



## OpenFLUID: un exemple d'utilisation de librairies open-source pour la modélisation scientifique des paysages cultivés

M. Rabotin, JC. Fabre, A. Libres,  
D. Crevoisier, M. Voltz, D. Raclot, P. Lagacherie.

*UMR LISAH, Laboratoire d'étude des Interactions  
Sol-Agrosystème-Hydrosystème  
INRA - IRD - SupAgro, Montpellier, France*



10 juin 2013 - Saint Mandé

# Plan

## 1 Contexte

- La modélisation pour l'agriculture
- Bassins versants anthropisés
- La recherche
- Questions méthodologiques

## 2 OpenFLUID

## 3 Représentation du Paysage

## 4 Geo-MHYDAS

## 5 Pour finir

# La modélisation pour l'agriculture

Compréhension des **flux** dans les zones agricoles : flux de matière (eau, polluants ...), flux d'énergie (température), activités humaines...

- Utilisation de l'expérimentation : observatoires et essais terrains.
- Utilisation de la **modélisation** pour simuler scénarios.

Connaissances des **processus physiques** : ruissellement, dissémination polluants ...

Connaissances du **paysage** : relief, nature et position des éléments du paysage ...

→ Modélisation avec approche spatio-temporelle et pluri-disciplinaire

# La modélisation pour l'agriculture

Compréhension des **flux** dans les zones agricoles : flux de matière (eau, polluants ...), flux d'énergie (température), activités humaines...

- Utilisation de l'expérimentation : observatoires et essais terrains.
- Utilisation de la **modélisation** pour simuler scénarios.

Connaissances des **processus physiques** : ruissellement, dissémination polluants ...

Connaissances du **paysage** : relief, nature et position des éléments du paysage ...

→ Modélisation avec approche spatio-temporelle et pluri-disciplinaire

# La modélisation pour l'agriculture

Compréhension des **flux** dans les zones agricoles : flux de matière (eau, polluants ...), flux d'énergie (température), activités humaines...

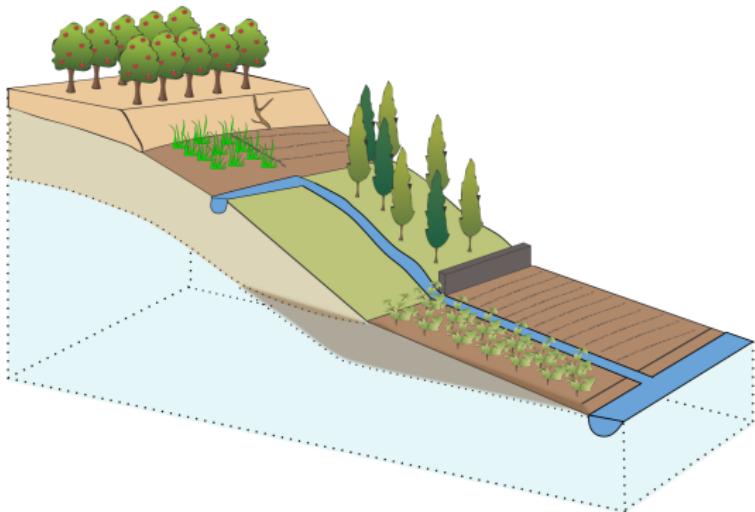
- Utilisation de l'expérimentation : observatoires et essais terrains.
- Utilisation de la **modélisation** pour simuler scénarios.

Connaissances des **processus physiques** : ruissellement, dissémination polluants ...

Connaissances du **paysage** : relief, nature et position des éléments du paysage ...

→ Modélisation avec approche spatio-temporelle et pluri-disciplinaire

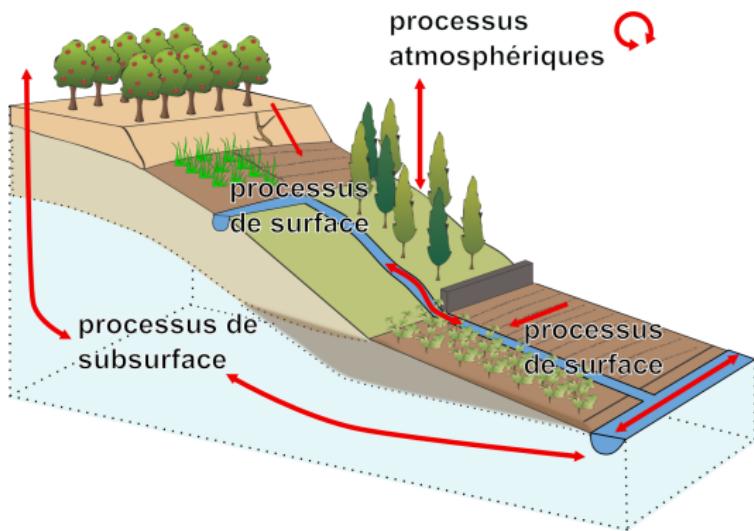
# Bassins versants anthropisés



- Etude de processus physiques,
- associés à des unités spatiales,
- paramétrées avec des propriétés,
- et connectées entre elles.

Approche équilibrée entre modélisation des processus et représentation de l'espace

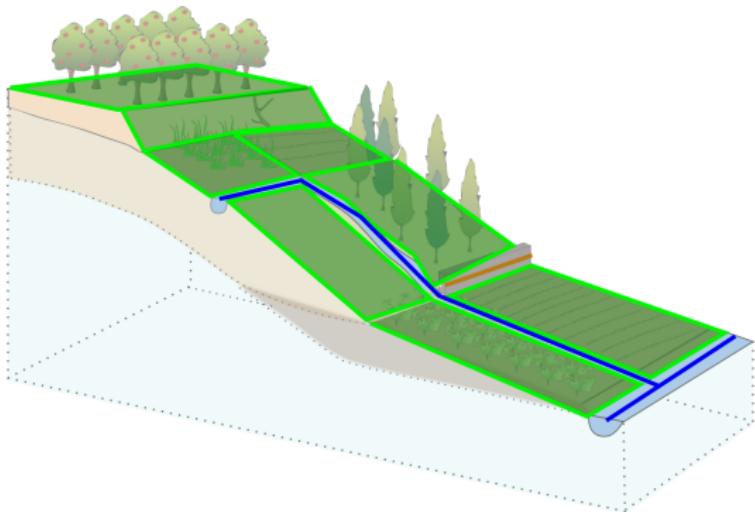
# Bassins versants anthropisés



- Etude de processus physiques,
- associés à des unités spatiales,
- paramétrées avec des propriétés,
- et connectées entre elles.

Approche équilibrée entre modélisation des processus et représentation de l'espace

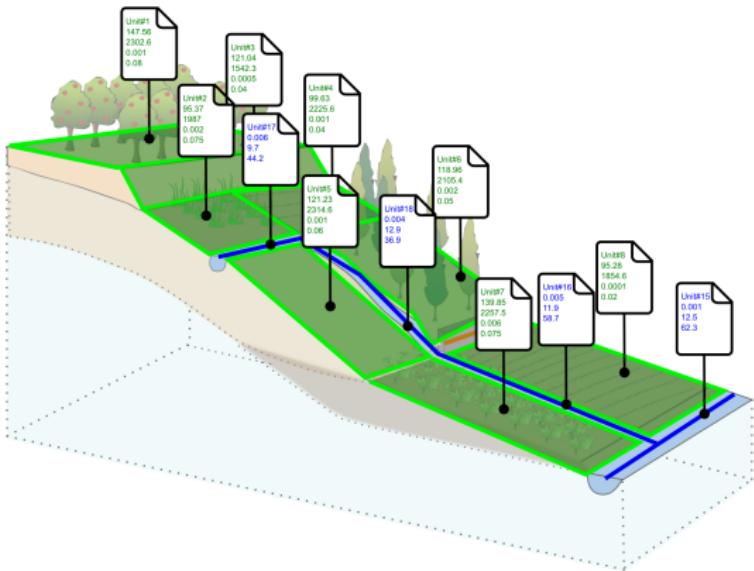
# Bassins versants anthropisés



- Etude de processus physiques,
- associés à des unités spatiales,
- paramétrées avec des propriétés,
- et connectées entre elles.

