



OpenFLUID

Software Environment
for Spatial Modelling in Landscapes

Représentation numérique du paysage

Du paysage au graphe d'espace

Collectif

LISAH - Laboratoire d'étude des Interactions Sol-Agrosystème-Hydrosystème



This document is licensed
under Creative Commons license

Concepts de RNP

Modélisation du fonctionnement du paysage

Représentation **numérique** du paysage

- **éléments du paysage**
(parcelles, routes, fossés, nappes, ...)
- **propriétés** de ces éléments
(géométrie, propriétés physiques, ...)
- **relations/connexions** entre ces éléments (topologiques et hiérarchiques)

+

Modélisation des **processus** en **interaction**

- **dynamiques locales et spatiales** des processus
(transferts, évolutions, décisions, ...)
- **couplage** entre les processus (interactions, rétroactions)



Modélisation du fonctionnement du paysage

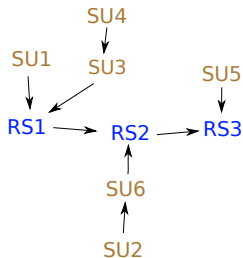
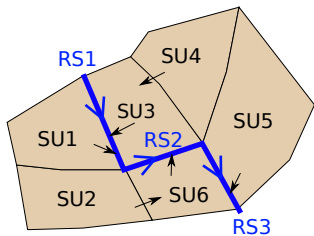
Représentation **numérique** du paysage

- **éléments du paysage**
(parcelles, routes, fossés, nappes, . . .)
- **propriétés** de ces éléments
(géométrie, propriétés physiques, . . .)
- **relations/connexions** entre ces éléments (topologiques et hiérarchiques)

Représentation de l'espace sous OpenFLUID

L'espace est représenté sous la forme d'un **graphe orienté**

- Les noeuds sont les **unités spatiales** composant l'espace, rangés par **classes d'unités spatiales**
- Les arcs orientés sont les **relations** entre les unités spatiales
- Chaque noeud porte des **attributs propres** à l'unité spatiale qu'il représente



Unité spatiale

Une unité spatiale est un **élément du paysage** considéré comme **homogène** du point de vue des propriétés et des comportements

Représente un **objet physique** réel (parcelle, route, . . .)
ou une **entité non physique, virtuelle** (exploitation, coopérative, . . .)

Chaque unité spatiale

- possède un **identifiant**,
- appartient à une **classe d'unités**,
- peut être **connecté** à d'autre unités,
- peut être qualifié par des **attributs**,
- est dotée d'un **ordre de traitement**.

Classe d'unité spatiale

Une **classe** regroupe les **unités spatiales de même nature**

parcelle, tronçon de rivière, fossé, haie, route, habitat, exploitation, ...

- Les unités spatiales d'une même classe ont les **mêmes attributs spatiaux**
- Habituellement, les unités spatiales d'une même classe sont traitées par les mêmes simulateurs
- Le nombre et les noms de classes **ne sont pas limités**

Quelques classes communément utilisées

- SU (Surface Unit) : parcelles agricoles ou non
- RS (Reach Segment) : Tronçon de fossé ou de rivière
- GU (Groundwater Unit) : Nappe
- RE (REservoir) : Barrages, Retenues
- AU (Atmospheric Unit) : Zone atmosphère

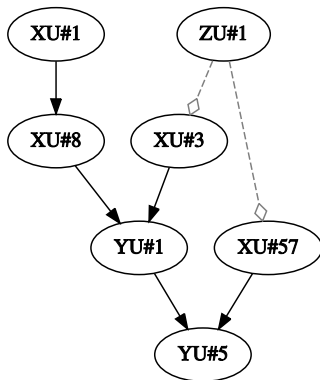
Connexions spatiales

Les unités spatiales peuvent être reliées entre elles par des connexions "from - to" ou "parent - child"

Les connexions "from - to" permettent d'exprimer des relations **topologiques**, généralement utilisées pour des transferts entre objets (e.g. flux)

Les connexions "parent - child" permettent d'exprimer des relations **hiérarchiques** ou d'**appartenance**, généralement utilisées pour des objets multi-échelles ou des regroupements d'entités

Les connexions relient des unités spatiales de **même classe** ou de **classes différentes**



From \longrightarrow To

Parent $\text{---}\diamond$ Child

Attributs spatiaux

Les attributs spatiaux permettent de préciser les **propriétés des unités spatiales**

surface, pente, profondeur, longueur, largeur, occupation du sol, capacité d'infiltration, ...

