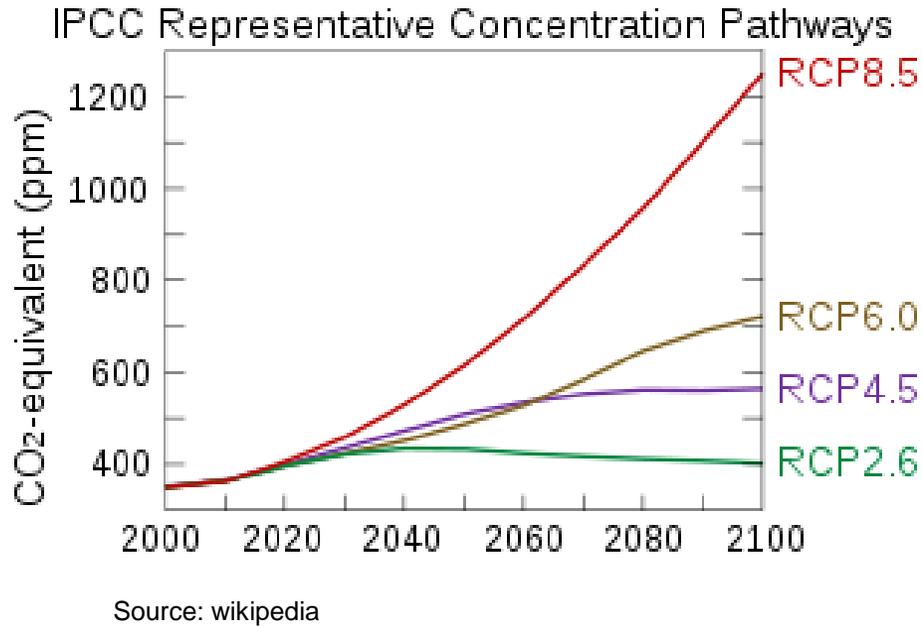




- **Processus physique**
- **Reflète les derniers consensus scientifiques**
- **RCPs et autres scénari futurs**
- **Variation du signal régional**
- **Perspective probabiliste, quantifiée (sinistralité), incertitude**
- **Utilise une approche de gestion du risque standard dans l'industrie**
- **Cohérent avec la vue de référence (actuelle)**

# Les différentes perspectives de l'impact du changement climatique futur

Une nécessité de flexibilité, avec une grande variété de scénarios RCP et d'horizons de temps, de façon à répondre aux besoins actuels et futurs



# Cas 5: Expansion stragtégique – estimer le risque futur: implantation d'un parc éolien aux USA

## Le problème



- Le client avait identifié un site aux États-Unis où il souhaitait commencer la construction d'un parc éolien dans une zone sujette aux ouragans.
- Il désire également comprendre comment le risque va évoluer, en fonction du changement climatique.

## La solution



- RMS a procédé à une analyse de la proposition de développement et a développé une vision personnalisée des dommages potentiels causés à l'infrastructure par des événements extrêmes.
- RMS a effectué une analyse de l'impact du changement climatique sur le parc éolien proposé en utilisant des modèles de catastrophe calibrés sur des scénarios à 2030, 2050 et 2100

## Le résultat



- L'analyse a permis au client d'avoir une bonne vision du risque, ce qui leur a permis d'obtenir une tarification favorable.
- L'analyse RMS a permis de valider le site et démontré l'impact du changement climatique afin d'éclairer la décision d'acheter le site pour y développer un parc éolien dont la durée de vie est généralement de 30 ans.