Approche équilibrée entre modélisation des processus et représentation de l'espace

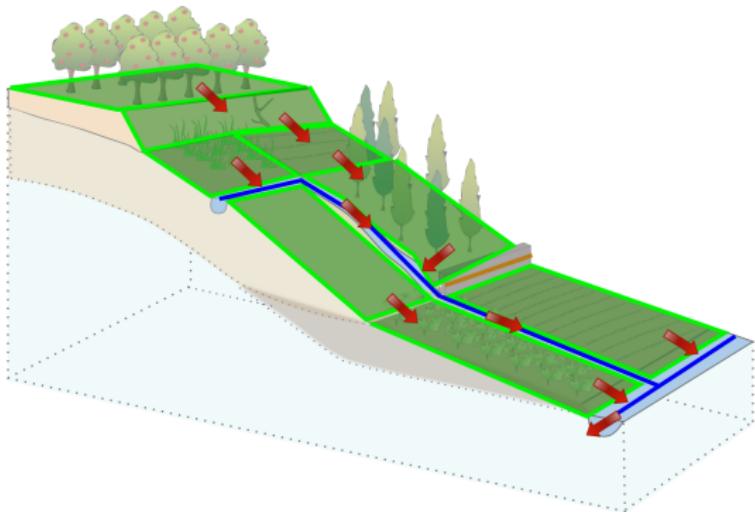
# Bassins versants anthropisés



- Etude de processus physiques,
- associés à des unités spatiales,
- paramétrées avec des propriétés,
- et connectées entre elles.

Approche équilibrée entre modélisation des processus et représentation de l'espace

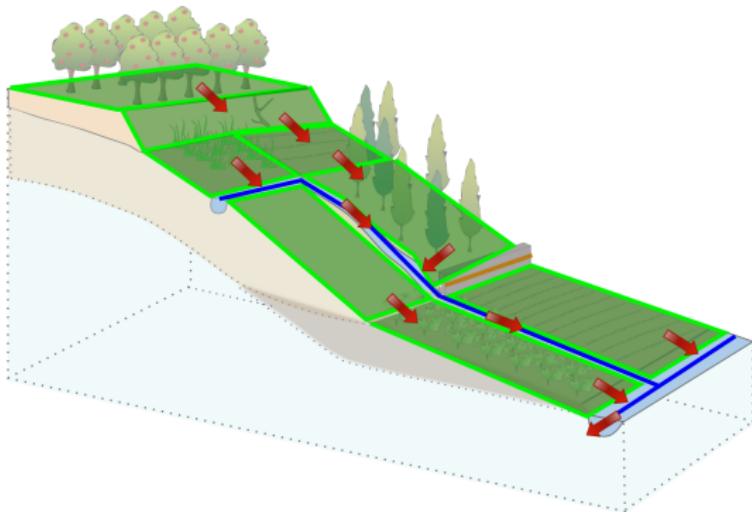
# Bassins versants anthropisés



- Etude de processus physiques,
- associés à des unités spatiales,
- paramétrées avec des propriétés,
- et connectées entre elles.

Approche équilibrée entre modélisation des processus et représentation de l'espace

# Bassins versants anthropisés



- Etude de processus physiques,
- associés à des unités spatiales,
- paramétrées avec des propriétés,
- et connectées entre elles.

**Approche équilibrée entre modélisation des processus et représentation de l'espace**

# La recherche

## Dynamique d'innovation et de prospective

- Mettre à disposition un environnement logiciel ouvert, extensible, évolutif
- Profiter des technologies récentes ou émergentes

Des objectifs divers

- Développement de connaissances : processus physiques, objets de l'espace...
- Transfert de connaissances : outils de diagnostic, formation

Des compétences diverses en modélisation et en géomatique

- Utilisateur
- Développeur de modèles scientifiques
- Développeur informatique

# La recherche

## Dynamique d'innovation et de prospective

- Mettre à disposition un environnement logiciel ouvert, extensible, évolutif
- Profiter des technologies récentes ou émergentes

## Des objectifs divers

- **Développement** de connaissances : processus physiques, objets de l'espace...
- **Transfert** de connaissances : outils de diagnostic, formation

## Des compétences diverses en **modélisation** et en **géomatique**

- Utilisateur
- Développeur de modèles scientifiques
- Développeur informatique

# La recherche

## Dynamique d'innovation et de prospective

- Mettre à disposition un environnement logiciel ouvert, extensible, évolutif
- Profiter des technologies récentes ou émergentes

## Des objectifs divers

- Développement de connaissances : processus physiques, objets de l'espace...
- Transfert de connaissances : outils de diagnostic, formation

## Des compétences diverses en modélisation et en géomatique

- Utilisateur
- Développeur de modèles scientifiques
- Développeur informatique

## Q. méthodo : représentation du paysage

Classiquement, modèles hydrologiques utilisent le **raster** pour représenter le paysage

- Données sources issues de la télédétection
- Gestion de la donnée facilitée : matrices carrées
- Utilisation pour des données continues → très utilisé pour les grands bassins versants

## Q. méthodo : représentation du paysage



## Q. méthodo : représentation du paysage



Objets de taille modeste mais à fort **impact** sur la réponse hydrologique :

- limites de parcelles,
- réseaux de fossés,
- talus ou terrasses ...

→ Importance des **discontinuités** du paysage

## Q. méthodo : représentation du paysage



Objets de taille modeste mais à fort **impact** sur la réponse hydrologique :

- limites de parcelles,
- réseaux de fossés,
- talus ou terrasses ...

→ Importance des **discontinuités** du paysage

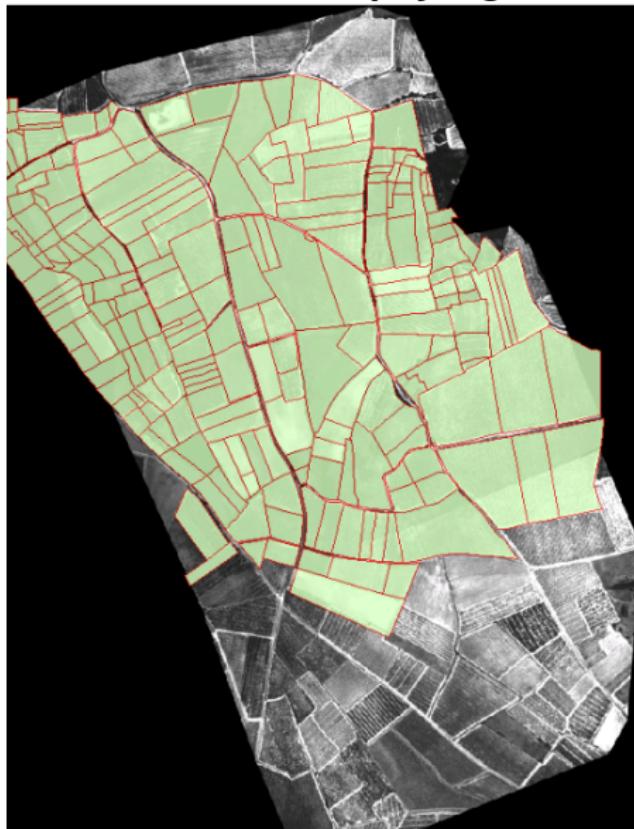
Représentation de l'espace par approche **vecteur**

Nécessité de gérer les spécificités du mode vecteur : géométries différentes, erreurs de géométrie...

