



OpenFLUID : une plateforme logicielle
pour la modélisation spatio-temporelle
des paysages

Séminaire PAYOTE, 3 novembre 2016



This document is licensed
under Creative Commons license

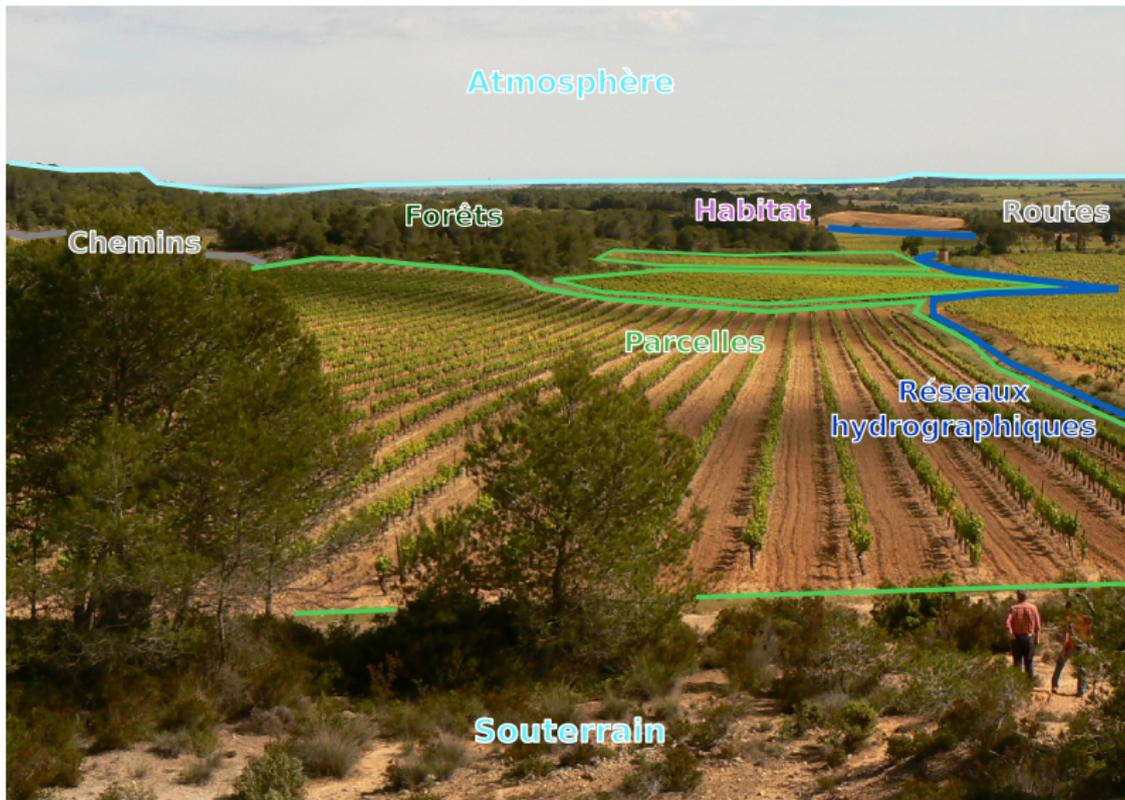
Plan

- 1 Panorama
- 2 OpenFLUID in a nutshell
- 3 Exemples d'applications

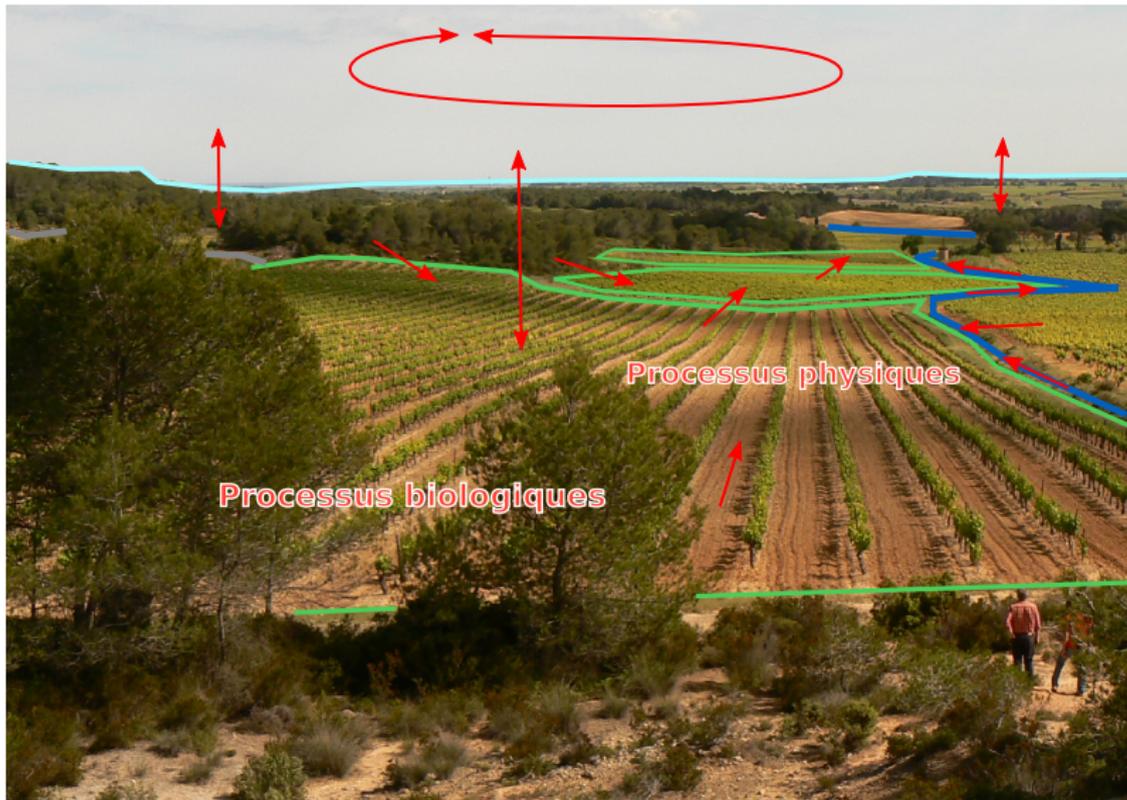
Le paysage



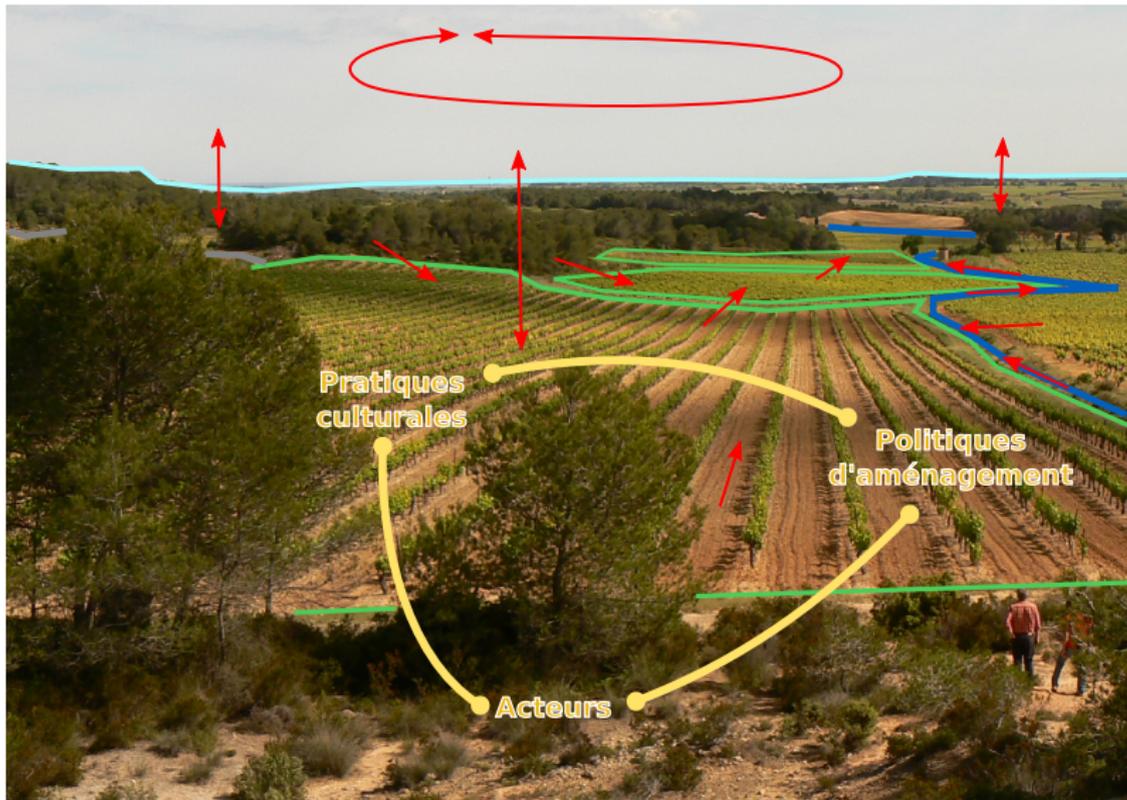
Le paysage



Le paysage



Le paysage



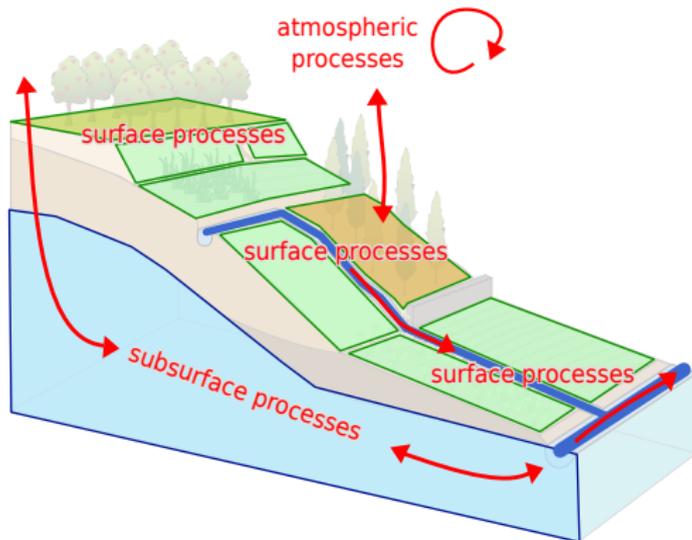
Modélisation du fonctionnement du paysage

Le paysage est un système **spatio-temporel complexe**

Représentation **numérique**
du paysage

+

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



