



Un framework logiciel pour la modélisation spatio-temporelle des paysages: Exemple de la plateforme OpenFLUID

JC. Fabre, M. Rabotin, D. Crevoisier, et al.

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



This document is licensed
under Creative Commons license

Plan

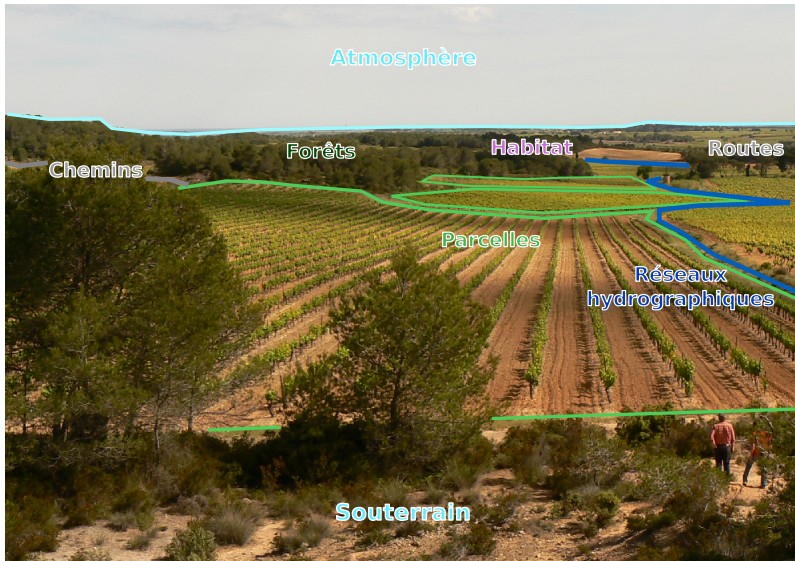
- 1 Panorama
- 2 Concepts & Framework OpenFLUID
- 3 Exemples d'applications