→ Nécessité de cohérence entre **représentation du paysage et physique des processus**

## Q. méthodo : discréétisation et topologie orientée

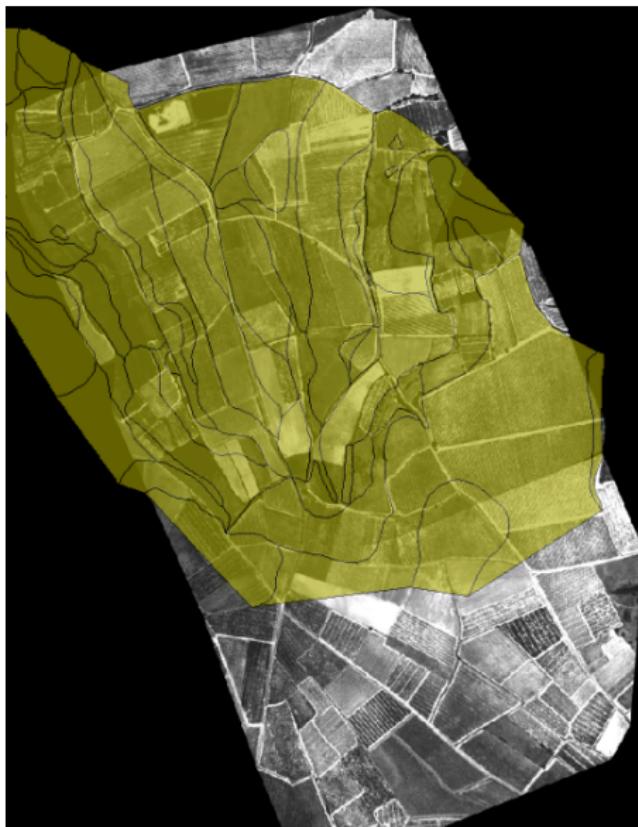
### Discréétisation du paysage



- Couche de parcellaire

## Q. méthodo : discréétisation et topologie orientée

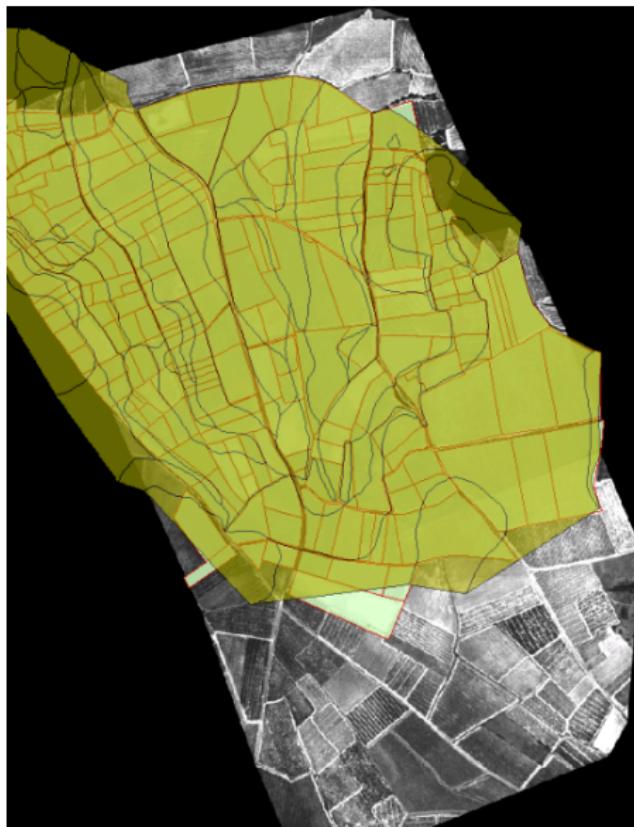
### Discréétisation du paysage



- Couche de pédologie  
(nature des sols)

## Q. méthodo : discréétisation et topologie orientée

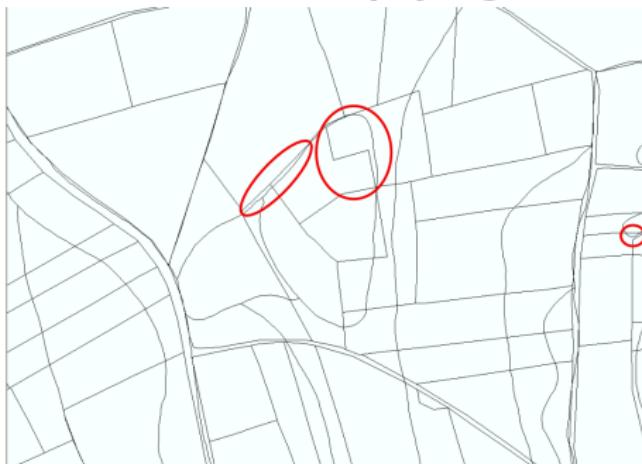
### Discréétisation du paysage



- Intersection des deux couches

## Q. méthodo : discréétisation et topologie orientée

### Discréétisation du paysage



#### Présence d'entités

- trop fines,
- trop petites,
- à la géométrie non conforme.

Nécessité de :

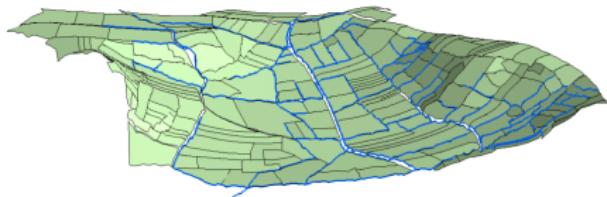
- **identifier** les unités inadéquates,
- **nettoyer** selon des critères définis,
- **conserver** les frontières jugées importantes / prioritaires.

## Q. méthodo : discréétisation et topologie orientée

### Discréétisation du paysage

#### Topologie orientée

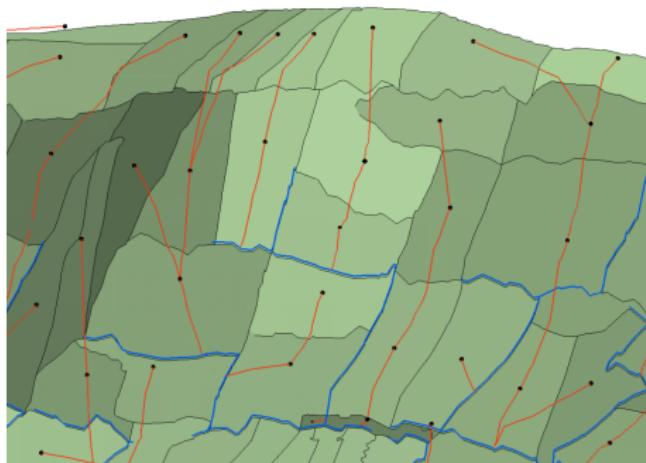
Relation préférentielle de voisinage établie entre les figures géométriques → pour ruissellement de surface : quels sont les chemins de l'eau ?



