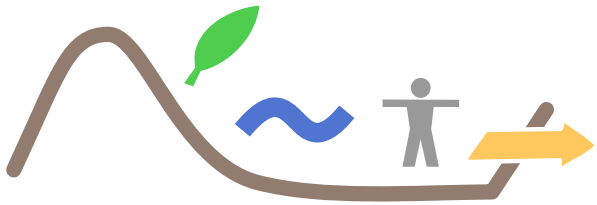


OpenFLUID

Software Environment
for Modelling Fluxes in Landscapes

Package ROpenFLUID pour R

Présentation & Exemples d'utilisation

JC. Fabre, D. Crevoisier

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

Plan

1. Introduction
2. Bases et fonctionnement
3. Exemples d'utilisation

Plan

1 Introduction

2 Bases et fonctionnement

3 Exemples d'utilisation

L'environnement et le langage R

R est un logiciel libre de traitement de données et d'analyse statistique:

- évolution du langage S (1975)
- environnement statistique et langage de programmation
- programmation fonctionnelle, procédurale ou orientée objet
- structures de données évoluées: vecteurs, matrices, tableaux, data frames, listes

http://www.r-project.org

Utilisation en ligne de commande ou interface graphique : RStudio, RKWard,...

L'environnement et le langage R

Organisation générale :

- un environnment unique, intégrant le langage et la visualisation graphique
- une base pour la statistique courante
- des paquets (ou extensions) permettant d'étendre les fonctionnalités de base

Catégories de paquets (liste non exhaustive)

- statistiques
- fonctions mathématiques
- import/export de données
- interfaçage avec des outils externes
- …

ROpenFLUID

ROpenFLUID est un paquet R permettant le pilotage de simulations OpenFLUID:

- la définition et la modification de paramètres
- l'exécution de simulations
- l'utilisation des résultats de simulation sous la forme de données R

ROpenFLUID ajoute dans R des commandes propres à OpenFLUID, sous la forme de fonctions R préfixées par "`OpenFLUID.`"

Les commandes ROpenFLUID peuvent interagir avec d'autres commandes R ou des commandes fournies par d'autres paquets.

ROpenFLUID utilise les mêmes jeux de données qu'OpenFLUID (format FluidX)

Plan

1 Introduction

2 Bases et fonctionnement

3 Exemples d'utilisation

Installation et chargement du paquet

Le paquet ROpenFLUID est à télécharger puis à installer dans R

Chargement du paquet ROpenFLUID

```
install.packages('ROpenFLUID_2.0.0-4.tar.gz',repos=NULL)
```

Le paquet ROpenFLUID doit être chargé dans la session R pour utiliser les commandes OpenFLUID

Chargement du paquet ROpenFLUID

```
library("ROpenFLUID")
```

Lancement d'une simulation

Etapes de lancement d'une simulation avec ROpenFLUID:

- Ouverture du jeu de données d'entrée avec `OpenFLUID.openDataset`
- Définition du chemin de sortie des résultats avec `OpenFLUID.setCurrentOutputDir`
- Sélection des résultats à produire avec `OpenFLUID.addVariablesExportAsCSV`
- Exécution de la simulation avec `OpenFLUID.runSimulation`

Lancement d'une simulation

Lancement et configuration d'une simulation

```
# directories for input dataset and results
OFdataset = "/path/to/project/IN"
OFresults = "/path/to/project/OUT"

# open the input dataset
OFsimu = OpenFLUID.openDataset(OFdataset) # OpenFLUID simulation

# definition and configuration of results
OpenFLUID.setCurrentOutputDir(OFresults) # directory of output files
OpenFLUID.addVariablesExportAsCSV(OFsimu,"RS")
OpenFLUID.addVariablesExportAsCSV(OFsimu,"SU")

# execution of the simulation
OpenFLUID.runSimulation(OFsimu)
```

Exploitation des résultats

Utilisation de la fonction `OpenFLUID.loadResult` pour rendre les résultats de simulation disponibles sous la forme de données R