Panorama

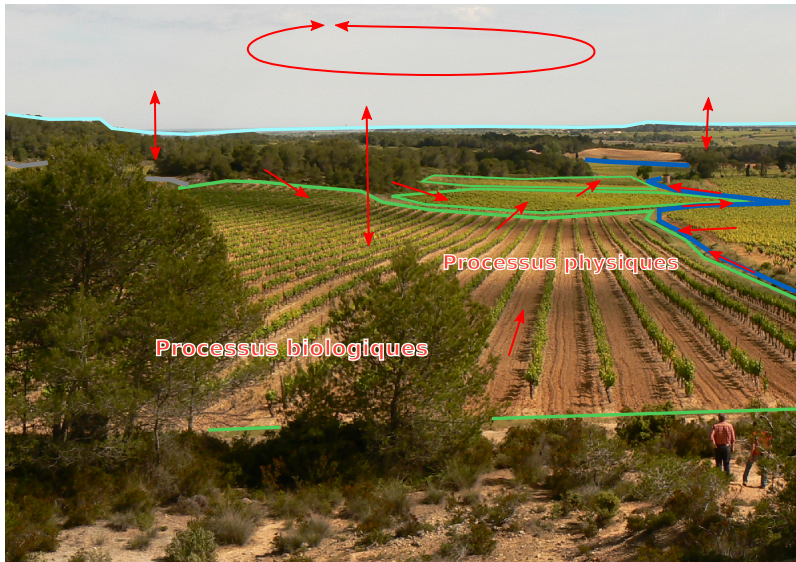
Le paysage



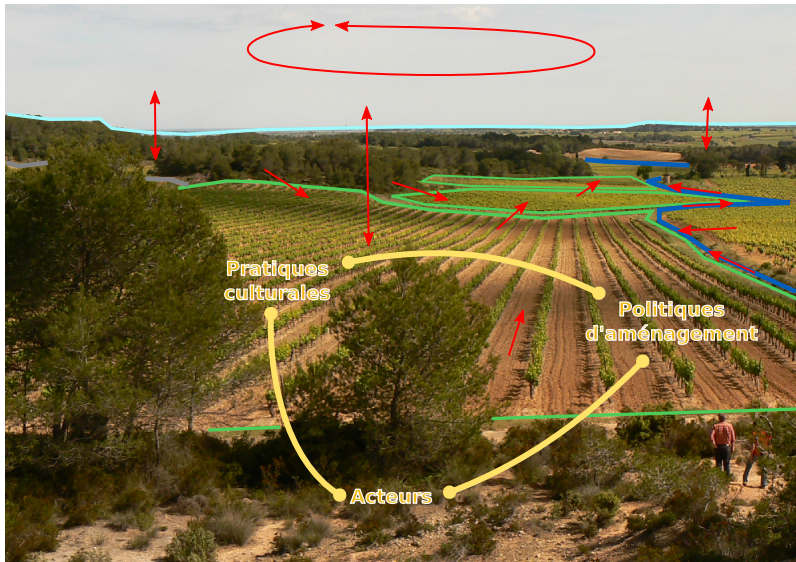
Le paysage



Le paysage



Le paysage



Etude du paysage

Le paysage est un **système complexe** (agrosystème, agroécosystème), où de nombreux phénomènes **interagissent fortement dans le temps et l'espace**

Cadre d'étude et d'évaluation de nombreux **services écosystémiques** (MEA, 2006)

Etude de l'organisation et du fonctionnement du paysage
⇒ modélisation de la **structure** et de la **dynamique** du système

Selon les objectifs:

- choix des échelles,
- détermination des éléments pertinents dans le paysage, et relations entre ces éléments,
- identification des processus majeurs à prendre en compte,
- ...

Modélisation du fonctionnement du paysage

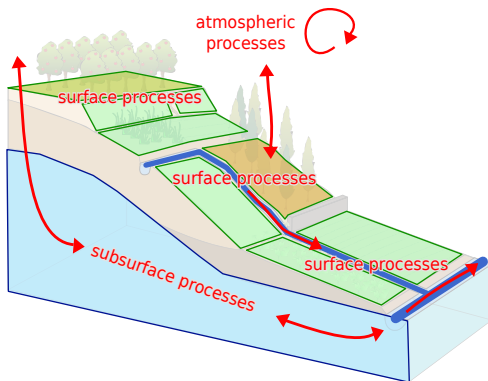
Représentation numérique du paysage

représenter les structures, leurs
propriétés, leurs relations/connexions

+

Modélisation des processus spatiaux/locaux en interactions

coupler les processus pour une
modélisation intégrée



Représentation numérique du paysage

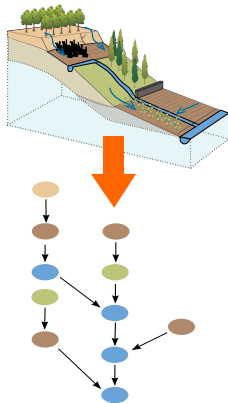
Une approche générique par graphe?

Abstraction sous la forme d'un **graphe**
d'**unités spatiales connectées**

- représenter les **éléments du paysage** (parcelles, fossés, routes, nappes, ...)
- intégrer les **propriétés réelles** de ces éléments
- représenter les **relations** entre ces éléments

Ce graphe d'espace peut être construit à partir

- du croisement de couches d'information spatiales (géométrie, relief, propriétés pertinentes, ...)
- des contraintes liées aux modèles qui vont être appliqués.



Concepts & Framework OpenFLUID

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

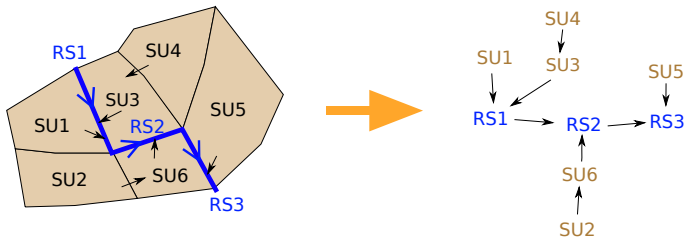
Construction de modèles couplés **en fonction des objectifs de modélisation**, à partir de modèles disponibles

