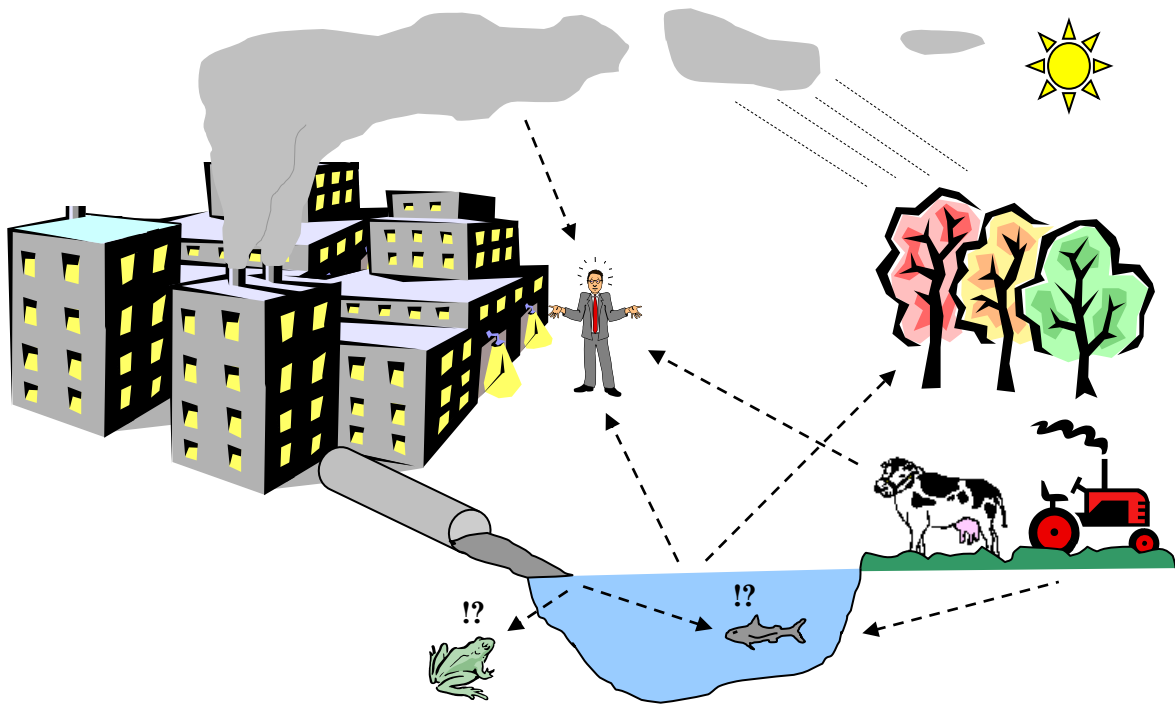




## Méthodes probabilistes pour l'environnement



*Traitement de données*

*Réalisation de modèles prédictifs*

*Expertise de modèles*

*Expertise de projets*

janvier 2026

La protection de l'environnement nécessite des modélisations difficiles, mais d'une grande importance sociale. C'est un domaine récent, où les données sont encore peu nombreuses, où les lois physiques sont mal connues, mais où les attentes sont considérables, tant auprès du public que des politiques et des entreprises.

## **1. Cartographie probabiliste des risques**

Les attentes sont évidentes : savoir si l'on est exposé à un "risque" ou non : tempêtes, séismes, inondations, grêle, sécheresse, etc. Une approche probabiliste s'impose, pour deux raisons :

- Les données sont toujours insuffisantes, en nombre et en qualité ;
- Les lois physiques régissant le phénomène ne sont pas convenablement connues.

En particulier, pour chaque risque, la durée de retour n'est jamais connue avec précision. On appelle durée de retour l'intervalle de temps moyen entre deux occurrences du phénomène ; elle dépend évidemment de l'historique dont on dispose et aussi de notre capacité à mesurer correctement le phénomène en question.

La cartographie probabiliste permettra de rendre compte de notre ignorance du phénomène, ce qui est fondamental. A l'inverse, on est tenté d'y remédier par des hypothèses factices, portant sur les modèles : décider par exemple que la durée de retour de tel phénomène suit une loi de Gumbel, etc. De tels choix conduisent inévitablement à des erreurs d'appréciation, dont on n'est pas conscient, puisque l'ordinateur fait le calcul.

La cartographie des risques ne se limite pas au climat. Elle intéressera également les industriels ; par exemple la SNCF : cartographie de l'usure des rails, du vieillissement des ouvrages d'art, etc.

## **2. Analyse des données disponibles**

La multiplicité des paramètres et la complexité des phénomènes physiques intervenant rendent difficile la compréhension des mécanismes et la prévision. La pollution atmosphérique, par exemple, dépend des différentes sources d'émission de polluants, mais également des conditions météorologiques : vent, ensoleillement et stabilité de l'atmosphère qui agissent différemment en milieu urbain et rural...

