

# Equipe-Projet SAGE

Simulation et Algorithmes sur des Grilles  
de calcul appliqués à l'Environnement

*Réunion de lancement Hemera*

*Paris, 5 octobre 2010*



## Equipe-Projet SAGE

Modéliser les transferts de fluides et de contaminants dans les milieux souterrains

### ENJEUX SOCIETAUX :

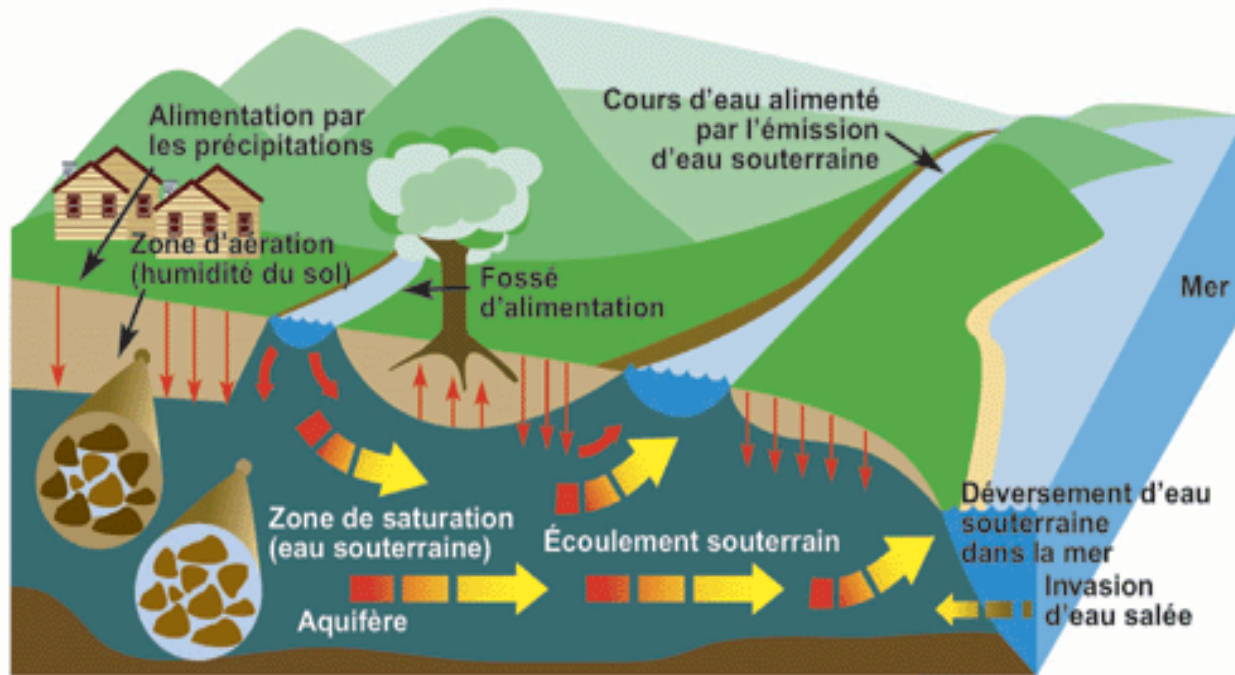
- ✓ Gérer les ressources souterraines (eau, pétrole,...)
- ✓ Prédire les risques de pollution
- ✓ Aider à la dépollution

### Exemples d'applications :

- Stockage des déchets radioactifs à Haute Activité en couche géologique profonde (ANDRA, CEA)
- Extraction du pétrole, séquestration du CO2 (IFP)
- Etude de sites géologiques, ressources en eaux, dépollution (ITASCA, Géosciences Rennes )