Accès aux résultats en tant que données R

```
# execution of the simulation
OpenFLUID.runSimulation(OFsimu)

# loading of results as R data
OFrain = OpenFLUID.loadResult(OFsimu,"SU",5,"water.atm-surf.H.rain")
OFrunoff = OpenFLUID.loadResult(OFsimu,"SU",5,"water.surf.H.runoff")
OFinfiltration = OpenFLUID.loadResult(OFsimu,"SU",5,"water.surf.H.infiltration")
OFlevel = OpenFLUID.loadResult(OFsimu,"RS",3,"water.surf.H.level-rs")
```

Modification des paramètres de simulateurs

Utilisation des fonctions `OpenFLUID.getSimulatorParam` et `OpenFLUID.setSimulatorParam` pour obtenir ou modifier des paramètres de simulateurs

Modification de la célérité moyenne du transfert sur les RS

```
# get the meancel value for water.surf.transfer-rs.hayami simulator
mc = OpenFLUID.getSimulatorParam(OFsimu,"water.surf.transfer-rs.hayami",
    "meancel")

# decrease of the meancel value by 0.05
mc = mc - 0.05

# apply of the news meancel value for water.surf.transfer-rs.hayami simulator
OpenFLUID.setSimulatorParam(OFsimu,"water.surf.transfer-rs.hayami","meancel",mc)

# execution of the simulation with the new meancel parameter
OpenFLUID.runSimulation(OFsimu)
```

Modification des attributs spatiaux

Utilisation des fonctions `OpenFLUID.getAttribute` et `OpenFLUID.setAttribute` pour obtenir ou modifier des attributs du domaine spatial

Modification de l'humidité initiale de la SU5

```
# get the initial soil moisture
ti = OpenFLUID.getAttribute(OFsimu,"SU",5,"thetaini")

# increase of the soil moisture by 10%
ti = ti * 1.1

# apply the new soil moisture
OpenFLUID.setAttribute(OFsimu,"SU",5,"thetaini",ti)

# execution of the simulation with the new soil moisture
OpenFLUID.runSimulation(OFsimu)
```

Plan

1 Introduction

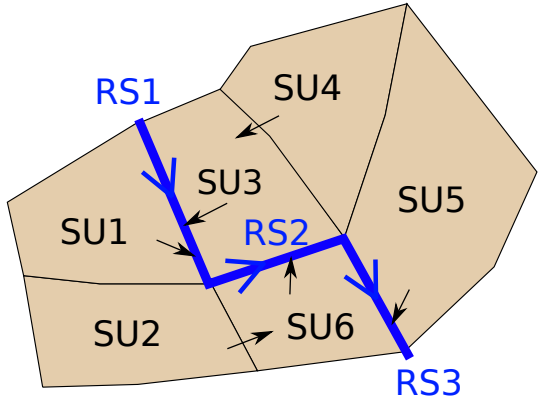
2 Bases et fonctionnement

3 Exemples d'utilisation
- Simulation exemple
- Utilisations simples
- Utilisations avancées

Simulation exemple

Domaine spatial :

- 6 parcelles (SU),
- 3 tronçons de fossés (RS)



Modèle MHYDAS:

- production de pluie sur SU,
- partage infiltration et ruissellement sur SU (Morel-Seytoux)
- transfert du ruissellement sur SU (Hayami)
- transfert du débit dans le réseau sur RS (Hayami)

Les sorties :

- infiltration / ruissellement (SU)
- débit et hauteur d'eau (RS)