**+ 20%**

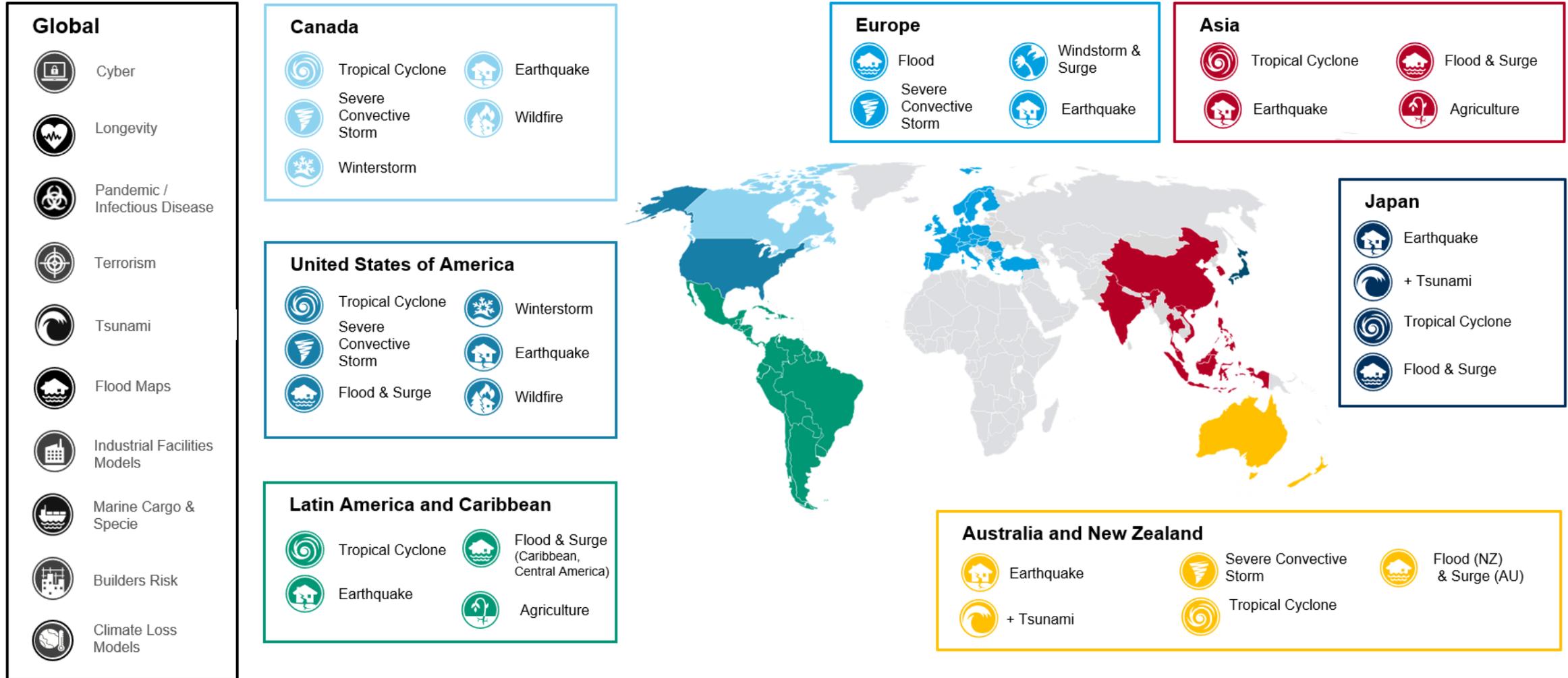
Augmentation des coûts  
d'assurance tempête due au  
changement climatique  
(scénario RCP8.5, 2050)