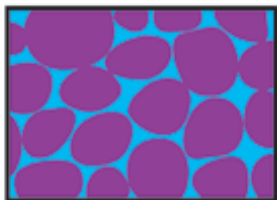
# Ecoulement de l'eau souterraine

© <http://www.ec.gc.ca/eau-water/>



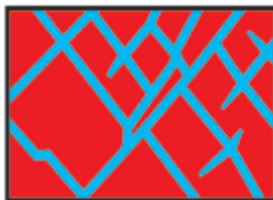
## Principaux types de porosité

Sable et gravier



Intergranulaire

Roches ignées



Fissure

Calcaire

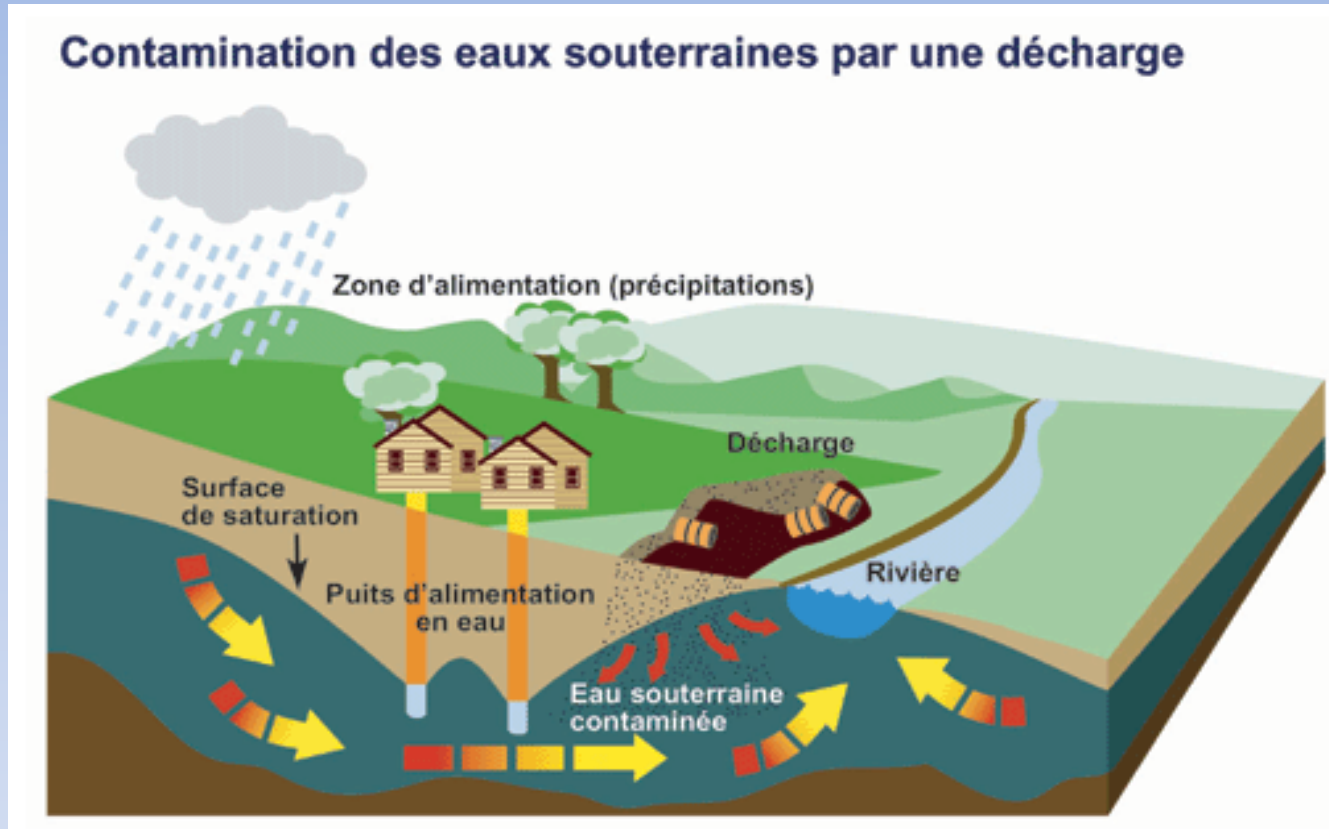


Vide de dissolution

## UN MILIEU COMPLEXE

- Manque de données
- Propriétés hétérogènes
- Simulations sur de grandes échelles en espace et en temps