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

Représentation de l'espace sous OpenFLUID

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

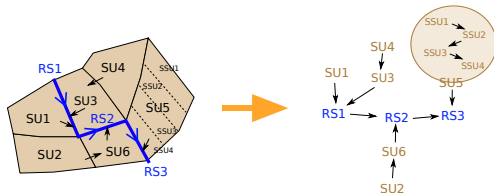
- Les noeuds sont les **unités spatiales** composant l'espace, rangés par **classes d'unités spatiales**
- Les arcs orientés sont les **relations** entre les unités spatiales
- Chaque noeud porte des **attributs propres** à l'unité spatiale qu'il représente



Nombreux **algorithmes** disponibles sur les graphes
(calculs de connexité, parcours, parallélisation, ...)

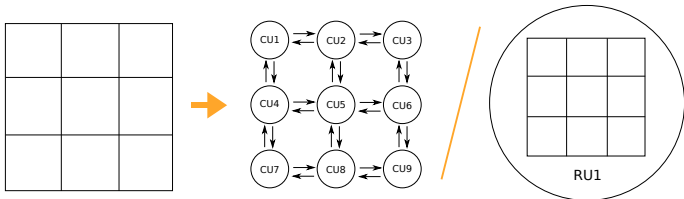
Représentation de l'espace sous OpenFLUID

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



Pour une modélisation orientée **raster**, différentes approches sont possibles:

- 1 unité spatiale par cellule du raster
- 1 unité spatiale portant une **matrice correspondant au raster**



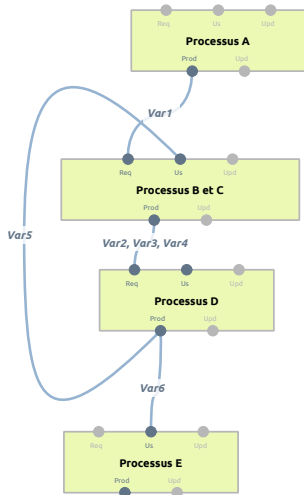
Représentation de la dynamique sous OpenFLUID

La dynamique est représentée par des **simulateurs** (modèles sous forme de plugins)

- **échanges de variables** dans l'**espace** et dans le **temps** sur le graphe d'unités spatiales
- chaque simulateur peut avoir son propre pas de temps

Couplage automatique des simulateurs en fonction de leurs **signatures**

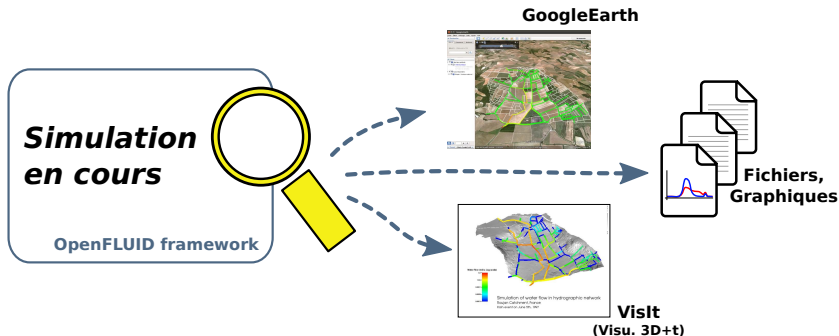
Possibilité de **parallélisation automatique des calculs**, basée sur la structure du graphe d'espace



Observation des simulations OpenFLUID

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

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



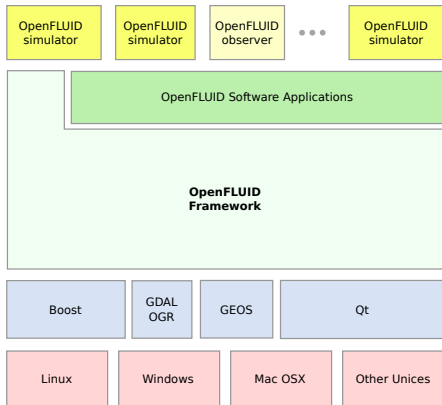
Architecture logicielle

Framework:

- Architecture **objet en C++**
- **API** complète
- Support aux applications logicielles standards et aux plugins
- Basé sur des bibliothèques de référence dans le domaine

Plugins simulateurs et observateurs:

- C++ ou langage compatible (C, Fortran, ...)
- Environnement de développement sous Eclipse (plugin dédié)
- **Capitalisation** et **réutilisation** pour différentes simulations



*OpenFLUID est diffusé
sous licence libre GPL
ou sous licence propriétaire*

Utilisation avec les applications standard OpenFLUID

Utilisation en **ligne de commande**
(console, cluster de calcul,
scripting, ...)

```

Fabrejc@lisah-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 2001-01-15 00:01:02
Default Delta is 3597 seconds

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

**** Running simulation ****

Initialize... [OK]

Progress      Real time      Status
-----
0.29%         2001-01-01 01:02:57 [OK]
0.58%         2001-01-01 02:02:54 [OK]
0.87%         2001-01-01 03:02:51 [OK]
1.16%         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]
2.03%         2001-01-01 07:02:39 [OK]
    
```

Utilisation en **interface graphique**
(OpenFLUID-Builder)

- **Extensible** par ajout de plugins
Builder-extensions: visualisation,
paramétrage, import de données,
...

The screenshot shows the OpenFLUID-Builder GUI. On the left, a sidebar displays project details for 'TP_M2_MHIDAS'. The main window features a 3D visualization of a terrain model with a highlighted orange square. Below the 3D view is a table of attributes.

ATTRIBUTES (Events)	MC	Kx	area	setback	PowerDist	meaning	slope	shaded	shaded	shaded
227-01	2.88-05	1490.811	1.0	20	0.05	0.2333	0.3	0.2	0.00	
228-01	0.780-06	3028.909	1.0	75	0.05	0.016	0.3	0.2	0.00	
229-01	9.102-06	7233.938	1.0	113.9	0.05	0.02197	0.3	0.2	0.00	
230-01	1.802-06	4066.71	1.0	40	0.05	0.020	0.3	0.2	0.00	
231-01	0.490-06	1657.4	1.0	16	0.05	0.01213	0.3	0.2	0.00	
232-01	1.852-06	6097.228	1.0	153.408	0.05	0.1904	0.3	0.2	0.00	
233-01	1.875-05	9838.91	1.0	6.7	0.05	0.23891	0.3	0.2	0.00	

Utilisation en environnement externe

Package **ROpenFLUID**: utilisation d'OpenFLUID depuis l'environnement GNU R

- Paramétrage, exécution de simulations, exploitation des résultats

⇒ Profiter des fonctionnalités d'**exploration de simulations** sous R

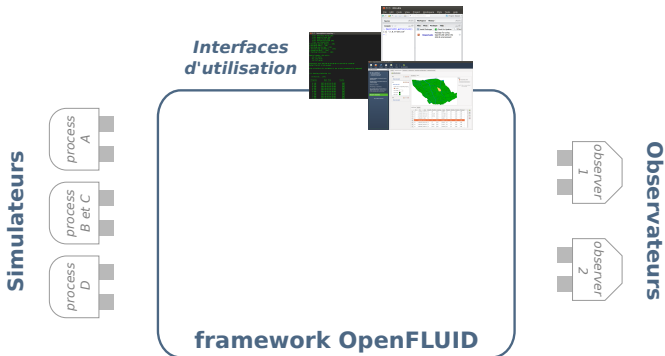
Lancement d'une simulation sous R

```
library('ROpenFLUID')  
ofsim = OpenFLUID.loadDataset('/path/to/dataset')  
OpenFLUID.runSimulation(ofsim)  
data = OpenFLUID.loadResult(ofsim,'SU',15,'water.surf.Q.downstream')
```