- Parcellaire
- Réseau hydrographique

# Q. méthodo : discréétisation et topologie orientée

## Topologie orientée



- Parcellaire
- Réseau hydrographique
- Chemins hydrologiques

- Identifier les voisins de chaque unité
- Calculer la topologie orientée et les paramètres associés

# Plan

- 1 Contexte
- 2 OpenFLUID
  - La plateforme OpenFLUID
- 3 Représentation du Paysage
- 4 Geo-MHYDAS
- 5 Pour finir

## Développement de la plateforme **OpenFLUID** depuis 2005

- **standardisation** des développements de modèles,
- dynamique, capitalisation et partage autour de la modélisation spatialisée.

Coeur de la plateforme : structure de construction et couplage de modèles

- Représentation de l'espace sous la forme de **graphes** connexes d'unités spatiales,
- Modélisation **couplée** basée sur des simulateurs branchés dynamiquement lors de la simulation,
- Gestion du déroulement et du **monitoring** de la simulation.

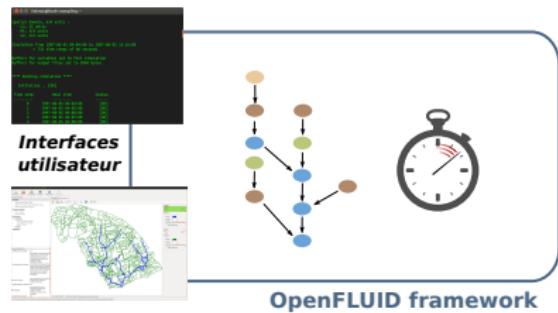
## Développement de la plateforme **OpenFLUID** depuis 2005

- **standardisation** des développements de modèles,
- dynamique, capitalisation et partage autour de la modélisation spatialisée.

Coeur de la plateforme : structure de construction et couplage de modèles

- Représentation de l'espace sous la forme de **graphes** connexes d'unités spatiales,
- Modélisation **couplée** basée sur des simulateurs branchés dynamiquement lors de la simulation,
- Gestion du déroulement et du **monitoring** de la simulation.

# La plateforme OpenFLUID

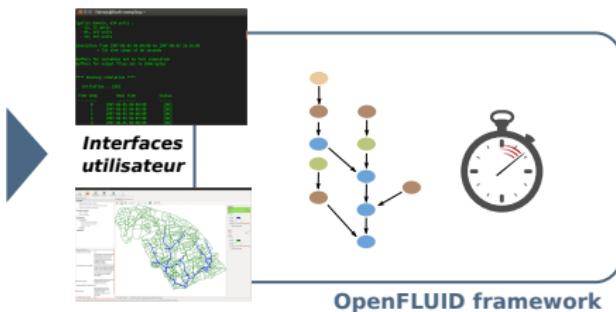


# La plateforme OpenFLUID

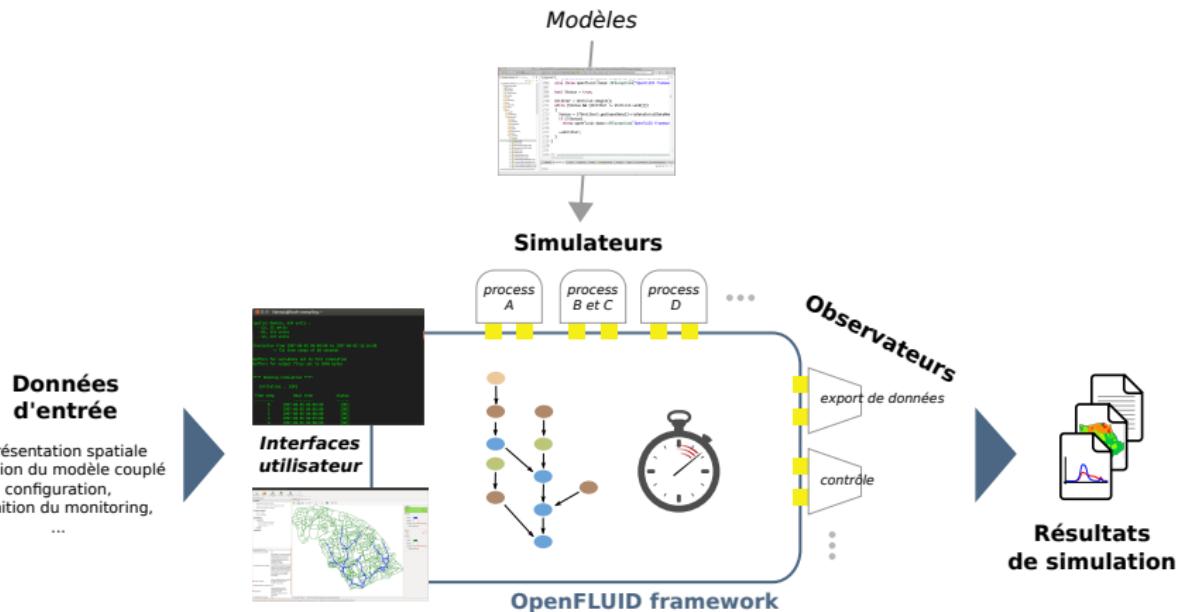
## Données d'entrée

représentation spatiale  
définition du modèle couplé  
configuration,  
définition du monitoring,

...