La première chose à faire est de s'assurer que l'on prend bien en compte un historique suffisant. En février 2021, une énorme coupure d'électricité a frappé le Texas, en coupant l'électricité au tiers de l'État, soit environ 4,5 millions de foyers et d'entreprises (Wikipedia) ; coût estimé : 300 milliards de \$. Raison : les éoliennes n'ont pas fonctionné, parce qu'il faisait trop froid. Or des températures plus basses avaient été enregistrées par le passé, mais on l'avait oublié en dimensionnant le système.

Lorsque les données ont été correctement recensées, leur analyse, dans ces domaines, nécessite des méthodes probabilistes robustes : mise en évidence des paramètres prépondérants et de leurs liens, tenant compte des incertitudes. Le but est d'élaborer un modèle prédictif (prévoir le seuil de toxicité d'un produit au sein d'un écosystème, prévoir la qualité de l'air, la consommation d'énergie, etc.) qui aidera les autorités dans leur prise de décision : quel doit être le seuil réglementaire pour tel produit toxique ? Limiter la circulation automobile certains jours est-il pertinent ? A-t-on les moyens d'évaluer convenablement la pollution présente, d'en connaître les origines, et d'évaluer les effets de la réglementation ?

### **3. Critique des modèles**

On utilise de plus en plus la simulation numérique dans un but d'aide à la décision, à la place d'expérimentations sur le terrain. La validation des résultats de simulation est généralement difficile, voire impossible. Quelle confiance peut-on attribuer à un modèle : validité de ses équations, connaissance du domaine d'utilisation, incertitudes sur les données d'entrée ? Quel est l'impact de variations sur ces paramètres ? En quoi influent-elles sur le résultat ? L'analyse critique des modèles est nécessaire ; par principe, elle doit être faite par un "avocat du diable" et non par l'équipe même qui a conçu le modèle.

### **4. Une approche grossière**

Un réseau d'assainissement, par exemple, est un ensemble complexe, constitué de stations d'épuration, de bassins de rétention, de vannes, de pompes, d'émissaires, etc. De multiples dispositions sont possibles, et les critères à prendre en compte sont nombreux : population, terrain, pluviométrie, etc.

Les méthodes probabilistes robustes vont permettre un dimensionnement beaucoup plus rapide que les méthodes déterministes généralement utilisées, qui reposent sur des processus physiques, comme les modèles pluie-débit, dont les données sont le plus souvent indisponibles.

### **5. Analyse critique des modèles économiques**

Beaucoup de décisions politiques sont prises sur la base d'informations incomplètes ou partielles : surestimation de la consommation, sous-estimation des difficultés technologiques, hypothèses arbitraires de tarification, subventions limitées dans le temps, etc. Nous analysons, dans chaque situation, ce que pourra être la rentabilité effective de l'équipement (une éolienne, une rocade, etc.) et nous aidons le donneur d'ordre à mieux concevoir un "business model" qui soit réaliste.

## Nos références, secteur par secteur

### *Pollution de l'air*

- 2010, SCM SA : Les incendies de forêts dans les pays de l'Est : peut-il y avoir un danger radiologique ?
- 2010-2011, la SCM, en cotraitance avec le CITEPA, a remporté un appel d'offres de la Direction Générale Energie Climat, Ministère de l'Ecologie : évaluation des incertitudes sur l'Inventaire National Spatialisé.
- 2012, CITEPA : Détection de données singulières dans un ensemble de données environnementales.
- 2012, Agence d'Ecologie Urbaine, Ville de Paris : Etude des incertitudes associées au logiciel de modélisation de la qualité de l'air ARIA IMPACT.
- 2014-2015, Direction Générale Energie-Climat, MEDD : la SCM a remporté l'appel d'offres "Définition d'une méthode statistique robuste relative à l'évaluation de la qualité de l'air" (liens entre trafic et pollution sur le boulevard périphérique, Paris).
- 2015, Lig'Air (région Centre) : Amélioration des prévisions de qualité de l'air au niveau régional.
- 2017, Epidémiologie - bronchiolites : il y a moins d'admissions pour consultations en cas de forte pollution par l'ozone, article d'Aurore Trébuchet, Alexis Cousin, Astrid Essartel, Adrien Schmitt et Bernard Beauzamy, SCM SA.
- 2019, Coop de France Déshydratation : Analyses statistiques liées aux émissions de polluants dans l'air.
- 2023, Coop de France Luzerne : Analyses statistiques.
- 2025-2026 : RATP : Analyse des données relatives à la qualité de l'air et recherche de facteurs explicatifs.
- 2025-2026 : SNCF : Analyse des données relatives à la qualité de l'air et recherche de facteurs explicatifs.