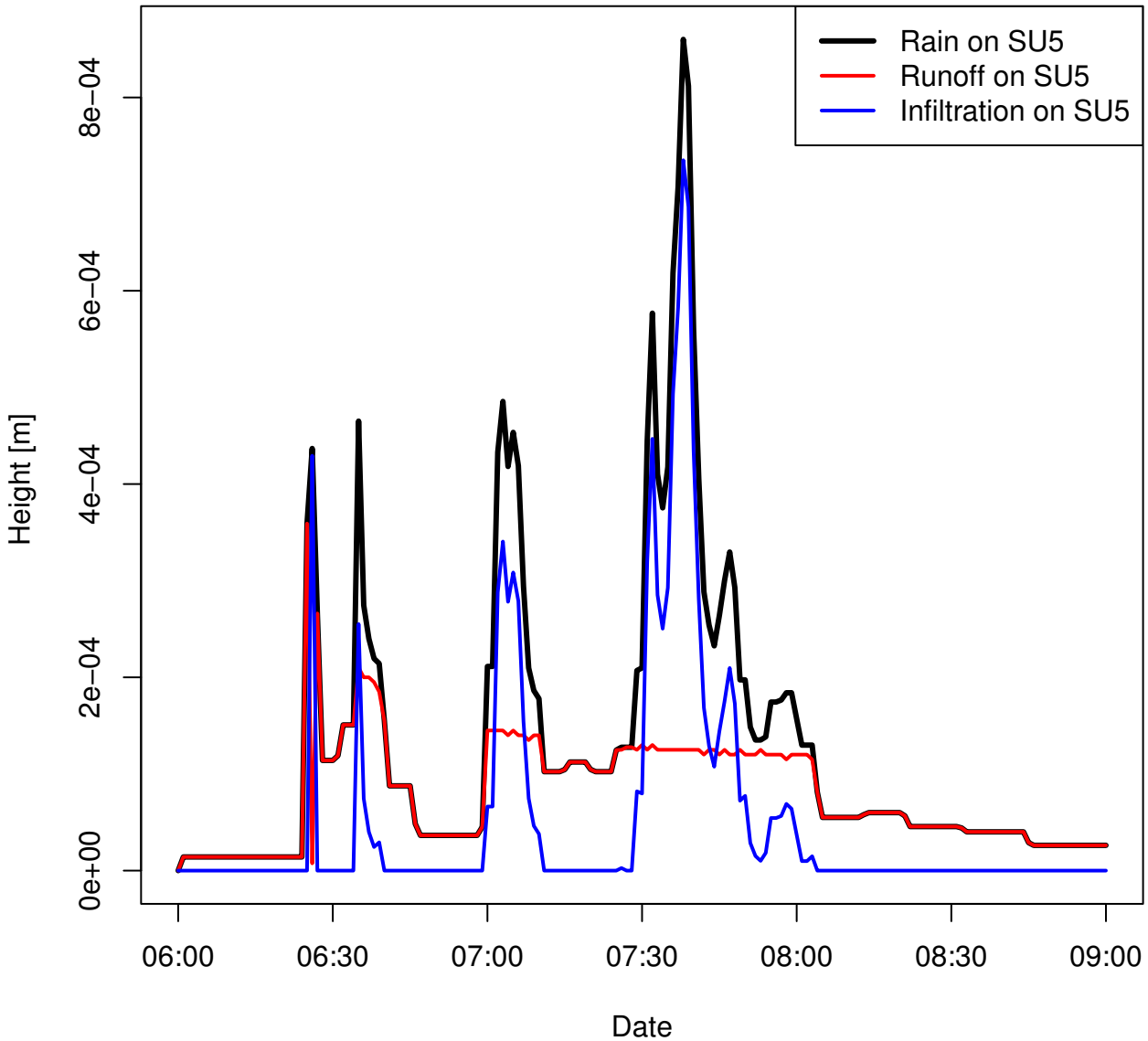
Visualisation graphique des résultats

Visualisation de la pluie, de l'infiltration et du ruissellement sur la SU5, sous forme graphique

Accès aux résultats et visualisation graphique

```
# execution of the simulation
OpenFLUID.runSimulation(OFsimu)

# loading of results as R data
OFrain = OpenFLUID.loadResult(OFsimu,"SU",5,"water.atm-surf.H.rain")
OFrunoff = OpenFLUID.loadResult(OFsimu,"SU",5,"water.surf.H.runoff")
OFinfiltration = OpenFLUID.loadResult(OFsimu,"SU",5,"water.surf.H.infiltration")

# creation of the graphic plot
plot(OFrain[,1],OFrain[,2],type='l',xlab='Date',ylab='Height [m]')
lines(OFinfiltration[,1],OFinfiltration[,2],col='red')
lines(OFrunoff[,1],OFrunoff[,2],type='l',col='blue')
legend("topright",c('Rain on SU5','Runoff on SU5','Infiltration on SU5'))
```

