



JOURNÉES iARD 2025

BY
Institut.



Actuaires et IA générative :
réinventer l'assurance IARD

13 & 14 mars 2025 - STRASBOURG

IAG et *stochastic weather generator* pour une assurance paramétrique climatique



Stella Jovet
Co-fondatrice
Orakle Weather



Etienne Raynal
Doctorant
GALEA

Présentation de l'assurance paramétrique



Définition 01

02

03



Définition d'un paramètre



Définition d'un seuil



Définition d'un montant forfaitaire

- L'assurance paramétrique couvre la **survenue d'un aléa** générateur de sinistre, représenté par **un ou plusieurs paramètres**, on parle d'**indice**.
- Le remboursement peut se faire de **manière automatique** une fois le dépassement mesuré.

Présentation de l'assurance paramétrique



Les +	Les -
<ul style="list-style-type: none">• Grace à la numérisation généralisée et à la data science :<ul style="list-style-type: none">• + de données disponibles• des données + facilement exploitables• + de qualité dans les donnéesDonc mise en place facilitée.• Rapidité de l'indemnisation.• Réduction de la fraude et des coûts d'expertise.• Réduction de l'aléa moral.• Réduction de l'anti-sélection.• Réduction du risque de litige.	<ul style="list-style-type: none">• On parle de « risque de base » pour désigner le risque que l'indice utilisé pour définir l'indemnité ne reflète pas complètement le niveau du sinistre.• Il peut être difficile de construire le bon indice.• Aversion au risque possible des assurés ayant compris ce risque de base.• Flou juridique (limité) lié au principe indemnitaire.

Présentation de l'assurance paramétrique



- Dans le cas de l'assurance climatique :
 - Les données sont nombreuses.
 - Les institutions météorologiques peuvent servir de tiers de confiance pour mesurer les indices.
 - Certains risques ne sont pour l'instant pas bien couverts.
- Selon un rapport de l'ONU, l'assurance paramétrique fait partie des **solutions** pour combler le déficit d'assurance des populations et communautés vulnérables face aux **événements climatiques**.
- L'assurance paramétrique constitue une innovation prometteuse pour renforcer la résilience des sociétés face aux risques émergents.

17 milliards de prime
Volume de primes en 2024

12%
Croissance annuelle



Présentation du cas d'étude

L'assurance mauvais temps Orakle Weather



VERTICALES



Séjours



Activité de plein air

ORAKLE
WEATHER

GARANTIES

Annulation

- Basé sur des prévisions météo
- Remboursement jusqu'à 100%

Maintien

- Basé sur des données d'observation
- Remboursement jusqu'à 50%

Présentation du cas d'étude

Une police d'assurance paramétrique



01

02

03



Définition d'un paramètre :
précipitations



Définition d'un seuil :
e.g. 3mm de précipitations



Définition d'un montant forfaitaire :
e.g. 50€

Présentation du cas d'étude

Une assurance affinitaire

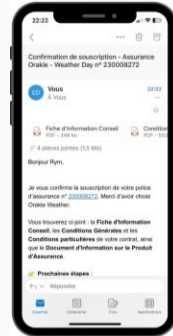


Achat de l'assurance intégré dans le parcours de vente de l'entreprise partenaire

1

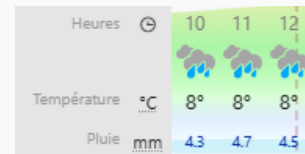
Tarification basée sur la localisation et la date