# Transport de polluant – Interactions

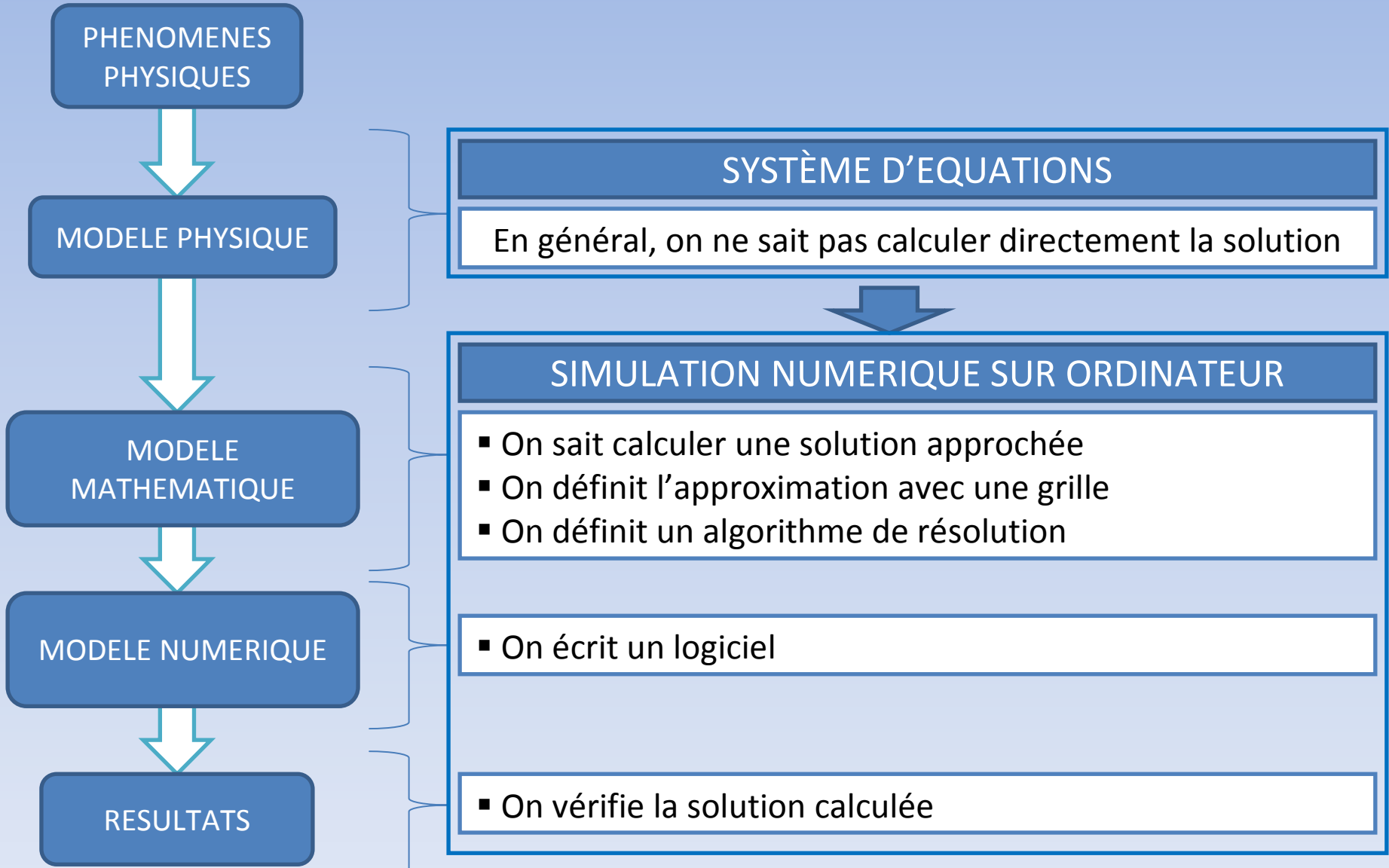


© <http://www.ec.gc.ca/eau-water/>

## UNE DYNAMIQUE COMPLEXE

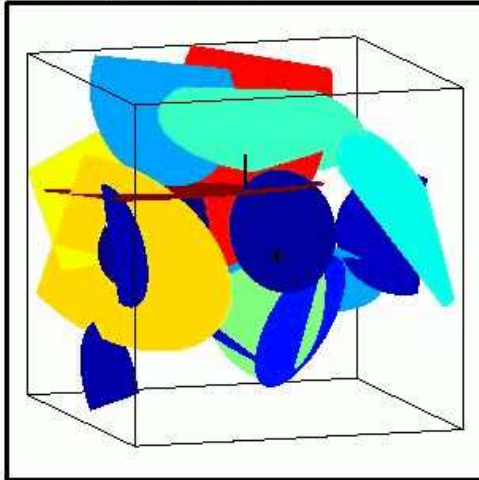
Evolution de plusieurs phénomènes sur la durée:  
écoulement, transport, dispersion, chimie/biochimie,  
multiphasique (non saturé: air/eau, pétrole, gaz)

