

## Package ROpenFLUID pour R

### Présentation & Exemples d'utilisation

JC. Fabre, D. Crevoisier

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



This document is licensed  
under Creative Commons license

# 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 **environnement 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(OF.simu,"SU",5,"water.atm-surf.H.rain")
OFrunoff = OpenFLUID.loadResult(OF.simu,"SU",5,"water.surf.H.runoff")
OFinfiltration = OpenFLUID.loadResult(OF.simu,"SU",5,"water.surf.H.infiltration")
OFlevel = OpenFLUID.loadResult(OF.simu,"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)
```

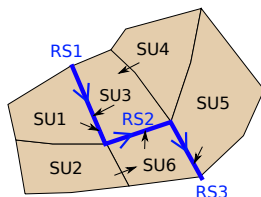
# Plan

- 1 Introduction
- 2 Bases et fonctionnement
- 3 Exemples d'utilisation
  - Simulation exemple
  - Utilisations simples
  - Utilisations avancées
    - Optimisation de paramètres
    - Analyse de sensibilité d'un modèle

# 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

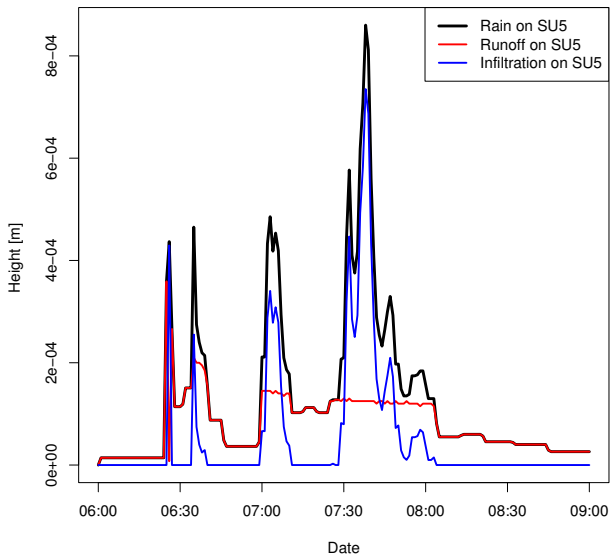
```
# execution of the simulation
OpenFLUID.runSimulation(OFsimu)

# 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='Flow_[m3.s-1]')
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 longueur du tronçon de réseau à l'exutoire  $L_{RS3}$

⇒ 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

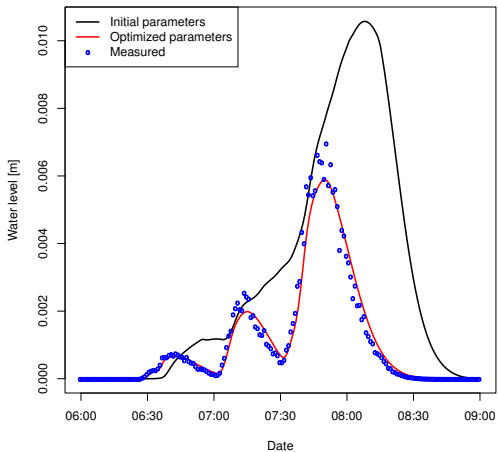
```
OF.runSingle <- function(X,ref) {  
  
  # redefine simulator parameters and input data according to vector X  
  OpenFLUID.setSimulatorParam(OFsimu,"water.surf.transfer-rs.hayami","meancel",X[1])  
  OpenFLUID.setAttribute(OFsimu,"RS",3,"width",X[2])  
  
  OpenFLUID.addVariablesExportAsCSV(OFsimu,'RS')  
  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

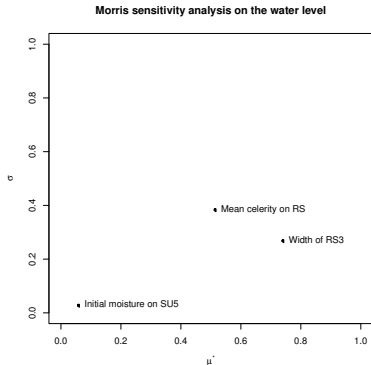
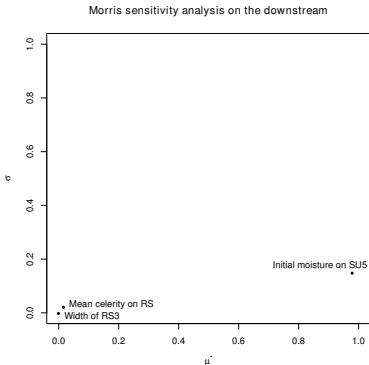
### Multi-simulation

```
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 version 2.xx (non testé sous R version 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*)