



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

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

Rapport d'activité 2015 Bilan & Perspectives

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

 **INRA**
SCIENCE & IMPACT

Département Environnement & Agronomie

Equipe projet OpenFLUID

Jean-Christophe Fabre
David Crevoisier
Michaël Rabotin (→05/2015)

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

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

Mail : contact@openfluid-project.org



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

Février 2016

Sommaire

Avant-propos	4
Introduction.....	4
1 Conduite du projet en 2015.....	5
1.1 Organisation et fonctionnement	5
1.2 Stratégie	6
1.3 Moyens	7
2 Travaux et collaborations en ingénierie logicielle en 2015	7
2.1 Développement de la plateforme.....	7
2.2 Collaborations dans le CATI IUMA	10
3 Activité scientifique, partenariale et académique en 2015.....	11
3.1 Travaux et collaborations scientifiques	11
3.1.1 Projets collaboratifs sur appels d’offres	11
3.1.2 Autres collaborations.....	12
3.1.3 Appui à l’intégration de modèles et à l’utilisation d’OpenFLUID.....	13
3.2 Partenariat Recherche et Développement / Transferts	13
3.3 Formation	14
3.3.1 Formation des utilisateurs modélisateurs	14
3.3.2 Formation académique.....	15
3.4 Communications.....	17
4 Autres indicateurs factuels 2015	17
5 Perspectives 2016-2017	18
5.1 Gouvernance	19
5.2 Participation aux projets scientifiques, insertion dans les réseaux, collaborations	19
5.3 Accompagnement des utilisateurs	19
5.4 Communication et dissémination.....	20
5.5 Développement de la plateforme.....	20

Avant-propos

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**. Elle constitue également 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, ainsi qu’un environnement de développement pour les modèles (OpenFLUID-DevStudio),
- 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, optimisation de paramètres, ...)

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

Introduction

Le projet OpenFLUID est historiquement porté par l’UMR LISAH depuis son initiation en 2005-2006. 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 de l’INRA.

En 2016, la plateforme OpenFLUID fête donc ses 10 ans d’existence

Ce rapport présente l’activité du projet sur l’année 2015 selon trois axes principaux :

- La conduite et la stratégie du projet
- L’ingénierie logicielle
- L’implication dans les travaux scientifiques, la formation académique, le partenariat

Il présente également des éléments de perspectives pour 2016-2017.

1 Conduite du projet en 2015

Un élément important est le **départ en milieu d’année 2015 de Michaël Rabotin**, ingénieur en géomatique et développement logiciel. Ce départ a induit une **réorganisation nécessaire** dans la conduite et dans les priorités des activités du projet, ainsi que sur les ressources pour la mise en œuvre de ces activités.

1.1 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 David Crevoisier (IR2, INRA) et Michaël Rabotin (IE2, INRA). Toutefois, Michaël Rabotin a souhaité quitter le LISAH pour convenances personnelles et est détaché au Conseil Départemental de l’Ain depuis le 01/06/2015. L’équipe projet est donc passée de ~1,6 équivalent temps plein -ETP- à ~1 ETP depuis le 01/06/2015.

Les dossiers et tâches à mener dans le projet étaient 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

Depuis le départ Michaël Rabotin, la redistribution des tâches a été effectuée comme suit :

- Jean-Christophe Fabre : conduite et coordination du projet OpenFLUID, développement logiciel plateforme (y compris traitements géomatiques), éléments juridiques (PI, licences), organisation des formations, communication, web, accompagnement des utilisateurs et des projets scientifiques
- David Crevoisier : expertise numérique, organisation des formations, accompagnement des utilisateurs et des projets scientifiques

Le départ de Michaël Rabotin n’est pas sans incidence sur la dynamique du projet, notamment sur le développement des traitements géomatiques et les offres de formations aux utilisateurs.

L’équipe-projet se réunit a 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.

Depuis le 1^{er} janvier 2015, **l’équipe-projet OpenFLUID est formalisée sous la forme d’une entité à part entière dans l’organigramme du LISAH**, dédiée à la gestion du projet. Cette formalisation vise à rendre 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.

La concrétisation en équipe-projet accompagne le soutien formel du département EA de l’INRA depuis début 2015, référençant **OpenFLUID comme une des 5 plateformes de modélisation soutenues par EA**. De plus, sous l’impulsion conjointe de l’équipe OpenFLUID et du département EA, l’année 2015 a également vu la constitution du **comité de pilotage scientifique OpenFLUID**. Le rôle de ce comité de pilotage sera de **donner les grandes orientations stratégiques** pour la plateforme et **valider les choix de l’équipe-projet**. Ce comité est constitué de scientifiques et d’informaticiens, représentant les différents cercles d’évolution de la plateforme (partenaires scientifiques, CATI IUMA, autres plateformes INRA-EA, extérieurs, ...):

- Carole BEDOS *UMR Ecosys, INRA Grignon*
- Patrick CHABRIER *UMR MIAT (et plateforme RECORD), INRA Toulouse*
- Nicolas DONES *UMR PIAF (garant SI du dpt EA et responsable CATI IUMA), INRA Clermont-Ferrand*
- Sylvain DUPONT *UMR ISPA, INRA Bordeaux*
- Philippe LAGACHERIE *UMR LISAH, INRA Montpellier*
- Vincent RIVALLAND *UMR CESBIO, CNRS Toulouse*
- Valérie VIAUD *UMR SAS, INRA Rennes*

La première réunion du comité de pilotage est prévue le 8 avril 2016.

