

L'APPORT DES RÉANALYSES DE MÉTÉO FRANCE

**MOTS CLES : METEO - CLIMAT - PROJECTIONS CLIMATIQUES
TRAITEMENT DE DONNEES - OPEN DATA**

Depuis plusieurs années, la prise de conscience des enjeux climatiques s'intensifie, particulièrement dans le secteur de l'assurance. Pour gérer efficacement les risques que le changement climatique engendre, des données fiables sont essentielles et une question se pose : Où peut-on trouver des données fiables en open data ? Ce cinquième article de cette série de notes (liens dans l'encadré de fin) rédigées par le DataLab avec l'appui des experts du groupe de travail Climat du cabinet Galea, porte sur l'analyse des données climatiques dites de réanalyse, mises à disposition par Météo France, et sur l'évaluation de leur cohérence par rapport aux données d'observation traditionnelles (ou données *in situ*). L'objectif est de présenter ces données issues de modélisation, d'étudier leur qualité à travers une validation rigoureuse, et de démontrer leur potentiel pour enrichir les analyses climatiques actuarielles grâce à leur couverture spatiale supérieure et leur exhaustivité temporelle.

LES DONNÉES DE RÉANALYSE

DÉFINITION

Les données de réanalyse sont des données issues d'une reconstruction *a posteriori* du climat passé, qui combine observations et modélisations. Elles s'opposent aux données d'observation obtenues grâce à des outils de mesure. Les données de réanalyse ont un intérêt pour les études actuarielles du risque climatique car elles répondent aux limites spatiales et temporelles des données d'observation mesurées aux stations Météo France.

En effet, le réseau des stations Météo France sur le territoire métropolitain dénombre un peu plus de 2400 stations, un réseau certes dense mais encore assez sporadique lorsque l'on souhaite obtenir une information météo sur un point du territoire éloigné de toute station. De plus les relevés ne sont pas continus dans le temps, les stations pouvant souffrir de divers problèmes entravant les mesures (déplacement des stations, outils endommagés, ...). Les modèles de réanalyse permettent donc d'améliorer la qualité de ces données d'observation en fournissant des jeux de données complets et continus.

PRÉSENTATION DES MODÈLES

Météo France met à disposition sous licence ouverte plusieurs bases de données de réanalyse. Nous nous intéressons ici aux "Données changement climatique – SIM quotidienne", des données quotidiennes du modèle de simulation des schémas de surface Safran – Isba – Modcou (SIM), et aux données "Réanalyses Coméphore", des données horaires du modèle Combinaison en vue de la Meilleure Estimation de la Précipitation Horaire (COMEPHORE). Les données SIM existent également à la maille mensuelle, horaire et à un intervalle de temps de 6 minutes.

Le système SIM a été conçu par Météo France comme l'interaction des trois modules Safran (système d'analyse météorologique), Isba (modèle de surface) et Modcou (modèle hydrologique et hydrogéologique). Son objectif est de reconstruire quotidiennement la situation météorologique à la surface du sol de toute la France métropolitaine, depuis le 1^{er} janvier 1958, avec une maille de point de 8x8km, permettant une nette amélioration des études actuarielles,

en disposant de données météo proches de n'importe quel lieu sinistré du territoire métropolitain.

La figure 1 ci-après montre l'intérêt géographique des données de réanalyse avec une carte comparative des points couverts par les données SIM et les données des stations Météo France disponibles.

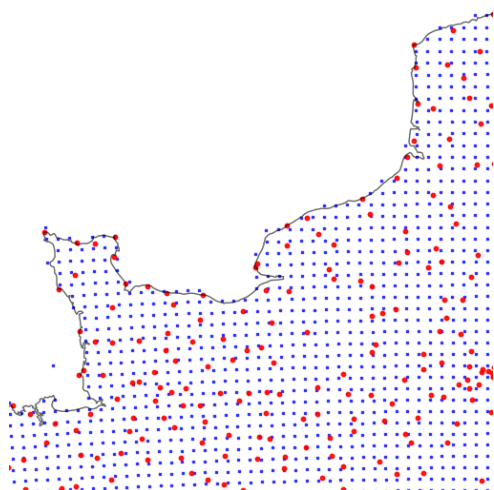


Figure 1- Maille de 8 km de la grille SIM (en bleu) et stations météo France (en rouge)

L'ensemble des constantes et paramètres des relevés couvre notamment :

- // La température minimale, maximale et moyenne quotidienne ;
- // Le volume de précipitation liquide et solide en moyenne par jour ;
- // Des taux d'humidité spécifique et relative ainsi que des sols, moyennés par jour ;
- // La force du vent ;
- // Des indicateurs de l'état du manteau neigeux ;
- // Des indicateurs des rayonnements, de l'évapotranspiration et d'autres phénomènes hydriques (drainage, ruissellement, ...).