Connection API



Le client reçoit les documents contractuels

2



Il pleut pendant le séjour

3

Orakle mesure l'atteinte du seuil



Le client est notifié par mail

4

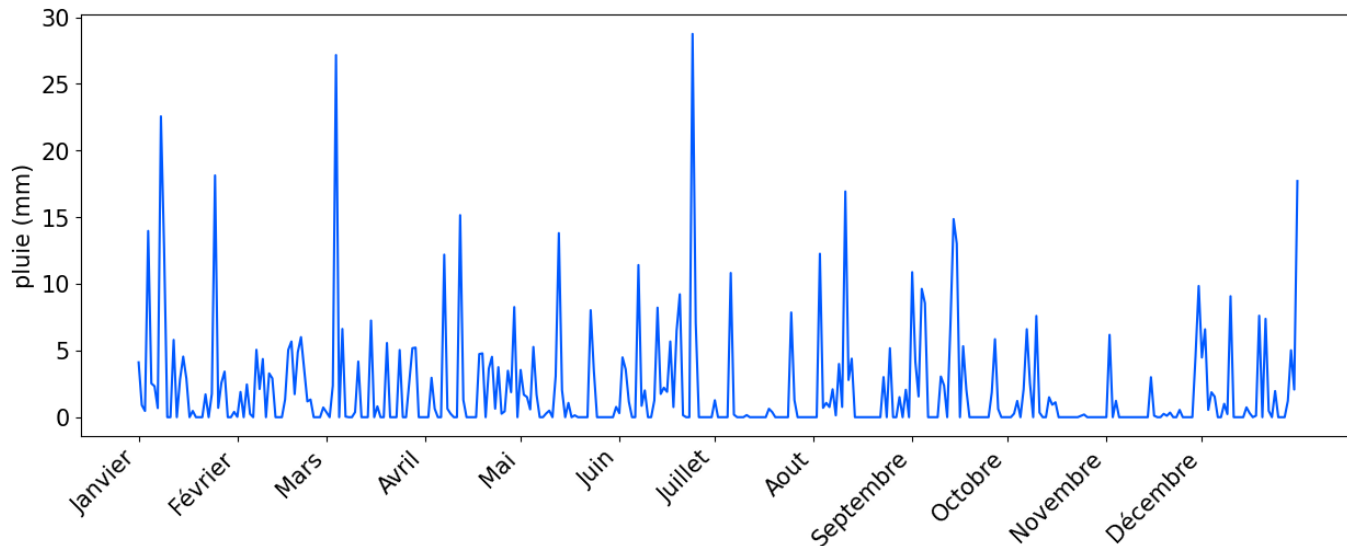


Le client est indemnisé sous 1j ouvré

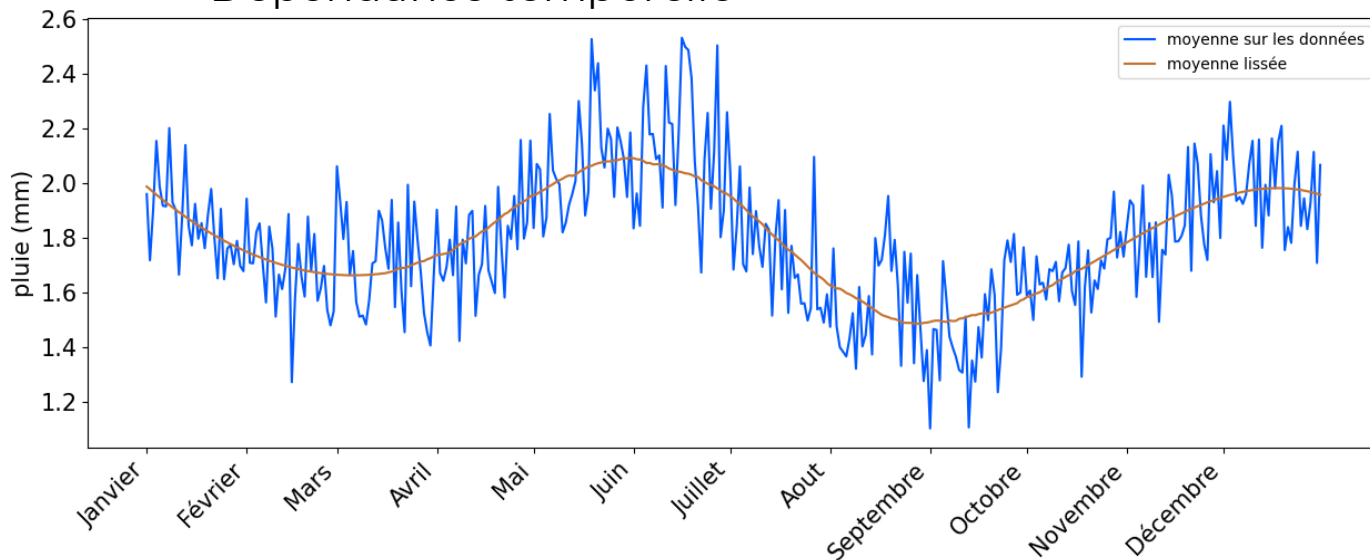
5

Les données de pluie

- Une donnée individuelle (1 an de pluie sur un département)