# Schéma général - Démarche

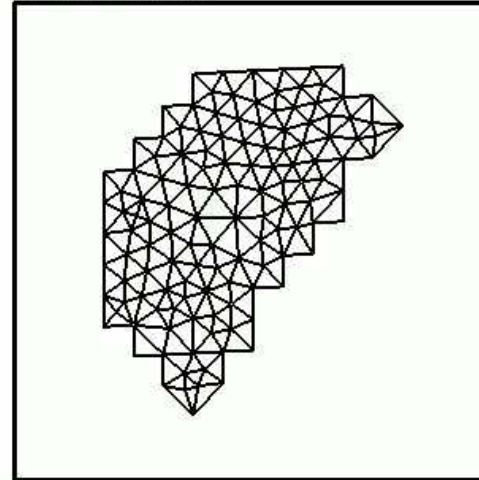


# Démonstration 1 : Ecoulement dans un milieu fracturé

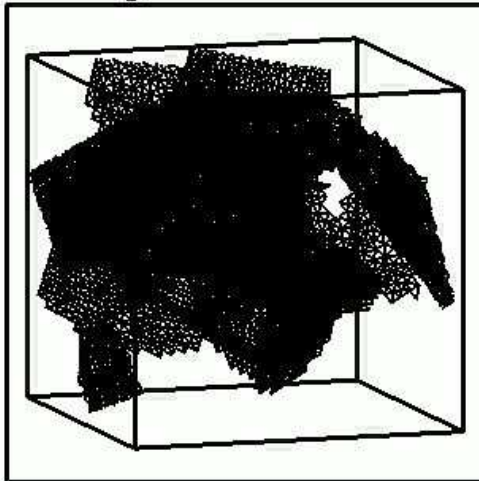
fracture network



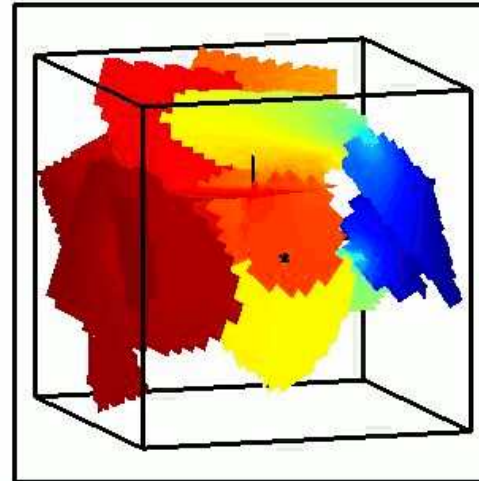
2D meshing



meshing

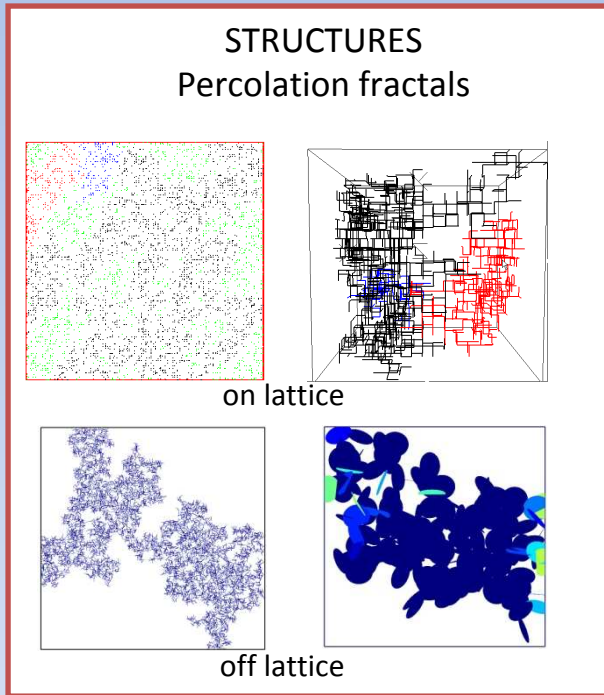


heads



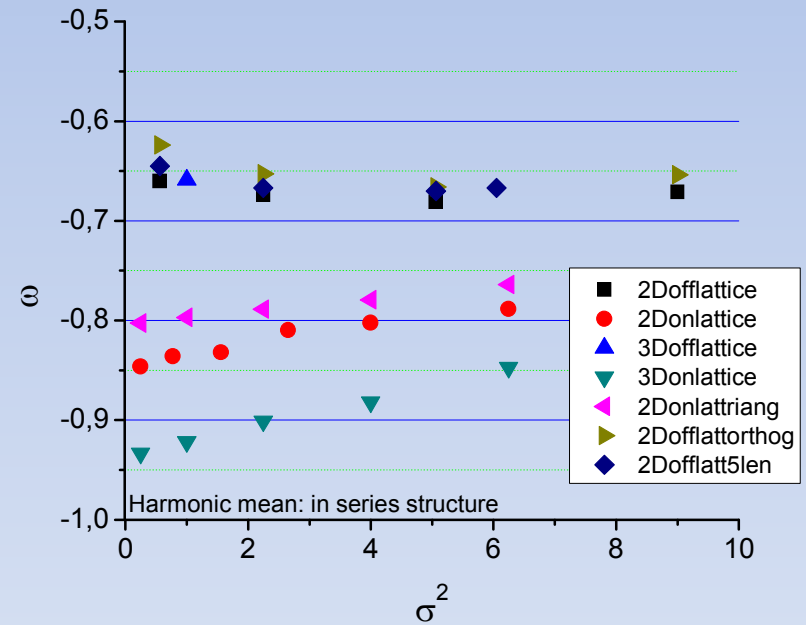