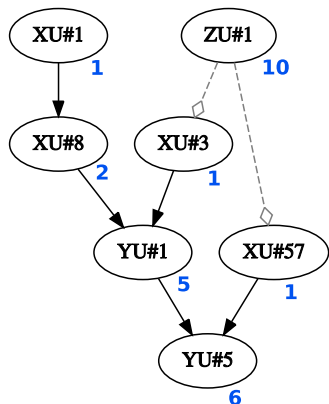
Les attributs spatiaux sont les **mêmes pour toutes les unités d'une même classe**, avec des **valeurs différentes** pour chaque unité

Les attributs sont **constants** et n'évoluent pas en cours de simulation.

Si des attributs sont amenés à évoluer, ils doivent être gérés sous forme de **variables**.

Ordre de traitement

Les ordres de traitement indiquent la **séquence de traitement des unités spatiales** dans les simulateurs



Ils peuvent être utilisés **par classe d'unité** ou **globalement**

Leurs valeurs sont >0 , **consécutives** ou **non-consécutives**

Ils permettent d'**automatiser la parallélisation** des calculs

Du paysage au graphe d'espace

Différentes approches de **construction d'un graphe d'espace** à partir d'un paysage réel sont possibles

⇒ Approche par **expertise terrain**

⇒ Approche par **Systeme d'Information Géographique (SIG)**

⇒ Approche par **outil spécialisé**

Approche par expertise terrain

Démarche

Pas de données spatiales disponibles



Visite terrain pour **acquérir** les informations

- **Préparer** ce que l'on doit relever en fonction de l'**objectif de modélisation** (unités spatiales, liens, attributs)
- Se munir d'un **carnet de terrain** . . .
. . . de bonnes chaussures, d'eau et de crème solaire!

Exemple de création de paysage

Bassin versant de **St Bauzille de la Sylve**

Objectifs : modéliser le fonctionnement **hydrologique** de surface



Pas de données spatiales

⇒ Visite terrain pour **acquérir** les informations

Identification des unités spatiales

Classe d'unités : **Parcelle**



Identification des unités spatiales

Classe d'unités : **Fossé**



Identification des connexions

Connexions pour écoulements hydrologiques de surface

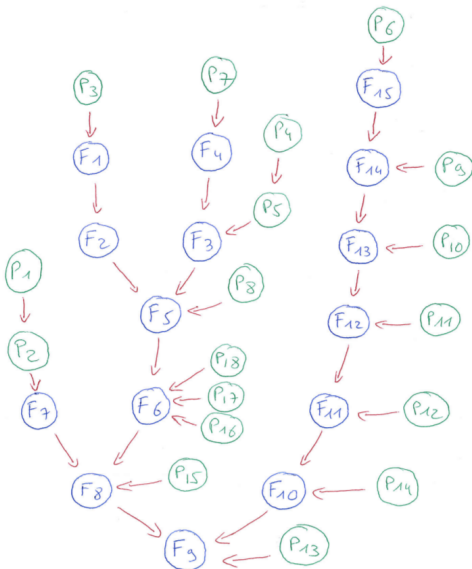


Acquisition des attributs

Propriétés **géomorphologiques** et **physiques**
en lien avec le **modèle de processus**



Construction du graphe d'espace



Onglet domaine spatial

OpenFLUID-Buildier [stbauzillexpert]

Projet Edition Développement Simulation Extensions Affichage Aide

Nouveau Ouvrir Recharger Enregistrer Enregistrer sous Fermer Exécution

Tableau de projet

stbauzillexpert

/home/jcfabre/...stbauzillexpert

Modèle couplé: 1 simulateur(s) et 0 générateur(s)

Domaine spatial: 10 unité(s) spatiales dans 2 classe(s) d'unités

Datastore: 0 élément(s)

Monitoring: 1 observateur(s)

Configuration de simulation: durée totale de 1 secondes avec un DeltaT par défaut de 300 secondes et aucune contrainte

Prêt à simuler

Aucun problème détecté

Modèle | **Domaine spatial** | Datastore | Monitoring | Configuration de simulation | Explorateur des sorties

+ Ajouter une classe d'unités

parcelle ^ v -
[Montrer le style](#)

fosse ^ v -
[Montrer le style](#)

Structure | Carte

+ Ajouter une unité dans la classe fosse - Supprimer l'unité 1 de la classe fosse