Le système COMEPHORE est quant à lui une réanalyse horaire des précipitations par fusion des données radar et pluviométriques couvrant la France métropolitaine, avec une maille de point de 1x1km. Elle est élaborée depuis le 1^{er} janvier 1997 à partir des données radar, des données pluviométriques et, depuis 2007, de la classification des nuages MSG (15 min).

Trois paramètres au pas de temps horaire sont fournis :

- // Le cumul de précipitations RR ;
- // L'incertitude sur le cumul ERR (le niveau de précipitation se situe donc dans l'intervalle $[RR - ERR ; RR + ERR]$) ;
- // Un code de qualification de la disponibilité des données radar.

Ces données étant issue d'une modélisation elles sont complètes, sans donnée manquante.

La volumétrie de ces données est donc très importante, ce qui nécessite un outil de traitement adapté (réalisable sous Python ou R) puisque le recueil de l'ensemble des données SIM disponibles pour tous les points de la grille représente près de 250 millions de lignes et une vingtaine de variables. La volumétrie des données COMEPHORE est particulièrement conséquente invitant à l'extraction uniquement des points géographiques d'intérêt pour nos études.

Les consultants de Galea ont étudié les bases de données à disposition dans le cadre de travaux sur l'intégration du risque climatique. L'objectif de cette note est de partager un bref retour d'expérience sur l'état de ces données et leur traitement liminaire pour en faciliter la manipulation.

VÉRIFICATION DE LA FIABILITÉ DES DONNÉES SIM

Dans les précédentes notes du DataLab, nous avons présenté différentes méthodes d'interpolation des relevés Météo-France pour pallier les limites spatiales des données d'observations. L'objectif de la présente étude est d'évaluer dans quelle mesure l'utilisation exclusive de données de réanalyse permettrait de se substituer aux données in situ et à leur interpolation spatiale dans le cadre de travaux actuariels. À cette fin, nous avons analysé les écarts entre les données de réanalyse et les données d'observations.

Dans le cas du modèle SIM, les stations Météo France et les points de la grille SIM ont été associés selon la méthodologie suivante : le point de la grille SIM le plus proche de chaque station Météo France lui a été attribué, avec une interpolation des trois points SIM les plus proches, appliquée au-delà d'un seuil fixé après plusieurs tests afin d'optimiser l'équilibre précision / couverture spatiale.

RÉSULTATS POUR LES PRÉCIPITATIONS

L'analyse révèle une capacité satisfaisante du modèle SIM à classer correctement les jours secs et les jours de pluie, avec une performance (accuracy) de 94,3 %. Toutefois, l'estimation des quantités précises de précipitations affiche une erreur relative moyenne (MAPE) d'environ 37,3%. L'analyse géographique montre des variations de performance selon les zones :

- // Erreurs plus importantes observées en haute altitude ;
- // Variations selon la latitude et la longitude ;
- // Performance variable selon les saisons.

La carte de la figure 2 illustre, par exemple, les variations géographiques.

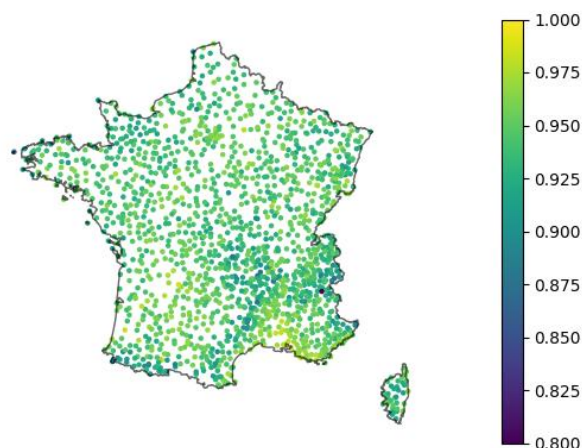


Figure 2 - Performance (accuracy) de détection des jours pluvieux des données SIM par rapport aux observations Météo-France.

Cette variabilité des performances pour les précipitations est cohérente avec les limites documentées dans la littérature scientifique concernant le modèle SAFRAN¹.

RÉSULTATS POUR LES TEMPÉRATURES

Les données de température montrent une excellente qualité avec une erreur relative moyenne de seulement 0,25 % (pour des températures converties en Kelvin) et un coefficient de détermination (R^2) de 0,97.

Comme pour les précipitations, des variations géographiques sont observées, avec des erreurs légèrement plus importantes dans certaines zones montagneuses.