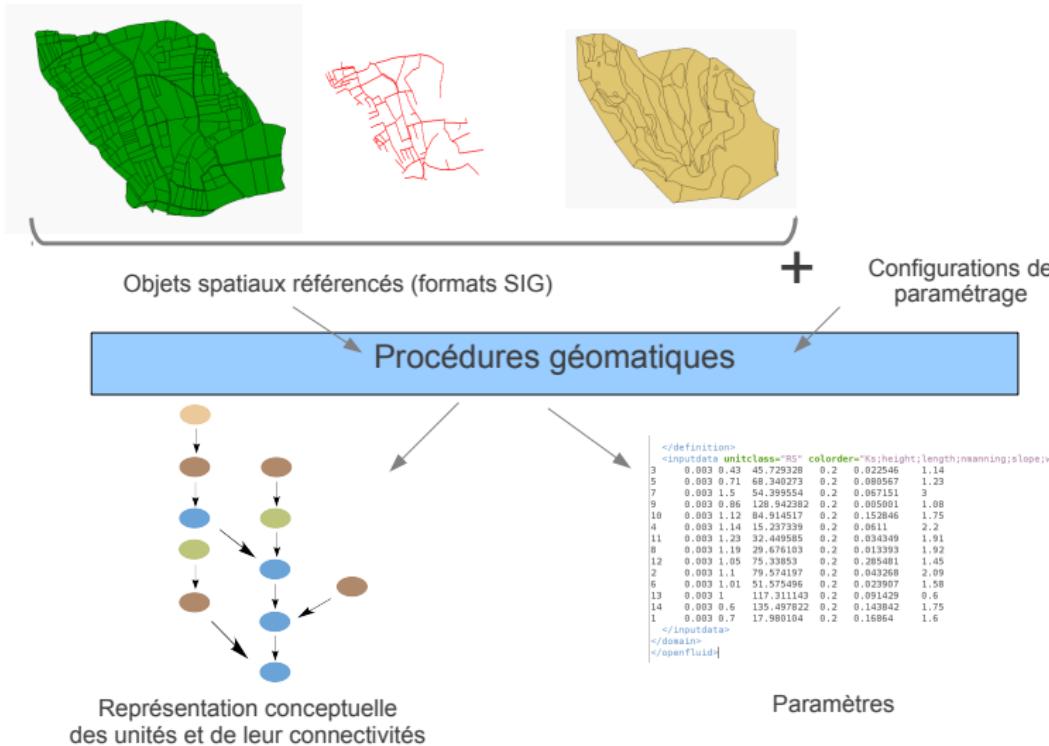
# La plateforme OpenFLUID



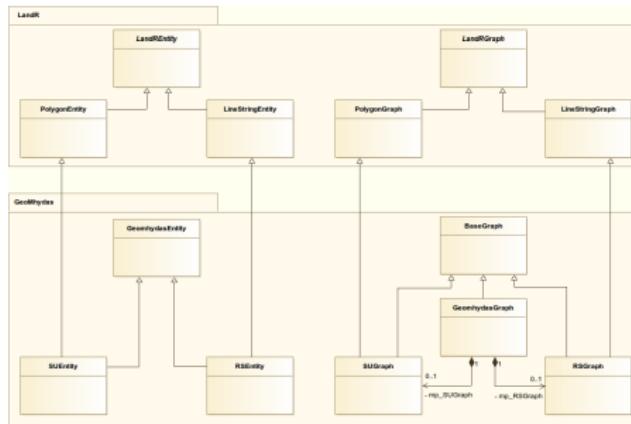
# Plan

- 1 Contexte
- 2 OpenFLUID
- 3 Représentation du Paysage
  - Principes
  - Librairie OpenFLUID-LandR
  - Calcul des chemins de l'eau
- 4 Geo-MHYDAS
- 5 Pour finir

# Principes



# Librairie OpenFLUID-LandR

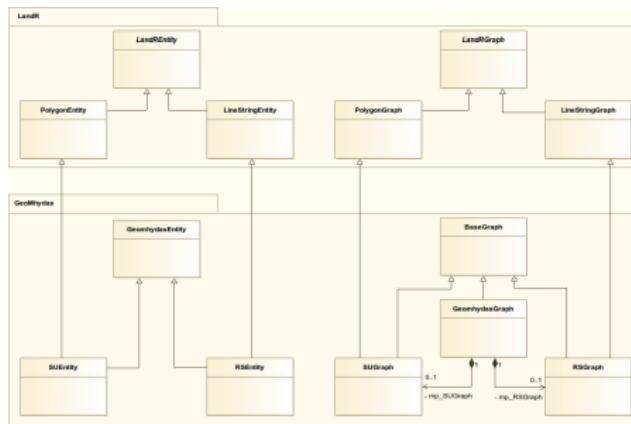


- S'appuie sur GDAL, OGR et GEOS
- Développée en C++
- Spécialisation et combinaison de méthodes issues des librairies support

Spécialisée dans la création et manipulation des **graphes**

Permet de développer des traitements spatiaux + spécifiques :  
exemple de la librairie Geo-MHYDAS pour le modèle hydrologique  
MHYDAS

# Librairie OpenFLUID-LandR

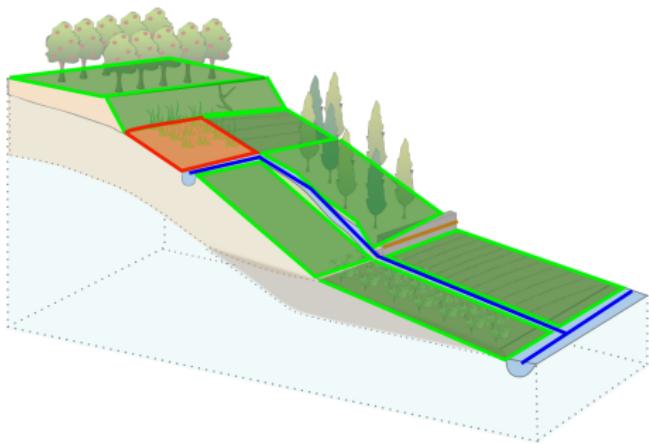


- S'appuie sur GDAL, OGR et GEOS
- Développée en C++
- Spécialisation et combinaison de méthodes issues des librairies support

Spécialisée dans la création et manipulation des **graphes**

Permet de développer des traitements spatiaux + spécifiques :  
exemple de la librairie Geo-MHYDAS pour le modèle hydrologique  
MHYDAS

# Calcul des chemins de l'eau

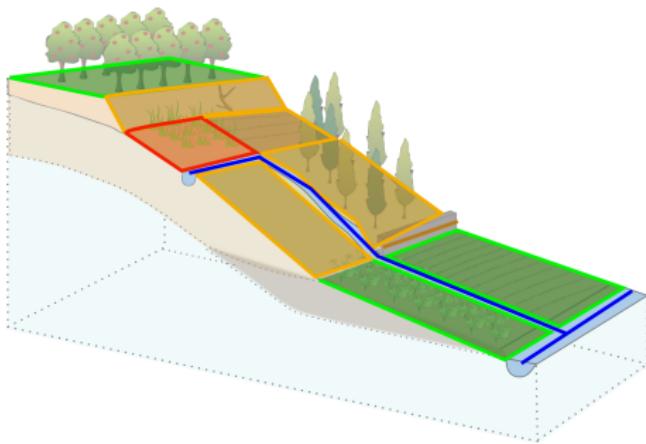


- Définition de la méthode de calculs,
- Identification des voisins polygones potentiels,
- Recherche avec distance tampon des lignes voisines,
- Choix du voisin (polygone ou ligne) avec plus grande pente.

Calcul des chemins de l'eau par recherche de **plus grande pente**

Possibilité de l'utiliser pour d'autres thématiques : dispersion de flux de pollens influencés par direction du vent...

# Calcul des chemins de l'eau

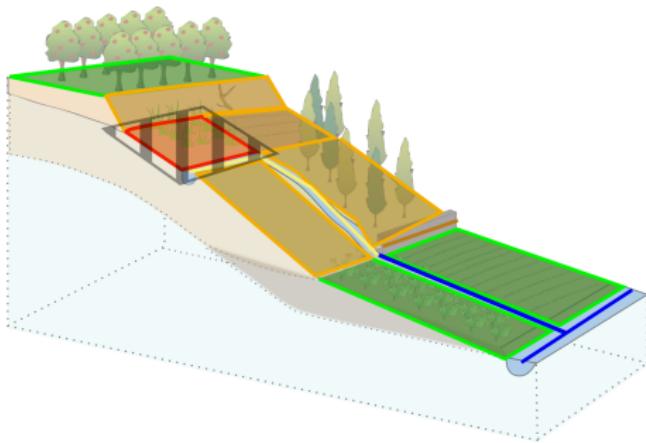


- Définition de la méthode de calculs,
- Identification des voisins polygones potentiels,
- Recherche avec distance tampon des lignes voisines,
- Choix du voisin (polygone ou ligne) avec plus grande pente.

Calcul des chemins de l'eau par recherche de **plus grande pente**

Possibilité de l'utiliser pour d'autres thématiques : dispersion de flux de pollens influencés par direction du vent...

# Calcul des chemins de l'eau

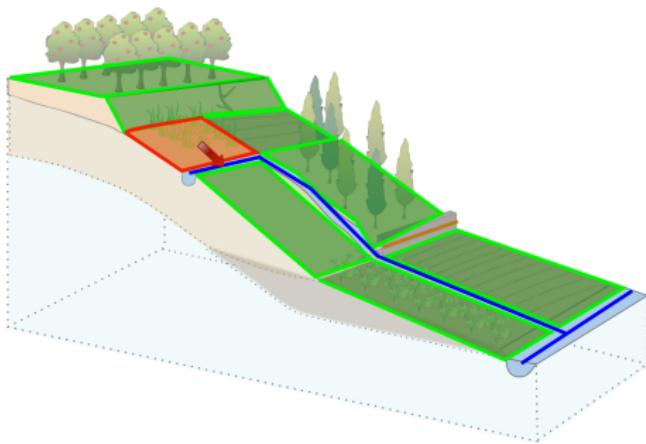


- Définition de la méthode de calculs,
- Identification des voisins polygones potentiels,
- Recherche avec distance tampon des lignes voisines,
- Choix du voisin (polygone ou ligne) avec plus grande pente.