Ordre de traitement: 1

Connexions:

Type de connexion	Classe d'unités	ID de l'unité
To	fosse	2
From	parcelle	3

Attributs | Evénements

	largeur	longueur
1	0.2	15
2	0.2	15
3	0.2	15
4	0.1	15
5	0.2	15

Espace de travail courant: /home/jcfabre/openfluid/workspace-formation

Intégration du paysage sous OpenFLUID

Visualisation du graphe d'espace

openfluid-builder

Ajouter une classe d'unités spatiales

Classe d'unités:

Unité

ID:

Ordre de traitement:

Ajout d'une classe

openfluid-builder

Ajouter une unité spatiale

Classe d'unités: **parcette**

Unité

ID:

Ordre de traitement:

Attributs:

pente	surface
0	0

Ajout d'une unité

Intégration du paysage sous OpenFLUID

Visualisation des connexions

Builder-extension

Visualisation du graphe d'espace (GraphViz)

The screenshot displays the OpenFLUID-Builder application window. The main area shows a directed graph with the following structure:

- parcelle#7, parcelle#4, and parcelle#3 are at the top level.
- Arrows point from parcelle#7 to fosse#4, from parcelle#4 to fosse#3 and parcelle#5, and from parcelle#3 to fosse#1.
- Arrows point from fosse#4 to fosse#3, from parcelle#5 to fosse#3, and from fosse#1 to fosse#2.
- Arrows point from fosse#3, parcelle#8, and fosse#2 to fosse#5 at the bottom.

The interface includes a menu bar (Projet, Edition, Développement, Simulation, Extensions, Affichage, Aide), a toolbar with icons for file operations, and a 'Tableau de projet' on the left. The right-hand panel contains settings for the graph view and export options.

Intégration du paysage sous OpenFLUID

Méthode alternative : fichiers du jeu de données

Edition du fichier `domain.fluidx`

```
<?xml version="1.0" standalone="yes"?>
<openfluid>
  <domain>

    <definition>
      <unit class="parcelle" ID="4" pcsorder="1">
        <to class="parcelle" ID="5" />
      </unit>
      <unit class="parcelle" ID="5" pcsorder="1">
        <to class="fosse" ID="3" />
      </unit>
      <unit class="fosse" ID="3" pcsorder="1">
        <to class="fosse" ID="5" />
      </unit>
      <unit class="fosse" ID="5" pcsorder="1">
        </unit>
      </definition>

      <attributes unitclass="parcelle" colorder="surface;pente">
4         85 0.0002
5         75 0.0001
      </attributes>

    </domain>
  </openfluid>
```

Intégration du paysage sous OpenFLUID

Exemple d'utilisation via l'interface OpenFLUID-Builder

<http://youtu.be/VK17MnHLXJU>

Vidéo réalisée sous OpenFLUID 2.1.0

Éléments d'analyse sur l'approche terrain

- Méthode **rapide** pour petits bassins versants ou connexions simples
- Données SIG **non nécessaires**
- Possibilité d'**accompagner** certaines étapes par des scripts
- Procédure **lourde** si paysage étendu ou morcelé

Approche par SIG

Démarche

Données spatiales disponibles (format vecteur)



Préparation des données en utilisant
un Système d'information Géographique (SIG)

- Utiliser un logiciel SIG : QGIS, GRASS, ArcGis, ...
- Traiter les données géographiques pour qu'elles soient "OpenFLUID compatibles" (unités spatiales, liens, attributs)

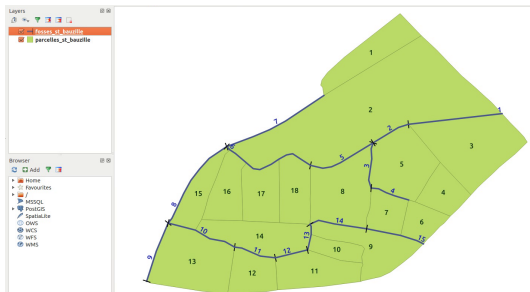
Avec des données spatiales

Données **acquises** : parcellaires, réseaux, ...

Informations **post-traitées** dans un SIG : connexions, attributs, ...

Informations lors de l'import dans OpenFLUID:

- **Géométries** utilisées pour calcul de surface, longueur, ...
- Table **attributaire** utilisée pour les **connexions** et les attributs



Avec des données spatiales

Données **acquises** : parcellaires, réseaux, ...

