



Environnement logiciel  
pour la modélisation et la simulation  
des systèmes de paysages complexes

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

## Rapport d'activité 2014 Bilan & Perspectives

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

 **INRA**  
SCIENCE & IMPACT

Département Environnement & Agronomie

## **Equipe projet OpenFLUID**

Jean-Christophe Fabre

Michaël Rabotin

David Crevoisier

UMR LISAH

2, place Viala, INRA-SupAgro  
34060 MONTPELLIER CEDEX 01

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

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



[@OpenFLUID](https://twitter.com/OpenFLUID)

Décembre 2014

## Sommaire

1	Introduction .....	4
2	Conduite du projet en 2014 .....	4
2.1	Organisation et fonctionnement.....	4
2.2	Moyens .....	5
2.3	Stratégie .....	5
3	Travaux et collaborations en ingénierie logicielle en 2014 .....	6
3.1	Développement de la plateforme .....	6
3.2	Collaborations dans le CATI IUMA.....	8
4	Activité scientifique, partenariale et académique en 2014.....	8
4.1	Travaux et collaborations scientifiques.....	9
4.1.1	Projets collaboratifs sur appels d’offres .....	9
4.1.2	Autres collaborations .....	10
4.1.3	Appui à l’intégration de modèles et à l’utilisation d’OpenFLUID .....	10
4.2	Partenariat Recherche et Développement / Transferts.....	11
4.3	Formation .....	13
4.3.1	Formation des utilisateurs modélisateurs .....	13
4.3.2	Formation académique .....	13
4.4	Communications.....	15
5	Perspectives 2015-2016.....	15
5.1	Gouvernance .....	15
5.2	Participation aux projets scientifiques, insertion dans les réseaux .....	16
5.3	Développement de la plateforme et interopérabilité.....	16
5.4	Accompagnement des utilisateurs .....	17

## 1 Introduction

Le projet OpenFLUID vise à concevoir, développer et mettre à disposition une **plateforme logicielle de modélisation et de simulation** dédiée au **fonctionnement spatio-temporel des paysages**. Elle permet la construction de modèles couplés, basés sur une représentation des structures de paysages et une modélisation des processus spatiaux, et constitue un socle collaboratif pour le développement, la capitalisation et le partage de modèles.

La plateforme logicielle OpenFLUID est constituée :

- d’un framework logiciel intégrant les fonctionnalités scientifiques et techniques de la plateforme,
- d’une application en ligne de commande pour lancer des simulations (sur cluster de calcul, par lot, ...),
- d’une interface graphique (OpenFLUID-Builder) pour la construction, le paramétrage, l’exécution et l’exploitation des simulations,
- d’un package pour l’environnement R (ROpenFLUID), permettant l’exécution des simulations et leur analyse directement depuis R, bénéficiant ainsi de toutes les fonctionnalités de R dans le domaine de l’exploration de modèles (analyse de sensibilité, propagation d’incertitudes, ...)

Les modèles sont branchés dynamiquement à la plateforme sous la forme de simulateurs, en fonction du couplage défini par le modélisateur.

Le projet OpenFLUID est historiquement porté par l’UMR LISAH depuis son initiation en 2005. Cette plateforme a fait l’objet de nombreuses utilisations en collaborations scientifiques sur projets, en enseignement et en partenariat R&D. Récemment, OpenFLUID a été reconnu comme **actif stratégique en émergence pour l’informatique scientifique de l’INRA**, et a été identifié comme un des outils de référence dans le cadre du programme « Paysage Virtuel » piloté par le département EA.

## 2 Conduite du projet en 2014

### 2.1 Organisation et fonctionnement

Le projet OpenFLUID est conduit par **l’équipe projet OpenFLUID**, placée sous la responsabilité de Jean-Christophe Fabre (IE1, INRA) et comprenant également Michaël Rabotin (IE2, INRA) et David Crevoisier (IR2, INRA). Ces trois ingénieurs représentent un équivalent temps plein –ETP– de l’ordre de 1,6.

Les dossiers et tâches à mener dans le projet sont répartis sur l’équipe comme suit :

- Jean-Christophe Fabre : conduite et coordination du projet OpenFLUID, développement logiciel plateforme, éléments juridiques (PI, licences), communication, web, accompagnement des utilisateurs et des projets scientifiques
- Michaël Rabotin : développement logiciel sur la partie traitements géomatiques inclus dans la plateforme, organisation des formations, communication, accompagnement des utilisateurs et des projets scientifiques

- David Crevoisier : expertise numérique, accompagnement des utilisateurs et des projets scientifiques

L’équipe projet se réunit à minima une fois par semaine le lundi matin afin de traiter les dossiers en cours. Elle propose également des séminaires de travail (« party ») avec les ingénieurs et chercheurs.

Par ailleurs, **la plateforme OpenFLUID est insérée dans le CATI IUMA** (Informatisation et Utilisation des Modèles dédiés aux Agroécosystèmes), et plus particulièrement dans le pôle « Modélisation des paysages et des peuplements » de ce CATI. L’ensemble des membres de l’équipe OpenFLUID appartient à ce pôle.

## 2.2 Moyens

Sur le plan des ressources humaines complémentaires (au-delà de l’équipe projet), le projet OpenFLUID a bénéficié en 2014 :

- De 3 mois de prestation de service en développement logiciel,
- De 2 mois d’ingénieur en vacation,
- D’un stage de 3 mois de 2<sup>ème</sup> année d’IUT pour un travail exploratoire sur l’interfaçage graphique de chaînes de traitement géomatiques.