Par ailleurs, **la plateforme OpenFLUID est insérée depuis de nombreuses années dans les CATI IDM et maintenant 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.

1.2 Stratégie

Après des années de développement de la plateforme visant à établir un ensemble logiciel cohérent et mature sur les plans conceptuels et fonctionnels, l’objectif depuis deux ans maintenant est de **mieux diffuser et faire connaître la plateforme OpenFLUID**. Pour cela, la **stratégie de conduite de projet** est majoritairement tournée vers cet objectif. Ceci se traduit par des actions sur les différents volets du projet :

- **la communication est dirigée vers une communauté plus large**, en s’appuyant sur des réseaux scientifiques, sur l’alimentation du site web OpenFLUID (<http://www.openfluid-project.org/>), ou encore sur l’utilisation des réseaux sociaux ([@OpenFLUID sur Twitter](#))
- **le suivi des projets scientifiques** mobilisant OpenFLUID, **l’accompagnement des utilisateurs, la formation** sont renforcés et prioritaires
- l’essentiel des développements est tourné vers **l’amélioration de la facilité d’utilisation de la plateforme**

De fait, actuellement, le développement de nouvelles fonctionnalités pour la plateforme est de priorité moindre, seule la maintenance corrective reste prioritaire. Ceci est accentué par la réduction d’effectif de l’équipe depuis mi-2015.

Cette stratégie commence clairement à porter ses fruits depuis sa mise en place. Des exemples concrets des résultats de cette stratégie sont décrits ci-après dans la partie « Activité scientifique, partenariale et académique en 2015 »

1.3 Moyens

Sur le plan des ressources humaines complémentaires (au-delà de l’équipe projet), le projet OpenFLUID a bénéficié en 2015 de 82 jours de prestation de service en développement logiciel. D’un point de vue financier, le fonctionnement du projet en 2015 a été majoritairement soutenu par le département EA de l’INRA, par l’UMR LISAH et par des projets scientifiques dans lequel le projet OpenFLUID est impliqué.

	Recettes	Dépenses
Dotation LISAH	1300,00	
Financement projet ALMIRA pour prestation de service	10800,00	
Dotation EA	5000,00	
Co-financement Labex BASC pour formation INRA Grignon	1000,00	
Co-financement projet MIPP pour formation INRA Grignon	500,00	
Prestation de service en développement logiciel (82 jours)		10800,00
Restitution EA (non utilisé pour CoPil en 2014)		4000,00
Equipement informatique (serveur,stations)		1000,00
Logistique formation INRA Grignon		1500,00
Autres missions		300,00
Fonctionnement de base		1000,00
Total :	18600,00	18600,00

2 Travaux et collaborations en ingénierie logicielle en 2015

2.1 Développement de la plateforme

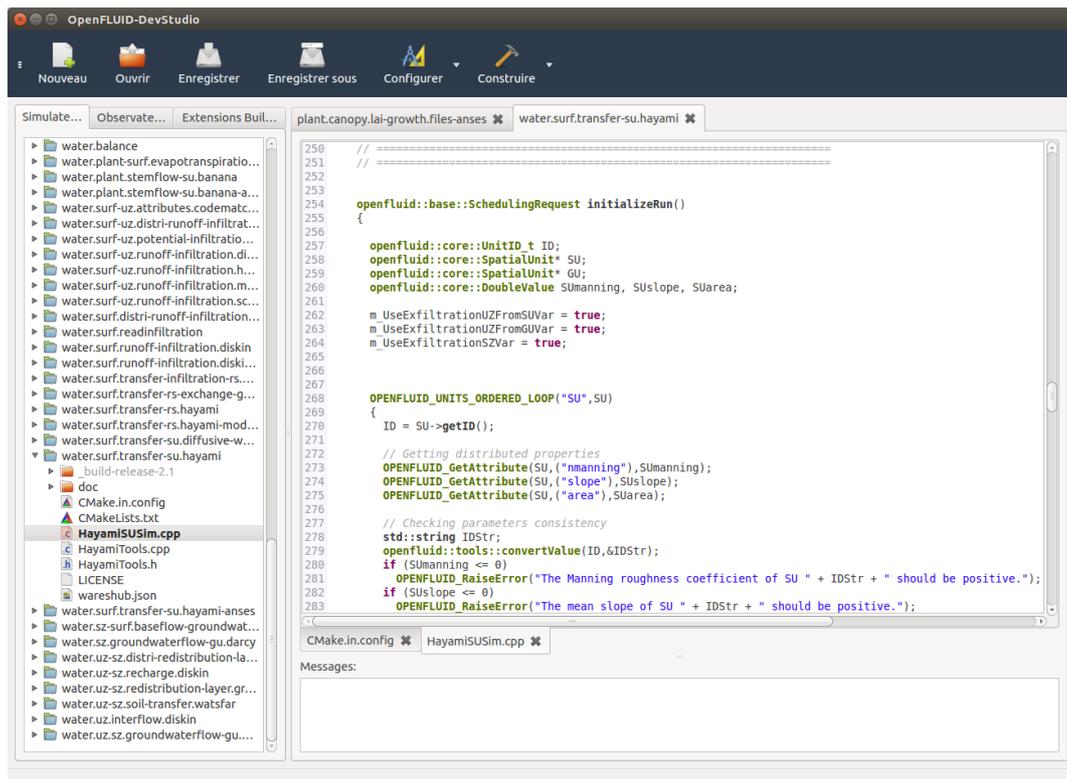
L’année 2015 a été consacrée à la **stabilisation de la branche 2.x** d’OpenFLUID, confortant le périmètre scientifique et fonctionnel de la plateforme. Toutefois de nombreuses améliorations ont été apportées à l’environnement d’utilisation dans la **version 2.1 mise à disposition en octobre 2015**. Les nouveautés et améliorations majeures concernent :

