



# GEOLEARNING

CHAIRE /// Data Science for the Environment

## Géostatistiques, événements extrêmes et Machine Learning Pour la transition climatique

Rencontres INRAE-Inria, 6 Juillet 2023



GEOLEARNING  
CHAIRE /// Data Science for the Environment



# Deux équipes, une vision partagée

Centre de Géosciences, Mines Paris

**Géostatistique**

Axes de recherche:

- Milieux fracturés
- Optimisation d'échantillonnage
- Géostatistique non linéaire
- Machine Learning
- Estimation, Interpolation
- Simulations d'ensembles aléatoires
- Assimilation de données
- Géostatistique sur les graphes
- Géostatistique transitive
- Caractérisation de réservoirs

L'équipe a une activité très diversifiée en probabilités et statistiques, traditionnellement centrée sur le développement des méthodes géostatistiques pour (et à travers) de nombreux domaines d'application, notamment - mais non exclusivement - en Géosciences.

Responsable : Nicolas DESAGES  
 Assistante Administrative : Nathalie DIETRICH  
 Enseignants Chercheurs : Jimbo CHAULTRU - Fabien OHS - Xavier FRIEDELIN - Christel de FOUQUET - Didier ROMARD - Thomas ROMARY - Mike PEREIRA



## Equipe

- L'Equipe **Géostatistique** – Centre de Géosciences, Mines Paris
- L'unité **Biostatistique et Processus Spatiaux** – INRAE

## Vision

- L'ambition de fonder le Geolearning dans un esprit « Théorie et Pratique »
- Des valeurs partagées dans le champs de la transition écologique

## Chaire

- Développement d'une recherche d'excellence et originale
- Des compétences complémentaires

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE INRAE B90/PII

**Biostatistique et processus SPatiaux**

Etude de phénomènes de dispersion en milieu hétérogène



UR 546, Centre INRAE PACA, Avignon

L'unité de Biostatistique et processus SPatiaux (**BioSP**) développe des travaux en statistique (**#Stats**), en systèmes dynamiques (**#SysDyn**), en écologie-épidémiologie (**#Ecologie**), et aux interfaces entre ces différentes disciplines avec un intérêt particulier pour les questions spatiales et spatio-temporelles. Les domaines d'application de ces travaux sont avant tout l'écologie, l'épidémiologie, l'agriculture et l'environnement.

# L'équipe de recherche



**CENTRE DE GÉOSCIENCES**  
Equipe Géostatistique



**T. Romary**



**X. Freulon**



**D. Allard**



**E. Gabriel**



**M. Pereira**



**N. Desassis**



**L. Benoit**



**T. Opitz**



**GEOLEARNING**  
CHAIRE /// Data Science for the Environment

# A la croisée des transitions numériques et écologiques

## UNE RÉVOLUTION EN SCIENCE DES DONNÉES



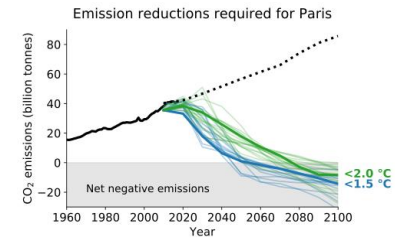
- ▶ **Avalanche de données** : satellites, capteurs, IoT, 5G
  - ▶ **Puissance de calcul** et HPC
  - ▶ **Machine Learning** et Intelligence Artificielle
- Nouvelles capacités pour la prédiction spatio-temporelle en environnement



Développer des outils efficaces et modernes **alliant géostatistique et apprentissage** pour l'analyse de données **au service de la transition écologique**

## UNE TRANSITION ÉCOLOGIQUE À ENGAGER

- ▶ **Changement climatique**
  - ▶ impact, atténuation, adaptation
- ▶ **Vers une économie décarbonée**  
(-40% en 2030; -75% en 2050)
- ▶ **Préservation/Restauration des ressources** :  
eau, sol, forêt, biodiversité, paysage



- ✓ S'appuyant sur des **cas d'étude issus des partenaires**
- ✓ Avec une **volonté de généricité** pour une large diffusion / utilisation



# Geolearning : géostatistique, événements extrêmes et Machine Learning pour la transition écologique

## 1. Géostatistique pour données dans l'espace et le temps

- ✓ Etendre l'approche SPDE des données spatiales aux données spatio-temporelles
- ✓ Développer des méthodes scalables (x100 à x1000 data) et sur des supports particuliers (réseaux, sphère,...)