D’un point de vue financier, le fonctionnement du projet en 2014 a été majoritairement soutenu par le LISAH, par des recettes de formation, et par un financement du département EA pour la collaboration ISPA/LISAH.

	Recettes	Dépenses
Dotation LISAH	5553,16	
Recettes formation BE CEREG	3500,00	
Financement projet ALMIRA	16000,00	
Dotation EA pour collab. ISPA/LISAH	2000,00	
Animation atelier 1 collab. ISPA/LISAH		800,00
Vacation IE développement		4526,98
Prestation développement		16000,00
Stage IUT2		1526,18
Formation OpenFLUID en Tunisie		1500,00
Animation atelier 2 collab. ISPA/LISAH (report 2015)		1200,00
Missions diverses		1500,00
<b>Total :</b>	<b>27053,16</b>	<b>27053,16</b>

## 2.3 Stratégie

Après des années de développement de la plateforme visant à obtenir un produit mature tant sur le point conceptuel que fonctionnel, l’essentiel des développements est à présent tourné

vers **l’amélioration de la facilité d’utilisation de la plateforme**. Ceci concerne ii) la plateforme en elle-même, et notamment son interface graphique, ii) son insertion dans un écosystème d’outils pertinents autour de la plateforme, tels que l’environnement statistique R, les SIG, ou encore les outils de visualisation avancés pour les données cartographiques, iii) l’infrastructure d’hébergement collaboratif de modèles. Les développements majeurs décrits ci-après sont les résultats visibles de cette stratégie.

Par ailleurs, cette stratégie concerne également la **volonté de communication vers une communauté plus large**, que ce soit au travers de diverses participations à des colloques locaux, nationaux ou internationaux, de l’insertion dans des réseaux scientifiques tels que PAYOTE, de la refonte du site web OpenFLUID (<http://www.openfluid-project.org/>), de l’utilisation des réseaux sociaux ([@OpenFLUID sur Twitter](#))

## 3 Travaux et collaborations en ingénierie logicielle en 2014

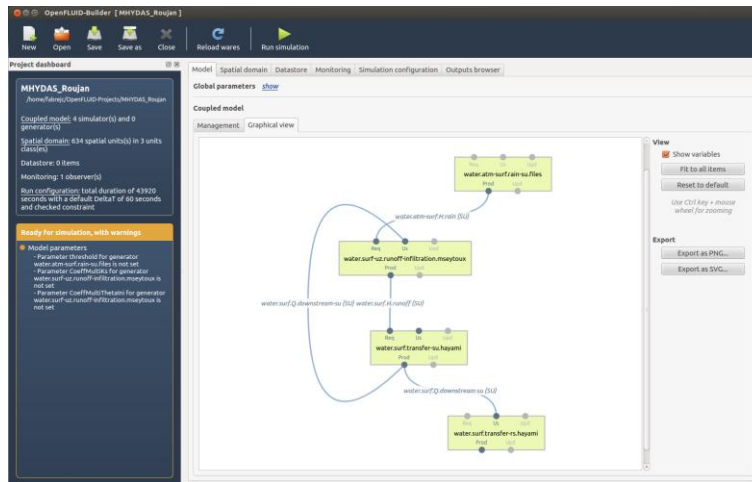
### 3.1 Développement de la plateforme

L’année 2014 a été marquée par la **mise à disposition de la version 2.0 de la plateforme OpenFLUID** en juin 2014. Cette version, qui a nécessité plus de 18 mois de développement, est une avancée majeure pour les fonctionnalités scientifiques proposées par la plateforme mais également pour la facilité de prise en main par les utilisateurs.

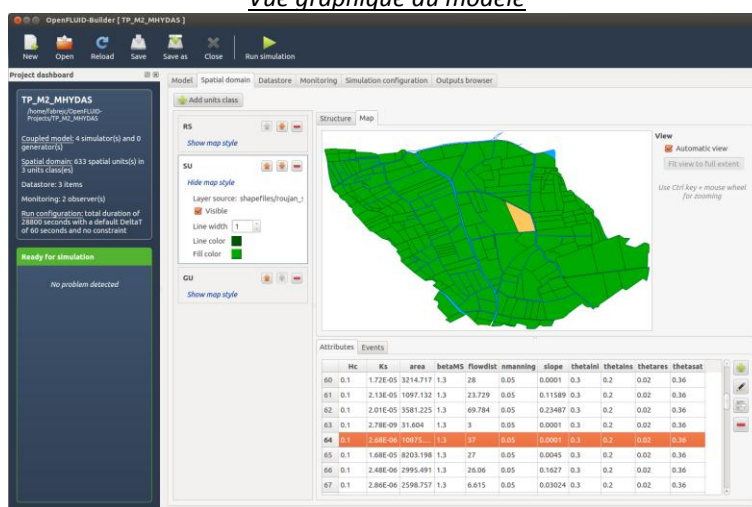
Sur le plan des nouvelles fonctionnalités, les avancées majeures sont :

- L’introduction de **pas de temps variables pour la dynamique des modèles**, et les possibilités de couplage de modèles à des pas de temps asynchrones
- L’intégration d’un **système d’observateurs de simulation** qui permettent d’ajouter des possibilités de **contrôles et d’export de données** tout au long des simulations. OpenFLUID propose en standard des observateurs pour exporter les données de simulation (formats CSV, GoogleEarth, formats de SIG, graphiques, outils 2D et 3D) et peut être enrichi par l’utilisateur qui peut développer ses propres observateurs
- Le développement d’une nouvelle librairie **OpenFLUID-LandR dédiée aux traitements géomatiques avancés pour la représentation numérique de l’espace**.