- la mise en œuvre d’une démarche complète de modélisation-simulation
- l’interface graphique
- la stabilité sous le système Windows®

Elles sont décrites ci-après.

Afin de boucler complètement le cycle de modélisation et simulation dans l’environnement OpenFLUID, deux nouvelles fonctionnalités importantes ont été introduites : l’outil **OpenFLUID-DevStudio** et le **concept de simulateur fantôme**.

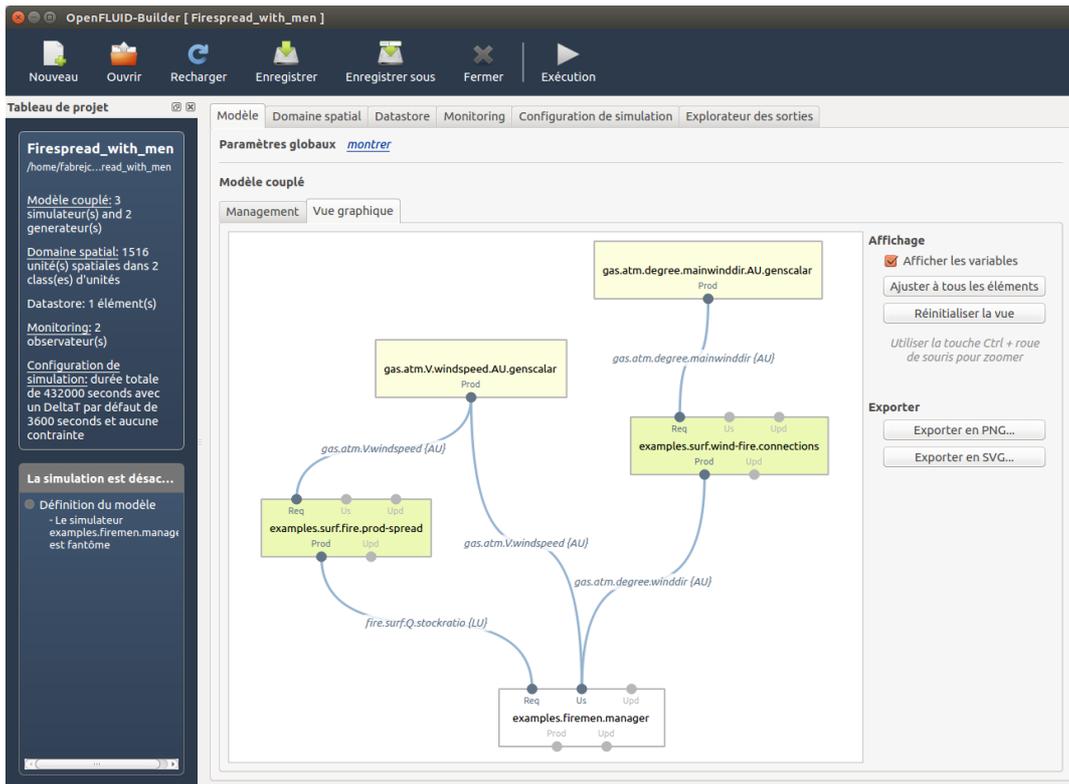
OpenFLUID-DevStudio est un **environnement complet pour le développement de simulateurs, observateurs et builder-extensions**. Il peut être utilisé depuis l’environnement de simulation OpenFLUID-Builder ou bien sous la forme d’une application indépendante.