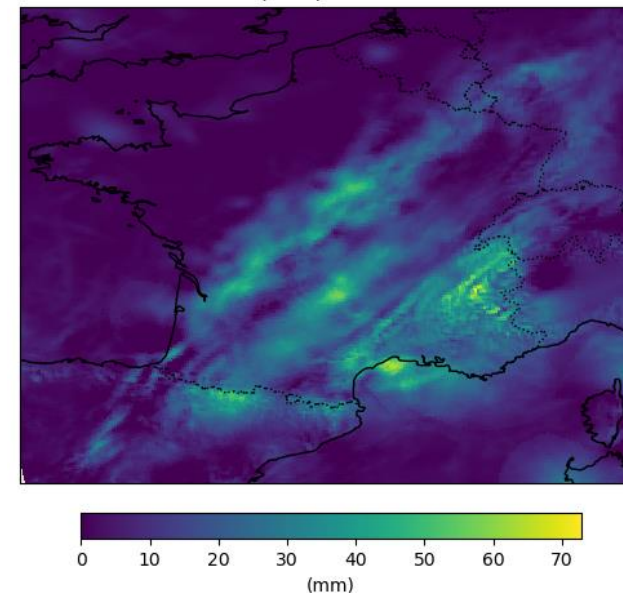


- Dépendance temporelle



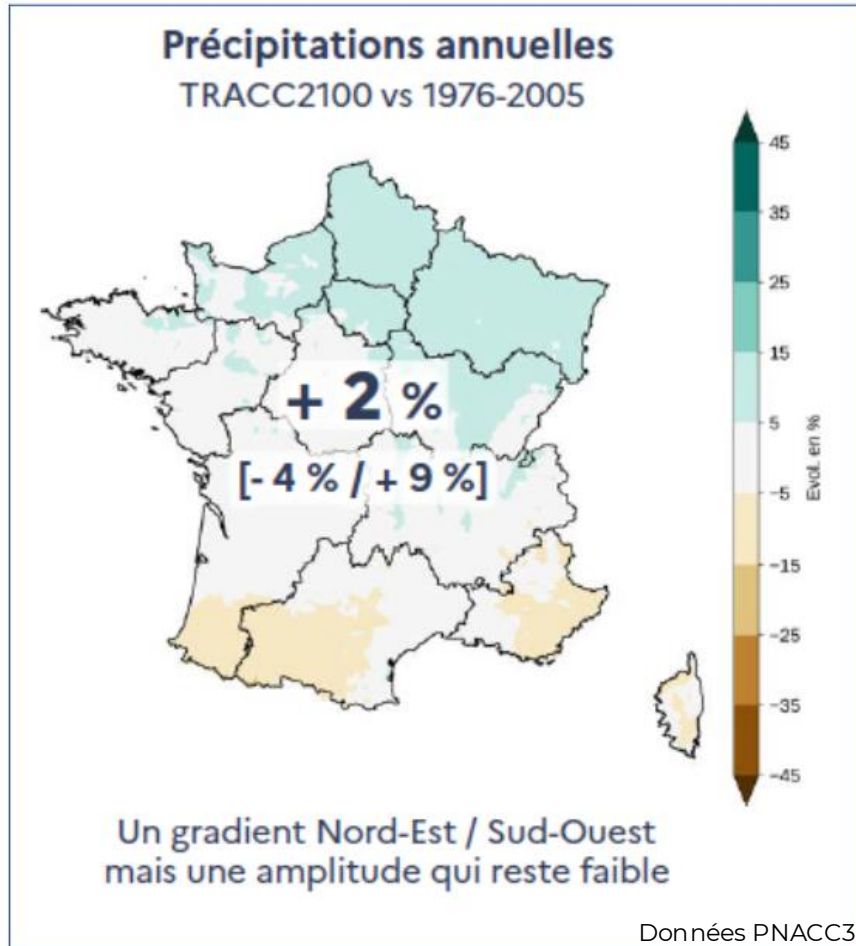
- Dépendance spatiale

Montant de précipitation 2013-10-05

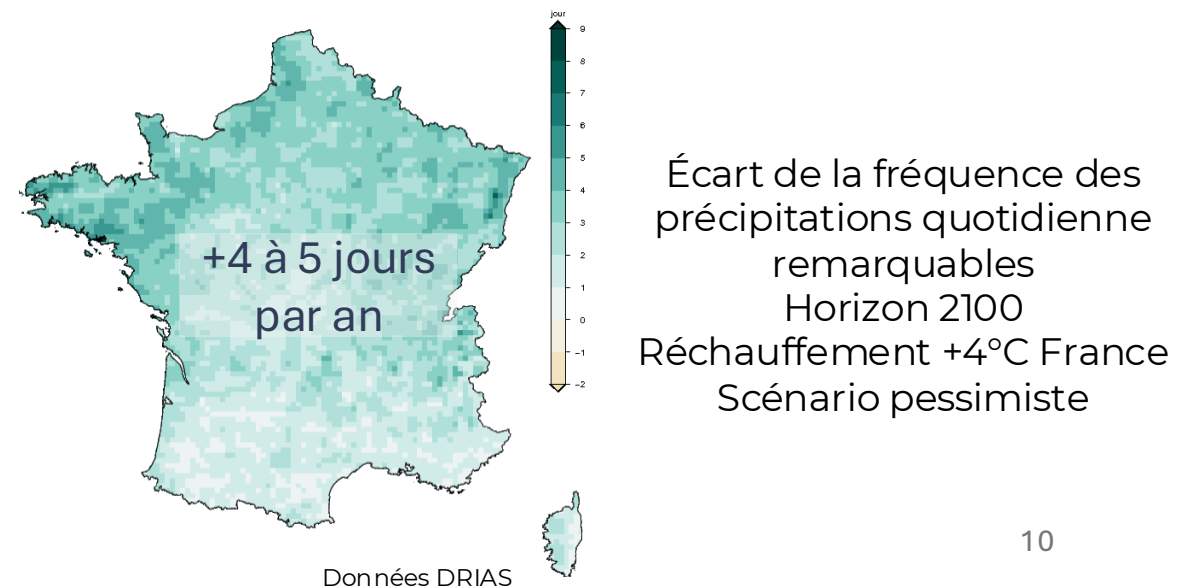


Objectif : générer des données de pluie qui gardent les trois structures (individuelle/temporelle/spatiale)

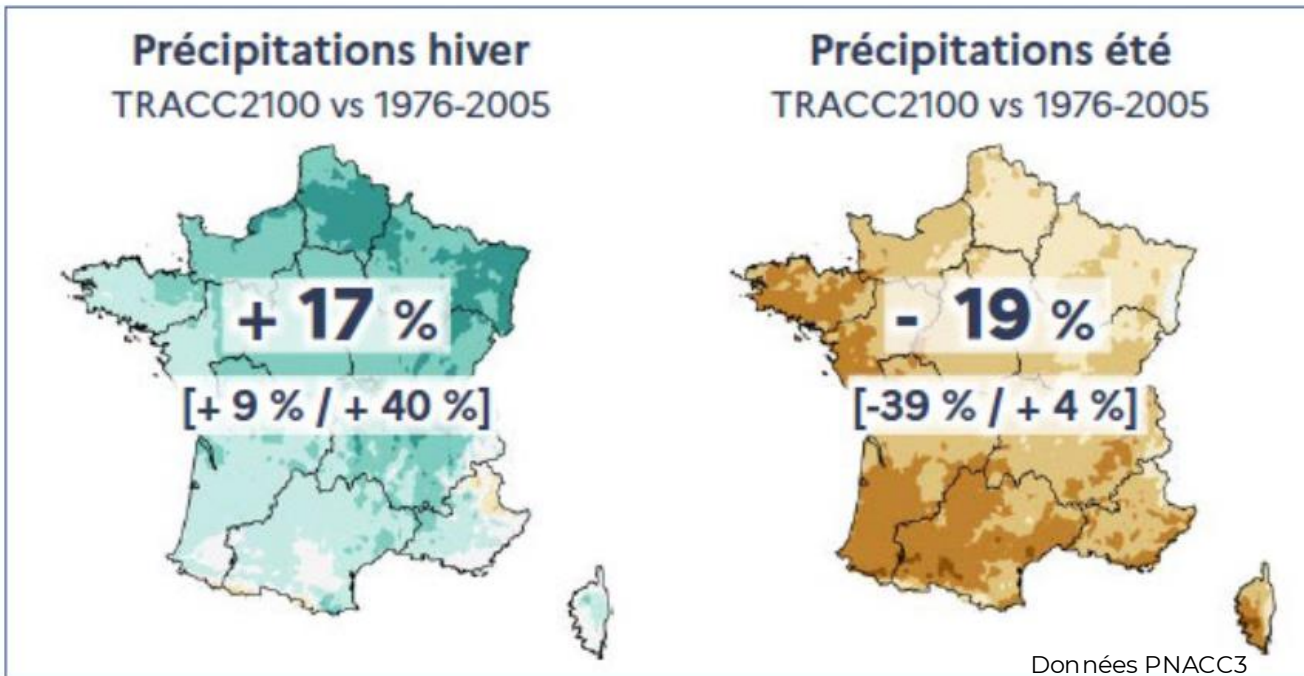
L'impact du changement climatique sur le régime des pluies