Sur le plan de l’utilisation de la plateforme, une **refonte complète de l’interface graphique** OpenFLUID-Builder a été menée, avec un travail important sur l’ergonomie (tableau de bord, vue graphique du modèle couplé, vue cartographique du paysage, ...) et sur l’infrastructure technique par l’adoption d’une librairie graphique plus moderne (Qt) que celle employée jusqu’alors. Une extension graphique a également été développée pour **l’intégration de données SIG depuis des fichiers ou depuis un serveur de données géographiques** via un flux WFS (*Web Feature Service*, échanges par le réseau de couches SIG au format vecteur).



*Capture d'écran de l'interface graphique OpenFLUID-Builder  
Vue graphique du modèle*



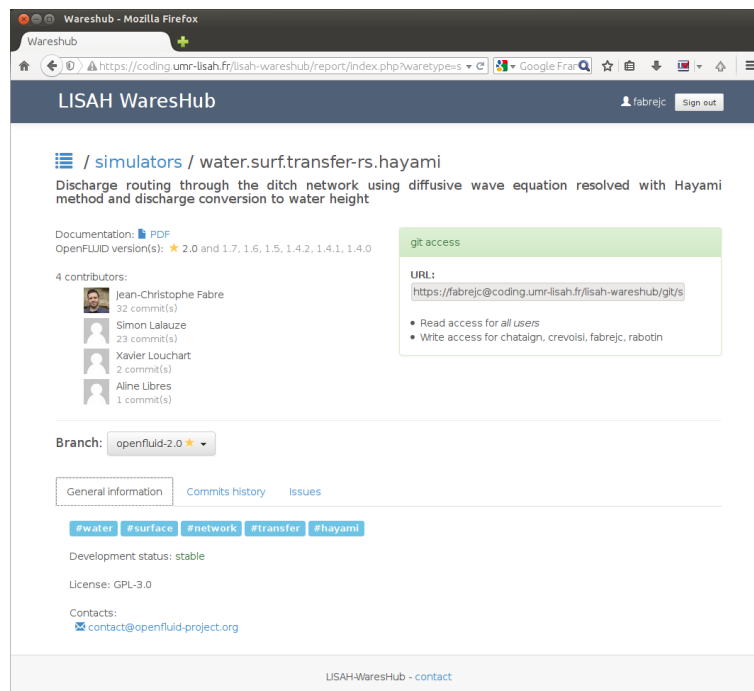
*Capture d'écran de l'interface graphique OpenFLUID-Builder  
Vue cartographique domaine spatiale*

Par ailleurs, le support à travaux scientifiques en collaboration étant un enjeu fort pour la plateforme OpenFLUID, une importante rénovation a été menée sur la **structure proposée par la plateforme pour la capitalisation, le catalogage, le partage et la redistribution de modèles**. Cette nouvelle structure, appelée **OpenFLUID-WaresHub**, propose un **service web**, accompagné d'une interface de consultation, qui permet :

- La gestion historisée du code source des modèles
- La gestion des tâches sur chacun des modèles (corrections de bugs, évolutions, revues de code, ...)
- La gestion des droits d'accès
- La mise à disposition de la documentation associée et des informations liées aux modèles (auteurs, version, licence, ...)

Cette structure peut être déployée au sein de communautés d'utilisateurs ou modélisateurs (projets, unités de recherche, groupes de travail, ...). Il est ensuite possible d'y adosser des traitements automatiques tels que des batteries de tests ou encore des procédures de packaging. Un exemple de déploiement d'OpenFLUID-WaresHub est disponible à l'adresse <https://coding.umr-lisah.fr/lisah-wareshub/report/>. Cette instance d'OpenFLUID-WaresHub

héberge les simulateurs, observateurs et extensions graphiques développées par l’UMR LISAH et ses partenaires.



*Capture d’écran de l’interface web d’OpenFLUID-WaresHub (déploiement du LISAH)  
Vue détaillée d’un simulateur hébergé*

Enfin, l’environnement associé à OpenFLUID pour développer des modèles (Editeur Eclipse + plugins OpenFLUID pour Eclipse) permet de se connecter directement à des dépôts OpenFLUID-WaresHub, afin notamment de récupérer, partager, faire évoluer des modèles capitalisés.

### 3.2 Collaborations dans le CATI IUMA

L’insertion du projet OpenFLUID dans le CATI IUMA est importante pour les collaborations informatiques et scientifiques autour de la plateforme. Ainsi, **OpenFLUID a pleinement participé au projet CPM** (« Coordination des Plateformes de Modélisation », financé par l’appel d’offres Pari Scientifiques du département EA), et a établi des **liens plus étroits avec les plateformes RECORD, Sol Virtuel, OpenALEA et CAPSIS**. Le CATI IUMA a facilité le partage de technologies entre les différentes plateformes et outils logiciels portés par ce CATI. Le choix de la technologie Qt, support majeur de l’interface graphique rénovée d’OpenFLUID, est issu de ces échanges. Cette technologie était déjà utilisée par la plateforme Sol Virtuel, et OpenFLUID a pu en bénéficier par retour d’expérience.