## Quelles solutions en absence de modèles complets?



# Les modèles CAT ne sont pas disponibles partout...

## Couverture des modèles Moody's RMS

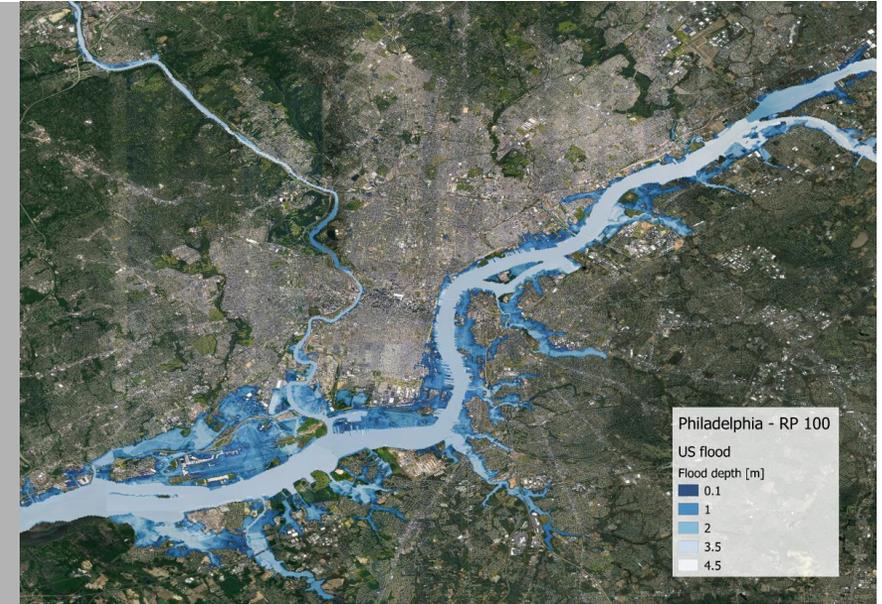


## Modèle hydrodynamique

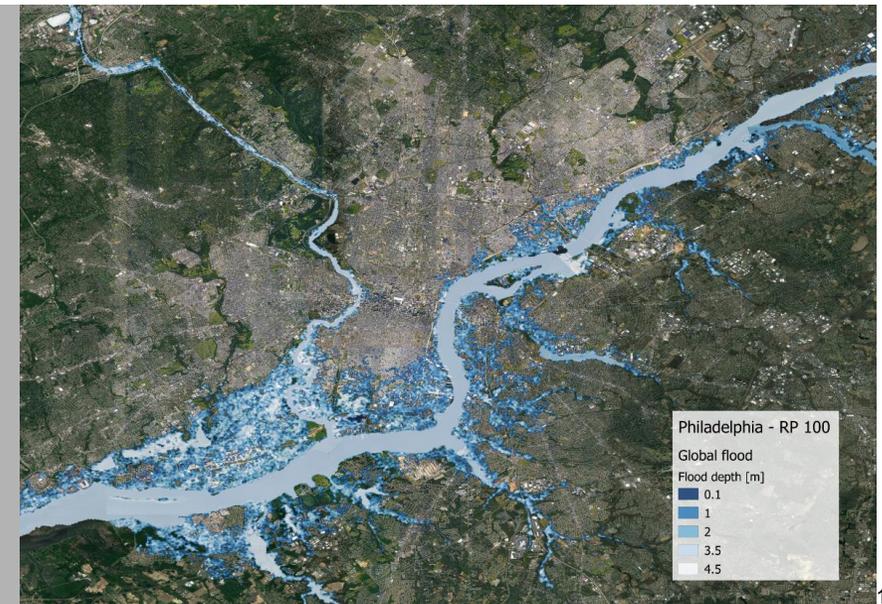
vs.

## Modèle d'apprentissage automatique

Philadelphia, United States  
RP 100 flood map  
U.S. flood  
Hydrodynamic model  
DTM: USGS NED DTM



Philadelphia, United States  
RP 100 flood map  
Global flood  
Machine learning model  
DTM: SRTM



# RMS Global Flood Data and Maps (GFM) 2.0

## Couverture mondiale :

Données disponibles pour tous les pays du monde

## Périodes de retour multiples (PR) :

10, 30, 50, 100, 200, 250, 500, 1000 ans (littoral 10 000 ans)