Visualisation graphique des résultats



Calcul de la hauteur d'eau maximum

Calcul de la hauteur d'eau maximum à l'exutoire au cours de la simulation, en utilisant la fonction `max` de R

Calcul de la hauteur d'eau maximum à l'exutoire

```
# execution of the simulation
OpenFLUID.runSimulation(OFsimu)

# loading of simulated water level as R data
OFHlevel = OpenFLUID.loadResult(OFsimu,"RS",3,"water.surf.H.level-rs")

# compute of the maximul water level
OFmaxLevel  = max(OFHlevel[,2])
```

Calcul du volume d'eau cumulé

Calcul du volume d'eau cumulé à l'exutoire à partir du débit à l'exutoire et de la valeur du pas de temps du modèle, en utilisant la fonction `sum` de R

Calcul du volume d'eau cumulé à l'exutoire

```
# execution of the simulation
OpenFLUID.runSimulation(OFsimu)

# loading of simulated downstream as R data
OFQdownstream = OpenFLUID.loadResult(OFsimu,"RS",3,"water.surf.Q.downstream-rs")

# get the default time step of the simulation
OFdeltaT = OpenFLUID.getDefaultDeltaT(OFsimu)

# compute of the cumulated water volume
OFcumOutlet = sum(OFQdownstream[,2]) * OFdeltaT
```

Optimisation de paramètres

Contexte

Optimisation des paramètres du modèle et des attributs spatiaux pour le débit à l'exutoire en fonction de mesures de terrain

Les paramètres à optimiser sont la célérité dans le réseau C_{RS} et la largeur du tronçon de réseau à l'exutoire L_{RS3}

$\Rightarrow$ Définition sous R d'une fonction coût qui lance la simulation et calcule la RMSE entre mesuré et simulé à partir:

- d'un vecteur contenant C_{RS} et L_{RS3}
- de la solution de référence vers laquelle doit tendre la simulation

L'optimisation vise à faire tendre cette fonction coût vers 0, en utilisant des fonctions R dédiées à l'optimisation.

Optimisation de paramètres

Code R (fonctions principales)