OpenFLUID-DevStudio : Editeur intégré pour le développement de modèles

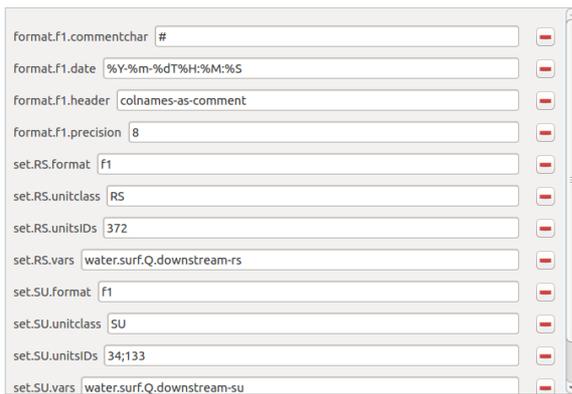
L'utilisateur dispose ainsi d'un outil dédié pour le développement de modèles pour OpenFLUID et qui comporte des assistants qui accompagnent le modélisateur : génération de code source, complétion automatique des instructions OpenFLUID, aide en ligne, partage de codes sources de modèles, Avec ce nouvel outil, l'utilisateur peut à la fois **développer son modèle, partager son modèle, exécuter les simulations sans quitter l'environnement OpenFLUID**.

En complément de DevStudio, une nouvelle fonctionnalité a été introduite dans OpenFLUID-Builder : **les simulateurs fantômes**. Un simulateur fantôme est un simulateur qui n'est pas encore doté d'un code de calcul, et qui est constitué uniquement de ses **spécifications** (entrées/sorties, paramètres, dynamique spatiale et temporelle, etc...). Un simulateur fantôme peut ensuite être **automatiquement transformé en vrai simulateur** comprenant un code source généré sur la base des spécifications de son fantôme. Ainsi, il devient possible pour le modélisateur de **concevoir complètement son modèle couplé** à l'aide d'un à plusieurs simulateurs fantômes qu'il définit ou réutilise, puis ensuite générer automatiquement et compléter les codes sources des simulateurs pour exécuter des simulations.

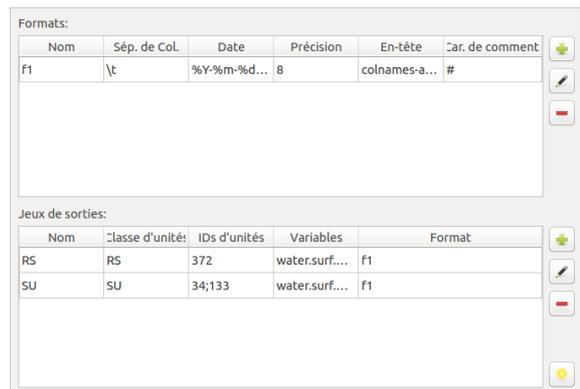


Vue graphique d’un modèle dans OpenFLUID-Builder comprenant un simulateur fantôme (fond blanc)

L’interface graphique OpenFLUID-Builder a également été améliorée avec la possibilité pour les simulateurs et observateurs de proposer une **interface de paramétrage spécifique** en remplacement de l’interface générique proposée par défaut. Ceci permet une meilleure ergonomie pour le renseignement des paramètres, adaptée indépendamment à chaque simulateur ou observateur. Un premier exemple d’interface adaptée est proposé pour l’observateur d’export en fichier CSV.



sans interface de paramétrage spécifique



avec interface de paramétrage spécifique

En complément de cette amélioration graphique, **la gestion du multi-langue a été généralisée** dans OpenFLUID-Builder. La possibilité de disposer de l’interface en plusieurs langues était présente dès le début dans les interfaces graphiques OpenFLUID, mais n’était pas disponible pour les extensions graphiques (builder-extensions) et pour les interfaces de paramétrage. C’est désormais possible depuis la version 2.1.

Avec la demande croissante d’utilisations sous **Windows**, une attention toute particulière a été portée dans la version 2.1 pour un **meilleur support de cette famille de systèmes**. La procédure d’installation a été grandement facilitée, et la prise en compte des particularités propre à cette famille de systèmes a été améliorée. Depuis la version 2.1, **le package ROpenFLUID est également disponible pour R sous Windows**.

Dans un **souci d’amélioration continue de la qualité logicielle** d’OpenFLUID, la version 2.1 s’appuie maintenant sur la norme **C++11**¹. Des outils de **contrôle automatique du code source** ont été mis en place pour le respect des conventions d’écriture ainsi que pour la détection de problèmes potentiels (analyse statique du code source).

En parallèle, et afin d’éviter les régressions fonctionnelles dans les développements et d’automatiser la chaîne de développement-test-packaging-déploiement, le projet OpenFLUID s’est dotée début 2015 d’une **infrastructure d’intégration continue** (opérée par deux serveurs et pilotée par un service Jenkins²). Ainsi, à chaque nouvelle modification de code source de la plateforme, les modifications intégrées dans le code sont **testées et packagées automatiquement** pour plusieurs distributions Linux (Debian, Ubuntu, Fedora) ainsi que pour Windows (32 bits).

Enfin, l’informatique dans le cloud offre des potentialités très importantes pour faciliter l’accès et l’utilisation de simulations. L’équipe-projet vise à court et moyen terme le déploiement de services web permettant **d’utiliser OpenFLUID dans le cloud**, en complément des utilisations actuelles « sur le bureau ». Afin de préparer cette nouvelle phase pour le projet, le **protocole FluidHub**³ a été spécifié depuis la version 2.1. Ce protocole définit sous la forme d’une API REST⁴ les échanges entre différents composants OpenFLUID (moteur de simulation, modèles, données) qui pourront à moyen terme être distribués dans le cloud.