## 2. Hybrider Géostatistique et Machine Learning

- ✓ Tenir compte des dépendances dans le ML
- ✓ Associer l'aspect « non paramétrique » du ML avec le côté « modèle » de la géostatistique

## 3. Statistiques pour les événements extrêmes

- ✓ Développer une méthodologie pour l'étude des événements extrêmes spatio-temporels
- ✓ Développer une boîte à outils pour leur prédiction / simulation

## Positionnement

- Continuité de travaux existants
  - Champ de recherche compétitif
  - Bon positionnement
  - Forte attente, risque faible
- 
- Pari audacieux
  - Positionnement très original en France et à l'International
  - Renouvellement de la géostatistique
- 
- Très grande visibilité internationale
  - Domaine de recherche très actif + grandes attentes
  - Opportunités, risque faible



# Quelques exemples

## Nouvelles énergies renouvelables

- ✓ Cartographie et prédiction spatio-temporelle à haute résolution pour les nouvelles énergies renouvelables (éolien, photovoltaïque, houle)
- ✓ Projection sous climat futur: descente d'échelle, correction de biais, méthodes d'ensemble

## Événements climatiques extrêmes

- ✓ Simulation pour des scénarios sous climat futur
- ✓ Quantification des risques (*Annales des Mines*, 2020, 98)

## Environnement et écologie

- Outils d'évaluation des ressources et de la qualité des milieux:
- ✓ Air, eaux, sols et sous-sols, ...
  - ✓ Carbone du sol, puits de carbone, ...
  - ✓ biodiversité, ...

## Impacts attendus

Adapter la production des EnR au CC

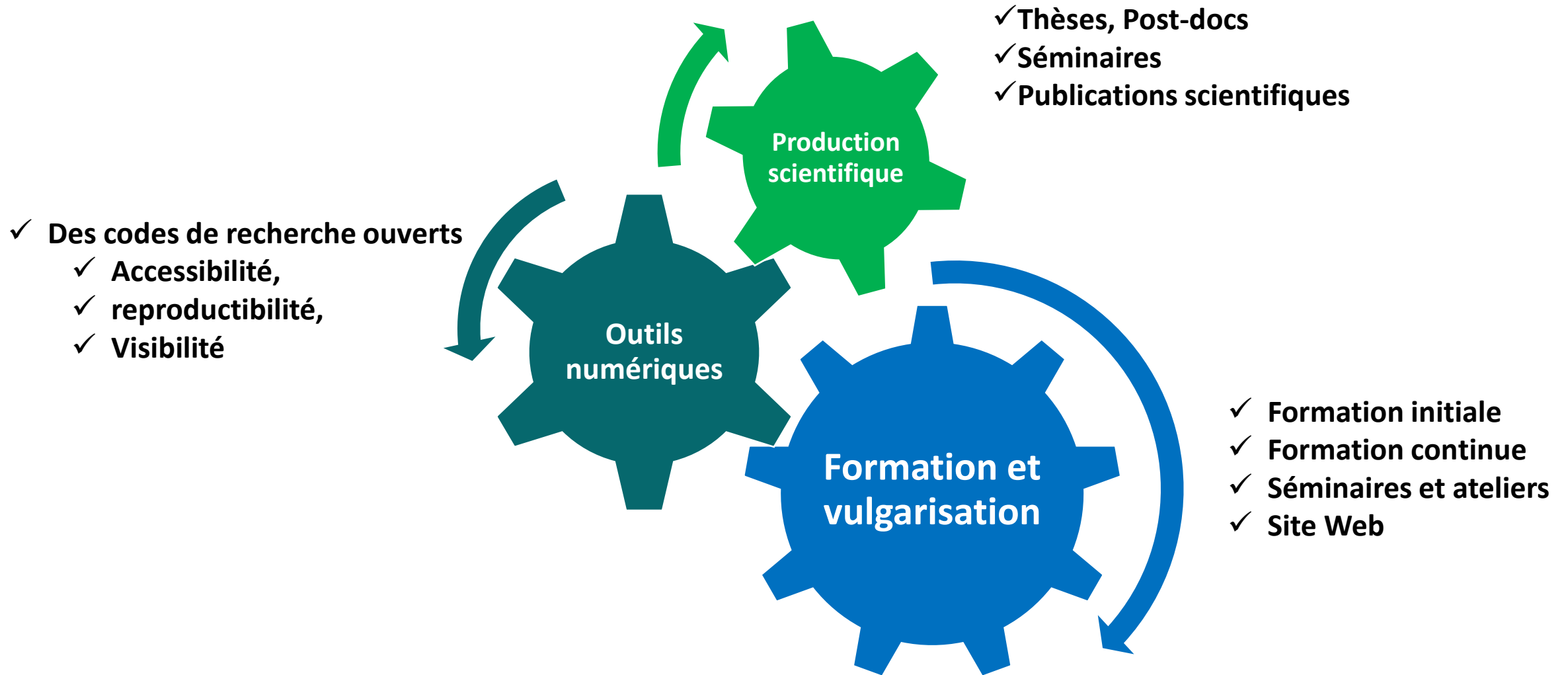
Vers des territoires auto-suffisants grâce aux EnR