Modélisation du fonctionnement du paysage

Le paysage est un système **spatio-temporel complexe**

Représentation **numérique**
du paysage

+

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

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

↔

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

OpenFLUID in a nutshell

Concepts

What is OpenFLUID?

Plateforme logicielle pour la modélisation et la simulation du **fonctionnement spatio-temporel des paysages**, principalement focalisée sur les flux

- Intégration de représentations numériques de l'espace
- Branchement de modèles, couplage automatique

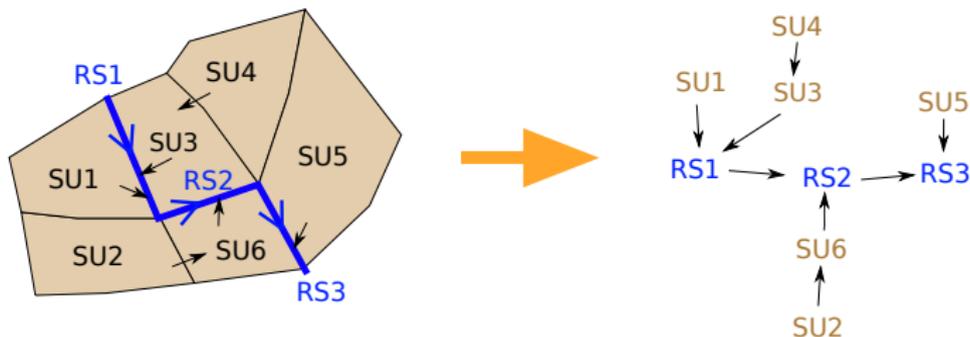