Calcul de la fonction coût

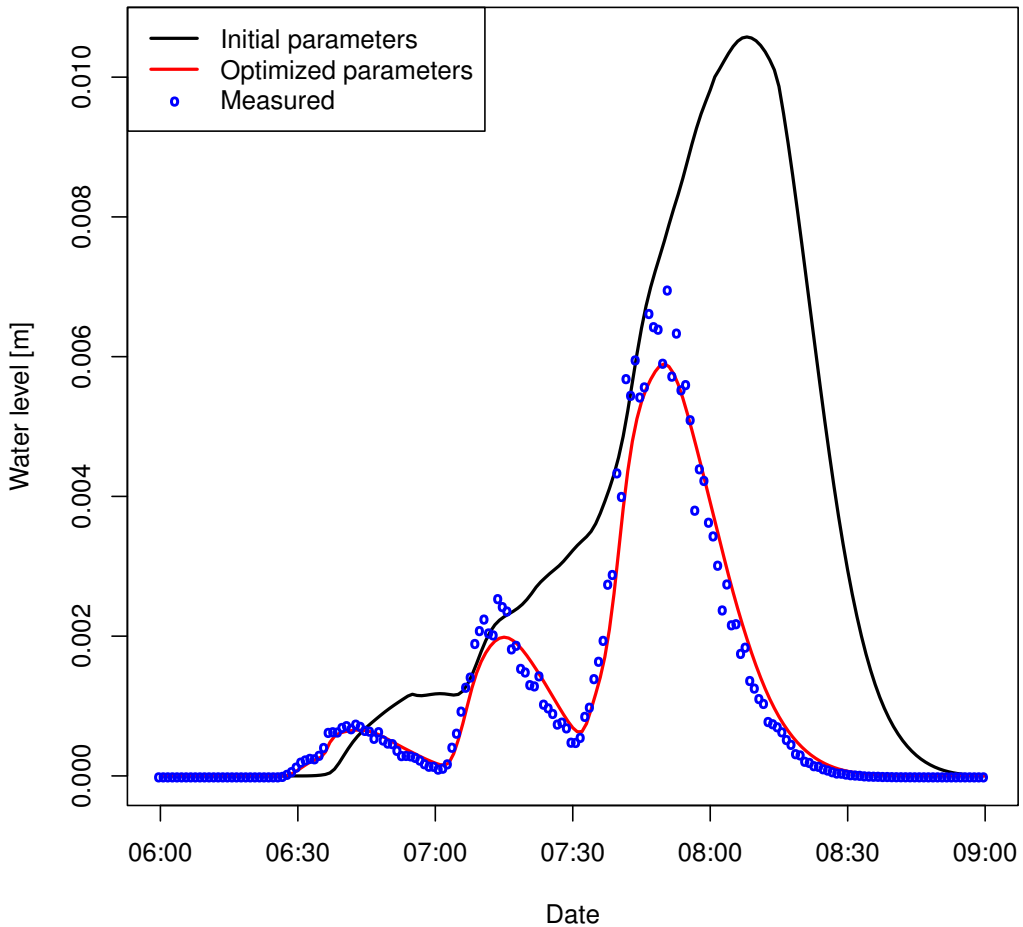
```
OF.runSingle <- function(X,ref) {

  # redefine simulator parameters and input data according to vector X
  OpenFLUID.setSimulatorParam(OFsimu,"water.surf.transfer-rs.hayami","meancel",X[1])
  OpenFLUID.setAttribute(OFsimu,"RS",3,"width",X[2])

  OpenFLUID.addVariablesExportAsCSV(OFsimu,'RS')
  OpenFLUID.runSimulation(OFsimu) # run simulation with new data set

  outRS3 = OpenFLUID.loadResult(OFsimu,"RS",3,"water.surf.H.level-rs")
  out = sqrt(sum((outRS3[,2]-ref[,2])**2)) # compute objective function
  return(out)

}
```

Optimisation de paramètres

```
OFoptim = optim(par=c(0.01,0.2),fn=OF.runSingle,method='L-BFGS-B',
                lower=0.1*c(0.01,0.2),upper=5.0*c(0.01,0.2),ref=OFrefoptim)
```

Optimisation de paramètres

Résultats



Paramètres	C_{RS}	L_{RS3}
initiaux	0.01	0.2
optimisés	0.05	0.489

Analyse de sensibilité d'un modèle

Principes

Analyse de la sensibilité du modèle au paramètre C_{RS} et aux attributs spatiaux $\theta_{I\ SU5}$, L_{RS3} pour le calcul du débit et de la hauteur d'eau à l'exutoire

Principes de l'analyse de Morris :

- n répétitions du modèle
- perturbation d'un paramètre ou attribut par répétition
- étude des perturbations des résultats

Analyse de Morris

```
library("sensitivity") # load of sensitivity package
OFmorrisQ <- morris(model=OF.runMulti,r=500,
                    design=list(type="oat", levels=25, grid.jump=12),
                    binf=c(0.1,0.05,0.1),bsup=c(1.0,0.35,1.0),varOut="Q")
plot(OFmorrisQ,xlim=c(0,1),ylim=c(0,1))
```