Ce point est également discuté dans la partie « Perspectives 2016-2017 » de ce document.

2.2 Collaborations dans le CATI IUMA

La plateforme OpenFLUID est insérée dans les CATI IDM puis IUMA depuis de nombreuses années. Après avoir participé au projet CPM (« Coordination des Plateformes de Modélisation », 2012-2014), **OpenFLUID est activement impliqué dans le projet ASM** (« Analyse de Sensibilité Multi-plateformes », paris scientifique INRA-EA, 2015-2016) porté par le CATI.

Au travers du CATI, la plateforme OpenFLUID entretient des **liens étroits avec les plateformes RECORD, Sol Virtuel, OpenALEA et CAPSIS**. Ces liens nourrissent de nombreux échanges et retours d’expériences qui sont mutuellement bénéfiques. Ainsi, fin 2015, nous avons convenu de **mettre en commun notre infrastructure d’intégration continue** avec la plateforme Sol Virtuel, dans un souci de réduction des coûts humains et financier de maintenance d’un tel système. Cette infrastructure commune sera hébergée dans les locaux du LISAH et sera mise en service début 2016.

¹ Norme ISO C++11 - http://www.iso.org/iso/fr/catalogue_detail?csnumber=50372

² Outil d’automatisation d’intégration continue - <https://jenkins-ci.org>

³ http://www.openfluid-project.org/community/index.php/FluidHub_API_specifications

⁴ https://fr.wikipedia.org/wiki/Representational_State_Transfer

3 Activité scientifique, partenariale et académique en 2015

L’activité scientifique, partenariale et académique mobilisant la plateforme OpenFLUID a encore été riche en 2015. Au vu des acteurs des projets, thèses et masters décrits ci-après, la diversité des partenaires impliqués dans l’utilisation de la plateforme s’est accrue sur les 12-18 derniers mois.

3.1 Travaux et collaborations scientifiques

3.1.1 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 ».

En 2015, le travail de consolidation de l’outil de simulation numérique (code informatique d’un **modèle mécaniste couplé grâce à OpenFLUID**) a été poursuivi pour 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 BVService, 2014-2015, 2016 (INRA-SAS, INRA-LISAH)

Coordination : Catherine Grimaldi, Philippe Lagacherie

L’objectif du projet ONEMA BVService 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** des UMR SAS (Rennes-Quimper) et LISAH (Montpellier): outils géomatiques MNTsurf (Aurousseau et al., 2009) et Geo-MHYDAS (Lagacherie et al., 2010) pour le calcul des connectivités hydrologiques et de l’utilisation, modèles hydrologiques pour le calcul d’indicateurs. Un **WPS dédié à OpenFLUID** est en cours de développement dans ce projet.

INRA-EA Modélisation Intégrée des Pesticides dans les Paysages – MIPP, 2015-2017 (INRA-ECOSYS, IRSTEA-ITAP, INRA-ISPA, INRA-LISAH, INRA-MIAT, INRA-PIAF)

Coordination : Carole Bedos, Benjamin Loubet, Marc Voltz

Ce projet vise à développer une modélisation intégrée du devenir et transfert des pesticides qui décrit i) les dynamiques de contamination à l’échelle du paysage en couplant notamment flux hydrologiques et aériens de pesticides, ii) le rôle des différentes voies de transfert en fonction des facteurs prépondérants que sont les pratiques d’épandage, les propriétés des molécules, les pratiques culturales, les conditions météorologiques ainsi que l’organisation du paysage (incluant la localisation et le type d’infrastructures écologiques). La **plateforme OpenFLUID sera mobilisée comme environnement de modélisation spatialisée** intégrant les processus et objets physiques, en interaction avec les plateformes RECORD (décision agronomique) et Sol Virtuel.

Pari Scientifique EA Approches multi-plateformes pour la résolution de problèmes avancés en analyse de Sensibilité - ASM, 2016-2017 (INRA-SYSTEM, INRA-EMMAH)

Coordination : Samuel Buis, Sébastien Roux

Ce projet concerne **l’application de méthodes avancées d’analyse de sensibilité aux objets d’étude modélisés** au sein du département EA de l’INRA. Il s’appuie sur le CATI IUMA et propose à terme une mutualisation de ces méthodes dans les plateformes de modélisation de ce département. Ses objectifs sont i) de tester, développer et mettre à disposition des méthodes et outils adaptés aux problèmes avancés d’exploration de modèles associées aux plateformes du CATI IUMA et ii) de créer ou renforcer des collaborations entre les différents acteurs de la thématique « exploration de modèles », mêlant experts numériques, équipes de développement des plateformes et utilisateurs des modèles.

En 2015, des travaux ont été réalisés pour vérifier la **portabilité** des premières méthodes développées sur les thématiques d’analyse de sensibilité sur sorties multi-variées et entrées climatiques **vers la plate-forme OpenFLUID**. Les travaux se poursuivront par le développement de méthodes adaptées à **l’analyse de sensibilité des modèles spatialisés**.