- Cumul annuel des précipitations :
 - légère baisse sur la moitié Sud,
 - légère hausse sur la moitié Nord.
- **Forts degrés d'incertitude**
- Ce qu'on ne voit pas sur le graphique :
 - Hausse en fréquence des pluies extrêmes



L'impact du changement climatique sur le régime des pluies



- Forte **modification de la saisonnalité** :
 - augmentation des précipitations en hiver,
 - diminution des précipitations en été.

Ces modifications réduisent le nombre de données d'entraînement pour un climat donné

Des générateurs de scénarios météorologiques



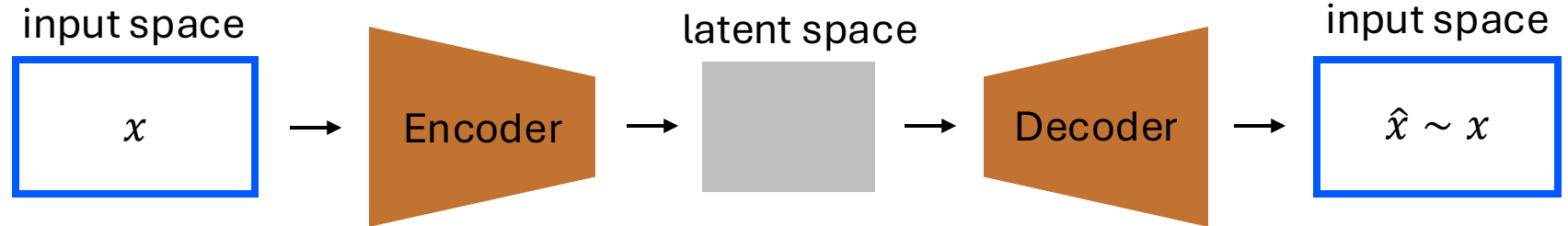
- Les modèles climatiques, globaux et régionaux, sont des outils puissants pour simuler le système climatique et projeter son évolution possible.
- Leur coût informatique élevé limite le nombre de simulations.
- Les **Stochastic Weather Generators** (SWG) sont comme des GSE mais pour simuler des variables météorologiques. Ils sont calibrés pour reproduire au mieux les propriétés statistiques des variables climatiques, en termes de **distribution**, de **corrélations spatiales** et **temporelles**, ou de **dépendance entre les variables** pour les modèles multivariés.
- Ces modèles sont très utilisés en sciences de la météo et du climat.
- Ils ont notamment été utilisés pour la pluie en France (Gobet et. al., 2024)
- Des récents travaux en finance montrent l'usage des techniques de génération par de l'apprentissage pour les données financières. L'idée est d'appliquer ces méthodes pour les données météo.

Objectif : augmenter le nombre de données de pluie, dans un climat donné, pour la gestion prudentielle du risque