## Sources d'inondation :

Intérieures (pluviales et fluviales), côtières

## Vues du risque :

Défendu et non défendu

## Bandes de profondeur d'inondation :

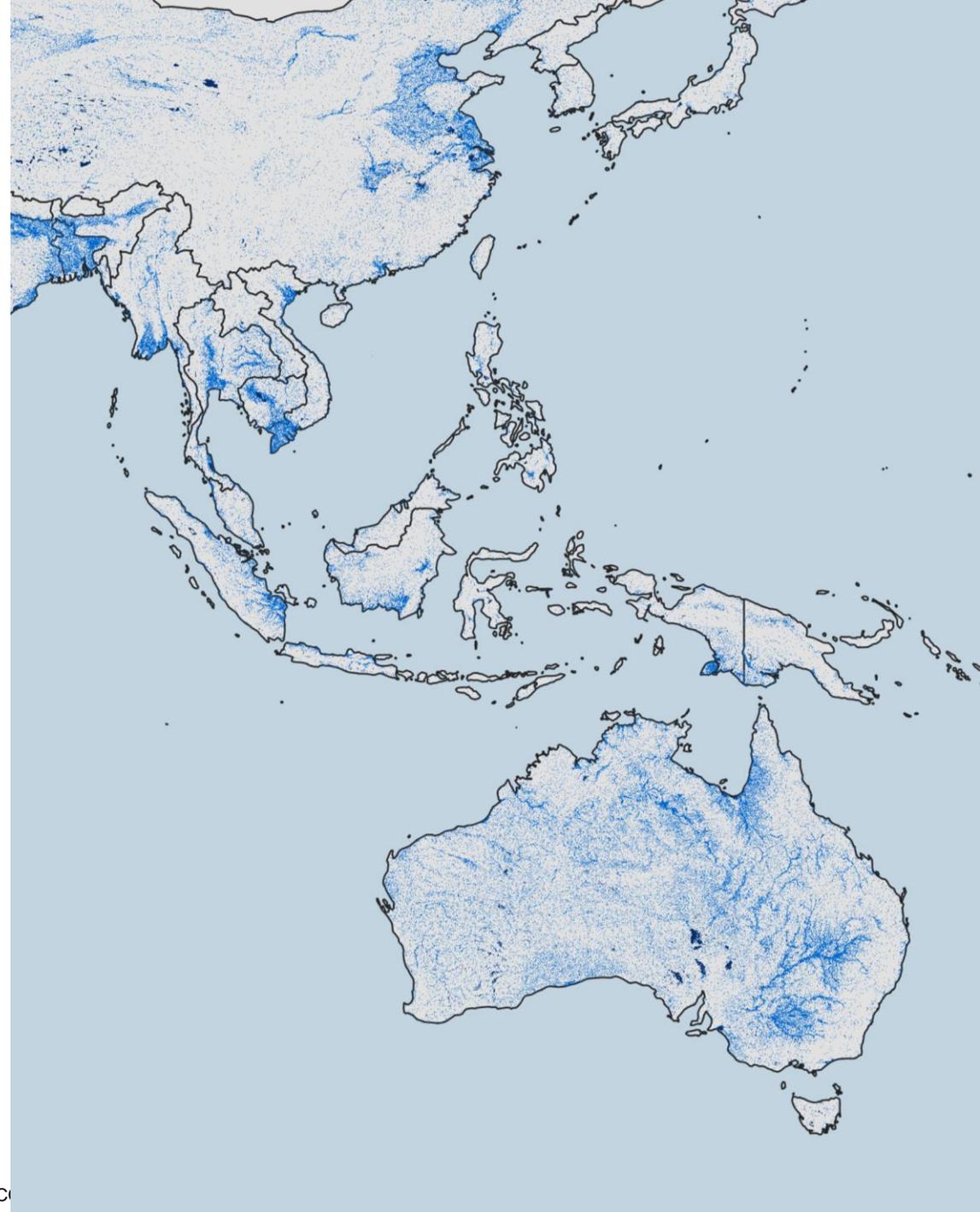
Les données sont fournies par bandes de profondeur