Construction de modèles couplés **en fonction des objectifs de modélisation**, à partir de modèles disponibles

Socle collaboratif pour le développement, capitalisation, réutilisation de modèles dans des groupes de travail

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

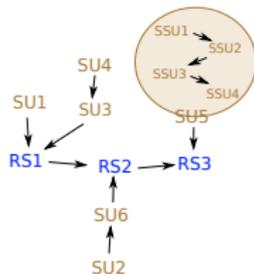
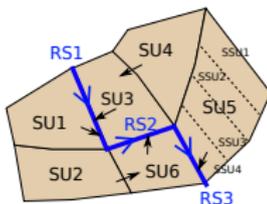


Représentation de l'espace sous OpenFLUID

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

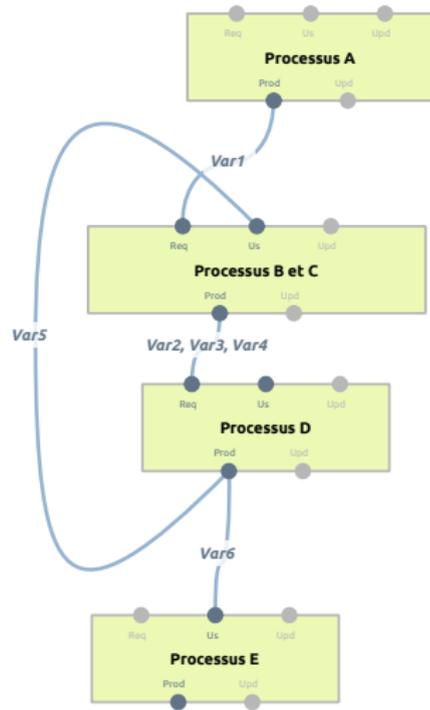
Un noeud peut contenir un graphe pour des approches **multi-échelles**



Représentation de la dynamique sous OpenFLUID

La dynamique est représentée par des **simulateurs** OpenFLUID
= **codes de calcul** développés à partir de modèles mathématiques

