

Rejouer la météo :

Apport des générateurs stochastiques



Weather states



Lionel Benoit



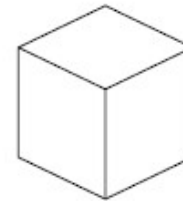
Journée scientifique



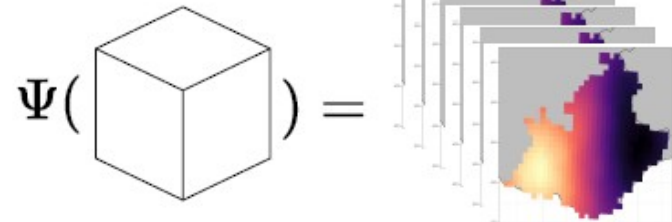
Avec le support de



Sample a multivariate random field



Transform to weather variables



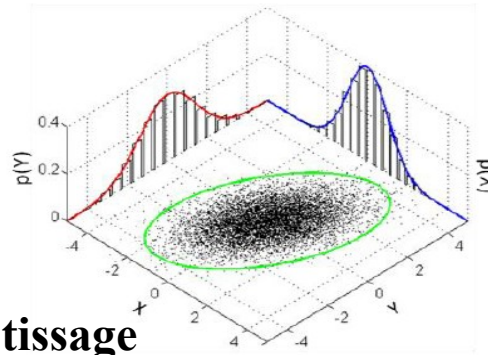
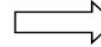
Introduction: définition

Qu'est ce qu'un générateur stochastique de conditions météorologiques ?
stochastic weather generator (SWG)

→ *Modèle probabiliste (empirique) du climat local...*

Observations météorologiques

Loi de probabilité (multivariée)



Apprentissage
(statistique / machine learning)

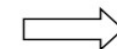
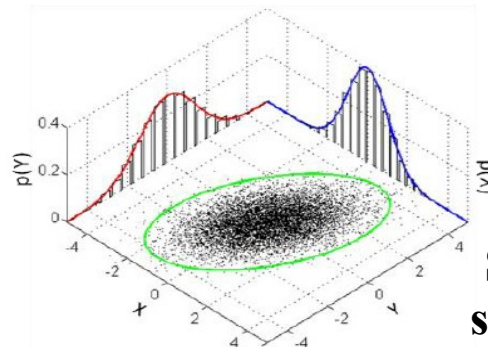


→ ... *simulant des chroniques synthétiques mais réalistes de conditions météo*

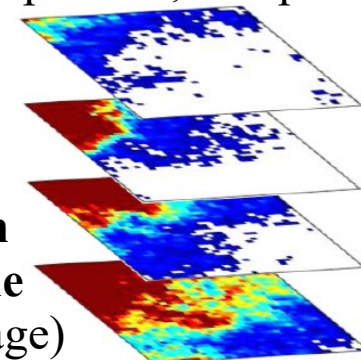
Loi de probabilité

Variables simulées

(p. ex. Precipitation, Température, Vent)



Simulation stochastique
(échantillonnage)



Introduction: applications

Quelles utilisations pour les SWGs?