Calcul des chemins de l'eau par recherche de **plus grande pente**

Possibilité de l'utiliser pour d'**autres thématiques** : dispersion de flux de pollens influencés par direction du vent...

# Calcul des chemins de l'eau

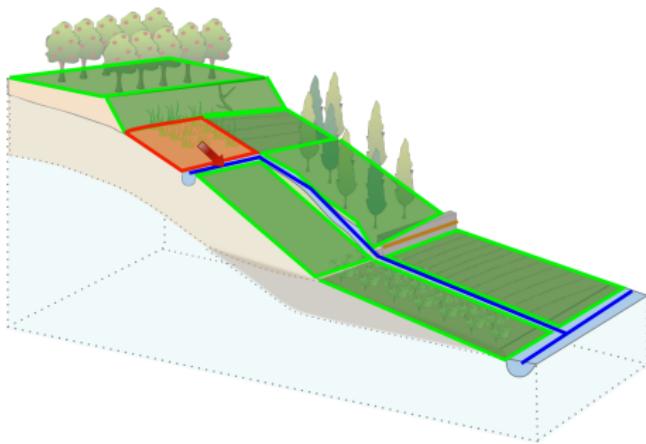


- Définition de la méthode de calculs,
- Identification des voisins polygones potentiels,
- Recherche avec distance tampon des lignes voisines,
- Choix du voisin (polygone ou ligne) avec plus grande pente.

Calcul des chemins de l'eau par recherche de **plus grande pente**

Possibilité de l'utiliser pour d'**autres thématiques** : dispersion de flux de pollens influencés par direction du vent...

# Calcul des chemins de l'eau



- Définition de la méthode de calculs,
- Identification des voisins polygones potentiels,
- Recherche avec distance tampon des lignes voisines,
- Choix du voisin (polygone ou ligne) avec plus grande pente.

Calcul des chemins de l'eau par recherche de **plus grande pente**

Possibilité de l'utiliser pour d'**autres thématiques** : dispersion de flux de pollens influencés par direction du vent...

# Plan

- 1 Contexte
- 2 OpenFLUID
- 3 Représentation du Paysage
- 4 Geo-MHYDAS
  - Historique
  - Principes
  - Exemple
- 5 Pour finir

# Geo-MHYDAS : Historique

Contexte de modélisation hydrologique distribuée : modèle MHYDAS

1996 : Premiers développement scripts **AML ArcInfo**

2010 : 1ère version open-source : Geo-MHYDAS pour **GRASS 6.3**

- 1ère finalisation des concepts de représentation du paysage
- Apport de l'environnement GRASS : développement, gestion topologie...
- Quelques limites d'utilisation ...

→ 2012 : Développement basé sur la librairie **OpenFLUID-LandR**

# Geo-MHYDAS : Historique

Contexte de modélisation hydrologique distribuée : modèle MHYDAS

1996 : Premiers développement scripts [AML ArcInfo](#)

2010 : 1ère version open-source : Geo-MHYDAS pour [GRASS 6.3](#)

- 1ère finalisation des concepts de représentation du paysage
- Apport de l'environnement GRASS : développement, gestion topologie...
- Quelques limites d'utilisation ...

→ 2012 : Développement basé sur la librairie [OpenFLUID-LandR](#)

# Geo-MHYDAS : Historique

Contexte de modélisation hydrologique distribuée : modèle MHYDAS

1996 : Premiers développement scripts [AML ArcInfo](#)

2010 : 1ère version open-source : Geo-MHYDAS pour [GRASS 6.3](#)

- 1ère finalisation des concepts de représentation du paysage
- Apport de l'environnement GRASS : développement, gestion topologie...
- Quelques limites d'utilisation ...

→ 2012 : Développement basé sur la librairie [OpenFLUID-LandR](#)

# Geo-MHYDAS : Principes

- ① importation, vérification, création et/ou modification des objets spatiaux,
- ② création d'unités homogènes (en terme de fonctionnement, de structure): segmentation des objets spatiaux avec prise en compte d'une hiérarchisation de ces objets d'origines,
- ③ réalisation de la topologie orientée,
- ④ paramétrage.

# Détails des étapes

1. Gestion des objets géographiques



Validation réseau hydrographique



Aggrégation petites entités parcellaires



Création sous bassins versants

2. Création des unités homogènes

3. Topologie orientée

4. Paramétrage

# Détails des étapes

## 1. Gestion des objets géographiques



Validation réseau hydrographique

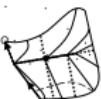


Aggrégation petites entités parcellaires



Création sous bassins versants

## 2. Création des unités homogènes



Segmentation objets



Nettoyage sélectif entités non conformes



Extraction unités

## 3. Topologie orientée

## 4. Paramétrage

# Détails des étapes

## 1. Gestion des objets géographiques



Validation réseau hydrographique

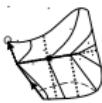


Aggrégation petites entités parcellaires

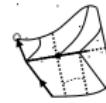


Création sous bassins versants

## 2. Création des unités homogènes



Segmentation objets

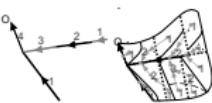


Nettoyage sélectif entités non conformes



Extraction unités

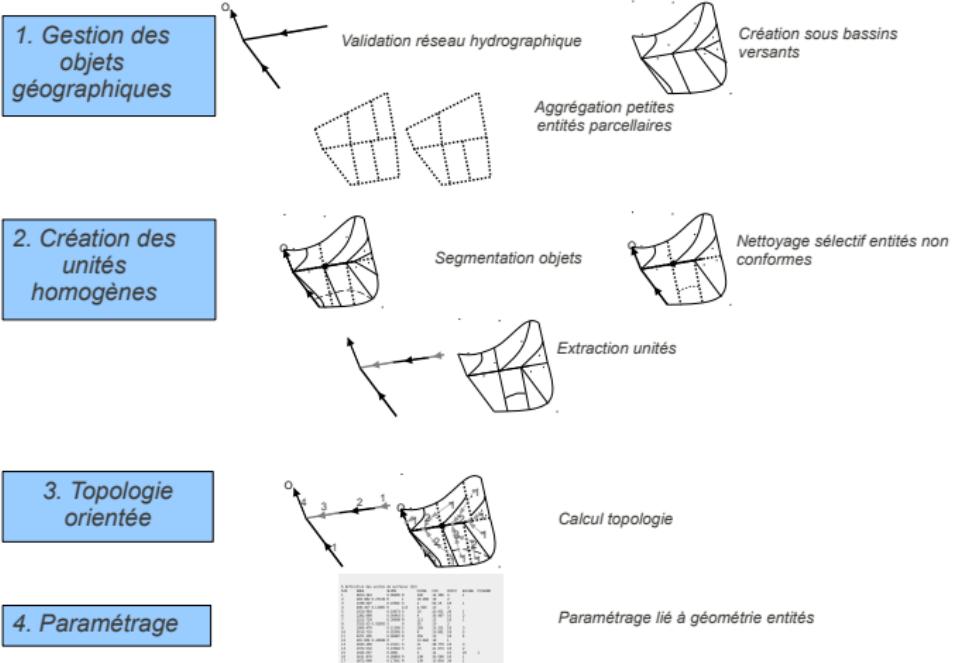
## 3. Topologie orientée



Calcul topologie

## 4. Paramétrage

# Détails des étapes



# Détails des étapes

## 1. Gestion des objets géographiques

Bienvenue dans l'outil Geo-MHYDAS

Veuillez sélectionner les données du datastore à importer dans l'outil Geo-MHYDAS