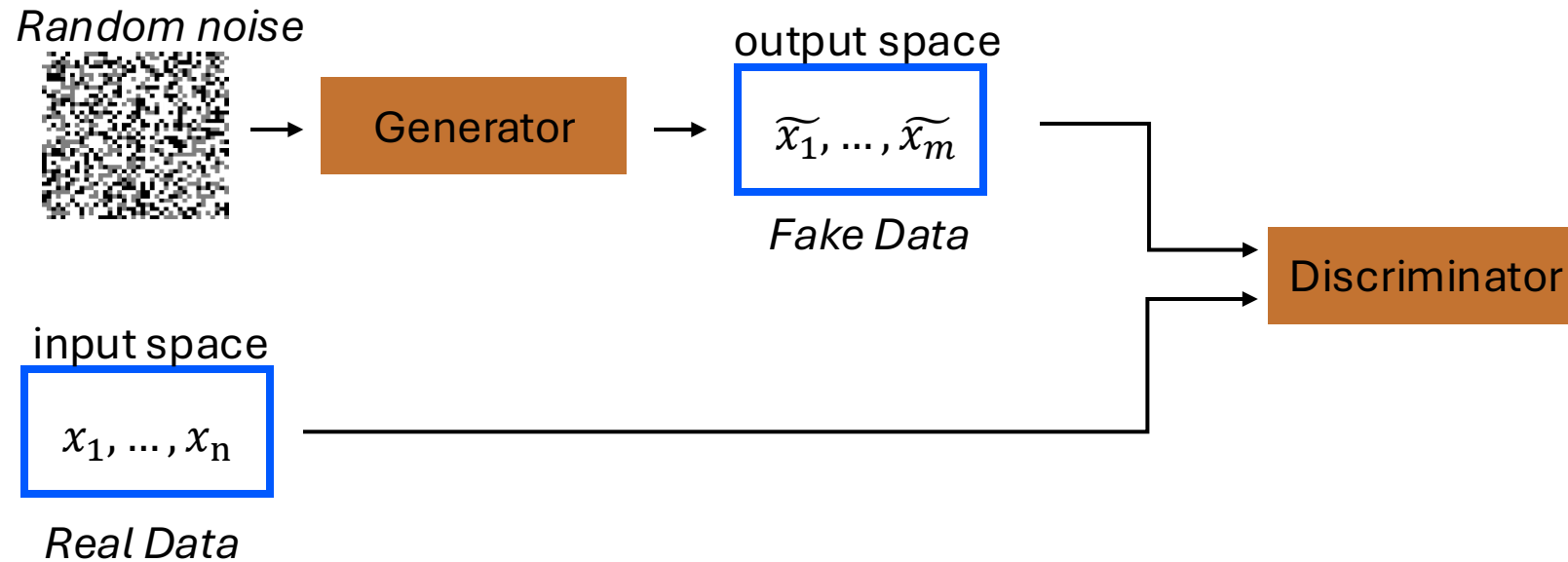
Les méthodes d'AG classiques



- variational autoencoders VAE



- generative adversarial networks GAN

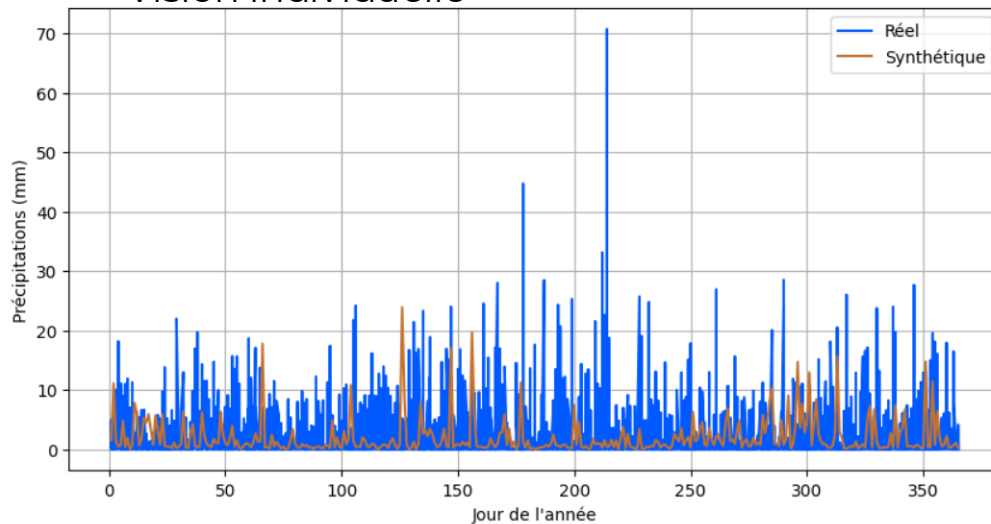


- Ces deux modèles ont été exploités dans le **cadre spécifique des séries temporelles** (TimeGAN et MaskedVAE)

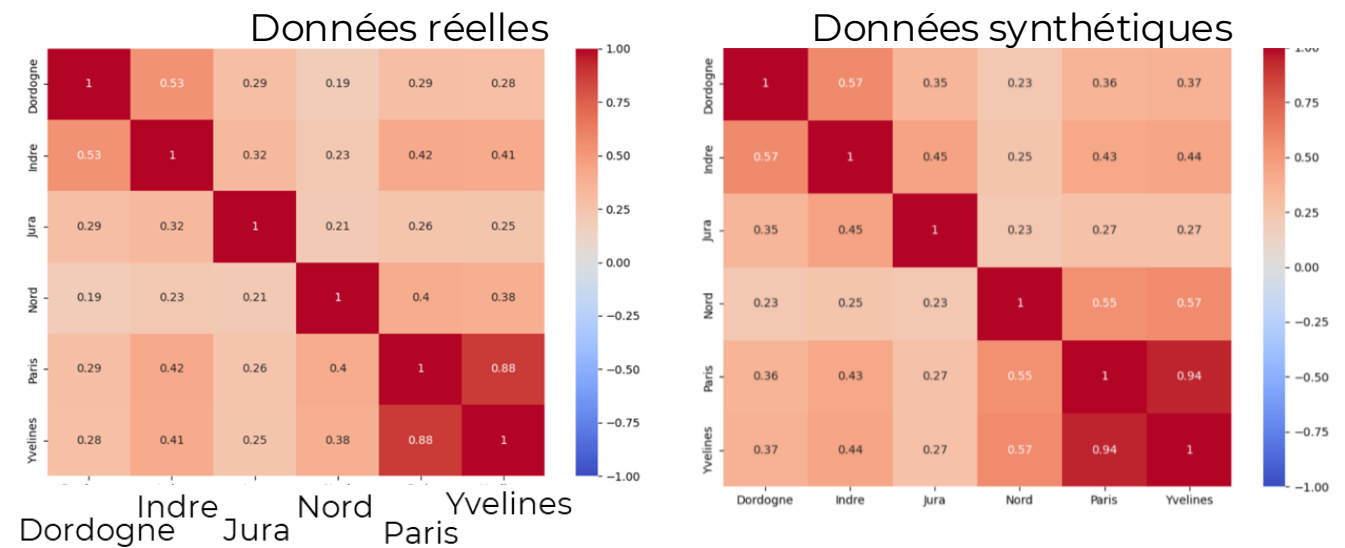
Les méthodes d'IAG appliquées aux séries temporelles de pluie



