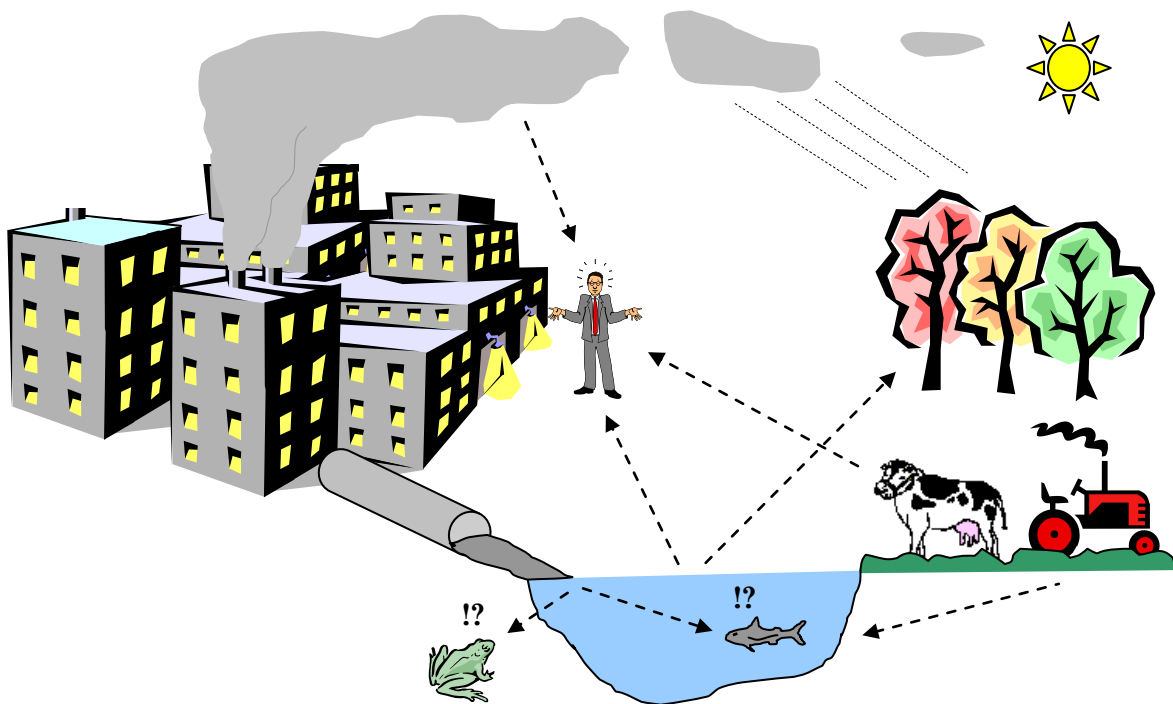




## Analyse et modélisation pour l'environnement



*Traitement de données*

*Réalisation de modèles prédictifs*

*Analyses de sensibilité et d'incertitude*

*Expertise de modèles existants*

*Dimensionnement d'équipements*

Décembre 2011

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, mais où les attentes sont considérables, tant auprès du public que des politiques et des industriels.

La Société de Calcul Mathématique propose des compétences de modélisation et d'analyse. Elles concernent les pollutions de l'air, de l'eau, des sols et la gestion des ressources.

- **Traitement de données**

- Pollution des eaux, des sols, qualité de l'air :**

- 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...

- Le traitement de données, dans ces domaines, nécessite donc des méthodes probabilistes robustes dont l'objectif est la mise en évidence des paramètres prépondérants et de leurs liens, en tenant compte des incertitudes sur les données. Il doit permettre l'élaboration d'un modèle prédictif (prévoir le seuil de toxicité d'un produit au sein d'un écosystème, prévoir la qualité de l'air, etc.) qui représente une aide à la décision pour les autorités : quel doit être le seuil réglementaire pour tel produit toxique ? Limiter la circulation automobile certains jours a-t-il un sens ?

- **Réalisation de modèles prédictifs**

- La modélisation d'un phénomène physique est directement liée aux objectifs pratiques : prévision ou non en temps réel, moyens de calcul, etc., mais également à la qualité des données disponibles. Il est inutile de modéliser avec précision certaines lois de transfert, par exemple, si les données précises ne sont pas disponibles : c'est préjudiciable au temps de calcul global du modèle et conduit tout simplement à des résultats inappropriés. Les modèles que nous réalisons sont en général de nature probabiliste, pour tenir compte des incertitudes sur les lois et les données.