## Résolution :

Résolution de 10 mètres

## Mécanismes de livraison :

Cartes autonomes, Location Intelligence, Intelligent Risk Platform



# Données et cartes sur les inondations dans le monde

## Comparaison avec des événements réels

Serbie, Belgrade - 2014

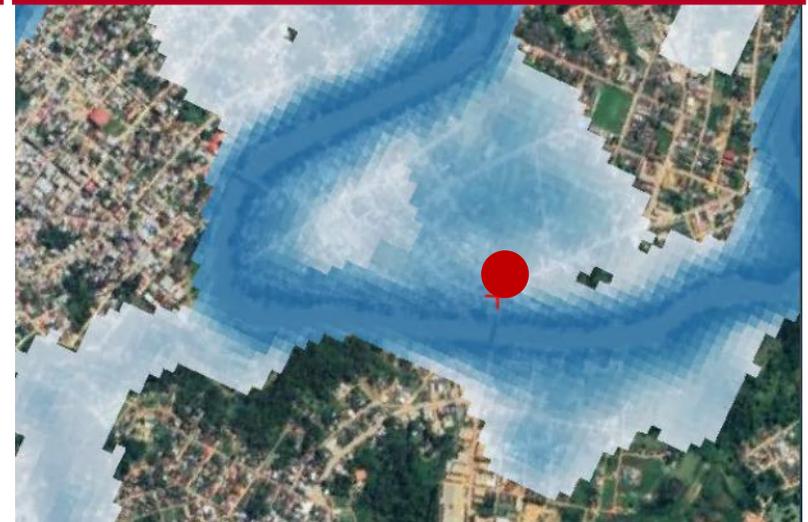
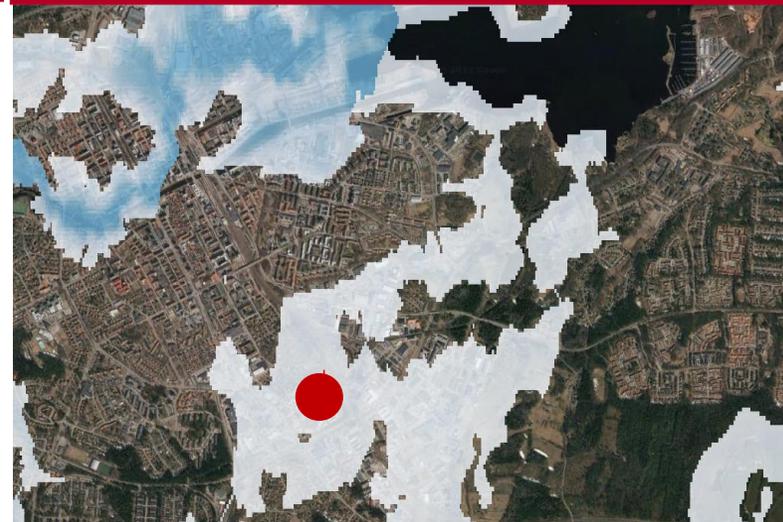


Left: Obrenovac, Serbia before floods. Right: Obrenovac, Serbia May 21, 2014. CNES/Astrium;

Suède, Gavle – 2021

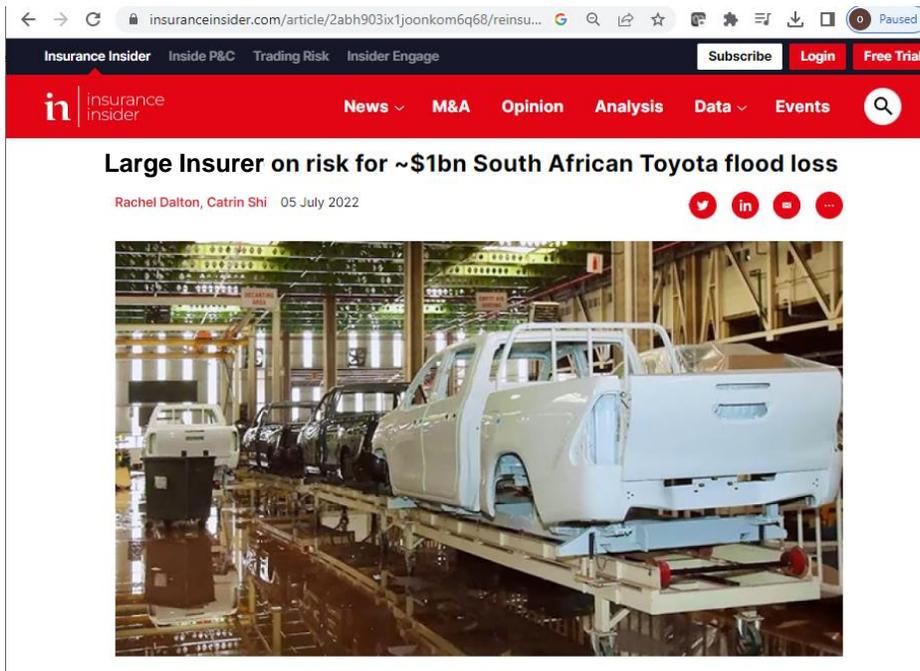


Brésil, Acre - 2023



# Toyota Plant, Prospecton, Durban

- Les inondations ont eu lieu en avril 2022
- Perte de ~13% de part de marché en avril, mai et juin avant la réouverture en août
- >10 000 voitures détruites / inondation d'un grand nombre de bâtiments
- Perte importante sur le territoire non modélisé



The screenshot shows a web browser displaying an article from Insurance Insider. The URL is [insuranceinsider.com/article/2abh903ix1j0onkom6q68/reinsu...](https://insuranceinsider.com/article/2abh903ix1j0onkom6q68/reinsu...). The article title is "Large Insurer on risk for ~\$1bn South African Toyota flood loss" by Rachel Dalton and Catrin Shi, dated 05 July 2022. Below the title is a photograph of a white Toyota pickup truck on an assembly line in a factory.