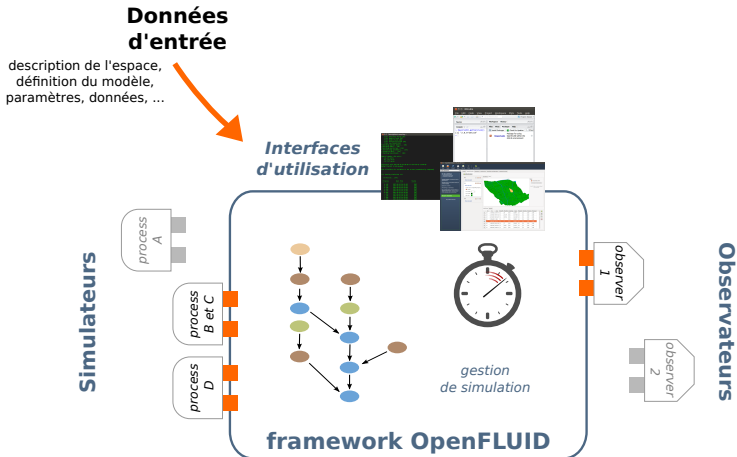
Module **PyOpenFLUID** (en cours de validation): Utilisation d'OpenFLUID depuis le langage Python (scripting, web, maths appli, ...)

Développement d'**applications spécifiques**, embarquant le moteur de simulation OpenFLUID