- **Analyses de sensibilité et d'incertitude**

- 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. Il convient donc de s'interroger sur la confiance que l'on peut attribuer à un modèle ; elle tient à la validité de ses équations, au respect de son domaine d'utilisation, mais également à sa sensibilité aux incertitudes sur les données d'entrée.

En effet, ces paramètres, qu'ils soient issus de mesures, d'estimations ou bien d'autres codes de calcul, ne sont jamais connus avec une certitude absolue. Quel est l'impact de ces variations sur le résultat du modèle ? Seule l'analyse de sensibilité et d'incertitude du modèle permet de le déterminer.

- **Expertise de modèles existants**

L'analyse critique des modèles est une spécialité de la SCM. On constate souvent, dans les modélisations existantes, que les lois probabilistes sont choisies de manière arbitraire, par exemple selon une distribution gaussienne. On admet aussi, par souci de simplicité, des indépendances qui n'existent pas. Ce ne sont pas là des simplifications, mais des erreurs, qui ont des conséquences sur les résultats.

La complexité croissante des modélisations permet une prise en compte plus "réaliste" des phénomènes. Mais les différentes parties d'un modèle sont rarement homogènes : la validité des différentes lois utilisées n'est pas identique et l'incertitude sur les résultats de chacun des modules est différente. Les progrès effectués sur la précision de certains mécanismes sont inutiles si d'autres sont laissés approximatifs et si l'incertitude sur des données d'entrée est négligée : la robustesse d'une modélisation est limitée par la robustesse de son maillon le plus faible.

- **Dimensionnement d'équipements**

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. Nous abordons le problème globalement, selon un ordre logique, qui nous permet de définir la taille et la position de chaque composante.

Les méthodes probabilistes robustes que nous mettons en œuvre permettent un dimensionnement beaucoup plus rapide que les méthodes déterministes généralement utilisées, qui reposent sur des processus physiques (comme par exemple les modèles pluie-débit). Les modèles physiques déterministes requièrent, pour leur fonctionnement, des données le plus souvent indisponibles.

## • Nos références récentes dans le domaine environnemental

### *Pollution de l'air*

- 2007-2009, CITEPA : Répartition temporelle d'activités et d'émissions ; désagrégation d'indicateurs.
- 2010, SCM SA : Les incendies de forêts dans les pays de l'Est : peut-il y avoir un danger radiologique ?  
[http://scmsa.eu/archives/ART\\_SCM\\_Concentration\\_Cesium\\_air\\_2010\\_08\\_12.pdf](http://scmsa.eu/archives/ART_SCM_Concentration_Cesium_air_2010_08_12.pdf)
- 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.  
[http://scmsa.eu/archives/Rapport\\_final\\_SCM\\_CITEPA\\_INS\\_2011\\_11\\_29.pdf](http://scmsa.eu/archives/Rapport_final_SCM_CITEPA_INS_2011_11_29.pdf)  
Note complémentaire : Incertitudes à dire d'expert vs lois de probabilité, lesquelles utiliser ?  
[http://scmsa.eu/archives/BB\\_Incertitudes\\_Lois\\_2011\\_11\\_24.pdf](http://scmsa.eu/archives/BB_Incertitudes_Lois_2011_11_24.pdf)

### *Pollution des sols*

- 2007-2011, Agence Nationale pour la Gestion des Déchets Radioactifs (ANDRA) : Analyse probabiliste des modèles de transferts de radionucléides, prise en compte des incertitudes.  
2009, Extension of sensitivity and uncertainty analysis for long term dose assessment of high level nuclear waste disposal sites to uncertainties in the human behaviour, by Achim Albrecht (ANDRA) and Stéphane Miquel (SCM).  
[http://scmsa.eu/RMM/ART\\_2010\\_Albrecht\\_Miquel\\_JENR3623.pdf](http://scmsa.eu/RMM/ART_2010_Albrecht_Miquel_JENR3623.pdf)
- 2010, Evaluation de la pollution dans un port.
- 2010, Areva : Evaluation de la pollution de certains silos.

### *Gestion des ressources en eau*

- 2003, Société d'Aménagement Urbain et Rural : Modélisation des réseaux de distribution d'eau.
- 2003 – 2005, Veolia Environnement : Communauté Urbaine de Brest ; définition d'un Contrat de Qualité garantissant un fonctionnement satisfaisant du réseau d'assainissement en fonction de la pluviométrie. Dimensionnement des bassins de rétention.
- 2005-2006, Veolia Environnement : Etude des pénuries d'eau en Vendée. Est-il nécessaire de construire de nouveaux barrages ?