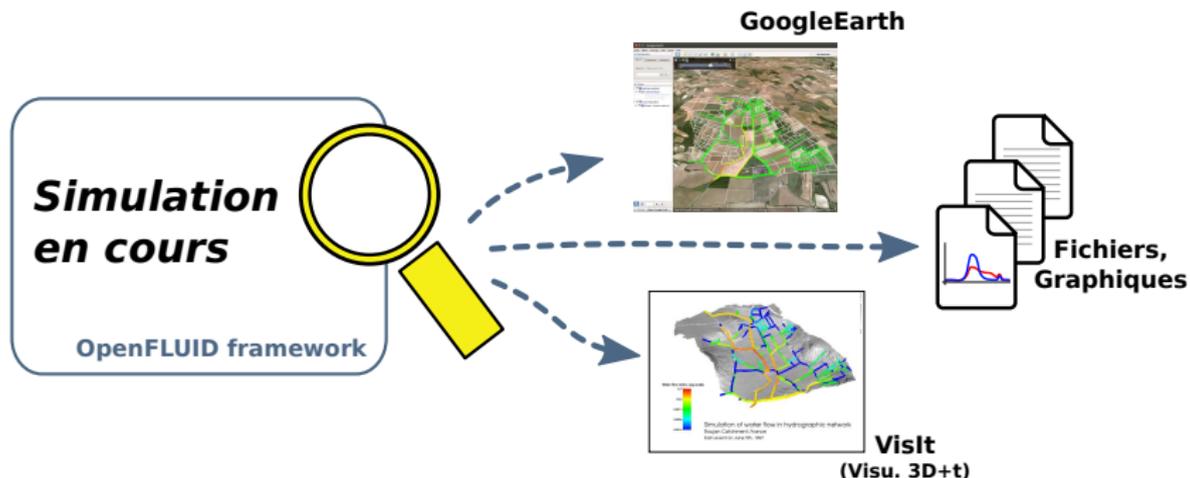
- Un ou plusieurs **processus spatiaux** (transferts, évolutions, ...) par simulateur
- **Couplage** par les variables échangées dans l'espace et dans le temps
- **Plugins logiciels** pour la plateforme, par encapsulation de code existant ou développement "from scratch"



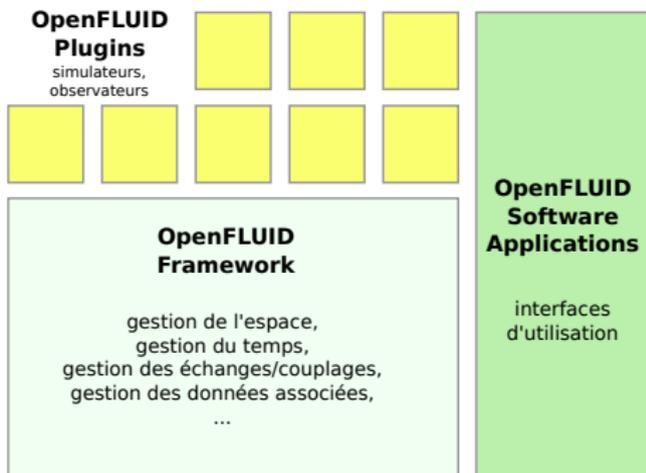
Observation des simulations OpenFLUID

Les données de simulation peuvent être observées tout au long des simulations via des **observateurs**

- export de données, contrôles, ...
- une simulation peut comporter de 0 à n observateurs (plugins) qui composent le **monitoring** de simulation

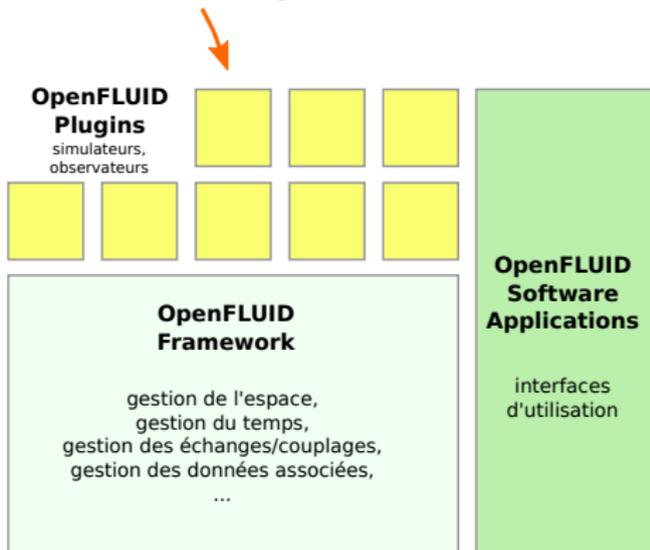


Infrastructure logicielle OpenFLUID



Infrastructure logicielle OpenFLUID

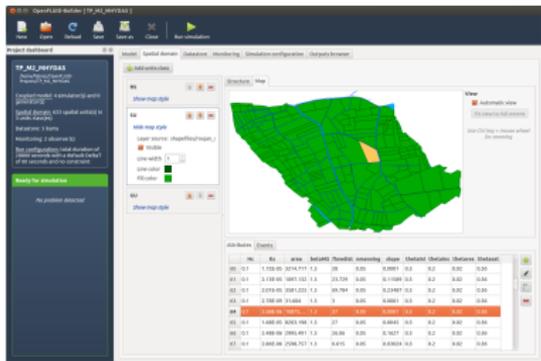
**Connaissance scientifique
et thématique**