Data Item Name:	Source Name:	Class Name:	Type Name:	To select:
fesse	Hydrotopo022.shp	GeoVectorValue		<input checked="" type="checkbox"/>
mre	rectim1F.shp	GeoRasterValue		<input checked="" type="checkbox"/>
parcelles	parc_2002225m.shp	GeoVectorValue		<input checked="" type="checkbox"/>

Etape de création des SU et RS

RS prises en compte

RS définies par l'utilisateur à partir de la couche : **fesse**

Update RS creation

RS définies par le module de segmentation

SU prises en compte

SU définies par l'utilisateur à partir de la couche : **parcelles**

Update SU creation

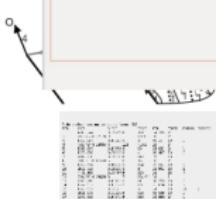
SU définies par le module de segmentation

Inclure la Segmentation : Sélectionnez et ordonnez les couches pour la segmenter ainsi que plus clairement sur Procédé Segmentation

Hierarchical Order : Data Item Name: **add layer**

Procédé Segmentation

## 2. Création des unités homogènes



## 3. Topologie orientée

Calcul de la topologie des RS et SU

Topologie des RS

Pas de calcul de topologie des RS.

La topologie est déjà présente dans la colonne suivante (elles doivent être dans les colonnes TYPE et PROCESSORD doivent être présentes)

● Calcul de la topologie des RS

Altitude des RS

○ Calcul des altitudes des RS avec le NAVT

○ Valuer du point du centre de la RS

○ Moyenne des pixels sur la RS

● Les altitudes des RS sont dans la colonne : **fesse**

Perce des RS

● Calcul des perces des RS avec le NAVT : **mre**

○ Les perces des RS sont dans la colonne :

Topologie des SU

Pas de calcul de topologie des SU.

La topologie est déjà présente dans la colonne suivante (elles doivent être dans les colonnes TYPE et PROCESSORD doivent être présentes)

● Calcul de la topologie des SU

Altitude des SU

○ Calcul des altitudes des SU avec le NAVT :

○ Valuer du point du centre de la SU

○ Moyenne des pixels sur la SU

● Les altitudes des SU sont dans la colonne : **fesse**

Distance de recherche entre SU et RS : **1**

Méthode de calcul de topologie entre SU et RS

○ RS doit être contenue entièrement dans SU

● RS intersecte SU

Procédé topologie

Annuler Suivant

## 4. Paramétrage

# Transfert en réseau hydrographique

Bassin versant de Roujan (*R. Moussa*)

Bassin versant de Roujan :

- $0.91 \text{ km}^2$
- ~600 unités spatiales

Simulation :

- sur 7 heures
- pas de temps : 60 s

# Aménagement d'un réseau de fossés

Bassin versant de Roujan (*F. Levavasseur*)

## Scenarios d'aménagement du réseau de fossés sur le bassin versant de Roujan (0.91 km<sup>2</sup>)

- évacuer l'eau des parcelles
- limiter les pertes en sol dues à l'érosion
- + 10 000 simulations basées sur autant de scenarios d'aménagement contraints

Faible densité  
38 fossés

Haute densité  
322 fossés

Densité moyenne  
223 fossés

# Plan

- 1 Contexte
- 2 OpenFLUID
- 3 Représentation du Paysage
- 4 Geo-MHYDAS
- 5 Pour finir
  - Retours sur l'utilisation des librairies support
  - Perspectives

# Retours sur l'utilisation des librairies support

Evolution : ArcInfo → GRASS 6.3 → OGR, GEOS, GDAL

Standardisation des librairies facilite implémentation

API C++

Bonne stabilité et rapidité de traitements

API GEOS

- peu de documentation,
- impression de manque de cohérence entre les versions

Interaction avec librairie **Boost** (::Geometry, ::Graph, ::Polygon) ?  
Comment gérer la dynamique (SIG dynamique) ?

# Retours sur l'utilisation des librairies support

Evolution : ArcInfo → GRASS 6.3 → OGR, GEOS, GDAL

Standardisation des librairies facilite implémentation

API C++

Bonne stabilité et rapidité de traitements

API GEOS

- peu de documentation,
- impression de manque de cohérence entre les versions

Interaction avec librairie **Boost** (::Geometry, ::Graph, ::Polygon) ?  
Comment gérer la dynamique (SIG dynamique) ?

# Retours sur l'utilisation des librairies support

Evolution : ArcInfo → GRASS 6.3 → OGR, GEOS, GDAL

Standardisation des librairies facilite implémentation

API C++

Bonne stabilité et rapidité de traitements

API GEOS

- peu de documentation,
- impression de manque de cohérence entre les versions

Interaction avec librairie **Boost** (::Geometry, ::Graph, ::Polygon) ?  
Comment gérer la dynamique (SIG dynamique) ?

# Retours sur l'utilisation des librairies support

Evolution : ArcInfo → GRASS 6.3 → OGR, GEOS, GDAL

Standardisation des librairies facilite implémentation

API C++

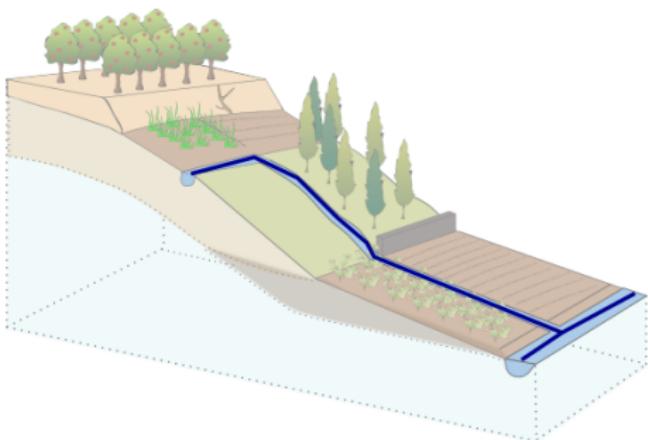
Bonne stabilité et rapidité de traitements

API GEOS

- peu de documentation,
- impression de manque de cohérence entre les versions

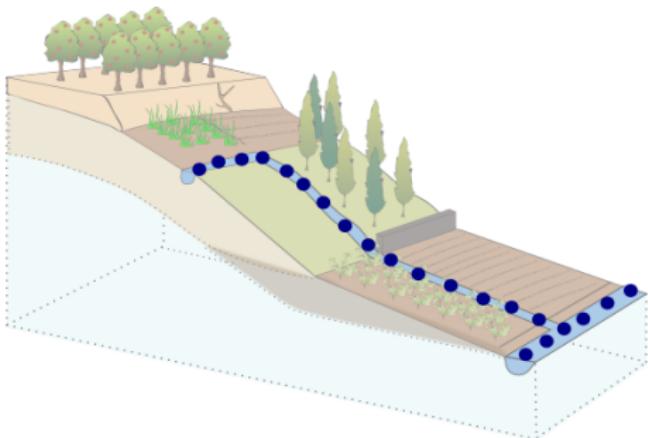
Interaction avec librairie **Boost** (::Geometry, ::Graph, ::Polygon) ?  
Comment gérer la dynamique (SIG dynamique) ?