- 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.  
[http://scmsa.eu/archives/SCM\\_AEAP\\_2008\\_12\\_01.pdf](http://scmsa.eu/archives/SCM_AEAP_2008_12_01.pdf)

La SCM est titulaire d'un contrat cadre "Méthodes probabilistes pour l'environnement", avec l'Agence Européenne de l'Environnement (2006-2010, 2011-2015) :

- 2007, SCM SA, Charline Carlier : Méthodes probabilistes pour l'environnement  
[http://scmsa.eu/archives/ART\\_2007\\_SCM\\_Carlier\\_Methodes\\_Probabilistes\\_pour\\_Environnement.pdf](http://scmsa.eu/archives/ART_2007_SCM_Carlier_Methodes_Probabilistes_pour_Environnement.pdf)
- 2008, SCM SA, Bernard Beauzamy : Méthodes probabilistes pour la qualité de l'eau  
[http://scmsa.eu/archives/ART\\_2008\\_SCM\\_BB\\_Methodes\\_probabilistes\\_qualite\\_eau.pdf](http://scmsa.eu/archives/ART_2008_SCM_BB_Methodes_probabilistes_qualite_eau.pdf)
- 2009, Philippe Crouzet (AEE), Bernard Beauzamy et Charline Carlier (SCM SA) : Analyse des tendances de la composition des eaux par stratification. Application pilote dans le cadre DPSIR de l'AEE, LA HOUILLE BLANCHE/N° 4-2009.  
[http://scmsa.eu/archives/ART\\_2009\\_Houille\\_Blanche\\_Crouzet\\_BB\\_CC.pdf](http://scmsa.eu/archives/ART_2009_Houille_Blanche_Crouzet_BB_CC.pdf)
- 2010, SCM SA : Résumé des travaux réalisés pour l'Agence Européenne de l'Environnement, 2006-2010.  
[http://scmsa.eu/archives/ART\\_2010\\_SCM\\_resume\\_AEE.pdf](http://scmsa.eu/archives/ART_2010_SCM_resume_AEE.pdf)
- 2010, AEE : Poster présenté par M. Josef Herkendell, Project Manager, European Environment Agency, à l'occasion du XXIIIe Congrès Mondial organisé par l'Union Internationale des Instituts de Recherches Forestières (IUFRO) à Seoul (Corée du Sud).  
[http://scmsa.eu/archives/ART\\_2010\\_AEE\\_Herkendell\\_Poster.pdf](http://scmsa.eu/archives/ART_2010_AEE_Herkendell_Poster.pdf)

#### *Climat, bilan carbone*

- 2006, Le réchauffement climatique : mystifications et falsifications. Réactualisation de notre travail de 2001 pour le SGDN.  
[http://scmsa.eu/archives/BB\\_2006\\_rechauffement.pdf](http://scmsa.eu/archives/BB_2006_rechauffement.pdf)
- 2008, Direction Générale de l'Energie et des Matières Premières : Les modèles liés aux émissions de CO<sub>2</sub>, PRIMES et GAINS : Analyse méthodologique.  
[http://www.scmsa.eu/archives/Rapport\\_SCM\\_DGEMP\\_Primés\\_et\\_Gains\\_2008\\_01\\_03.pdf](http://www.scmsa.eu/archives/Rapport_SCM_DGEMP_Primés_et_Gains_2008_01_03.pdf)

- 2008, CO2 et croisades.  
[http://scmsa.eu/archives/BB\\_2008\\_CO2\\_et\\_croisades.pdf](http://scmsa.eu/archives/BB_2008_CO2_et_croisades.pdf)
- 2010, SCM SA : La Famille Fenouillard fait son bilan CO2  
[http://scmsa.eu/archives/La\\_famille\\_Fenouillard\\_2010\\_08\\_31.pdf](http://scmsa.eu/archives/La_famille_Fenouillard_2010_08_31.pdf)
- 2010, International Stainless Steel Forum : Stainless steel and CO2: Facts and scientific observations.  
<http://www.worldstainless.org/ISSF/Files/Stainless%20steel%20and%20co2.pdf>
- 2011, le Bilan Carbone : erreurs méthodologiques fondamentales et incertitudes.  
[http://scmsa.eu/archives/SCM\\_Bilan\\_Carbone\\_V2.pdf](http://scmsa.eu/archives/SCM_Bilan_Carbone_V2.pdf)