Quantification des risques pour l'assurance

- Quantification des impacts liés au changement climatique
- Evaluation des mesures d'atténuation ou d'adaptation



# Produire et transmettre



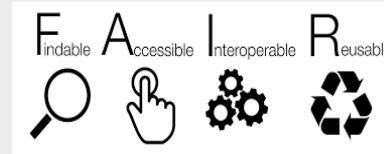
# Les productions : des méthodes, des outils, des formations

## Méthodes

- ✓ Des méthodes d'analyse spatio-temporelles scalables
- ✓ Des méthodes d'apprentissage statistique spatialisé
- ✓ Des méthodes d'évaluation des événements extrêmes et des risques
- [Financement de thèses et de post-docs](#)

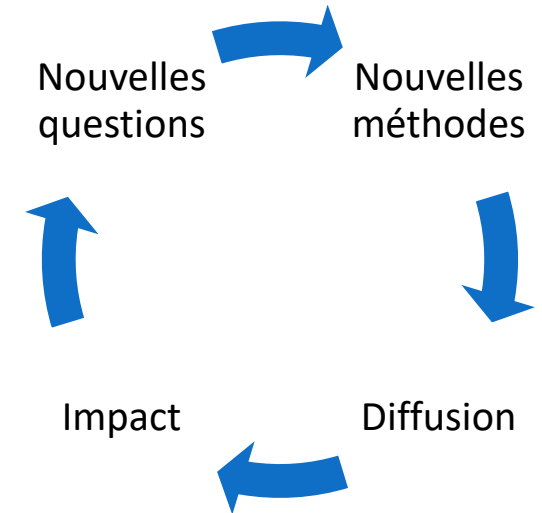
## Outils

- ✓ Des bibliothèques de calcul libres : **gstlearn**
- ✓ Langages répandus et gratuits (Python, R, C++ ...)
- ✓ Accessibilité, reproductibilité, visibilité
- [Recrutement d'ingénieurs développement](#)



## Formations

- ✓ Par la formation, assurer le transfert vers les entreprises partenaires :
  - ✓ Formation des élèves ingénieurs (option), mastère spécialisé
  - ✓ Formation par la recherche (doctorat)
  - ✓ Formation continue





# Entreprises mécènes

Un programme scientifique qui se décline sous forme de stages, thèses, post-docs, mois ingénieurs

- **ANDRA**
  - Evénements extrêmes à très faibles probabilité;
  - Extraction de connaissance à partir des bases de données sur le site CIGEO
- **BNP-Paribas**
  - participer à l'initiative OS-CLIMATE
  - Développement de `gstlearn`
- **CCR**
  - Simulateur de précipitations (pas de temps quotidien) à l'échelle de la France
- **SCOR**
  - Evénements extrêmes de débits sur réseau hydrographique
  - Impact des événements climatiques extrêmes composés et correction de biais multivarié