3.1.2 Autres collaborations

La collaboration initiée en 2014 avec l’UMR ECOSYS s’est concrétisée en 2015 par différentes actions. Tout d’abord avec le co-encadrement d’un stage visant la mise en place d’une modélisation du fonctionnement hydrologique du plateau de Saclay en utilisant la plateforme OpenFLUID (voir « Stages masters et ingénieurs ») dans le cadre du labex BASC (Biodiversité, Agroécosystèmes, Sociétés, Climat). Ensuite par la tenue d’une formation OpenFLUID sur 3 jours à Grignon dans les locaux d’ECOSYS (voir « Formation des utilisateurs modélisateurs »).

3.1.3 Appui à l’intégration de modèles et à l’utilisation d’OpenFLUID

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 maintenance ou 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 et d’adaptation de modèles sous OpenFLUID et dans la mise en œuvre des simulations. L’équipe projet a enfin exercé son rôle d’accompagnement pour la validation de modèles, la mise en œuvre et les tests de scénarios spatialisés et d’approche de modélisation intégrée.

ISPA

L’UMR ISPA développe depuis plusieurs années le modèle MuSICA pour les transferts sol-végétation-atmosphère (Ogée et al ; 2009). En 2014, les UMR ISPA et LISAH ont lancé une action de portage du modèle MuSICA sous la plateforme OpenFLUID. Un premier atelier de travail en 2014 a permis de **réaliser le portage technique de MuSICA sous OpenFLUID**. Bien que n’ayant pu être finalisé en 2015, ce travail reste actif et sera concrétisé en 2016.

3.2 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 2015, 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

Prolongement de la licence d’exploitation de la plateforme OpenFLUID jusqu’au 31/12/2019

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. Une prestation pilote a été menée par CEREG en 2014 dont les résultats ont été concluants et ont abouti à une demande par CEREG du **prolongement de la licence OpenFLUID jusqu’au 31 décembre 2019**. Le prolongement de cette licence a été signé à l’automne 2015.

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 (TROPHY). Son architecture modulaire a permis d'**embarquer le moteur de simulation d'OpenFLUID en arrière-plan de l'interface graphique de TROPHY** 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

Collaboration R&D avec le bureau d'étude Envilyls

Entre 2010 et 2014, le projet de R&D Phyt'Eau (INRA-LISAH, Envilyls, Eurofins) a constitué la première action d'envergure mobilisant **OpenFLUID dans un contexte de partenariat public-privé**. Les liens tissés avec le bureau d'étude en environnement Envilyls lors de ce projet ont été entretenus en 2014-2015 avec pour ambition **un nouveau projet de R&D** mobilisant OpenFLUID. De nombreux échanges de cadrage et rédaction de ce nouveau projet se sont tenus durant le 2^{ème} semestre 2015 et sera déposé dans le courant du premier semestre 2016.

3.3 Formation

3.3.1 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, 12 sessions de formation ont été proposées depuis 2007, et ont rassemblé plus de 90 participants.

En 2015, **2 sessions de formation** ont été données. Une première session a eu lieu à **Montpellier** le 10 mars et a rassemblé 7 participants. Une deuxième session de formation s'est tenue du 19 au 21 mai sur les sites de **l'INRA de Grignon et d'AgroParisTech à Paris**, et a compté une dizaine de participants. Cette formation s'adressait tout particulièrement aux

chercheurs, enseignants et ingénieurs de l'UMR ECOSYS. Elle constitue un élément important de **collaboration** entre les UMR ECOSYS et LISAH, en prévision du projet MIPP qui s'est ouvert à l'automne 2015.

3.3.2 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

3.3.2.1 Enseignement universitaire

En 2015, la plateforme OpenFLUID a été mobilisée dans **trois modules d'enseignement** :

- 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^{ème} année du cycle d'ingénieur agronome (Montpellier SupAgro), atelier de modélisation hydrologique de 25h. Ce module est assuré par François Colin, enseignant-chercheur SupAgro.

3.3.2.2 Thèses

Effet d'échelles sur le ruissellement et l'érosion hydrique en milieu méditerranéen : approche expérimentale et modélisation (en cours)

Nesrine Inoubli, Montpellier SupAgro – Ecole Doctorale GAIA

L'objectif de cette thèse est de progresser dans les connaissances et les capacités de **modélisation** sur la répartition, dans le temps et dans l'espace, des différents processus **d'érosion hydrique à l'échelle des petits bassins versants** avec une finalité d'aide à la gestion et l'aménagement des territoires ruraux.

La démarche générale de la thèse combine observation et modélisation. L'observation s'appuie sur les données recueillies sur un site fortement instrumenté en milieu méditerranéen marneux en Tunisie (Kamech, 2.63 km², ORE OMERE) et a pour objectif de mieux cerner les flux hydro-érosifs à différentes échelles de temps et d'espace. Le comportement hydro-érosif des sols vertiques du bassin d'étude fait l'objet d'une attention particulière. Les connaissances dérivées de l'observation sont ensuite utilisées pour définir des **stratégies de paramétrisation du modèle MHYDAS-Erosion, développé sur la plate-forme OpenFLUID**, dans ce type de milieu.