# Influence of fracture network complexity on upscaling hydrodynamic laws

Objective: establish reference results for more realistic fracture networks



Local permeability distribution:  
 $LN(\mu, \sigma^2)$

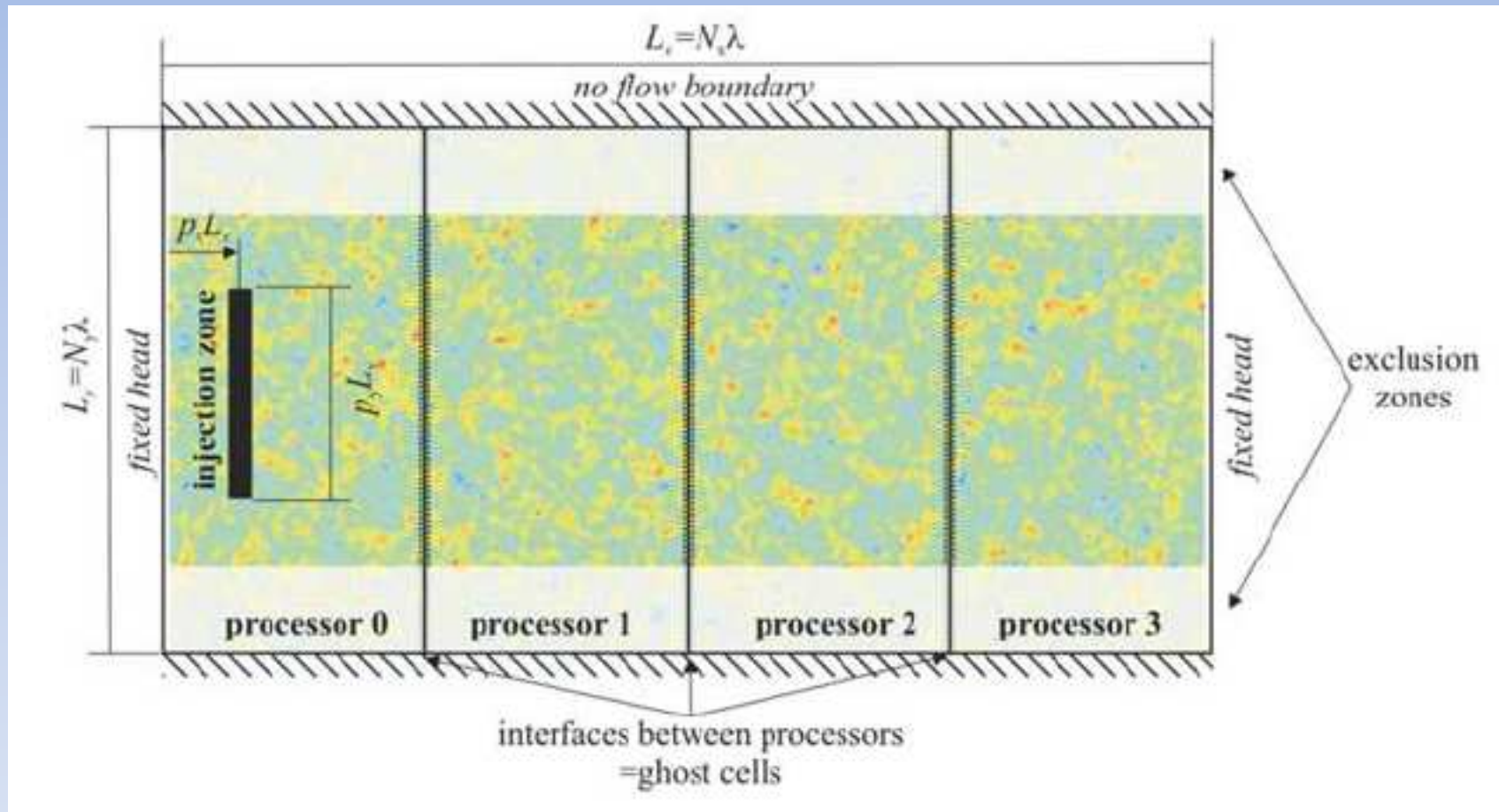
Global permeability  
 $K(\text{macro}) = \mu \exp(\omega \sigma^2 / 2)$