Informations **post-traitées** dans un SIG : connexions, attributs, ...

Informations lors de l'import dans OpenFLUID:

- **Géométries** utilisées pour calcul de surface, longueur, ...
- Table **attributaire** utilisée pour les **connexions** et les attributs

Attribute table - parcelles_st_bauzille :: Features total: 18, filtered: 18, selected: 0

	altitude	OFLD_ID	Hc	Ks	betaMS	manning	thetazini	thetares	thetasat	topology
0	82.30000	1	0.100000	0.00000258...	1.29000	0.060000	0.280000	0.018000	0.350000	parcelle#2
1	79.40000	2	0.100000	0.00000258...	1.27000	0.060000	0.370000	0.031000	0.350000	fosse#7
2	80.20000	3	0.090000	0.00000732...	1.27000	0.050000	0.330000	0.021000	0.350000	fosse#1
3	79.30000	4	0.090000	0.00000732...	1.31000	0.050000	0.320000	0.019000	0.350000	parcelle#5
4	78.50000	5	0.110000	0.00000258...	1.30000	0.061000	0.280000	0.021000	0.360000	fosse#3
5	79.40000	6	0.100000	0.00000258...	1.30000	0.050000	0.290000	0.014000	0.360000	fosse#15
6	79.00000	7	0.110000	0.00000258...	1.31000	0.050000	0.320000	0.018000	0.350000	fosse#4
7	77.50000	8	0.090000	0.00000225...	1.30000	0.060000	0.300000	0.020000	0.360000	fosse#5
8	77.60000	9	0.120000	0.00000258...	1.29000	0.050000	0.310000	0.017000	0.360000	fosse#14
9	78.40000	10	0.100000	0.00000225...	1.31000	0.050000	0.280000	0.020000	0.370000	fosse#13
10	79.80000	11	0.100000	0.00000732...	1.28000	0.060000	0.270000	0.020000	0.350000	fosse#12
11	79.20000	12	0.110000	0.00000732...	1.28000	0.060000	0.310000	0.015000	0.350000	fosse#11
12	77.00000	13	0.090000	0.00000258...	1.30000	0.050000	0.280000	0.014000	0.360000	fosse#9
13	74.10000	14	0.080000	0.00000225...	1.31000	0.050000	0.300000	0.018000	0.370000	fosse#10
14	73.60000	15	0.110000	0.00000258...	1.29000	0.060000	0.290000	0.016000	0.360000	fosse#8
15	73.70000	16	0.100000	0.00000732...	1.27000	0.060000	0.280000	0.014000	0.340000	fosse#6
16	76.00000	17	0.090000	0.00000732...	1.27000	0.050000	0.300000	0.160000	0.340000	fosse#6
17	76.90000	18	0.120000	0.00000225...	1.30000	0.050000	0.300000	0.018000	0.330000	fosse#6

Données spatiales normalisées OpenFLUID

OpenFLUID reconnaît automatiquement **tous les types de géométries** et des **champs de table attributaires** normalisés

- **OFLD_ID** : Identifiant de l'unité spatiale (nombre entier)
- **OFLD_TO** : Liste des unités connectées "To"
- **OFLD_CHILD** : Liste des unités connectées "Child of"
- **OFLD_PSORD** : Ordre de traitement (nombre entier)

Format des listes d'unités pour les connexions

- chaque unité connectée est formatée **classe#id**
- plusieurs unités sont **séparées par des point-virgules**

Données spatiales normalisées OpenFLUID

Exemples de **tables attributaires** des classes d'unités spatiales

Table attributaire de la classe XU

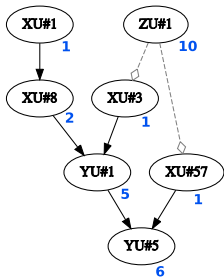
OFLD_ID	OFLD_PSORD	OFLD_TO	OFLD_CHILD
1	1	XU#8	
8	2	YU#1	
3	1	YU#1	ZU#1
57	1	YU#5	ZU#1

Table attributaire de la classe YU

OFLD_ID	OFLD_PSORD	OFLD_TO	OFLD_CHILD
1	5	YU#5	
5	6		

Table attributaire de la classe ZU

OFLD_ID	OFLD_PSORD	OFLD_TO	OFLD_CHILD
1	10		



Intégration du paysage sous OpenFLUID

Extension **import de données spatiales** dans OpenFLUID-Builder

Import de données spatiales (OGR/GDAL)