# Modes de représentation



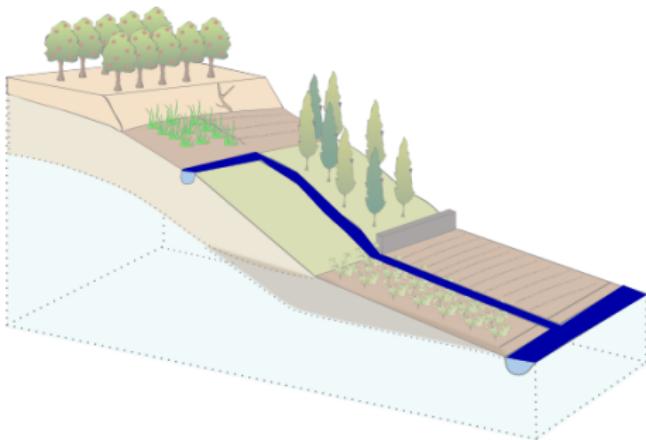
- Pour les mêmes objets,
  - proposer **différents** modes de représentation,
  - lignes, points, surfaces, 3D...
  - mais proposer un accès aux **mêmes** méthodes.

# Modes de représentation



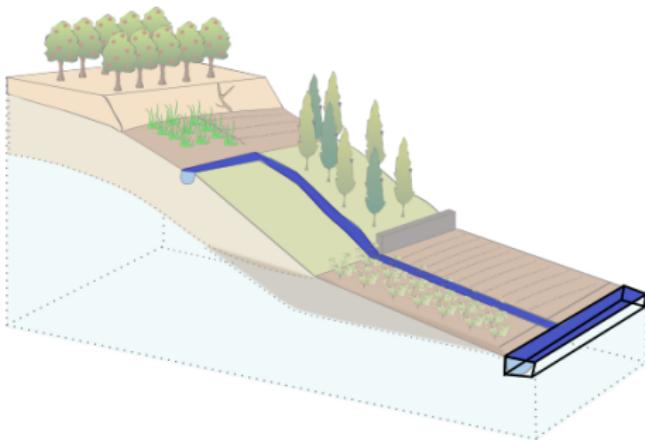
- Pour les mêmes objets,
- proposer **differents** modes de représentation,
  - lignes, points, surfaces, 3D...
- mais proposer un accès aux **mêmes** méthodes.

# Modes de représentation



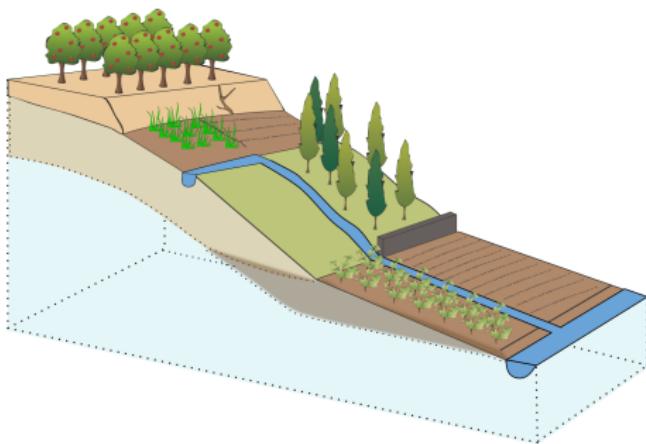
- Pour les mêmes objets,
- proposer **differents** modes de représentation,
- lignes, points, surfaces, 3D...
- mais proposer un accès aux **mêmes** méthodes.

# Modes de représentation



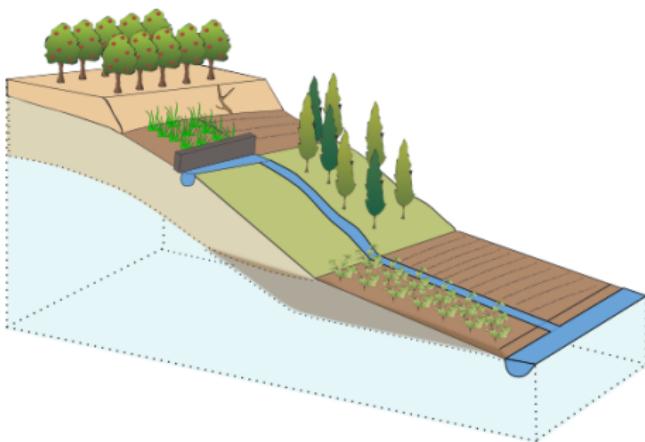
- Pour les mêmes objets,
- proposer **differents** modes de représentation,
- lignes, points, surfaces, 3D...
- mais proposer un accès aux **mêmes** méthodes.

# Evolution du paysage



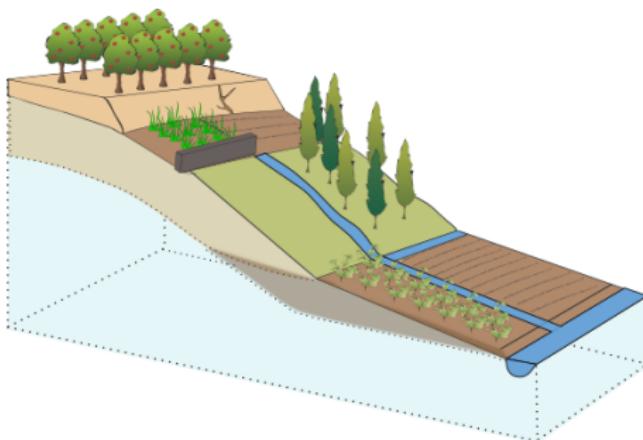
- Prendre en compte la **dynamique** d'un paysage,
- **changements** d'aménagements anthropiques,
- modification des **objets** du paysage
- et de leurs **relations**

# Evolution du paysage



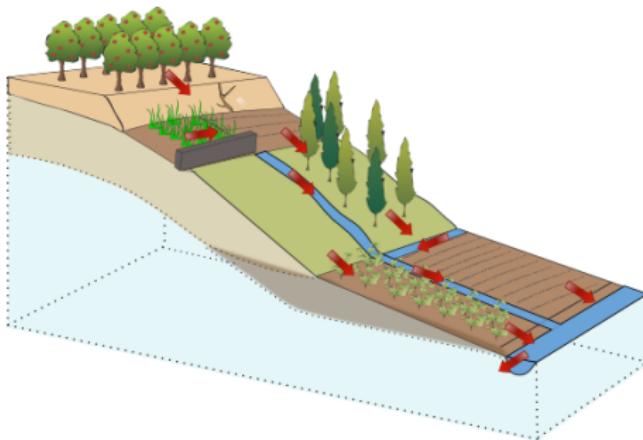
- Prendre en compte la **dynamique** d'un paysage,
- **changements** d'aménagements anthropiques,
- modification des **objets** du paysage
- et de leurs **relations**

# Evolution du paysage



- Prendre en compte la **dynamique** d'un paysage,
- **changements** d'aménagements anthropiques,
- modification des **objets** du paysage
- et de leurs **relations**

# Evolution du paysage



- Prendre en compte la **dynamique** d'un paysage,
- **changements** d'aménagements anthropiques,
- modification des **objets** du paysage
- et de leurs **relations**



# OpenFLUID

Software Environment  
for Modelling Fluxes in Landscapes

[www.openfluid-project.org](http://www.openfluid-project.org)

[contact@openfluid-project.org](mailto:contact@openfluid-project.org)



10 juin 2013 - Saint Mandé