# Exemple d'évaluation des risques

Quel est le paysage des risques ? Quels conseils donner aux clients pour mieux gérer leurs risques ?

Turkey, Facultative Facility



Saudi Arabia, National Distribution Centre





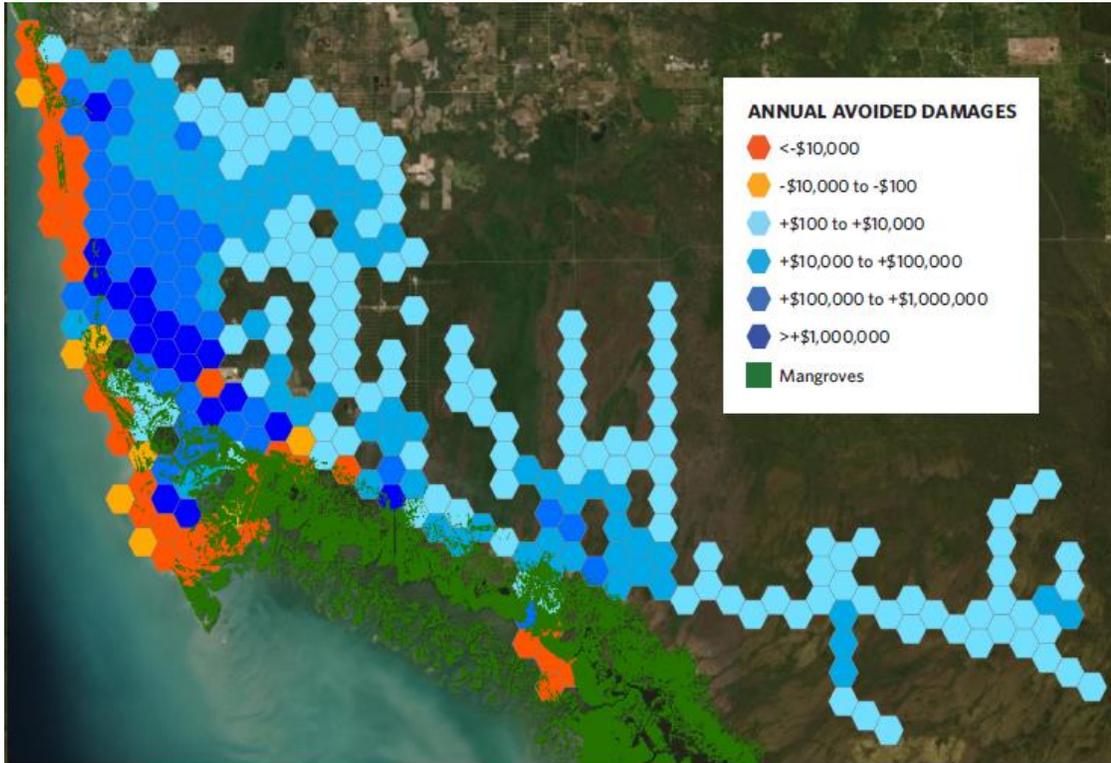
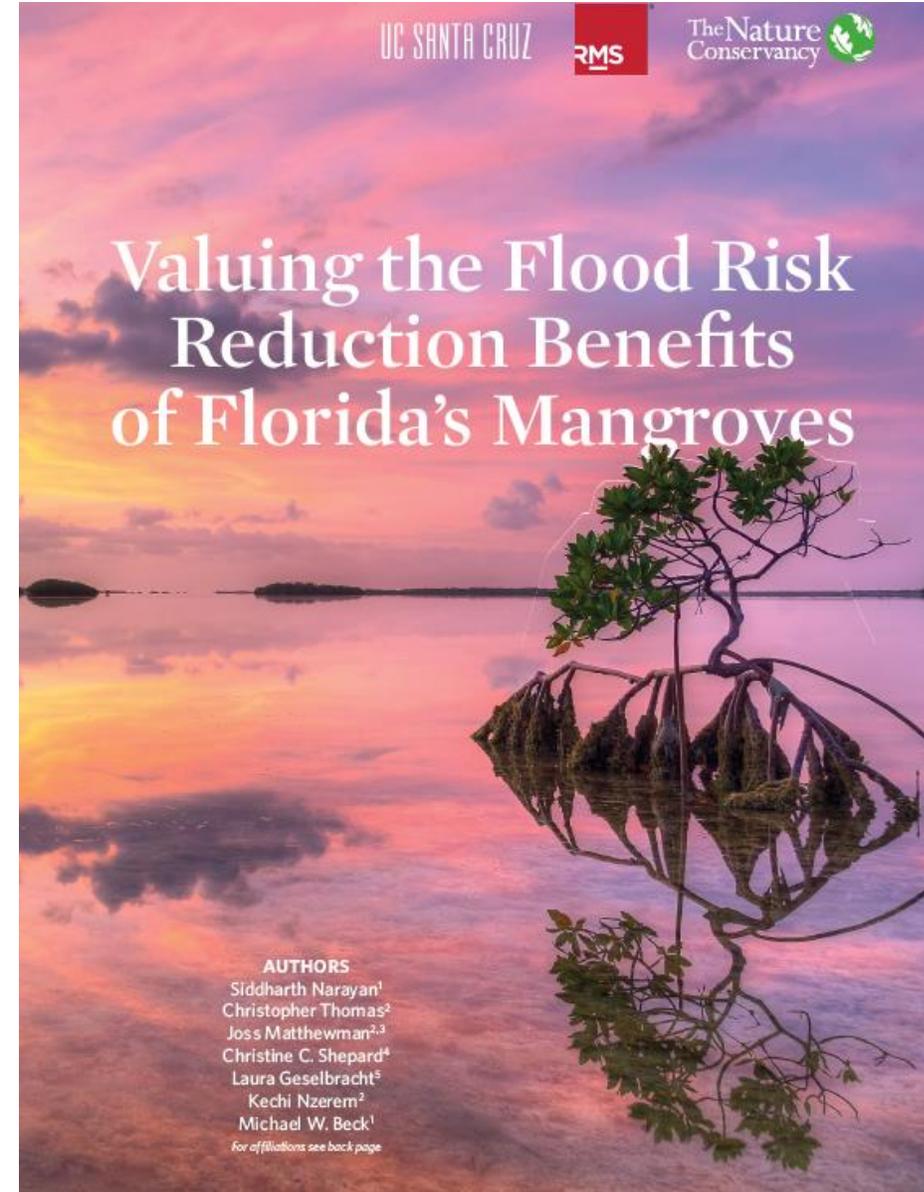