Exploration numérique multiscalaire de processus spatio-temporels couplés biotiques-abiotiques : application aux services et disservices écosystémiques des réseaux de canaux et fossés d'agrosystèmes méditerranéens (en cours)

Gabrielle Rudi-Chovelon, Montpellier SupAgro – Ecole Doctorale GAIA

La thèse cible prioritairement le thème de l'agroécologie. Il s'agit de développer des méthodes d'évaluation des services (ou disservices) écosystémiques rendus par les systèmes hydroagricoles, identifiés comme des infrastructures « agro-écologiques ».

Étudier les services et disservices rendus par les agrosystèmes nécessite une approche transdisciplinaire. Cette approche consistera à simuler les interrelations entre processus biotiques, abiotiques et activités humaines dans les paysages. Les fonctions écosystémiques porteront en effet sur les flux hydriques et écologiques circulant dans les matrices paysagères, et seront choisies selon leur sensibilité aux gammes d’échelles spatiales et temporelles considérées.

Les **modèles seront implémentés et coordonnés via la plateforme OpenFLUID** dans laquelle plusieurs processus physiques sont déjà implémentés. Bien qu’appliquée aux agrosystèmes pluviaux méditerranéens, l’implémentation devra être générique et applicable à d’autres observatoires nationaux (zones ateliers) que ceux utilisés dans le cadre de la thèse.

3.3.2.3 Stages masters et ingénieurs

Vers une modélisation spatialisée pour la simulation du fonctionnement hydrologique de surface du plateau de Saclay : Mise en œuvre de la plate-forme OpenFLUID

Mohamed Amine Berkaoui, M2 Eau et Agriculture, Université Montpellier – Montpellier SupAgro

Le site du plateau de Saclay est marqué par une forte tension entre l’urbanisation croissante et la volonté de préserver des espaces ouverts agricoles, forestiers et semi-naturels pour les services d’approvisionnement et de régulation qu’ils peuvent rendre. Dans ce cadre, ce stage s’est intéressé plus particulièrement au **service de régulation de l’eau par les espaces ouverts** dans ce territoire. Il avait pour objectif de poser les premiers éléments d’une modélisation hydrologique de la zone étudiée. Pour cela, la plateforme OpenFLUID a été utilisée pour la représentation des hétérogénéités et connectivités spatiales et pour la modélisation couplée des processus hydrologiques majeurs. **L’utilisation de la plateforme OpenFLUID** a permis à la fois une **réutilisation de simulateurs existants** et le **développement de nouveaux simulateurs** adaptés, et ainsi **construire une modélisation simplifiée** de l’hydrologie du plateau.

Calibration et évaluation d’un modèle couplé de transfert d’eau et de solutés : Cas du devenir du cadusafos dans une parcelle bananière en milieu volcanique tropical

Gabrielle Rudi-Chovelon, M2 Eau et Agriculture, Université Montpellier – Montpellier SupAgro

Ce stage de master 2 s’inscrit dans le cadre de la convention de recherche entre INRA et ANSES présenté précédemment. Il vise à paramétrer le **modèle TROPHY, développé sur la plate-forme OpenFLUID**, pour simuler les transferts d’un insecticide, le cadusafos, dans une bananeraie, qui a fait l’objet d’un monitoring des flux de percolation et de ruissellement de cette matière active sur une période de 3 mois. Ce stage a permis la validation des hypothèses et du fonctionnement du modèle en le confrontant à des mesures in-situ. Il a également permis d’ajuster ce modèle pour améliorer encore son caractère prédictif.

Amélioration de simulateurs OpenFLUID pour les modélisations hydrologiques - Mise en place d’une procédure de calage automatique de modèle pluie-débit sous OpenFLUID (Stage - Projet de fin d’étude)

Tristan Podechard, Ingénieur Polytech Montpellier

Le bureau d’étude CREG développe des modélisations hydrologiques pour les études de ressource en eau sur des bassins versants. Pour effectuer ces modélisations et répondre aux spécificités des appels d’offres initiés par les collectivités et autres organismes (DDT,

Associations syndicales d’irrigation, ...), **CEREG Ingénierie s’est doté de la plateforme OpenFLUID**. Les premières versions des codes de calcul de ces modèles implantés dans la plateforme comportaient des lacunes et des approximations qui nécessitaient des améliorations. L’objet du stage a donc été i) d’apporter les corrections adéquates, ii) d’intégrer de nouvelles fonctionnalités pour prendre en compte de nouveaux paramètres, iii) d’affiner les simulations afin de les rendre plus réalistes.

Dans le cadre du Projet Ingénieur de Fin d’Etude (PIFE) associé au stage, une **procédure de calage automatique** de modèles pluie-débit a été développée sous l’environnement R en utilisant le package **ROpenFLUID**.

3.4 Communications

Dans la continuité de l’année 2014, l’essentiel des communications proposées en 2015 ont été tournées vers les projets et unités du département INRA-EA, avec l’ambition de **mieux faire connaître la plateforme**, ses fonctionnalités et ses applications. Les principales communications ont été adressées lors des évènements suivants :

- Rencontre avec la direction du département EA (Avril 2015)
- Kick-off meeting du projet MIPP (Septembre 2015)
- Atelier de travail du projet BVservice (Novembre 2015)
- AG du CATI IUMA (Décembre 2015)

Cette démarche s’inscrit dans le cadre du **soutien formel apporté à la plateforme OpenFLUID par le département EA** depuis début 2015.