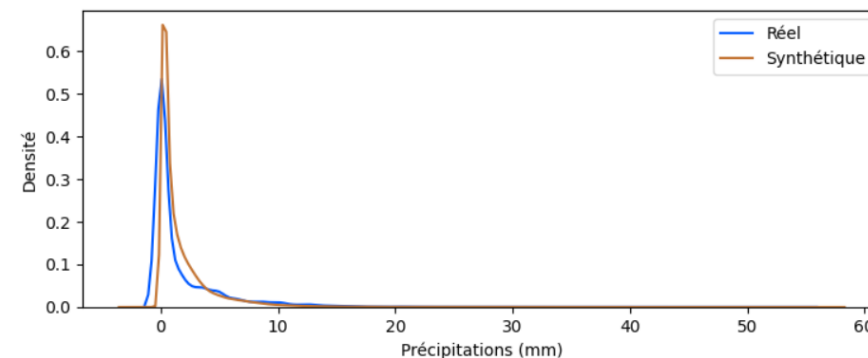
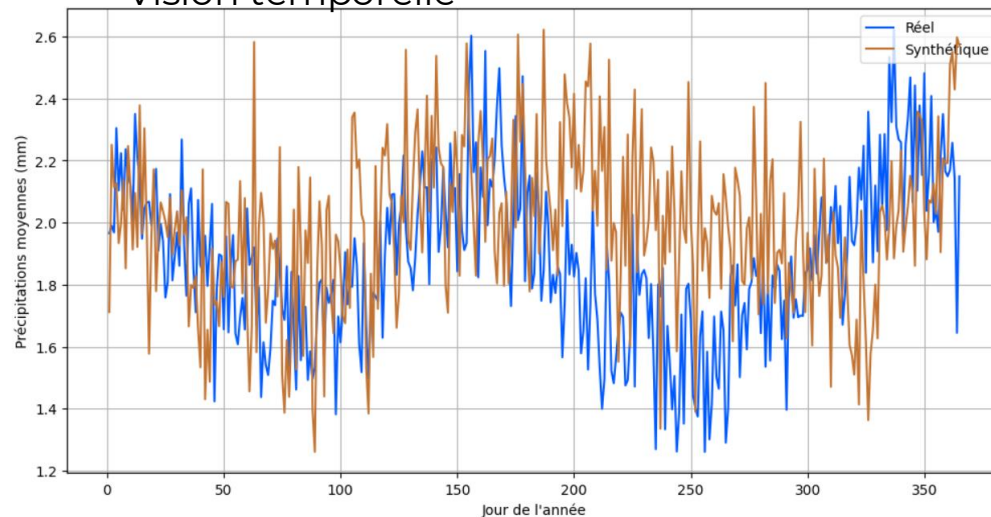
- Vision individuelle



- Les modèles ont du mal à capturer les trois structures (individuelle/temporelle/spatiale)



- Vision temporelle



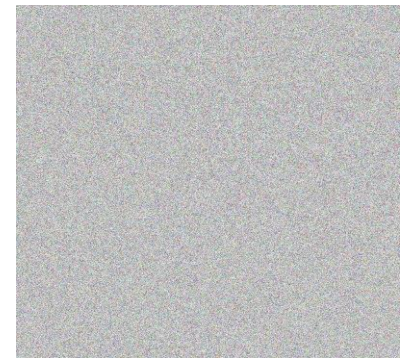
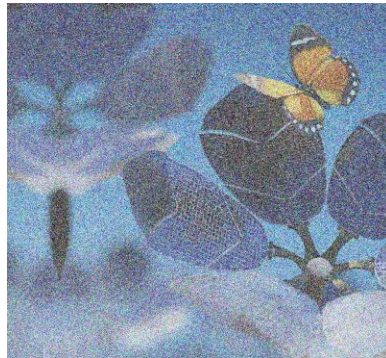
Approche par les images : à partir des données de réanalyse



- La génération d'image a connu de très forts progrès récemment grâce à la technique des **diffuseurs**.

Diffusion : addition de bruit blanc avec l'équation d'Ornstein Uhlenbeck

$$dx_t = -x_t dt + \sqrt{2} dW_t$$



Diffusion inverse : $dx_{t'} = -(x_{t'} + 2 \underbrace{\nabla \log p_{t'}(x_{t'})}_{\text{score}}) dt + \sqrt{2} dW_{t'}$

Approximable par un réseau de neurones



- Il s'agit d'un problème de débruitage réalisé par minimisation de l'erreur d'estimation