# Gouvernance

## 1. Un **comité d'orientation stratégique** qui définit les grandes orientations

- ✓ Supervision et contrôle des activités
- ✓ Approbation du budget présenté par le comité de pilotage

**Membres** : représentants des établissements et des partenaires; les porteurs de la chaire.

→ Pour INRAE Alban THOMAS, Dir. Scientifique Adj. Environnement

## 2. Un **comité de pilotage** qui assure le suivi des actions

- ✓ Définition et suivi des actions (travaux de recherche, enseignement et communication)
- ✓ Valorisation des résultats
- ✓ Elaboration du budget

**Membres** : porteurs et référents scientifiques des partenaires.

→ Pour INRAE, Hervé MONOD, Chef Depts. MathNum



# Quelques éléments sur la construction de la chaire

**A l'origine:** une collaboration de très longue date entre les deux équipes

- Thèse D. Allard en 1993 en Géostatistique, en même temps que Xavier Freulon
- Stage Thomas Romary à MIA Jouy en 2005, recruté en Géostatistique en 2008
- Thèse N. Desassis à BioSP 2006, recruté en Géostatistique en 2008
- Plusieurs co-encadrements de thèse en commun : Victor Zaytsev, Ricardo Carrizo, Lucia Clarotto
- Enseignements réguliers de D. Allard et T. Opitz à option Géostatistique / semaine Athens
- Thèmes méthodologiques proches, mais applications et profils complémentaires

→ **En 2019, un pari fou** entre Xavier Freulon et Denis Allard :

« Et si nous nous donnions des moyens en lançant une chaire Mines Paris ? »



# Quelques éléments sur la construction de la chaire

## Principes retenus :

- Chaire portée par D. Allard, INRAE → validation de la DG INRAE + accord Mines Paris (c'est une première)
- Axes de recherche issus des priorités scientifiques des équipes
- Applications compatibles INRAE (bifurcation des Mines) → Environnement, climat et risques
- Science ouverte

## En pratique:

- Utilisation de l'outil « chaire de mécénat de Mines Paris »
- Adossé à une Fondation d'utilité publique
- Recherche des entreprises mécènes grâce avec l'aide de la Fondation des Mines (réseau des anciens)
- Soutien sans faille et de grande qualité de la DPTI et de la Dir. Partenariat à Mines Paris



# Aujourd'hui

- ✓ Un stage et une thèse en cours
- ✓ Deux à trois thèse vont démarrer au 01/09/2023
- ✓ 2 post-docs programmés pour 2023-2024
- ✓ 18 mois CDD développeur informatique
- ✓ ...



*Inauguration de la chaire Geolearning le 21/02/2023*



# Les mots des mécènes



« Les travaux qui seront menés dans la chaire représentent également un intérêt majeur de développement pour l'Andra, afin de contribuer à garantir une information qualifiée et fiable à grande échelle spatiale et temporelle. »



« En tant que mécène de la nouvelle Chaire Geolearning (Mines Paris Tech, INRAE), CCR soutient les projets de recherche sur la thématique des géostatistiques qui verront le jour au cours des cinq prochaines années. »



**BNP PARIBAS**

« Cette nouvelle Chaire Geolearning [...] permettra à une communauté scientifique étendue de développer et d'accéder à de nouvelles technologies afin de mieux anticiper les risques liés au réchauffement climatique. »



« La capacité de prévoir les événements météorologiques extrêmes, accompagnée d'estimations de la capacité à préciser l'incertitude intrinsèque de ces prévisions et donc du niveau probable des dommages qui en résultent, fournira une base aux assureurs et aux assurés d'autant plus précieuse pour l'optimisation de la souscription et des réclamations que les conditions météorologiques extrêmes seront plus courantes. »



**GEOLEARNING**  
CHAIRE /// Data Science for the Environment

# Pour en savoir plus

[chaire-geolearning.org](http://chaire-geolearning.org)



**GEOLEARNING**  
CHAIRE /// Data Science for the Environment