$10^5$  simulations of  $\sim 10^5 - 10^7$  nodes  
strong limitations for 3D off lattice networks

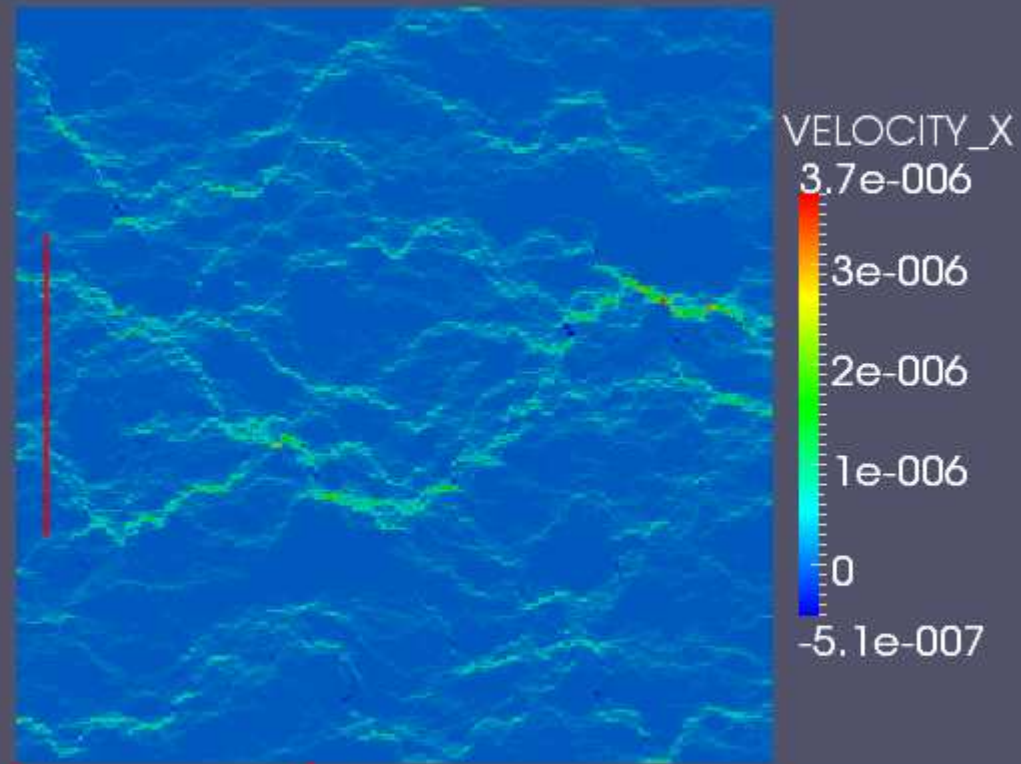


# Démonstration 2 : Transport d'un polluant dans un milieu poreux

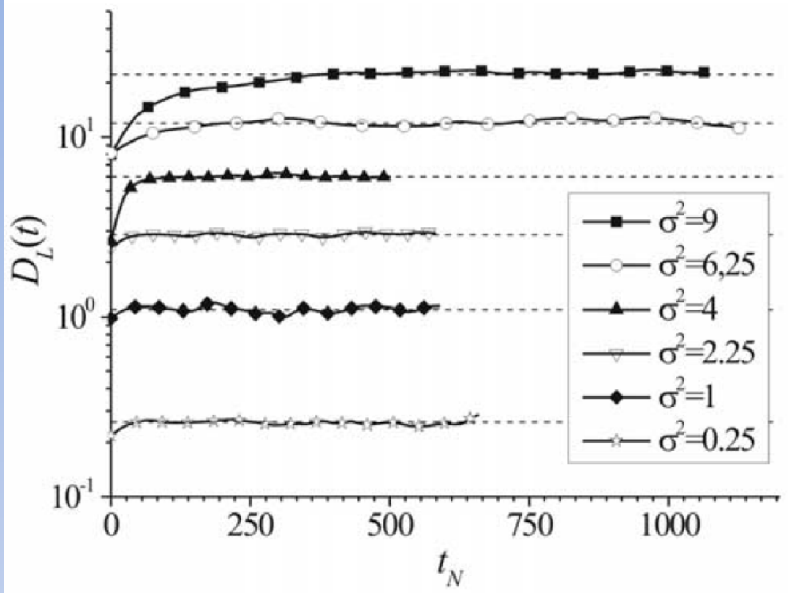




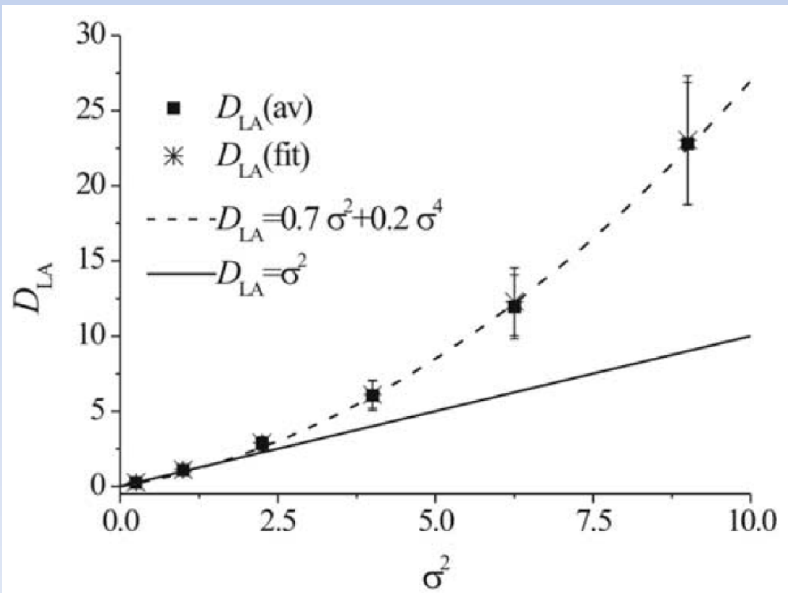
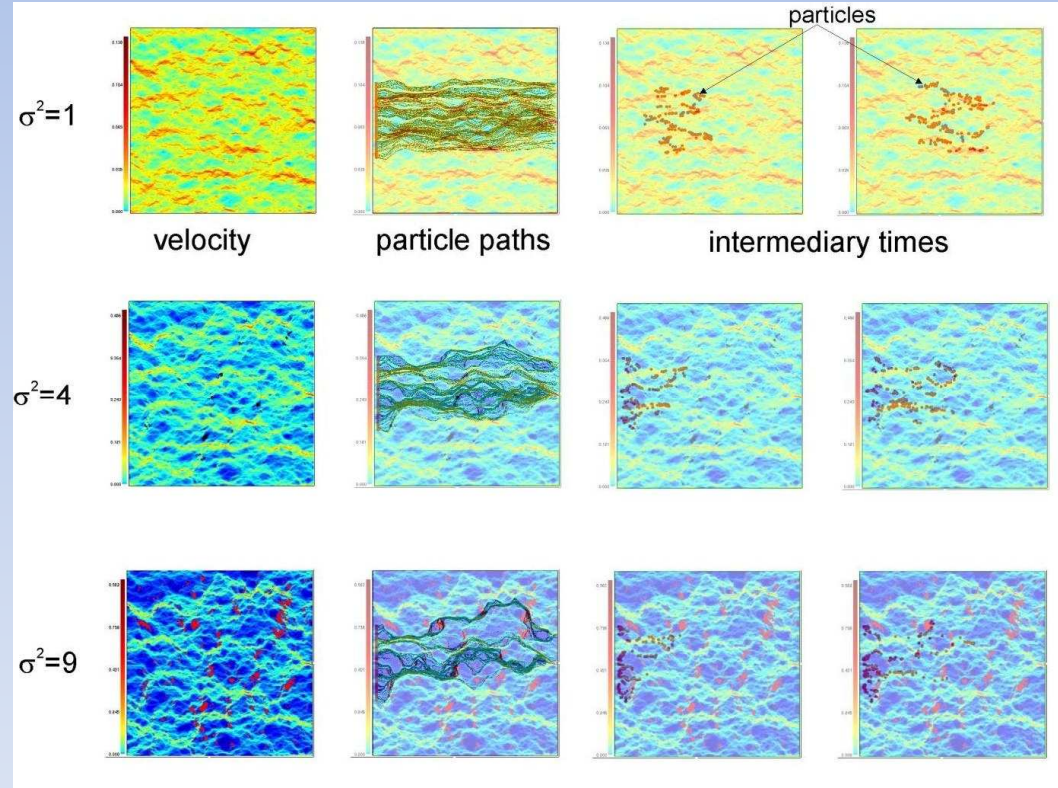
## Démonstration 2 : Transport d'un polluant dans un milieu poreux