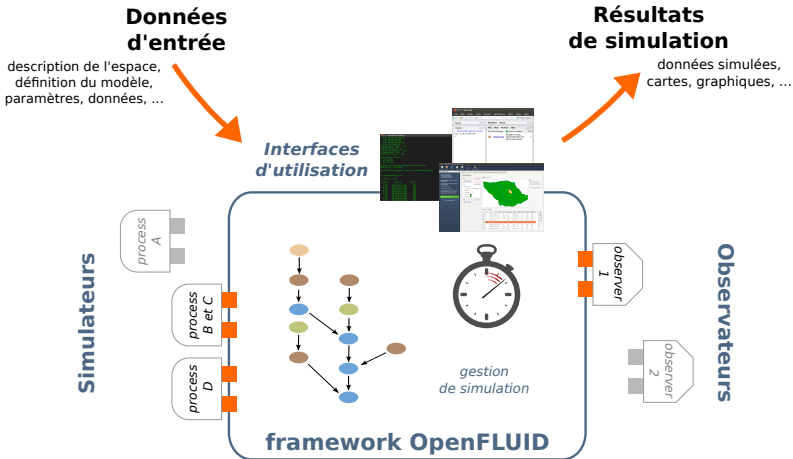
Démarche générale de simulation



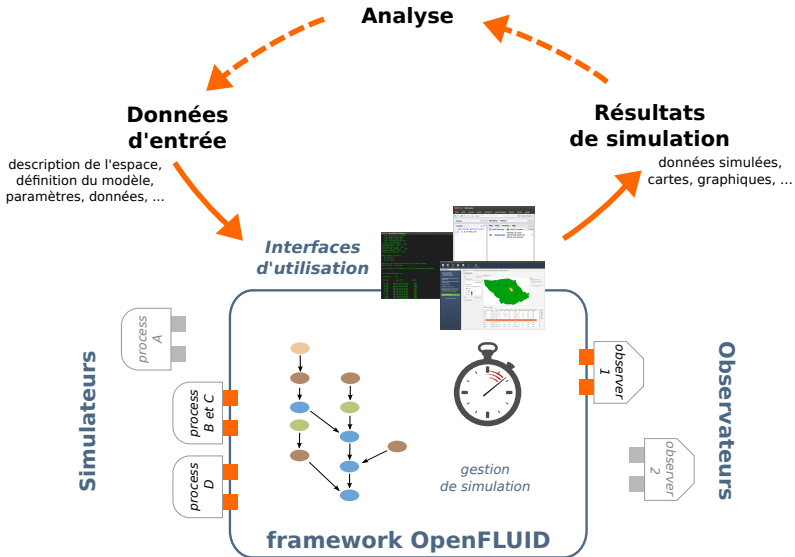
Démarche générale de simulation



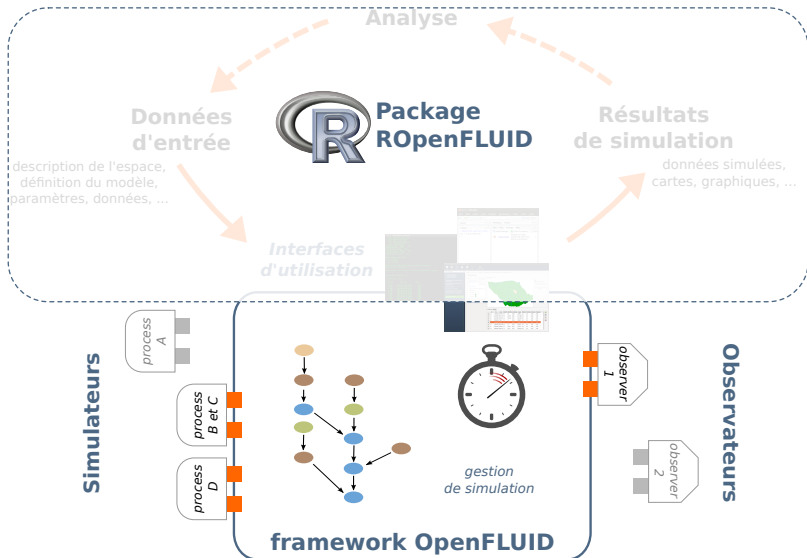
Démarche générale de simulation



Démarche générale de simulation



Démarche générale de simulation



Exemples d'applications

Hydrologie de surface intra-parcellaire

Parcelle AW6 - Roujan (X. Louchart)



Parcelle

- 1200 m², 1070 unités spatiales
- 4 simulateurs

Simulation des chemins de l'eau en intra-parcellaire

- sur 1 heure
- pas de temps : 10 s

Diagnostic pollution sur aire de captage

Puissalicon (*Projet Phyt'Eau, collab. LISAH - BE Envilys - Groupe Eurofins*)

Simulation du **devenir et du transfert de produits phytosanitaires**,
intégrant **pratiques agricoles** et **processus hydrologiques**

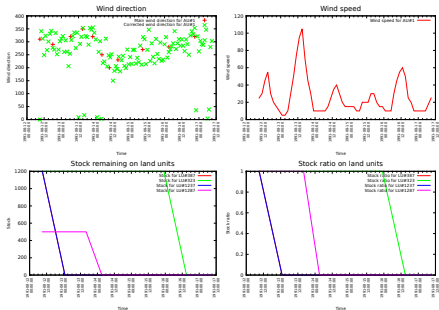
Teneur en herbicides dans le sol sur 1 an

Transfert d'herbicides dans le réseau
hydrographique durant 1 événement de crue

82ha, 279 parcelles, 112 tronçons de réseau, 11 simulateurs couplés

Propagation d'incendie

Haute vallée de l'Orb - (Exemple 'proof of concept')



Modèle simplifié de propagation d'incendie

Simulation sur grille (1516 unités spatiales, ~9500ha),
Couplage de 2 simulateurs

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

Perspectives

Collaborations métier:

- Echanges avec d'autres plateformes de modélisation (Sol Virtuel, RECORD, ...)
⇒ CATI IUMA, continuité du projet CPM
- Réseau MEXICO (package MTK)

Fonctionnalités logicielles:

- Itérations entre modèles
- Qualification des connexions spatiales
- Approches orientées raster

<http://www.openfluid-project.org/>



Références



J.C. Fabre, X. Louchart, R. Moussa, C. Dagès, F. Colin, M. Rabotin, D. Raclot, P. Lagacherie, and Voltz M.

OpenFLUID: a software environment for modelling fluxes in landscapes.

In *LANDMOD2010*, INRA, CIRAD, page 13pp, Montpellier, France, 2010. Quae.



J.-C. Fabre, M. Rabotin, D. Crevoisier, A. Libres, C. Dagès, R. Moussa, Ph. Lagacherie, D. Raclot, and M. Voltz.

OpenFLUID: an open-source software environment for modelling fluxes in landscapes.

In *Vol. 15, EGU2013-8821-1, EGU General Assembly 2013*, Vienna (Austria), 7-12 avril 2013.



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*, Vienne (Autriche), 7-12 avril 2013.