**Mise en
application,
jeux de données**

**Ingénierie logicielle
pour la modélisation spatio-temporelle**

Modes d'utilisation

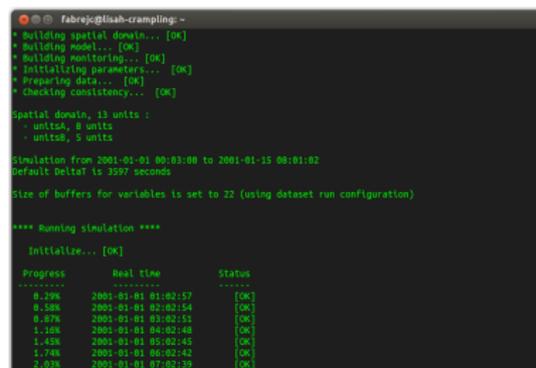
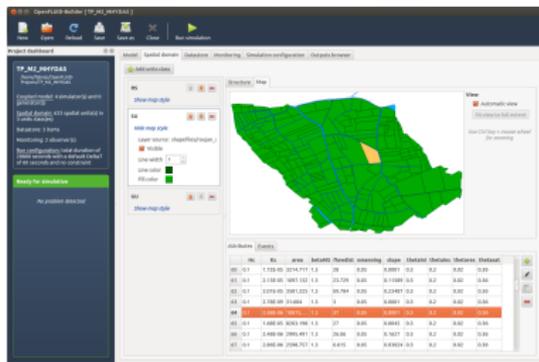


En ligne de commande

En environnement externe
R, Python, intégration du
moteur de calcul, ...

Bientôt, en tant que
service dans le cloud
(projet FluidHub en démarrage)

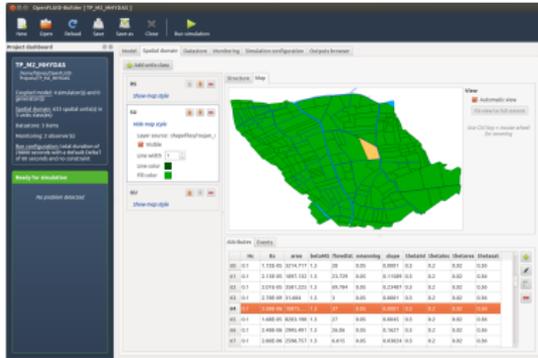
Modes d'utilisation



En **environnement externe**
R, Python, intégration du
moteur de calcul, ...

Bientôt, en tant que
service dans le cloud
(projet FluidHub en démarrage)

Modes d'utilisation



```

fabrej@glisah-crampling: ~
* Building spatial domain... [OK]
* Building model... [OK]
* Building monitoring... [OK]
* Initializing parameters... [OK]
* Preparing data... [OK]
* Checking consistency... [OK]

Spatial domain: 13 units
  - unitsA: 8 units
  - unitsB: 5 units

Simulation from 2001-01-01 00:03:00 to 2001-01-01 00:01:02
Default DeltaT is 3597 seconds

Size of buffers for variables is set to 22 (using dataset run configuration)

**** Running simulation ****

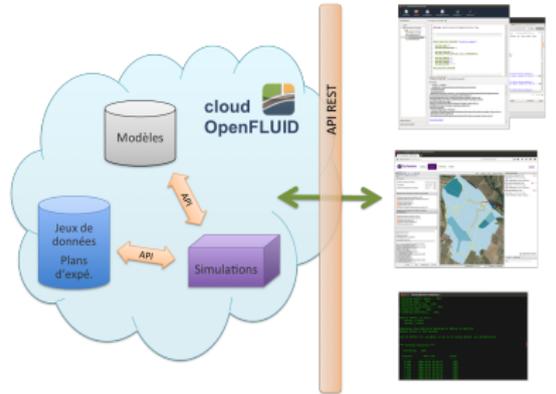
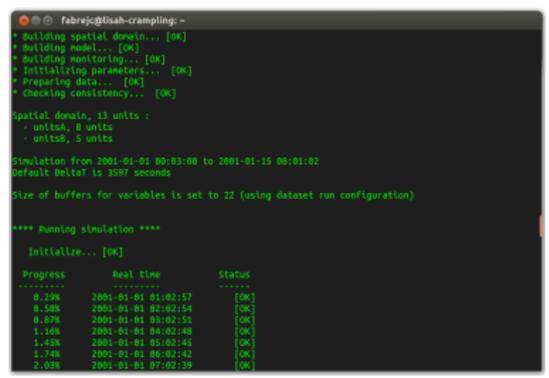
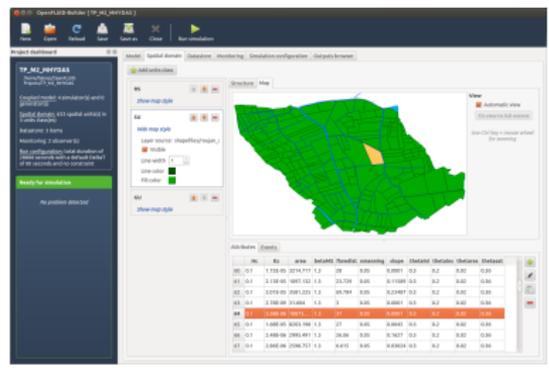
Initialize... [OK]

Progress      Real time      Status
-----
8.20%        2001-01-01 01:02:57 [OK]
8.58%        2001-01-01 02:02:54 [OK]
8.87%        2001-01-01 03:02:51 [OK]
1.20%        2001-01-01 04:02:48 [OK]
1.45%        2001-01-01 05:02:45 [OK]
1.74%        2001-01-01 06:02:42 [OK]
2.00%        2001-01-01 07:02:39 [OK]
    
```