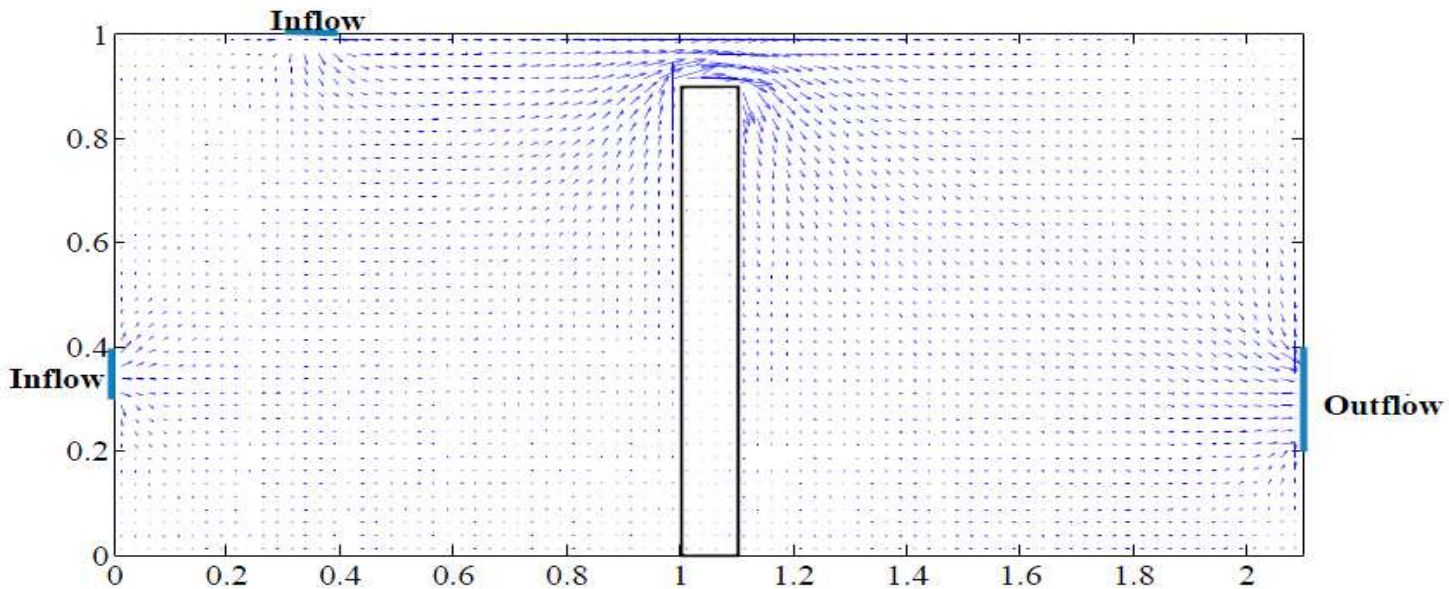
# Macro dispersion longitudinale en convection pure



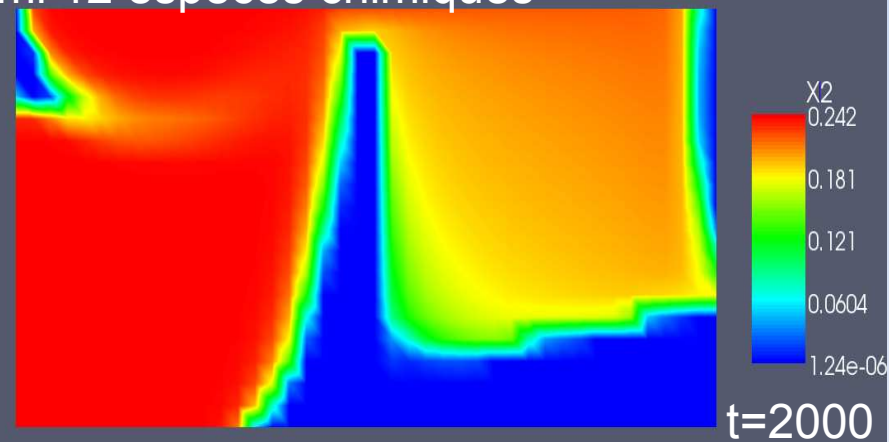
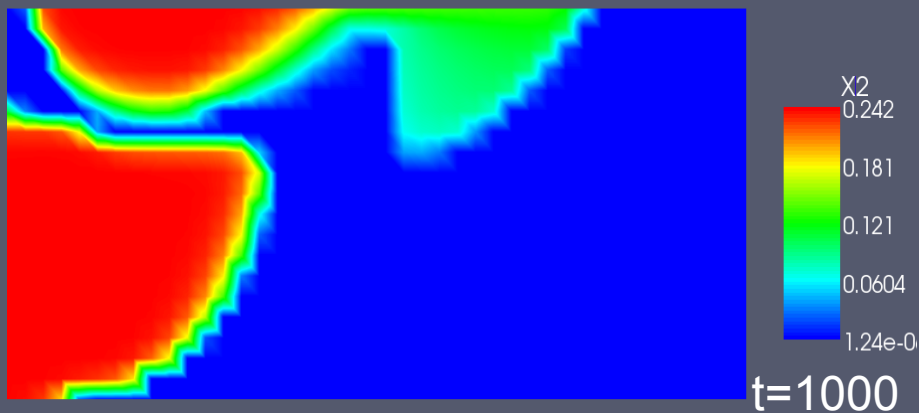
Each curve represents 100 simulations on domains with 67.1 millions of unknowns