### *Pollution des sols*

- 2007-2012, Agence Nationale pour la Gestion des Déchets Radioactifs (ANDRA) : Analyse probabiliste des modèles de transferts de radionucléides, prise en compte des incertitudes.
- 2010, Total SA : Cartographie probabiliste de la pollution dans un port.
- 2010, Areva : Evaluation de la pollution de certains silos
- 2016, Analyse critique du document "Politique Nationale de Gestion des Sites et Sols Pollués", Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie
- 2018-2019, BRGM : Analyse probabiliste de données de pollution dans les sols.
- Bureau de Recherches Géologiques et Minières, 2024-2025 : Outils mathématiques pour la cartographie des pollutions

## *Gestion des ressources en eau*

- 2001, Syndicat Interdépartemental pour l'Assainissement de l'Agglomération Parisienne, : outils d'aide à la décision pour la régulation du réseau
- 2003, Société d'Aménagement Urbain et Rural : Modélisation des réseaux de distribution d'eau
- 2005-2006, Veolia Environnement : Etude des pénuries d'eau en Vendée. Est-il nécessaire de construire de nouveaux barrages ?
- 2006-2008, Veolia Environnement : Réalisation de panels de consommateurs.
- 2007, Veolia Environnement : Détection de dysfonctionnements dans les réseaux de capteurs.
- 2007, Agence de l'Eau Artois-Picardie : Méthodes probabilistes pour la qualité des eaux de rivière.
- 2006-2010, 2011-2015, La SCM a remporté un contrat cadre "Méthodes probabilistes pour l'environnement", auprès de l'Agence Européenne de l'Environnement : Cartographie de la qualité des cours d'eau en Europe.
- 2010, EDF : Modélisation de l'écoulement du Doubs
- 2011-2012, Suez Environnement : Méthodes probabilistes pour la qualité de l'eau
- 2012, ISTE, Nitrates et algues en Bretagne : Y a-t-il une relation ?
- 2012, Lyonnaise des Eaux : Hiérarchisation de paramètres influant sur le traitement des eaux
- 2012, SAUR : Mise en place d'un panel de consommateurs (consommations d'eau)
- 2012, en cotraitance avec les groupes Pöyry et Vito : European Commission – Directorate General Environment. Preparatory Action - Development of Prevention Activities to halt desertification in Europe - Service Contract to contribute to the building of Water and Ecosystem accounts at EU level. Ref. system and Ressources datasets.
- COSEA (Vinci Construction Grands Projets) 2016 et 2017 : Etudes statistiques relative à la turbidité de l'eau.
- Syndicat des Eaux d'Ile de France, 2017 : Appui méthodologique ; cartographie probabiliste de l'état des canalisations.
- Teréga, 2021 : Méthodes probabilistes pour la vérification de l'intégrité des canalisations

## *Climat, bilan carbone, analyses économiques*

- 2008, Direction Générale de l'Energie et des Matières Premières : Analyse critique des modèles liés aux émissions de CO<sub>2</sub>, PRIMES et GAINS.
- 2009, International Stainless Steel Forum : Stainless steel and CO<sub>2</sub>: Facts and scientific observations. Analyse critique du Bilan Carbone.
- 2011, SCM SA : le Bilan Carbone : erreurs méthodologiques fondamentales et incertitudes. Voir [https://www.scmsa.eu/fiches/SCM\\_Bilan\\_Carbone.pdf](https://www.scmsa.eu/fiches/SCM_Bilan_Carbone.pdf)
- 2015, SCM SA : La lutte contre le Réchauffement Climatique : une croisade absurde, coûteuse et inutile. Livre Blanc rédigé par la SCM :
- <https://www.scmsa.eu/archives/rechauff0.htm> (remise à jour, 2023)
- 2020, SCM SA : Analyse critique de la filière "biogaz" pour un investisseur.

- 2021-2022, Monceau Assurances : Le risque tempête et le portefeuille de Monceau Assurances.
- 2022, Léon Grosse : Cartographie du risque "grêle" et analyse de l'exposition des installations de panneaux photovoltaïques.
- 2022, ANDRA : Evolution des températures au voisinage du site de Bure.
- Société SNF, 2024 : Evolution des températures, précipitations, phénomènes extrêmes, sur 7 sites dans le monde
- Ville de Villiers le Bâcle, Essonne, 2024 : Calcul de la probabilité de retour de pluies extrêmes

## 6. Les livres que nous éditons

Les connaissances, en mathématiques, sont non-brevetables et l'usage est de les soumettre à la critique publique. Pour cela, nous avons rédigé un certain nombre d'ouvrages.

[IEPE] Bernard Beauzamy : Introduction à l'étude des Probabilités Expérimentales  
[https://www.scmsa.eu/livres/SCM\\_IEPE\\_order.htm](https://www.scmsa.eu/livres/SCM_IEPE_order.htm)

[GRE] Bernard Beauzamy : Méthodes probabilistes pour la gestion des risques extrêmes  
[https://www.scmsa.eu/livres/SCM\\_GRE\\_order.htm](https://www.scmsa.eu/livres/SCM_GRE_order.htm)

[NMP] Bernard Beauzamy : Nouvelles Méthodes Probabilistes pour l'évaluation des risques  
[https://scmsa.eu/livres/SCM\\_NMP\\_order.htm](https://scmsa.eu/livres/SCM_NMP_order.htm)

[MPPR] Bernard Beauzamy : Méthodes Probabilistes pour l'étude des phénomènes réels (seconde édition)  
[https://scmsa.eu/livres/SCM\\_MPPR\\_order.htm](https://scmsa.eu/livres/SCM_MPPR_order.htm)