Bientôt, en tant que
service dans le cloud
 (projet FluidHub en démarrage)

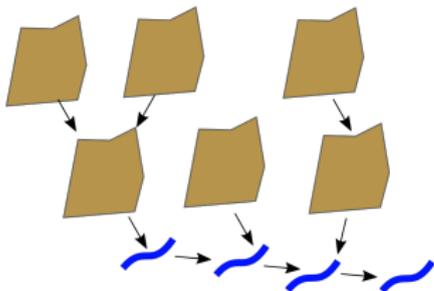
Modes d'utilisation



Exemples d'applications

Transfert en réseau hydrographique

Choix de modélisation



Représentation des objets pertinents de l'espace:

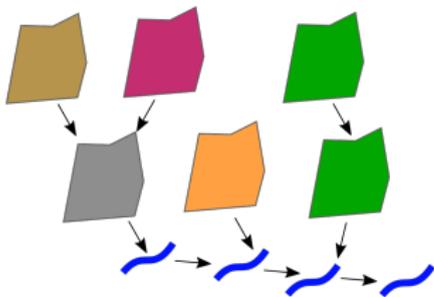
- 237 **SU** pour les parcelles, 372 **RS** pour les tronçons de réseau hydrographique
- Connexions from-to : **SU**→**SU**, **SU**→**RS**, **RS**→**RS**

Modèle de transfert de surface sur versants connexes et réseaux 4 simulateurs:

- Distribution de la pluie
- Partage ruissellement-infiltration (Morel-Seytoux)
- Transfert diffus sur parcelles (Hayami)
- Transfert concentré dans le réseau (Hayami)

Caractérisation hydrologique par modélisation simplifiée

Choix de modélisation



Représentation des objets pertinents de l'espace:

- 5472 **SU** pour la surface (parcelles agricoles, aires urbaines, ...), 175 **RS** pour les tronçons de réseau hydrographique
- Connexions from-to : **SU**→**SU**, **SU**→**RS**, **RS**→**RS**

Modèle simplifié de transfert de surface et surface-atmosphère

7 simulateurs:

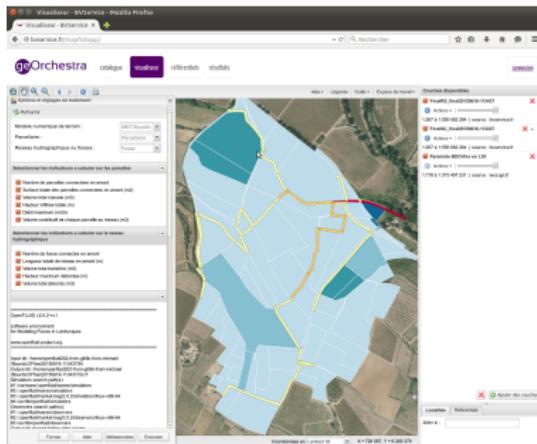
- Paramétrage de l'occupation du sol
- Distribution de la pluie
- Partage ruissellement-infiltration (SCS)
- Transfert diffus sur parcelles (Hayami)
- Transfert concentré dans le réseau (Hayami)
- Préparation de l'évaoptranspiration
- Calcul de l'évaotranspiration (basé sur K_c et ET_0)

BVservice : diagnostic de bassins versants en ligne

(collaboration INRA SAS, INRA LISAH, ONEMA)

Mise en place d'un **outil de diagnostic** des bassins versants
Indicateurs de risques ruissellement et transfert de matières en suspension