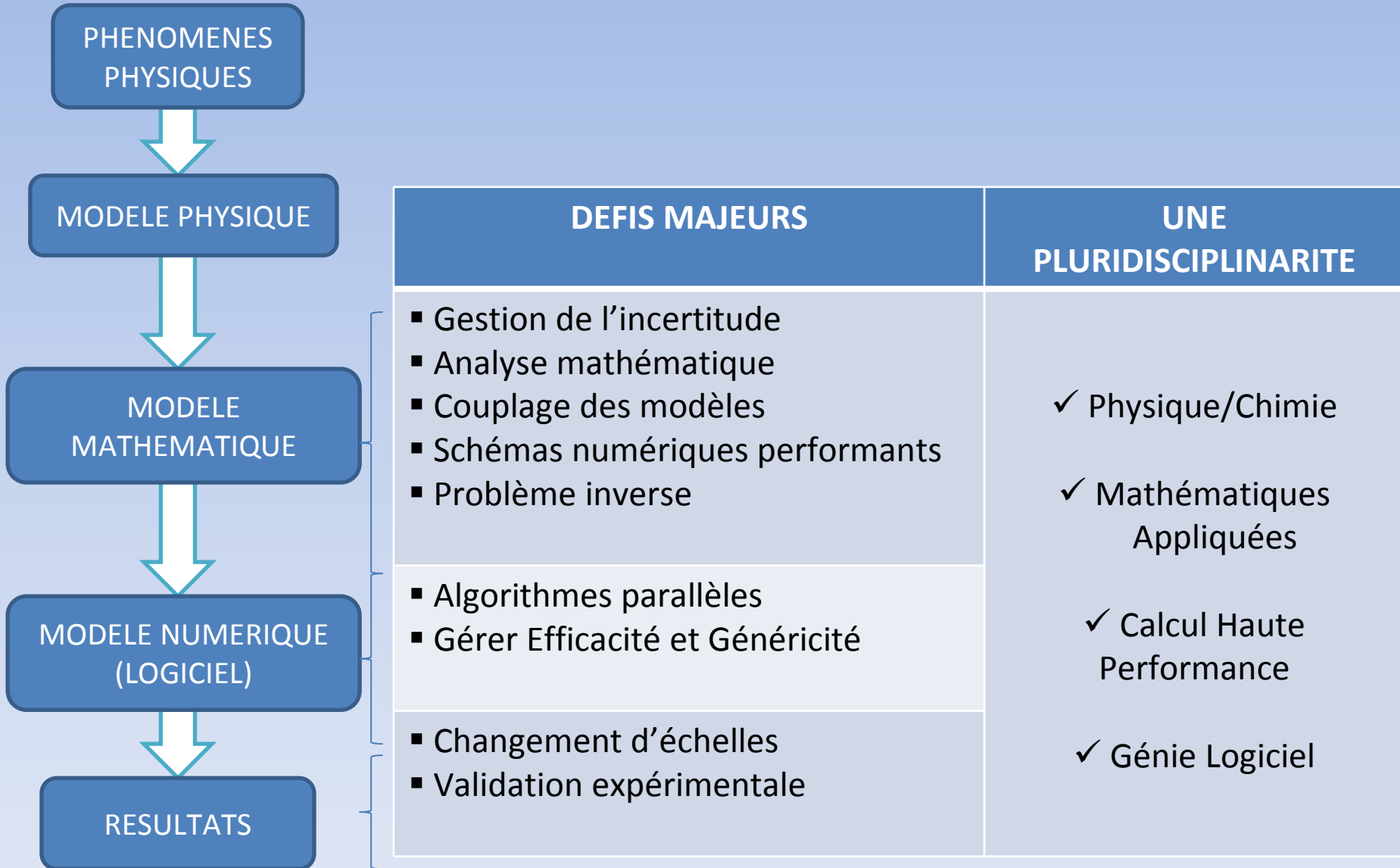
# Démonstration 3 : Dispersion de plusieurs polluants chimiques



Concentration d'une espèce parmi 12 espèces chimiques



# Schéma général – Défis majeurs



# Collaborations hors Hemera

## Projet **ANR MICAS**

*Université de Rennes 1 – Géosciences Rennes et OSUR*

*Université du Havre – Laboratoire LOMC*

*Université de Lyon – Laboratoire CDCSP*

*Réseau National en Hydrogéologie – H+*

## Réseau INRIA Méditerranée **HYDROMED**

### Projet Européen **CO-ADVISE**

*Maroc, Tunisie, Algérie*

*France, Espagne, Italie*

Développement d'une plateforme à l'échelle Européenne

*Espagne (UPC), Allemagne (UFZ), France (CNRS, INRIA),*

*CH, UK, CZ, SE, IL, NL, NO*

## Groupement **MOMAS**

*ANDRA, CEA, ESTIME (INRIA Rocquencourt),*

*Université de Strasbourg*

# Contributions et besoins pour Hemera

## Défi scientifique: HYDRO

*Simulations grande échelle stochastiques et multiparamétriques  
Exploiter un parallélisme et une distribution à plusieurs niveaux*

## Plate-forme logicielle H2OLab

*Intégrer modèles physiques, méthodes numériques, parallélisme  
Lancer des simulations sur Grid'5000*

## Moyens humains en 2011

*Sage: 1 ingénieur-expert, 1 doctorant, 2 membres permanents  
Hemera: Ingénieur-expert temps plein pendant 6 à 12 mois*