## 4 Activité scientifique, partenariale et académique en 2014



## 4.1 Travaux et collaborations scientifiques

### 4.1.1 Projets collaboratifs sur appels d’offres

La plateforme OpenFLUID est utilisée dans différents projets scientifiques collaboratifs, financés sur appel d’offres.

#### ANR ALMIRA, 2013-2017 (INRA, BRGM, SIRS, IRMC, INAT-Tunisie, INRGREF-Tunisie, IAV-Maroc)

*Coordination: Frédéric Jacob, Philippe Lagacherie, Insaf Mekki (Tunisie), Mohamed Chikaoui (Maroc)*

Le projet ALMIRA vise à explorer la modulation des mosaïques paysagères dans les agrosystèmes pluviaux méditerranéens, afin d’en optimiser les services paysagers. Pour explorer ces mosaïques paysagères en tant que levier d’action pour la gestion des bassins versants, le projet ALMIRA propose de concevoir, mettre en œuvre et appliquer une nouvelle approche de modélisation intégrée. Cette modélisation est basée i) sur la prise en compte des structures de mosaïques paysagères et des processus associés, et ii) sur la construction de scénarii prospectifs de l’évolution spatialement explicite du paysage. Dans ce contexte, la plateforme **OpenFLUID a été choisie comme support logiciel de simulation** pour le projet. La participation de l’équipe projet OpenFLUID consiste en un appui pour i) **l’intégration de modèles** non encore disponibles sous la plateforme, ii) **la mise en œuvre des simulations sur cluster de calcul** et leur restitution.

#### ONEMA Fossés Infiltrants et Pesticides, 2013-2015 (INRA)

*Coordination : Cécile Dagès, Jean-Stéphane Bailly*

Initialement creusés pour différents usages selon les régions, les réseaux de fossés jouent un rôle important mais encore insuffisamment pris en compte dans l’analyse et la gestion de la contamination des eaux par les pesticides. Une gestion adéquate des réseaux de fossés est susceptible de limiter la pollution des masses d’eau. Le projet vise donc à établir une « méthodologie de diagnostic et de gestion des réseaux de fossés agricoles infiltrants pour la limitation de la contamination des masses d’eau par les pesticides ».

L’action 2014 est notamment consacrée à la consolidation de l’outil de simulation numérique (code informatique d’un **modèle mécaniste couplé grâce à OpenFLUID**) permettant d’intégrer les fonctions d’infiltration-rétention-transfert des fossés en réseau. Un des livrables de ce projet présentera les principes de l’outil d’expérimentation numérique, sa validation et la **procédure de calage du modèle qui sera réalisé avec le paquet ROpenFLUID**.

#### ONEMA BVServices, 2014-2015 (INRA-SAS, INRA-LISAH)

*Coordination : Catherine Grimaldi, Philippe Lagacherie*

L’objectif du projet ONEMA-Parcelles est de développer un outil de diagnostic et de gestion de bassin versant, facilement disponible et utilisable par un opérateur **connecté au web au travers de flux WPS (Web Processing Services)**. Les diagnostics attendus portent sur l’identification des parcelles à risques au sein du bassin versant et de voies de transport pour les eaux de ruissellement et les matières transportées. Ce projet est porté conjointement par les UMR SAS à Rennes–Quimper et LISAH à Montpellier. Dans ce contexte, la plateforme OpenFLUID est utilisée comme support pour la mobilisation des acquis scientifiques et méthodologiques de l’UMR LISAH : outil géomatique Geo-MHYDAS (Lagacherie et al., 2010) pour le calcul des connectivités hydrologiques et de l’utilisation, modèles hydrologiques pour le calcul

d’indicateurs. Un **web processing service dédié à OpenFLUID** est en cours de développement dans ce projet

Pari Scientifique EA Hydroécologie des fossés agricoles méditerranéens, 2014-2015 (INRA, ANSES, CIRAD, CNRS, Montpellier SupAgro)

*Coordination : Fabrice Vinatier*

Ce projet a pour objectif de comprendre et modéliser les relations entre les flux biotiques et abiotiques dans un bassin versant languedocien. Il se focalise sur l’étude du lien eau-végétation dans un réseau de fossés agricoles sous contraintes anthropiques, conditionnant les flux hydriques, les particules solides et les solutés. La plateforme **OpenFLUID sera utilisée comme environnement de modélisation spatialisée, en maximisant la réutilisation de modèles** déjà portés sur la plateforme complétée par l’introduction de nouveaux modèles.

#### 4.1.2 Autres collaborations

Des collaborations avant-projets ont été nouées en 2013-2014 :

- Depuis 2013, des échanges avancés ont été menés entre les UMR LISAH et ECOSYS (ex-EGC) pour la **constitution d’un modèle intégré autour du devenir et du transfert des pesticides dans différents compartiments du paysage** (souterrain, surface, atmosphère), en utilisant la plateforme OpenFLUID comme support logiciel. Ce travail trouvera naturellement sa suite dans le projet « modélisation des pesticides » mandaté par le département EA de l’INRA.
- Le labex BASC (Biodiversité, Agroécosystèmes, Sociétés, Climat) souhaite utiliser la **plateforme OpenFLUID comme structure de développement, de couplage et de partage de modèles**. L’objectif est de pouvoir aborder l’étude de services écosystémiques par la modélisation, dans le cadre notamment du Plateau de Saclay. Pour amorcer cette collaboration, un stage de M2 co-encadré par le labex BASC et l’équipe OpenFLUID débutera en février 2015. Il aura pour sujet « **Caractériser par modélisation le fonctionnement hydrologique du plateau de Saclay en utilisant la plateforme OpenFLUID** »

#### 4.1.3 Appui à l’intégration de modèles et à l’utilisation d’OpenFLUID

L’équipe OpenFLUID accompagne les scientifiques modélisateurs dans leurs travaux de développement ou d’intégration de modèles.