→ *Étude d'évènements climatiques à fort impact mais d'intensité non-extrême*



Séquence sec - humide



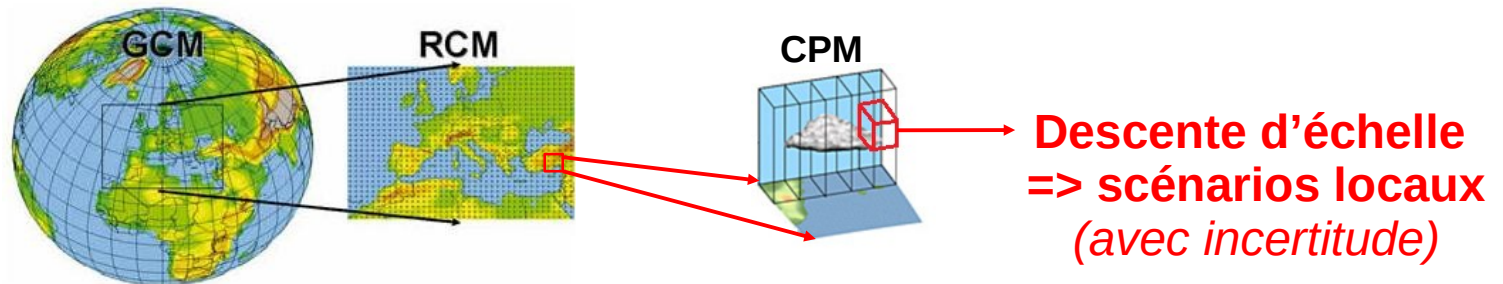
Gel tardif



Pluie sur neige

→ *Caractérisation de l'incertitude dans les chaînes de modélisation climatique*

* Descente d'échelle pour évaluer l'impact des projections climatiques sur les territoires



* Simulation d'entrées pour modèles d'impact climat → environnement
(p. ex. modèle de cultures, hydrologique, risques gravitaires, prod. énergie renouvelable)

Introduction: modèles

Quels modèles sous-jacents ?

→ *Modèles paramétriques*

- * Processus ponctuels, chaînes de Markov, champs aléatoires Gaussiens (Géostatistiques)

→ *Modèles d'IA générative*

- * Auto-encodeurs variationnels (VAE), réseaux antagonistes (GAN), modèles de diffusion

Spécificité de la chaire Geolearning: dépendances spatio-temporelles

→ *Modèles paramétriques*

- * MSTWeatherGen : Générateur spatio-temporel et multivarié à l'échelle régionale
- * Modèle stochastique de précipitations orographiques

→ *Modèles de diffusion*

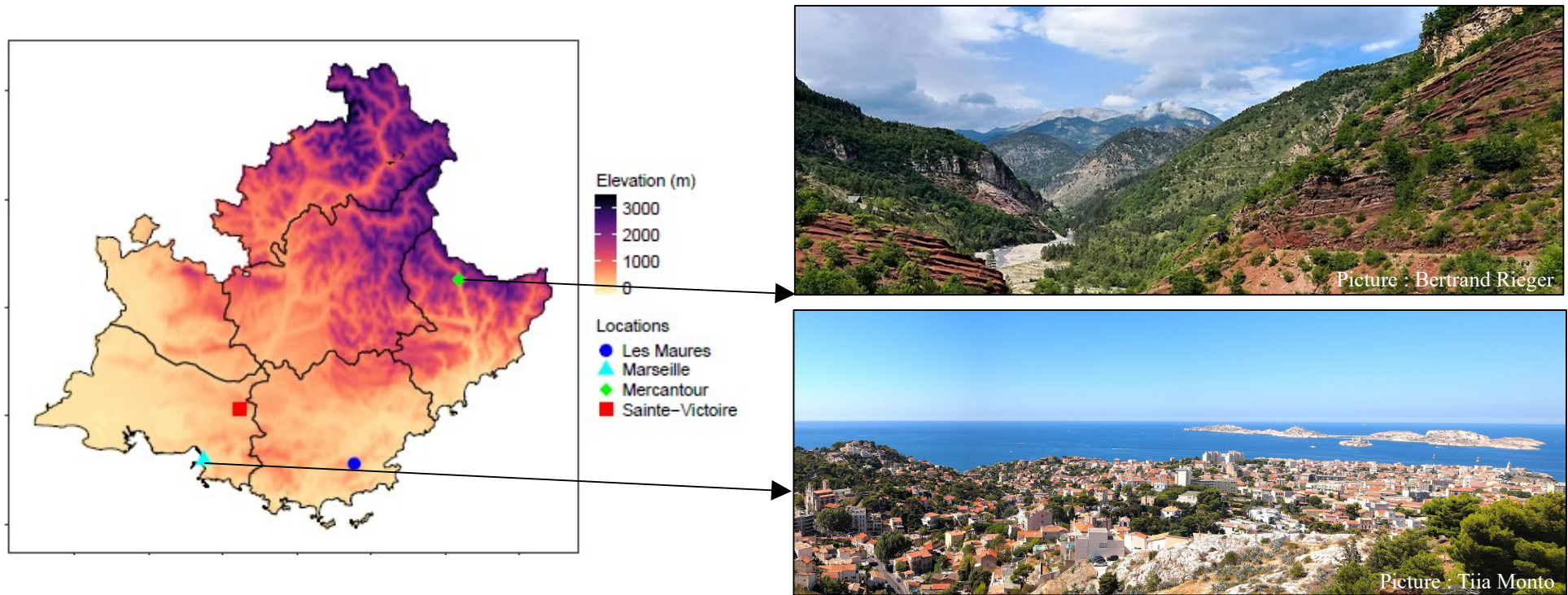
- * CSDI pour séries temporelles hydrologiques multi-sites
- * Modèles de diffusion spatiaux pour pluies extrêmes