Analyse de sensibilité d'un modèle

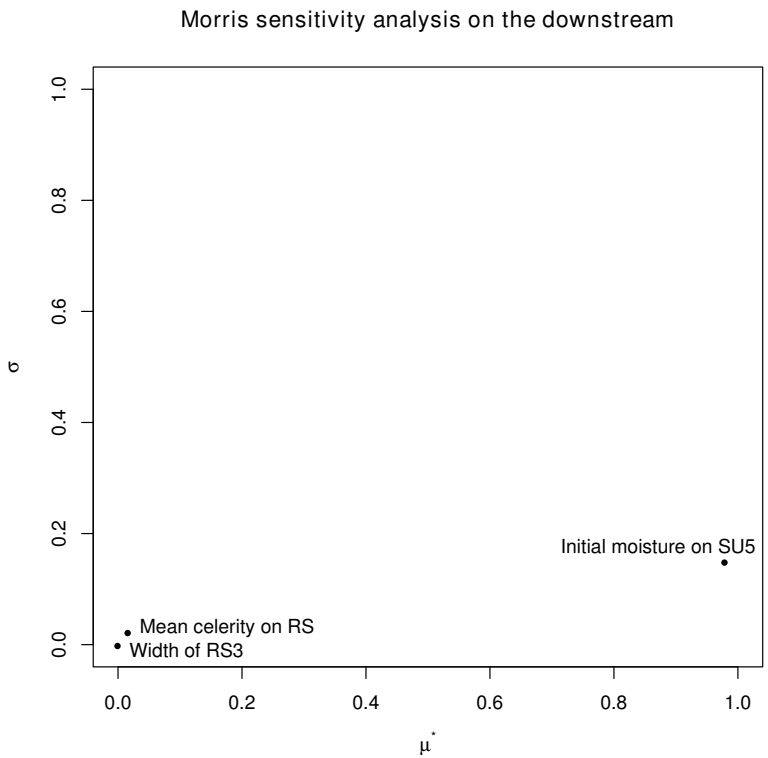
Code R pour multi-simulation

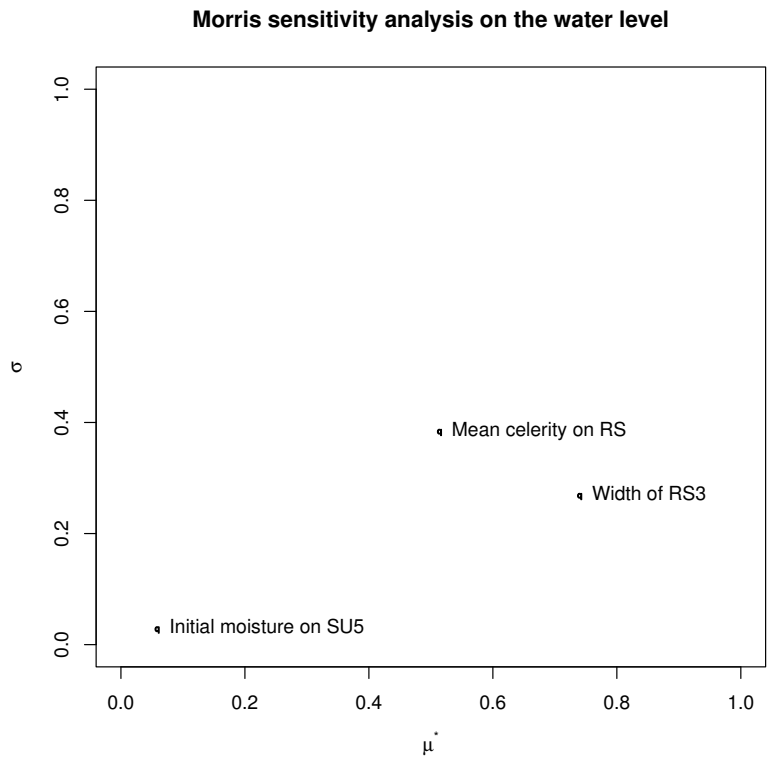
Multi-simulation

```
OF.runMulti <- function(X,varOut) {

 for (i in seq(1:nrow(X))) { # loop on the lines of the factors vector
   C = X[i,1]; H = X[i,2]; W = X[i,3] # redefine factors
   OpenFLUID.setSimulatorParam(OFsimu,"water.surf.transfer-rs.hayami","meancel",C)
   OpenFLUID.setAttribute(OFsimu,"SU",5,"thetaini",H)
   OpenFLUID.setAttribute(OFsimu,"RS",3,"width",W)

   OpenFLUID.addVariablesExportAsCSV(OFsimu,'RS')
   OpenFLUID.runSimulation(OFsimu) # run simulation with new data set

   if (varOut=="Q") {  # choice of output variables
     outRS3  = OpenFLUID.loadResult(OFsimu,"RS",3,"water.surf.Q.downstream-rs")
     out[i] = sum(outRS3[,2])*OpenFLUID.getDeltaT(OFsimu)
   }
   else if (varOut=="H") {
     outOF  = OpenFLUID.loadResult(OFsimu,"RS",3,"water.surf.H.level-rs")
     out[i] = max(outOF[,2])
   }
 }
 return(out)

}
```