##### UMR LISAH

L’appui au LISAH concerne le développement des simulateurs constituant **les modèles MHYDAS** (Moussa et al., 2002), **Geo-MHYDAS** (Lagacherie et al., 2010) et **WATSFAR** (Crevoisier et al., 2009). De manière transversale, l’équipe OpenFLUID a participé à un effort de restructuration de ces modèles afin de faciliter leur intégration dans OpenFLUID, et également de faciliter leur portage vers d’autres environnements de modélisation.

Par ailleurs, l’équipe OpenFLUID a accompagné des chercheurs, doctorants et post-doctorants dans leurs travaux de développement de modèles sous OpenFLUID et dans la mise en œuvre des simulations.

Enfin, l’équipe projet a pris en charge l’évolution du couplage entre le modèle DHIVINE pour la décision agronomique et le modèle MHYDAS, développée au LISAH (Paré, 2012).

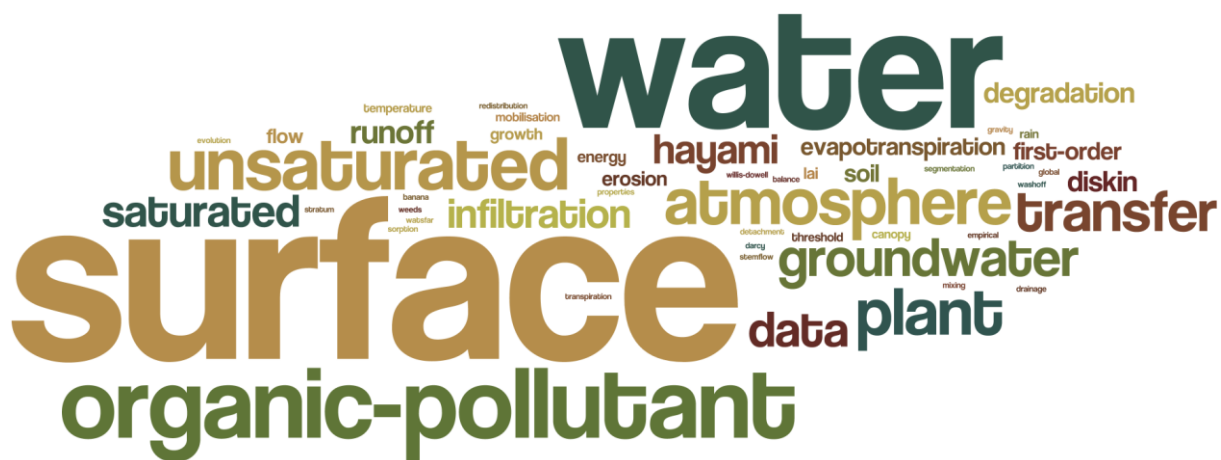
### UMR ISPA

L’UMR ISPA développe depuis plusieurs années le modèle MuSICA pour les transferts sol-végétation-atmosphère (Ogée et al ; 2009). Récemment, les UMR ISPA et LISAH ont lancé une action de portage du modèle MuSICA sous la plateforme OpenFLUID. L’objectif est d’ouvrir des possibilités de représentations fines du continuum sol-plante-atmosphère, couplant MuSICA avec des modèles de transferts dans le sol développés au LISAH, tels que le modèle WATSFAR.

Dans ce contexte, un premier atelier de travail a eu lieu à Montpellier les 18, 19 et 20 novembre 2014, atelier qui a permis de **réaliser le portage technique de MuSICA sous OpenFLUID** (modularisation + intégration du code source Fortran du modèle dans un simulateur OpenFLUID). Ce travail se poursuit en parallèle dans les UMR et sera complété par un deuxième atelier de travail à Bordeaux dans le courant du premier trimestre 2015.

Cette action est financée par le soutien du département Environnement et Agronomie (2000 euros pour le fonctionnement de la collaboration), dans le cadre du pôle « Paysage » du CATI IUMA.

Fin 2014, le dépôt de modèles OpenFLUID hébergé au LISAH comporte plus de 90 simulateurs, dont les thématiques majeures sont reprises dans le nuage de mots ci-après.



*Nuage de mots basé sur les thématiques des modèles présents dans le dépôt*

## 4.2 Partenariat Recherche et Développement / Transferts

Depuis de nombreuses années, la **plateforme OpenFLUID fait l’objet de partenariats avec des acteurs privés**, que ce soit en recherche et développement ou dans le cadre de transfert de technologie. Ce volet est important pour le projet OpenFLUID car il est un vecteur de valorisation de résultats de recherche vers les acteurs et décideurs de terrain, mais également parce qu’il permet **d’être en prise avec les questions sociétales** adressées aux partenaires. Sur l’année 2014, 3 partenariats ont été poursuivis avec les bureaux d’étude Envilys et CEREG, et

l’agence nationale de sécurité sanitaire, de l’alimentation, de l’environnement et du travail (ANSES).