Illustration: MSTWeatherGen

Objectif: SWG à l'échelle journalière et régionale

→ 6 variables: *précipitation, humidité, radiation, vent, température min & max*

→ *Test sur la région Provence-Alpes-Côte d'Azur (grande diversité climatique)*



→ *Jeu d'entraînement: réanalyse SAFRAN (résolution 8 km) - 2012-2021*

→ *Modèle: chaîne de Markov + champs aléatoires spatio-temporels et multivariés*

→ *Applications envisagées: risque d'incendie, maladies des cultures*

Illustration: MSTWeatherGen

Résultats: statistiques climatiques à Marseille

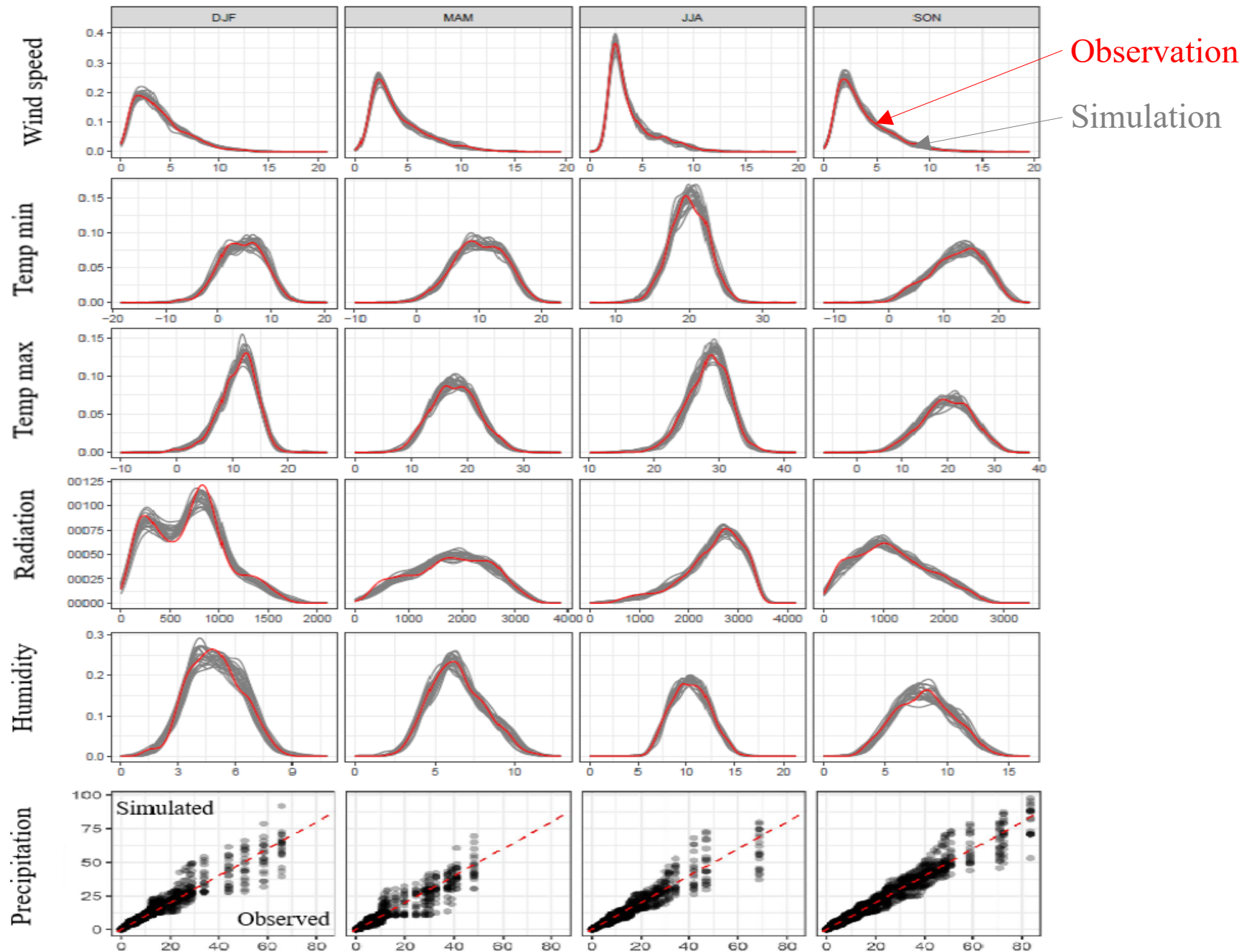


Illustration: MSTWeatherGen

Résultats: distribution spatiale des épisodes de sécheresse estivale

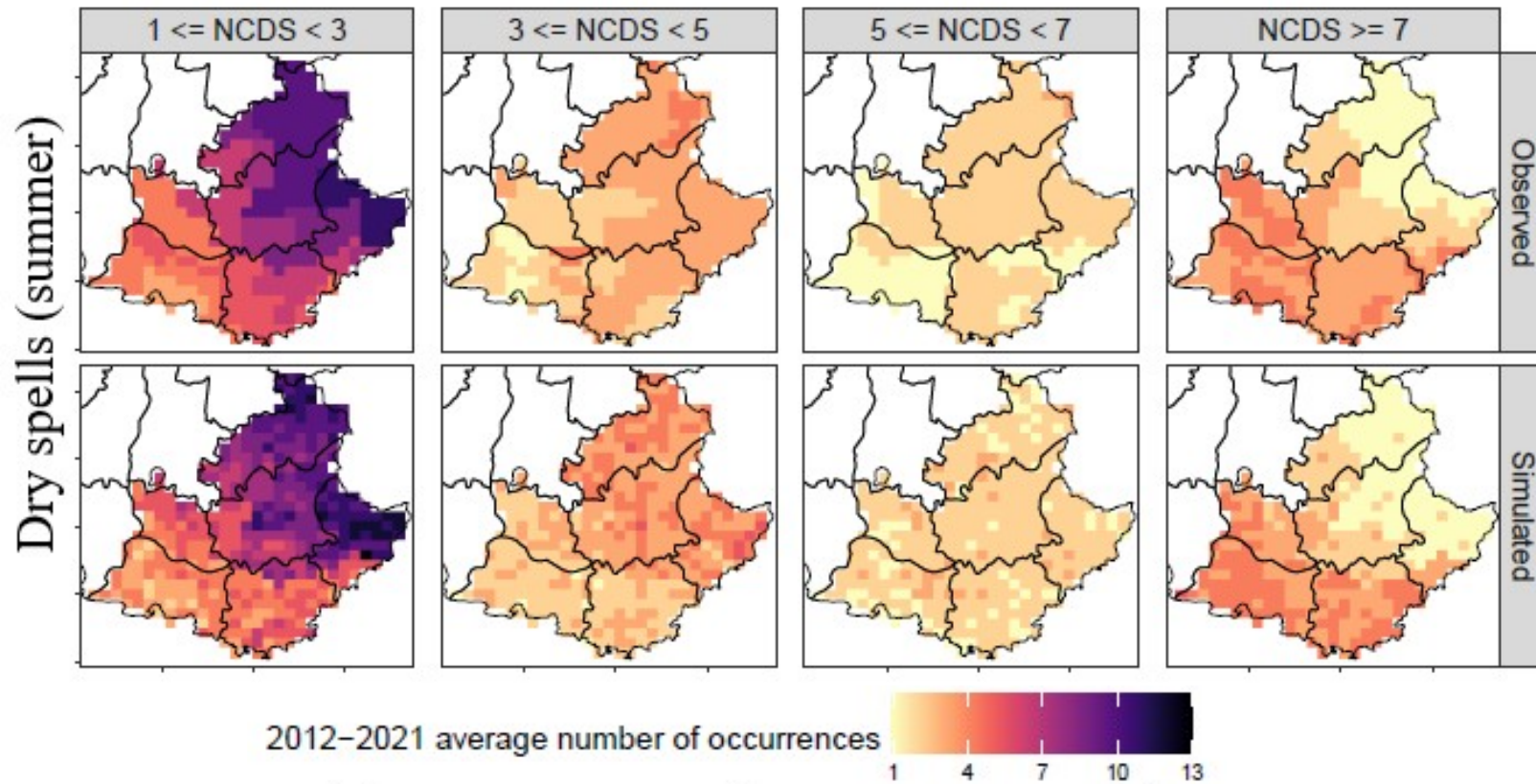
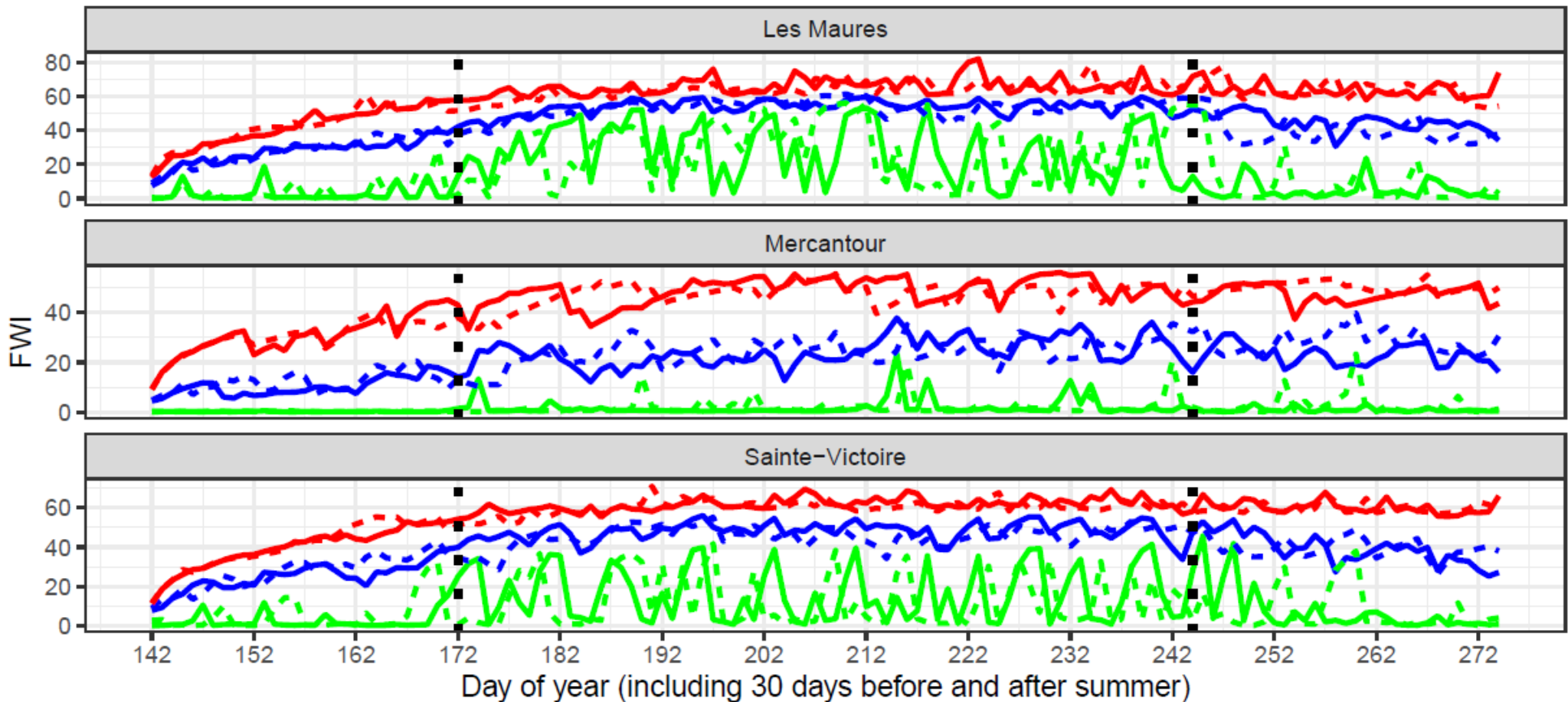