Analyse de sensibilité d'un modèle

Résultats





Sensibilité directe et indirecte des paramètres et attributs spatiaux analysés pour le calcul du débit et de la hauteur d'eau à l'exutoire, en relatif des uns par rapport aux autres

Compléments

Systèmes supportés pour ROpenFLUID:

- Linux (non testé sous Windows et Mac)
- R versions 2.14+ et 3.xx

Documentations complémentaires ROpenFLUID:

- Manuel ROpenFLUID
  http://www.openfluid-project.org/community/index.php/Documentation
- Tutoriel ROpenFLUID (Février 2014)
  http://www.openfluid-project.org/resources/docs/trainings/2014-02/tuto-ropenfluid.pdf

Liste des commandes ROpenFLUID I

OpenFLUID.addExtraObserversPaths(*paths*)
OpenFLUID.addExtraSimulatorsPaths(*paths*)
OpenFLUID.addVariablesExportAsCSV(*ofblob,unitclass*)
OpenFLUID.createAttribute(*ofblob,unitclass,attrname,attrval*)
OpenFLUID.getAttribute(*ofblob,unitclass,unitid,attrname*)
OpenFLUID.getDefaultDeltaT(*ofblob*)
OpenFLUID.getExtraObserversPaths()
OpenFLUID.getExtraSimulatorsPaths()
OpenFLUID.getGeneratorParam(*ofblob,unitclass,varname,paramname*)
OpenFLUID.getModelGlobalParam(*ofblob,paramname*)
OpenFLUID.getObserverParam(*ofblob,obsid,paramname*)
OpenFLUID.getObserversPaths()
OpenFLUID.getPeriodBeginDate(*ofblob*)
OpenFLUID.getPeriodEndDate(*ofblob*)
OpenFLUID.getSimulatorParam(*ofblob,simid,paramname*)
OpenFLUID.getSimulatorsPaths()
OpenFLUID.getUnitsClasses(*ofblob*)
OpenFLUID.getUnitsIDs(*ofblob,unitclass*)
OpenFLUID.getVersion()
OpenFLUID.loadResult(*ofblob,unitclass,unitid,varname*)
OpenFLUID.loadResultFile(*filepath*)

Liste des commandes ROpenFLUID II

OpenFLUID.openDataset(*path*)
OpenFLUID.openProject(*path*)
OpenFLUID.printSimulationInfo(*ofblob*)
OpenFLUID.removeAttribute(*ofblob,unitclass,attrname*)
OpenFLUID.removeModelGlobalParam(*ofblob,paramname*)
OpenFLUID.removeObserverParam(*ofblob,obsid,paramname*)
OpenFLUID.removeSimulatorParam(*ofblob,simid,paramname*)
OpenFLUID.resetExtraObserversPaths()
OpenFLUID.resetExtraSimulatorsPaths()
OpenFLUID.runProject(*path*)
OpenFLUID.runSimulation(*ofblob*)
OpenFLUID.setAttribute(*ofblob,unitclass,unitid,attrname,attrval*)
OpenFLUID.setCurrentOutputDir(*path*)
OpenFLUID.setDefaultDeltaT(*ofblob,deltat*)
OpenFLUID.setGeneratorParam(*ofblob,unitclass,varname,paramname,paramval*)
OpenFLUID.setModelGlobalParam(*ofblob,paramname,paramval*)
OpenFLUID.setPeriodBeginDate(*ofblob,begindate*)
OpenFLUID.setPeriodEndDate(*ofblob,enddate*)
OpenFLUID.setSimulatorParam(*ofblob,simid,paramname,paramval*)