### Transfert de technologie et de compétences vers le Bureau d’étude CEREG

*Licence d’exploitation de la plateforme OpenFLUID ; formation spécifique 3 jours*

Le bureau d’étude CEREG est spécialisé dans les domaines de l’hydrologie, l’hydraulique, l’assainissement, l’eau potable et l’environnement. Ce bureau d’étude souhaitait disposer d’un environnement de simulation spatialisé, ouvert, permettant d’intégrer et de coupler divers modèles ainsi que des modules de calculs statistiques et d’indicateurs. **Après une revue des outils existants, ils ont choisi OpenFLUID et une licence d’exploitation leur est concédée** depuis novembre 2013. Une session de formation spécifiquement ciblée sur leurs besoins leur a été adressée sur 3 jours fin 2013. L’année 2014 a été consacrée à **la mise en œuvre d’OpenFLUID par CEREG dans le cadre d’une prestation commerciale** (étude des impacts de retenues et prélèvements sur le bassin versant de La Diège, Lot, 165 km<sup>2</sup>), avec l’appui d’un stage de M2 encadré par CEREG et accompagné par l’équipe OpenFLUID.

Les résultats de cette « prestation pilote » pour l’utilisation d’OpenFLUID au CEREG ont été plus que satisfaisants, le bureau d’étude ayant pu aller au-delà de ses objectifs d’utilisation de la plateforme. Les résultats marquants sont :

- La prise en main de la plateforme OpenFLUID par le bureau d’étude
- La détermination d’un mode de représentation spatiale du bassin versant, adapté à la problématique incluant rivières, sous-bassins versants, retenues et prélèvements
- Le développement de nouveaux simulateurs OpenFLUID par le bureau d’étude, adaptés aux échelles de temps et d’espace
- L’intégration d’un modèle développé par une autre unité de recherche (HSM) sous la forme d’un simulateur OpenFLUID
- L’utilisation d’OpenFLUID pour améliorer les restitutions des simulations adressées aux acteurs et décideurs de terrain.

### Contrat R&D ANSES

*Financement ANSES ; partenariat INRA-LISAH, ANSES; 2012-2015*

L’évaluation des risques pour l’environnement liés à l’utilisation des produits phytosanitaires dans les départements d’Outre-Mer est actuellement conduite par défaut avec des procédures et des outils élaborés pour décrire le devenir des pesticides dans un contexte européen. L’objectif de ce contrat de recherche et développement est donc le « **développement d’un outil de prédiction des concentrations dans les eaux souterraines et superficielles pour les produits phytosanitaires destinés aux DOM** ». Cet outil sera déployé chez les fabricants de produits phytosanitaires afin de les accompagner dans la validation des molécules phytosanitaires avant leur mise sur le marché.

Par ce contrat, le développement de cet outil a été confié au LISAH et comprend :

- La conception et le développement d’un modèle couplé pour les transferts de surface et de percolation sur une situation de sols tropicaux, prenant en compte les processus spécifiques aux Antilles (stemflow, écoulements préférentiels).
- Le développement d’une interface utilisateur du modèle couplé pour l’homologation de produits phytosanitaires pour la zone antillaise.
- Une étude de sensibilité du code pour une gamme standard de propriétés de sorption et de dégradation des molécules pesticides

La plateforme OpenFLUID a été choisie comme support logiciel pour le développement de cet outil. Son architecture modulaire a permis d’**embarquer le moteur de simulation d’OpenFLUID en arrière-plan de l’interface graphique** et donc invisible pour l’utilisateur qui dispose d’une interface adaptée à son utilisation du modèle, **tout en profitant du package ROpenFLUID pour le volet d’étude de sensibilité** du modèle dans le contexte tropical.

#### Projet R&D Phyt’Eau

*Financement FEDER, OSEO-BPI ; partenariat INRA-LISAH, Envilys, Eurofins (ex-institut Pasteur) ; 2009-2014*

Ce projet de recherche et développement a pour objet **la conception d’une méthode et le développement d’un outil de diagnostic des pollutions diffuses d’origine phytopharmaceutiques**, dans le système « agriculture – eau - environnement » à l’échelle du bassin versant. L’approche retenue intègre des démarches de modélisation et d’instrumentation. Les applications visées concernent les aires de captage situées dans les bassins versants de type méditerranéen à dominante viticole.

Dans ce cadre, **la plateforme OpenFLUID a permis la mise en œuvre de simulations construites pour établir des diagnostics phytosanitaires de bassins versants**. Au-delà de ses fonctionnalités scientifiques de couplage et d’intégration de modèles, la plateforme OpenFLUID a offert des **fonctionnalités pertinentes de restitution des simulations pour les partenaires privés** et les prestations qu’ils réalisent (sorties sous GoogleEarth notamment).

Le projet s’est achevé en février 2014 lors d’un séminaire final de restitution (6 février 2014), au cours duquel les utilisations d’OpenFLUID dans un contexte de partenariat public-privé ont été présentées.

### 4.3 Formation

#### 4.3.1 Formation des utilisateurs modélisateurs

Depuis la mise à disposition de la première version opérationnelle de la plateforme en 2007, **le projet OpenFLUID propose des formations gratuites et ouvertes pour les utilisateurs académiques ou scientifiques**. Ces formations se déroulent sur 2 à 3 jours, et comprennent une partie de cours théoriques et une partie de travaux pratiques. A ce jour, 10 sessions de formation ont été proposées depuis 2007, et ont rassemblé plus de 80 participants.