VÉRIFICATION DE LA FIABILITÉ DES DONNÉES COMEPHORE

Pour les données COMEPHORE, limitées aux précipitations, nous avons réalisé un

¹ Quintana-Seguí, P., and Coauthors, 2008: Analysis of Near-Surface Atmospheric Variables: Validation of the SAFRAN

Analysis over France. *J. Appl. Meteor. Climatol.*, **47**, 92–107, <https://doi.org/10.1175/2007JAMC1636.1>.

appariement précis des stations Météo France avec les points les plus proches disponibles sur la grille fine de 1 km. Cette finesse spatiale permet une extraction directe des données sans nécessiter d'interpolation, garantissant ainsi une très haute précision géographique.

La validation effectuée montre une très bonne fiabilité, avec une précision remarquable pour distinguer les jours secs des jours pluvieux (accuracy de 97 %), comme l'illustre la figure 3, et une erreur relative moyenne limitée à 32 % pour l'estimation des quantités précipitées. Cette précision accrue constitue un réel avantage pour des analyses climatiques fines et détaillées, particulièrement utiles en contexte actuariel

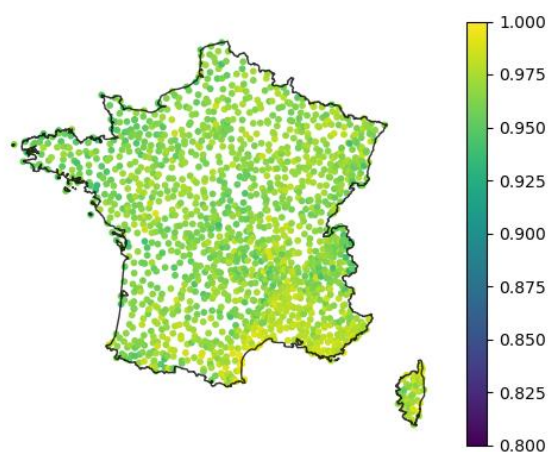


Figure 3 - Performance de détection des jours pluvieux des données COMEPHORE par rapport aux observations Météo-France.

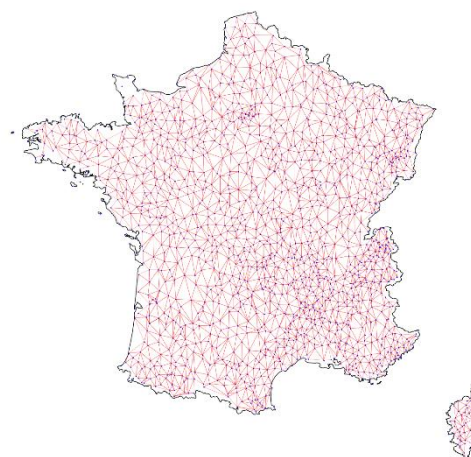
UTILISATION POUR L'ÉTUDE DU RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE

DES DONNÉES POUR AFFINER LES ÉCHELLES D'ANALYSE ...

Dans l'optique de l'appréhension du risque climatique, il est essentiel d'obtenir des données météorologiques fiables pour des points géographiques très précis. Traditionnellement, cette précision était obtenue grâce à une interpolation par triangulation de Delaunay à partir des stations météorologiques Météo

France. Toutefois, cette méthode, bien que robuste, présente des limites de précision, particulièrement accentuées dans les zones éloignées des stations (Figure 4).

Figure 4 – Triangulation de Delaunay réalisée à partir des stations Météo France



La réanalyse SIM permet de considérablement améliorer cette précision spatiale, grâce à sa grille régulière de points espacés de seulement 8 km, assurant une couverture homogène et dense du territoire. Les interpolations par triangulation gagnent ainsi fortement en précision (Figures 5.1 et 5.2).

Enfin, avec les données COMEPHORE, l'avantage est encore plus marqué : aucune interpolation n'est nécessaire, puisque la grille très fine (1 km x 1 km) permet d'extraire directement et précisément les données climatiques correspondant à n'importe quel point géographique d'intérêt. Cette caractéristique constitue un réel atout pour les analyses actuarielles, avec tout de même la nécessité d'une utilisation éclairée de ces données, due aux écarts relatifs des quantités précipitées.