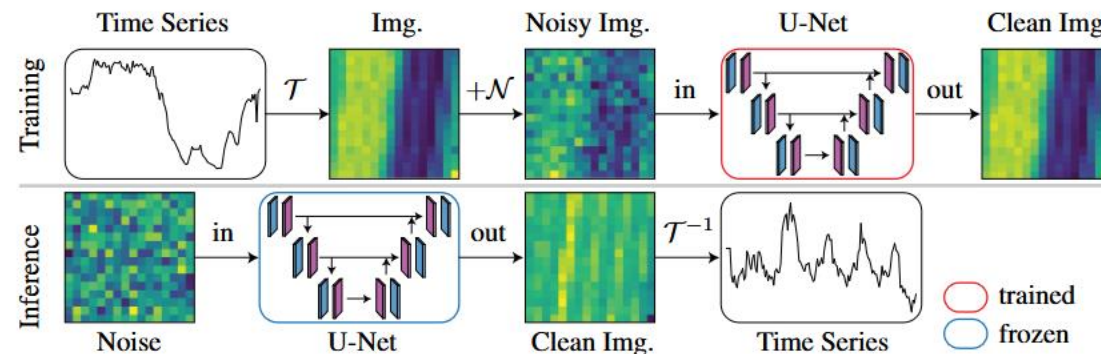
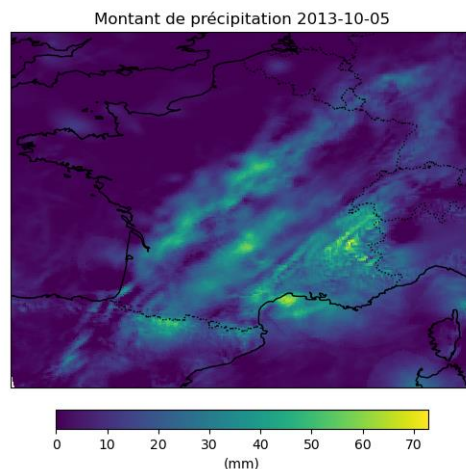
Approche par les images : à partir des données de réanalyse



- Constat : cela marche très bien en pratique sur les images (*deep fakes*)



- Idée : faire la même chose sur des données de pluie



(Naiman et. al., 2024)

Bilan de la génération de données synthétiques



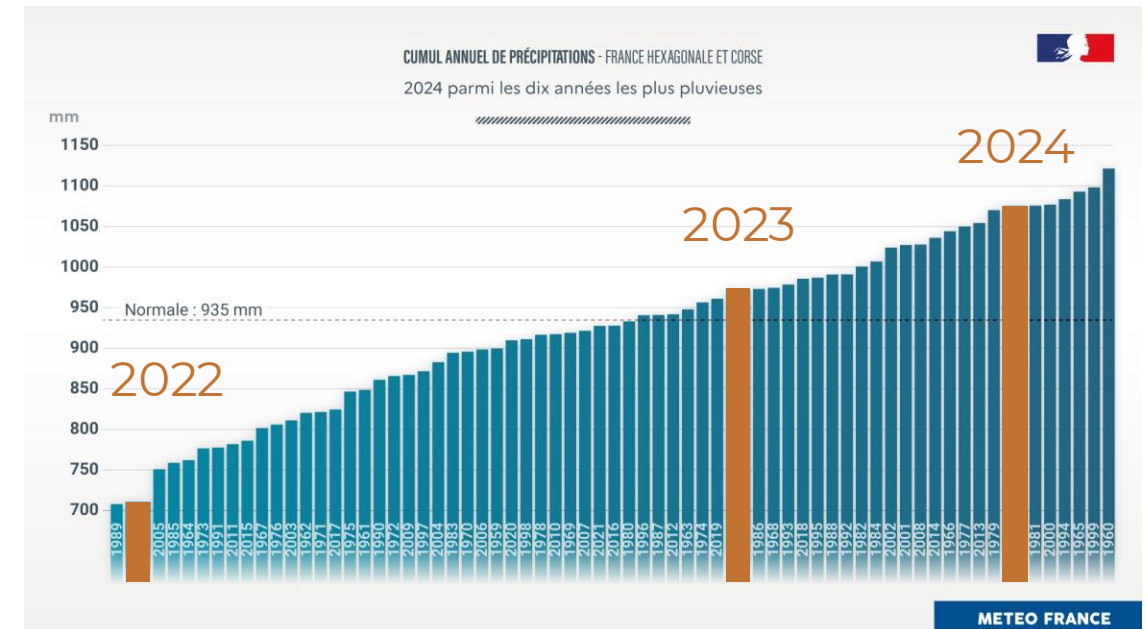
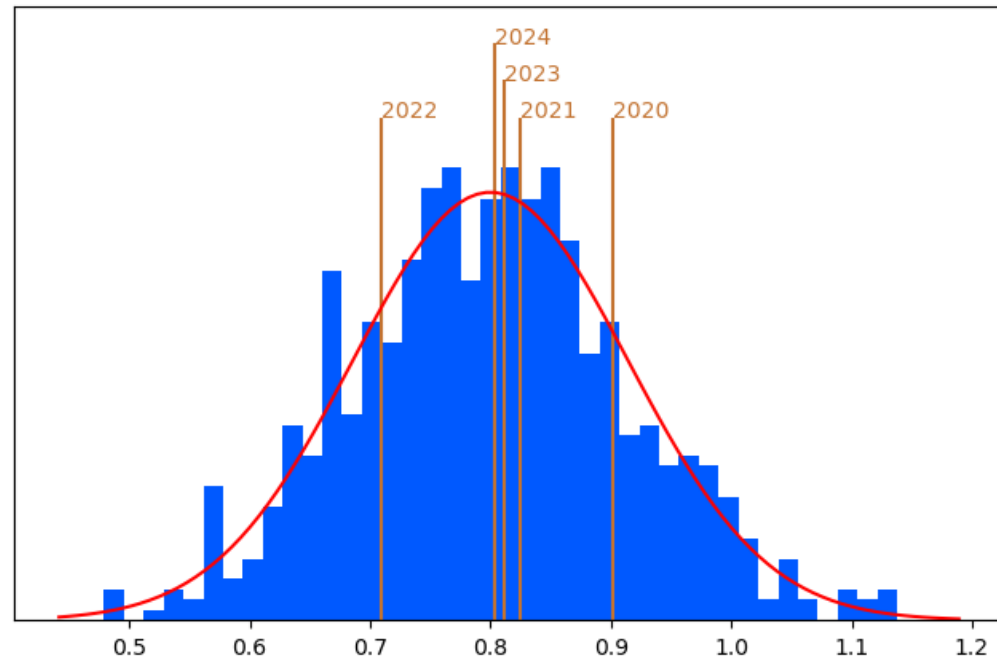
- Problématique du nombre limité de données d'apprentissage.
 - Comment exploiter d'autres données pour augmenter les capacités du modèle ?
- Difficulté de savoir si le modèle copie et interpole ou s'il généralise la distribution.
 - Comment mesure la généralisation et s'assurer d'avoir suffisamment de données d'entraînement pour que ce soit le cas ?
- Difficultés techniques liées à l'implémentation.
 - Comment s'équiper pour faire tourner de tels modèles ?
 - Jusqu'où entraîner le modèle ?
- Difficultés liées à la spécificité des données de pluie.
 - Quelle transformation des modèles existants permettent de capter les trois structures (individuelle/temporelle/spatiale) de manière plus efficace ?