**En 2014, 2 sessions de formation ont été données**. La première session s’est déroulée à Montpellier du 25 au 27 février, et a rassemblé 6 participants (HSM, INRA-PIAF, INRA-LISAH, SupAgro-LISAH). La deuxième session s’est déroulée à **la Cité des Sciences de Tunis (Tunisie)** les 25 et 26 août, et a rassemblé 12 participants majoritairement issus **d’instituts de recherche tunisiens** (INAT, INRGREF, ENIT, IRD-LISAH). Cette session devrait être suivie d’une nouvelle session de formation plus approfondie.

#### 4.3.2 Formation académique

Le projet OpenFLUID participe à la formation académique, que ce soit par l’implication de la plateforme en enseignement universitaire ou par l’encadrement de stages

#### 4.3.2.1 Enseignement universitaire

En 2014, la plateforme OpenFLUID a été mobilisée dans **trois modules d’enseignement** :

- M2-recherche Eau et Ressources (Université Montpellier II), module de modélisation hydrologique. L’équipe OpenFLUID est intervenue pour un cours d’1h suivi d’un TD de 6h
- M1-recherche Eau et Agriculture (Montpellier SupAgro, AgroParisTech), module de modélisation hydrologique de 25h. Ce module est assuré par François Colin, enseignant-chercheur SupAgro.
- 3<sup>ème</sup> année du cycle d’ingénieur agronome (Montpellier SupAgro), atelier de modélisation hydrologique de 25h. Ce module est assuré par François Colin, enseignant-chercheur SupAgro.
- 

#### 4.3.2.2 Stages encadrés ou co-encadrés

##### Modélisation des transferts de pesticides dans une parcelle bananière en milieu volcanique tropical.

*Benoît Bellot, M2 Eau et Agriculture, UMII- Supagro, Montpellier*

Le stage visait à calibrer et évaluer un modèle original de simulation des flux de percolation et de ruissellement de pesticides à partir de mesures in situ sur une bananeraie sur sol volcanique tropical aux Antilles (dans le cadre du contrat de R&D ANSES, voir plus loin).

Les étapes principales de ce stage consistait en i) la prise en main du modèle développé sous la plateforme OpenFLUID et ii) sa calibration sur une partie des chroniques de la base de données pour identifier les valeurs des paramètres du modèle nécessitant un calage en utilisant ROpenFLUID.

##### Modélisation pluie-débit et détermination de l’impact de retenues collinaires sur le bassin-versant de la Diège

*Marion Le Guéanff, Ingénieur Polytech, Montpellier*

Ce stage avait pour objet l’étude du bassin versant de la Diège (Département du Lot, 165Km<sup>2</sup>) au moyen de la plateforme OpenFLUID et a nécessité le développement de simulateurs capables de reproduire le fonctionnement hydrologique des différents éléments composant le bassin versant. Pour ce faire, une réflexion a dû être menée tout au long de l’étude, dans la prise en compte des retenues et prélèvements présents sur le territoire, mais aussi dans le choix des représentations en sortie à mettre en place au moyen des observateurs OpenFLUID disponibles. Cette étude s’intègre ainsi dans la démarche de R&D du bureau d’étude CEREG (voir plus loin).

##### Développement d’une interface graphique pour la construction de chaînes de traitements géomatiques

*Nicolas Poëlen, IUT Informatique, Montpellier*

L’objectif de ce stage était de développer une interface graphique pour le chaînage de traitements géomatiques fournis par la librairie OpenFLUID-LandR. Ce travail exploratoire a permis de tester une approche originale de construction et pilotage de traitements atomiques chaînés, en utilisant une représentation graphique de type organigramme de programmation (ou logigramme). Un prototype fonctionnel a ainsi pu être bâti au cours du stage.

#### 4.4 Communications

En 2013, la plateforme a été présentée lors de communications orales et poster à l’EGU (European, Geosciences Union ; Vienne, Autriche ; Avril 2013). Pour l’année 2014, les communications étaient orientées vers les communautés et réseaux nationaux en lien avec les thématiques de la plateforme et ses instituts de tutelles. Les principales communications sont :

- Présentation orale lors des **journées maths-informatique de l’INRA**, organisées par le département MIA (Lyon, 17 au 20 mars 2014)
- Présentation orale + démonstration de l’environnement OpenFLUID lors du **séminaire biennal du réseau Payote** (Paris, 16 et 17 septembre 2014)
- Présentation orale des concepts et des fonctionnalités de la librairie OpenFLUID-LandR lors du **séminaire biennal du réseau Payote** (Paris, 16 et 17 septembre 2014)
- Présentation orale dans le cadre des **séminaires de l’IM2E** (Institut Montpellierain de l’Eau et de l’Environnement, 4 décembre 2014)

## 5 Perspectives 2015-2016

Toujours dans l’optique de faire bénéficier de la plateforme au plus grand nombre d’utilisateurs, le principal enjeu pour le projet OpenFLUID à court et moyen terme sera de **disséminer et valoriser la plateforme dans les communautés scientifiques**. Des actions sont déjà en cours en ce sens (collaborations, communications, sessions de formations, ...). Pour atteindre cet objectif, l’équipe projet a identifié plusieurs axes de travail pour les 2 années à venir:

- Evolution de la gouvernance
- Participation aux projets scientifiques et insertion dans les réseaux
- Développement des évolutions logicielles de la plateforme et de l’interopérabilité avec les plateformes complémentaires
- Continuité dans l’accompagnement des utilisateurs

### 5.1 Gouvernance

Jusqu’ici très intégrée au fonctionnement du LISAH, **la gouvernance du projet OpenFLUID va évoluer** dès le début 2015. **L’équipe projet OpenFLUID sera formalisée sous la forme d’une entité à part entière dans l’organigramme du LISAH**, dédiée à la gestion du projet. Cette formalisation rendra le projet OpenFLUID plus visible à l’extérieur de son UMR d’origine. Elle marque la volonté **d’ouvrir la plateforme plus largement dans la communauté** des modélisateurs du paysage, et de s’insérer dans des projets scientifiques en collaboration dans lesquels le LISAH ne sera pas forcément partie prenante.



Cette structuration sera accompagnée de la **constitution d’un comité de pilotage scientifique**, constitué majoritairement de membres extérieurs au LISAH et qui ont un intérêt pour les possibilités offertes par la plateforme OpenFLUID. Ce comité comprendra des scientifiques et des informaticiens, représentant les différents cercles d’évolution de la plateforme (partenaires scientifiques, CATI IUMA, autres plateformes EA, ...)

## 5.2 Participation aux projets scientifiques, insertion dans les réseaux

Concernant la participation aux projets scientifiques, **l’investissement dans les projets en cours sera maintenu**. Parmi les nouveaux projets scientifiques à venir, l’équipe OpenFLUID s’insèrera tout particulièrement dans le **projet « pesticides » du département EA**, mobilisant la plateforme comme environnement de modélisation en support aux travaux, dans la suite des recommandations du rapport « Paysage Virtuel ».

L’insertion dans les réseaux scientifiques avec les thématiques d’applications d’OpenFLUID sera poursuivie, notamment dans le réseau PAYOTE et au sein de l’Institut Montpellierain de l’Eau et de l’Environnement (IM2E). Des relations plus étroites avec le labex « Agro » (Montpellier) pourraient également être développées, la direction de ce labex ayant montré son intérêt pour la plateforme lors de récents échanges.

Sur le volet partenarial, **une suite sera donnée aux partenariats public-privé** déjà noués, notamment avec les bureaux d’étude CEREG et Envilys. Ces deux sociétés ont clairement exprimé leur souhait de poursuivre leurs travaux et leurs investissements avec la plateforme OpenFLUID.

Plus généralement, l’équipe OpenFLUID étudiera avec le plus grand intérêt toute sollicitation scientifique ou partenariale qui pourrait mobiliser la plateforme.

## 5.3 Développement de la plateforme et interopérabilité

Pour les mois à venir, les développements de la plateforme continueront de suivre la stratégie en cours pour l’évolution de la plateforme, à savoir favoriser la prise en main et l’adoption par les utilisateurs. Les principaux développements concerneront :

- **L’intégration d’un environnement de développement du code source des modèles** (OpenFLUID-DevStudio) en lieu et place de l’environnement externe utilisé jusqu’ici (Eclipse). Cette intégration permettra notamment une édition à la volée des codes sources des modèles depuis l’environnement de simulation, ainsi qu’un guidage plus fin du modélisateur dans sa démarche de développement.
- La mise en place d’**assistants de paramétrages des modèles** (observateurs et simulateurs) facilitant le réglage des paramètres par l’utilisateur.

A plus long terme, les développements viseront à i) améliorer plus finement encore les représentations spatiales et temporelles mises en œuvre dans la plateforme -itérations entre modèles, qualification et paramétrage des liens topologiques et hiérarchiques, ...-, ii) renforcer les connexions avec les bases de données en lien avec la plateforme, en complément des connexions déjà établies avec les bases de données cartographiques.



Plus généralement, la feuille de route de la plateforme OpenFLUID est disponible sous la forme de tickets de développement (*issues*) regroupés en jalons de version (*milestones*). Elle est accessible sur l'outil de gestion des développements de la plateforme :

<https://github.com/OpenFLUID/openfluid/issues>

**L'interopérabilité de la plateforme OpenFLUID avec d'autres plateformes complémentaires** est un enjeu important, notamment dans le cadre de projets fortement pluridisciplinaires tels que le projet « pesticides » du département EA. Ce projet constituera le cadre idéal pour le développement de cette interopérabilité avec les plateformes Sol-Virtuel et RECORD, en relation avec le pôle « Paysage » du CATI IUMA et dans la continuité du projet CPM (« Coordination Des Plateformes », 2012-2014).

#### 5.4 Accompagnement des utilisateurs

L'équipe projet poursuivra ses **actions d'accompagnement des utilisateurs** au quotidien dans leur utilisation de la plateforme. A minima, deux sessions de formation seront à nouveau ouvertes en 2015, avec notamment une session de formation prévue sur le premier trimestre sur Grignon dans le cadre des collaborations avec l'UMR ECOSYS et le labex BASC, en relation avec le projet « pesticides » du département EA.

En complément de l'accompagnement utilisateur et des sessions de formation, la mise en place d'un MOOC (*massive open online course*, formation en ligne ouverte à tous) sur OpenFLUID est en cours de réflexion.