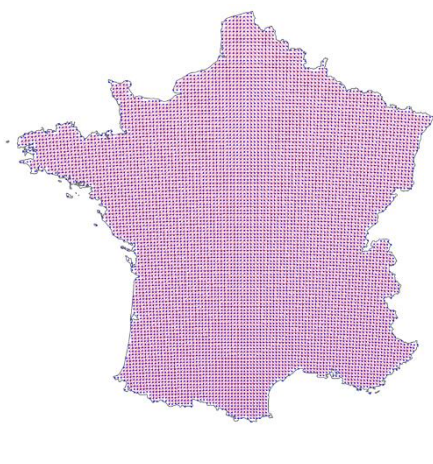


Figure 5.1 Triangulation de Delaunay réalisée à partir des points de la grille SIM

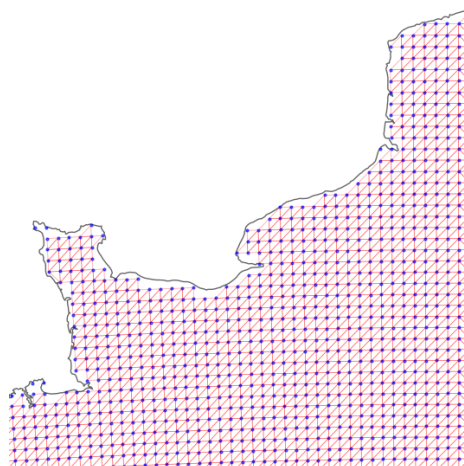


Figure 5.2 Triangulation de Delaunay réalisée à partir des points de la grille SIM zoomée sur la Normandie

... ET QUI PARTICIPENT AINSI AU DÉVELOPPEMENT DE LA GESTION DU RISQUE CLIMATIQUE

L'accès à des données climatiques à haute résolution, tant sur le plan spatial que temporel, constitue un atout majeur pour les travaux actuariels relatifs aux risques liés au changement climatique, en assurance de biens comme en assurance de personnes.

En assurance de biens, elle facilite l'évaluation fine de l'exposition aux événements extrêmes (inondations, sécheresses, tempêtes, feux de forêt) à l'échelle de la parcelle, du bâtiment ou de la zone microclimatique. Une telle approche

améliore sensiblement la calibration des distributions de pertes, la segmentation des portefeuilles et l'ajustement des hypothèses de tarification, tout en affinant les stratégies de réassurance.

Dans le domaine de l'assurance de personnes, ces données permettent de caractériser plus finement les effets sanitaires du climat selon les contextes locaux en intégrant les données socio-démographiques : impact différencié des vagues de chaleur sur la mortalité, ou encore dynamique territoriale des maladies vectorielles. Intégrer ces dimensions dans les modèles actuariels permet d'améliorer la projection des charges futures et d'enrichir la compréhension des déterminants climatiques de la sinistralité.

Au-delà de l'enrichissement des modèles, l'usage de données fines présente un intérêt croissant dans le cadre réglementaire. Elles permettent notamment d'alimenter les exercices de stress tests climatiques internes demandés par les autorités de supervision, dans le prolongement des recommandations de l'EIOPA et du cadre de Solvabilité II. En croisant les scénarios climatiques prospectifs (issus par exemple du GIEC ou de Copernicus) avec les expositions assurées à une échelle géographique détaillée, les assureurs peuvent simuler des impacts crédibles sur leurs portefeuilles à moyen et long terme, tant en termes de fréquence d'événements que de pertes potentielles.

Cette capacité à projeter les effets du changement climatique de façon différenciée selon les territoires et les lignes d'activité devient un élément clé pour piloter les risques climatiques, anticiper les déséquilibres de couverture, et répondre aux exigences de résilience et de gestion des risques posées par les régulateurs.

CONCLUSION

Les données de réanalyse SIM et COMEPHORE proposées par Météo France constituent une avancée importante pour les analyses actuarielles du risque climatique. Malgré certaines limites identifiées en termes de performance, notamment pour les quantités précises de précipitations, leur couverture spatiale étendue et leur fiabilité représentent une opportunité réelle pour affiner les modèles d'évaluation des risques climatiques et améliorer la précision des stratégies d'assurance face au changement climatique.

Les consultants de GALEA sont à votre disposition pour plus de précisions sur le contenu de cette note et pour vous accompagner dans l'intégration des nouveaux risques climatiques, de l'utilisation des données à la mise en place de modèles adaptés, en conformité avec les dernières recommandations réglementaires et sectorielles sur le risque climatique, telles que celles émises par l'EIOPA et l'AAI.



<https://www.galea-associes.eu/>

Pour retrouver nos précédents articles :

1. [Où trouver des données climat ? Les données Météo France](#)
2. [Où trouver des données climat ? Les données climatiques DRIAS](#)
3. [Quelques utilisations des données météo : impact de la météo, et plus particulièrement des pics de chaleur humide sur la surmortalité](#)
4. [Où trouver des données climat ? Les données Météo France 2024 \(RADOME\)](#)