Figure 3: Effects of mangrove presence (green shading) on annual average losses for all properties in Collier County, including properties within and in front of mangroves. Note effects are measured as the difference in annual losses across two scenarios: i) With Mangroves and ii) Without Mangroves. Darker blue represents a greater level of risk reduction benefit (mangroves reduced damage) and darker red represents areas where mangroves were associated with higher levels of damage for properties built in front of mangroves. Base-map from ©ArcGIS Online.



## Valuing the Flood Risk Reduction Benefits of Florida's Mangroves

### AUTHORS

Siddharth Narayan<sup>1</sup>  
 Christopher Thomas<sup>2</sup>  
 Joss Matthewman<sup>2,3</sup>  
 Christine C. Shepard<sup>4</sup>  
 Laura Geselbracht<sup>5</sup>  
 Kechi Nzerem<sup>2</sup>  
 Michael W. Beck<sup>1</sup>

For affiliations see back page

# Pour résumer...

- Pourquoi avons-nous besoin de modèles pour la gestion du risque de catastrophes?
  - Historique incomplet, absence de données
- Comment fonctionne un modèle de catastrophe?
  - Modélisation probabiliste physique du risque (aléa, vulnérabilité)
  - Perspective quantifiée
- Quels sont les exemples d'utilisation?
  - Gestion du risque corporate actuel et futur
  - Réduction du coût de l'assurance, ouverture de nouveaux marchés, analyse de coût / bénéfice, aide à l'expansion stratégique
- Quelles solutions en absence de modèles complets?
  - Solutions de données, cartes d'aléa quantifiées – machine learning