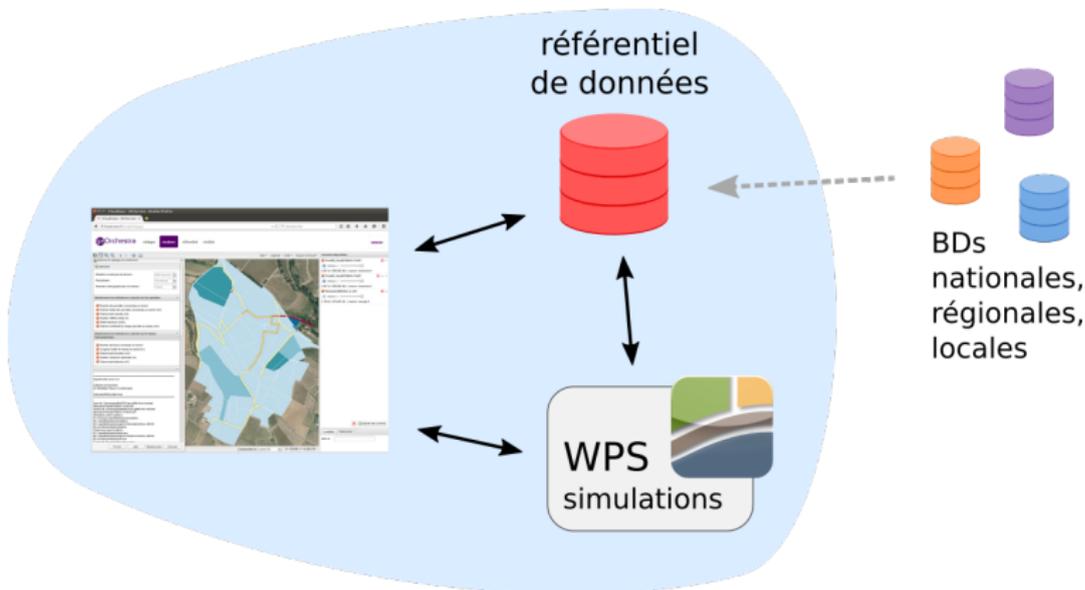
- Accessible **en ligne**,
adressé aux gestionnaires
- Connexion aux **IDS**
nationales et régionales
- Compatible sur la France
metropolitaine



Interface web + BDs spatiales + simulations d'indicateurs

BVservice : diagnostic de bassins versants en ligne

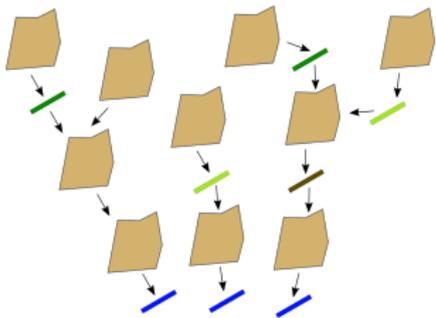
Macro-architecture du service



WPS : Web Processing Service

BVservice : diagnostic de bassins versants en ligne

Choix de modélisation



Représentation des objets pertinents de l'espace:

- **SU** pour les parcelles, **LI** interface linéaires (haies, fossés, bandes enherbées, ...), **RS** pour les tronçons de réseau hydrographique
- Connexions from-to : **SU**→**SU**, **SU**→**LI**, **LI**→**SU**, **SU**→**RS**

Modèle de représentation de l'espace et calcul d'indicateurs 3 simulateurs:

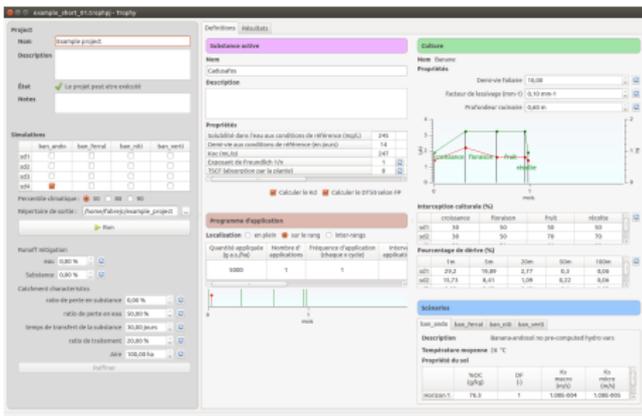
- Modèle de représentation numérique de l'espace (découpage et connexions)
- Modèle pluie-débit (ultra)simplifié (pluie unitaire)
- Calcul d'indicateurs sur SU et LI pour identifier les parcelles à risques

Trophy : validation de pesticides en milieu tropical

(collaboration ANSES)

Création d'un **OAD** pour la validation des **molécules de pesticides**

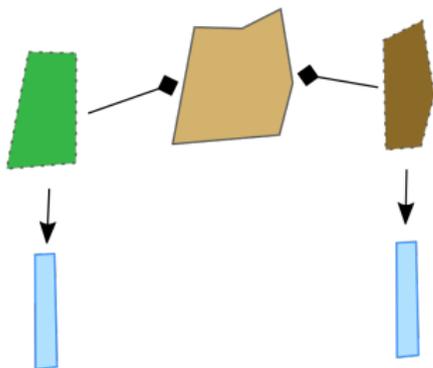
- Spécialisé sur le contexte **agropédoclimatique tropical**
- Adressé aux firmes **phytosanitaires**