Gestion du risque de pluie



- L'accès à de nombreuses données permet de répondre :
 - Quelle est la distribution de mon S/P dans le climat actuel ?

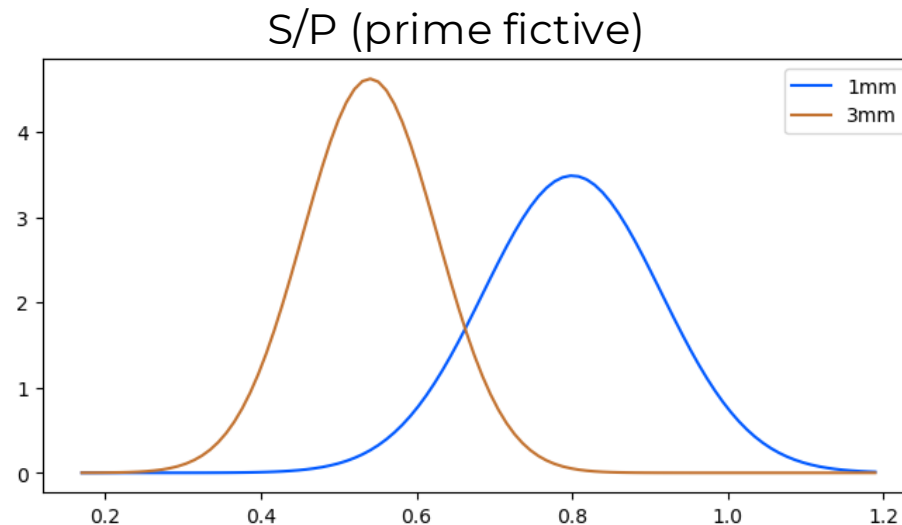
S/P (prime fictive)



Gestion du risque de pluie



- D'autres **sensibilités** peuvent également être calculées :
 - Assurance d'un très gros évènement qui vient perturber la mutualisation. Exemple du marathon de Paris :
 - 53818 participantes et participants.
 - Prix : 110€ - 150€.
 - Montant total assurée 6,9M€.
 - Changement de seuil pour la pluie :
 - On considère habituellement qu'il pleut lorsque les précipitations > 1 mm.
 - Entre 1 mm et 3 mm pluie très fine qui n'empêche pas forcément les activités extérieures.



Gestion du risque de pluie



- L'approche par génération de données peut permettre de mieux appréhender les risques et permet de répondre aux questions suivantes :
 - **Capital requis** ?
 - **Perte extrême** probable ?
 - Evolution du S/P en fonction du scénario de réchauffement climatique ?
 - Prix de la **réassurance** ?
 - **Diversification** géographique ?

Conclusion



- L'approche par génération de données est un **réel atout** pour la gestion des risques dans le contexte du risque climatique.
- Les outils mobilisés peuvent être utilisés dans le cadre de **stress tests climatiques** pour de l'assurance classique.
 - Génération de canicule pour la mortalité.
 - Génération de sécheresse des sols pour le retrait gonflement des argiles.
- Mais le problème soulève de **nombreuses questions** et reste **difficile à bien modéliser**.
- Des équipes **pluridisciplinaires** (actuaire/data scientist/climatologues/...) ont une valeur ajoutée pour appréhender la complexité des problèmes modélisés.
- Le partage des méthodes/données/outils est un moteur de l'avancée rapide du domaine.
- Malgré ses avantages réels, **l'IAG est très gourmande en énergie et en ressources**. Se pose donc la question de l'usage de cette technologie. N'aggrave t'on pas le problème climatique en essayant d'y faire face avec ce type d'outil ?

A vibrant orange and black butterfly is perched on a blue flower with a grid-like pattern. The background is a soft, out-of-focus blue sky with other blurred flowers. The text is overlaid in white on the left side of the image.

**Merci pour votre écoute !
C'est l'heure des questions**