Sources de données à importer:

Classe d'unités	URI	Couche	Type de géométrie
SU	/home/jcfabre/.openfluid/examples/projects/MHYDAS_Roujan/IN/shapefiles/roujan_su_wgs84.shp	roujan_su_wgs84	Polygon
RS	/home/jcfabre/.openfluid/examples/projects/MHYDAS_Roujan/IN/shapefiles/roujan_rs_wgs84.shp	roujan_rs_wgs84	Line String

+ Ajouter une source fichier
+ Ajouter une source WFS
- Supprimer la source

Pré-vérifier l'import

Structure spatiale | Attributs spatiaux | Fichiers et Datastore

Classe d'unités à créer: RS

Les IDs des unités sont contenus dans le champ "OFLD_ID" de la couche

Champ source pour l'ordre de traitement des unités: PCSS_ORD

Champ source pour les connexions "To": OFLD_TO

Champ source pour les connexions "Child of":

✓ Appliquer × Annuler

Intégration du paysage sous OpenFLUID

Exemple d'utilisation de l'extension **import de données spatiales**

<http://youtu.be/hli6M5HDItY>

Vidéo réalisée sous OpenFLUID 2.1.0

Éléments d'analyse sur l'approche SIG

- Utilisation de **formats de données métier** : GeoJSON, Shapefiles, MapInfo, ...
- Liberté du choix des outils SIG, outils sur étagère
- Connectivité **manuelle** ou **par calcul** dans le SIG
- Possibilité d'**automatisation partielle**
- Nécessite une **connaissance minimale** des concepts géomatiques et des outils

OpenFLUID \leq 2.1.x : import de données SIG

→ OpenFLUID \geq 2.2.x : **utilisation directe de données SIG**

Approche par outil spécialisé

Démarche

Besoin de **traitements géomatiques spécifiques**



Développement d'un **outil géomatique** spécialisé

Contextes possibles:

- Particularités paysagères
- Modèle de processus ciblé
- Automatisation → multi-simulation, batch
- Traitements lourds, performance, ...
- ...

Exemple GeoMHYDAS

Création de la représentation du paysage pour le **modèle MHYDAS** à partir de données spatiales

Pas de solution avec SIG "classique"

→ Procédures géomatiques particulières

- Prise en compte des **parcelles** (SU) et du **réseau hydrographique/fossés** (RS)
- Calcul de la **topologie** : $SU \rightarrow SU$, $SU \rightarrow RS$, $RS \rightarrow RS$
- Calcul du **process order**

Grande **sensibilité à la qualité des données**

Exemple GeoMHYDAS

1996 : Premiers développements de scripts AML ArcInfo.

2012 : GeoMHYDAS sous GRASS 6.xx

- Ensemble de scripts pour l'environnement SIG GRASS
- Avantages : open-source, gestion topologie, interface graphique et ligne de commande
- Uniquement pour Linux Ubuntu, lenteurs pour gros volumes de données

2014 : GeoMHYDAS sous OpenFLUID

- Sous forme de simulateur et de builder-extension
- Développement basé sur la librairie openfluid-landr
- Rapidité, robustesse logicielle, indépendant d'un SIG...

Exemple GeoMHYDAS

GeoMHYDAS

Layers Verification | Entities creation | Entities cleaning | Topology Computation | Parameterisation | Export

Selected active layers :

Name	Type	Source
dem	GeoRasterValue	geodata/dem.TIFF
irrigated	GeoRasterValue	geodata/irrigated_areas.T...
fields	GeoVectorValue	geodata/fields.shp
soils	GeoVectorValue	geodata/soil_texture.shp
reachs	GeoVectorValue	geodata/reachs.shp

Access to Datastore

Select the entities to create :

- Reach Segments (RS)
- Surface Units (SU)

Note:
Some GeoMHYDAS options are linked to the type of the selected layers or to others options.
If you want to enable an option, please provide the required data or modify the previous selected options.