⇒ moteur OpenFLUID + modèle spécifique
embarqués dans une **interface graphique**

Trophy : validation de pesticides en milieu tropical

Choix de modélisation



Représentation des objets pertinents de l'espace:

- SU pour la surface des parcelles et des sous-parcelles, GU pour le souterrain des sous-parcelles
- Connexions from-to : SU→GU, SU→SU
- Relations parent-enfant : SU ∈ SU

Modèle de transfert d'eau et pesticides dans le sol en contexte agropédoclimatique tropical

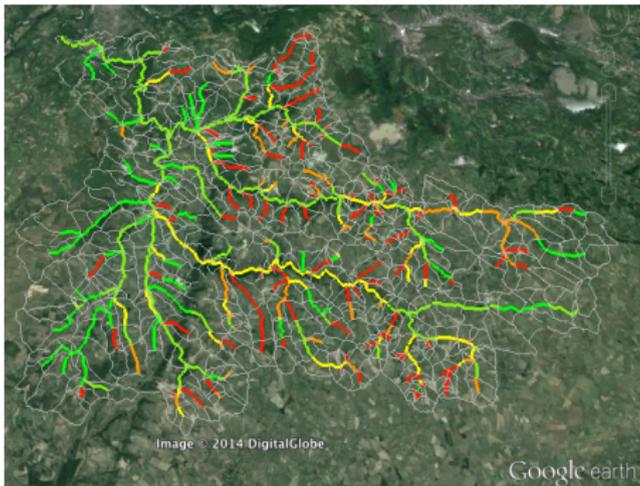
16 simulateurs:

- partage ruissellement-infiltration avec stemflow sous bananier, transferts verticaux dans le sols sur le rang et sur l'inter-rang, échanges avec la nappe

Impact hydrologique de retenues et prélèvements

Diège (collaboration LISAH - BE CEREG, transferts de technologie et de compétences)

Evaluation de l'impact hydrologique de retenues
en tenant compte des prélèvements pratiqués

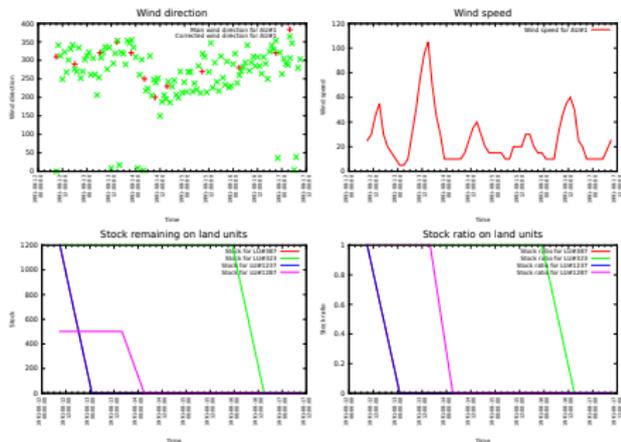


(BV de la Diège, 165km² ; illust. d'après CEREG)

Simulations de différents scénarios d'aménagement
sur 30 ans ($\Delta t = 1j$)

Propagation d'incendie - Exemple 'proof of concept'

Haute vallée de l'Orb



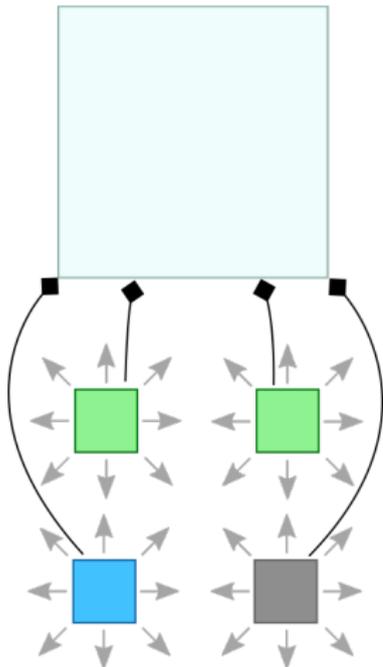
Modèle simplifié de propagation d'incendie

Simulation sur grille (1516 unités spatiales, ~9500ha),

Recalcul en cours de simulation du graphe de connexions spatiales en fonction des directions de vent

Propagation d'incendie - Exemple 'proof of concept'

Choix de modélisation



Représentation des objets pertinents de l'espace

- 4 AU pour l'atmosphère, 1512 LU pour la surface,
- Connexions from-to : LU→LU recalculées dynamiquement au cours de la simulation
- Relations parent-enfant : LU ∈ AU

Modèle (ultra-super)simplifié de propagation d'incendie

2 simulateurs:

- Recalcul des connexions en fonction des directions de vent
- Propagation d'incendie basé sur $f(\text{combustible}, \text{vent})$