Illustration: MSTWeatherGen

Résultats: séries-temporelles multi-sites de l'indice feu-météo (FWI)

→ *Proxy pour le risque incendie*

→ *Calculé à partir du FWI de la veille + Temp, Precip, Vent, Humid. du jour.*



Statistic — Mean — Min — Max Type — Observed — Simulated

Les SWGs aujourd'hui:

Des outils opérationnels issus de modèles paramétriques

→ *Package-R MSTWeatherGen: [chair-geolearning.github.io/MSTWeatherGen/](https://github.com/chair-geolearning/MSTWeatherGen/)*

→ *Cadre conceptuel éprouvé (50 ans depuis les premiers tests)*

→ *Point forts :*

- * Variabilité / incertitude précisément estimées

- * Modèles parcimonieux : rapides à simuler, tolèrent des jeux d'entraînement limités

Un développement fulgurant de méthodes fondées sur l'IA générative

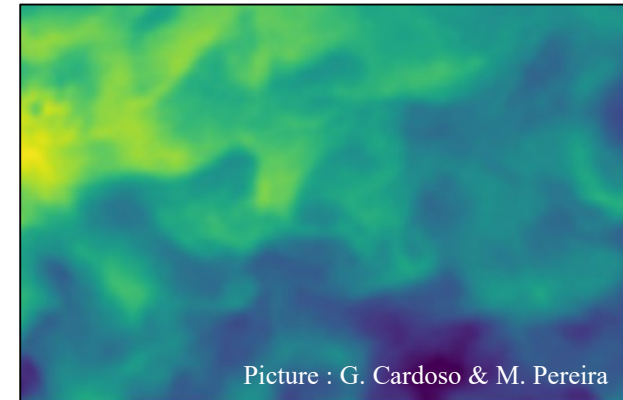
→ *Certaines tâches déjà opérationnelles: prévision météo (deepmind/WeatherNext2)
super-résolution*

→ *Cadre conceptuel en cours de développement (extrêmes, variabilité)*

→ *Points forts :*

- * Modèles flexibles: simulation réaliste de patterns complexes

- * Apprentissage possible sur très grands jeux de données



Picture : G. Cardoso & M. Pereira

Les défis à relever:

Modélisation multi-échelles à partir de données multi-sources

→ *Modèles paramétriques: données éparses et hétérogènes, changement de support*

→ *Deep-learning: données structurées et massives*

=> Continuer l'hybridation géostatistiques - IA générative

Modélisation jointe de la météo ordinaire et des événements extrêmes

→ *Théorie des valeurs extrêmes: modélisation des queues de distribution*

→ *IA générative: potentiel pour modéliser des dépendances complexes*

=> IA générative pour valeurs extrêmes

Prise en compte du changement climatique

→ *Modèles actuels très flexibles, mais où encoder le changement climatique ?*

→ *Ajouter des contraintes physiques dans les SWGs*

=> SWGs en climat non-stationnaire

Merci de votre attention :-)

Défis à relever :

Continuer l'hybridation géostatistiques - IA générative

IA générative pour valeurs extrêmes

SWG en climat non-stationnaire