RS topology computation

Altitude computation

- Value is stored into the column: []
- Value will be computed with the raster DEM: dem
- Using one pixel on centroid position
- Using all pixel values on the Feature

Slope computation

- Value is stored into the column: []
- Value will be computed with the raster DEM: dem
- Replacement value for negative slope: 0.001

SU topology computation

Select the topology relation :

- Contains
- Intersects
- Touches

Select the method to find the DownUnit of SU :

- Use the steepest slope
- Use the shortest distance
- Use the Higher Process Order

Use a line GeoVector to compute manual topology: reaches

Altitude computation

- Value is stored into the column: []
- Value will be computed with the raster DEM: dem
- Using one pixel on centroid position
- Using all pixel values on the Feature

Slope computation

- Value is stored into the column: []
- Value will be computed

Topology relation between SU and RS

Buffer distance (m) between SU boundaries and RS: 2

Min length (m) of the RS in contact with SU boundaries to be taken into account: 1

Value of the length ratio (0 to 1) between RS and SU boundaries length: 0.5

Cancel Proceed

Exemple GeoMHYDAS

Développements arrêtés depuis 2015,
maintenance de compatibilité uniquement



P. Lagacherie, M. Rabotin, F. Colin, R. Moussa, and M. Voltz.

Geo-MHYDAS: A landscape discretization tool for distributed hydrological modeling of cultivated areas.

Computers & Geosciences, 36(8):1021 – 1032, 2010.



M. Rabotin, J.-C. Fabre, A. Libres, P. Lagacherie, D. Crevoisier, and R. Moussa.

Using graph approach for managing connectivity in integrative landscape modelling.

In *Vol. 15, EGU2013-8851, EGU General Assembly 2013*, Vienna (Austria), 7-12 avril 2013.

Exemple Groov'scape

BV-Service (projet ONEMA-AFB, collab LISAH-SAS):
Construction d'un outil en ligne de **diagnostic et de gestion**,
à l'échelle du bassin versant, de la **connectivité des parcelles** et
des **risques de ruissellement** superficiel

- Appliquer des **scénarios d'occupation des linéaires** (haies, talus, bandes enherbées, fossés)
→ Découpage spatial + calcul des connexions pour chaque scénario
- Intégrer des **données issues d'infrastructures de données spatiales** d'opérateurs nationaux ou régionaux (IGN, GeoBretagne, ...)
→ Robustesse vis-à-vis des données

Exemple Groov'scape

Se nourrir de l'expérience des outils
MNTsurf (SAS) et **GeoMHYDAS** (LISAH)

→ Repartir sur une page blanche pour un **nouvel algorithme**

- **modulaire** et évolutif
- **robuste**
- implémenté sous **OpenFLUID**

2 phases de fonctionnement

- **Préparation** : découpage en pré-unités spatiales avec pré-connexions
- **Scenario** : introduction des linéaires, finalisation des unités spatiales et des connexions

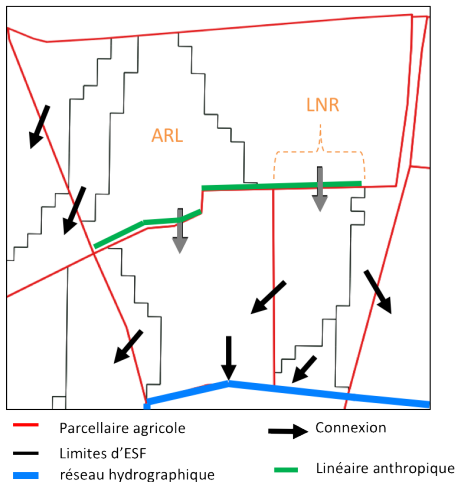
Exemple Groov'scape

Données d'entrée

- MNT
- Parcellaire
- Réseaux hydrographiques
- Retenues
- Linéaires paysagers

Classes d'unités générées

- SU : Unités de surface
- RS : Segments de réseaux hydro.
- LI : Segments de linéaires paysagers
- RE : Retenues
- GU : *Nappes souterraines*



Publication en cours de rédaction

Éléments d'analyse sur l'approche outil

- Automatisation → multi-simulation → multi-scénario
- Disponibilité de **bibliothèques dédiées** qui arrivent à maturité : OGR/GDAL, GEOS, CGAL, ...
- Possibilité de **varier les environnements logiciels** : ligne de commande, interface utilisateur, service en ligne, ...
- Prendre en compte la **robustesse aux données**
- Nécessite des **développements logiciels** en géomatique

Autres exemples d'approches

- Approche par **scripts** R/Matlab/Octave/Grass
BE Envilys
- Approche **hybride** par scripts + partie connectivité de GeoMHYDAS
BE CEREG
- Approche **ad-hoc spécifique** projet
Découpage atmosphérique MIPP
- ...