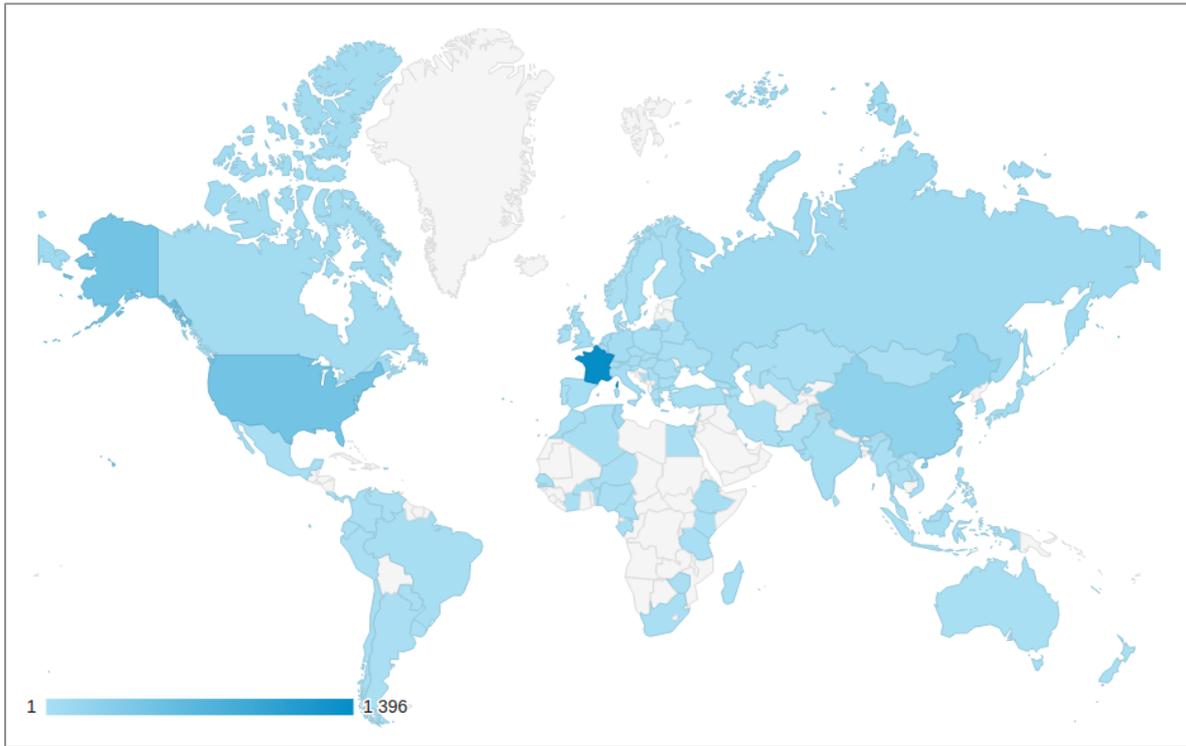
4 Autres indicateurs factuels 2015

	2014	2015	Evolution
Révisions du code source (commits)	194	291	↗ 50,0%
Lignes de code source mises à jour	7826	6222	↘ 20,5%

	2014	2015	Evolution
Visites site web	6335	5991	↘ 5,5%
Téléchargements web	935	713	↘ 23,8%

Les **évolutions de ces indicateurs factuels sont cohérentes** avec la stratégie du projet OpenFLUID actuellement en place, à savoir une stabilisation fonctionnelle de la plateforme:

- L’évolution du code source entre 2014 et 2015 montre de plus nombreuses améliorations et corrections (nombre de révisions en hausse) mais ayant un impact plus faible (nombre de lignes de code modifiées), ce qui est caractéristique d’une maintenance logicielle sans évolution fonctionnelle majeure
- Les visites du site web et téléchargements connaissent une baisse liée aux moindres nouvelles versions majeures mises à disposition en 2015 par rapport à 2014



*Origine géographique des visites sur le site web OpenFLUID en 2015
(plus la couleur bleu est foncée, plus le nombre de visites est important)*

Parmi les utilisateurs ayant téléchargé OpenFLUID via le site web, des contacts plus réguliers sont entretenus avec certains d’entre eux. Les échanges se déroulent par mail ou par discussion en ligne (Tetrattech, Canada; Bayer, Suisse ; ...). Ces échanges ont donné lieu à une visite dans les locaux du LISAH à Montpellier (IWHR, Chine).

Pour la plupart de ces contacts, il s’agit de demande d’appui pour l’utilisation de la plateforme et le développement de modèles.

5 Perspectives 2016-2017

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:

- Consolidation de la gouvernance
- Participation aux projets scientifiques et insertion dans les réseaux
- Accompagnement des utilisateurs
- Communication et dissémination de la plateforme dans les différentes communautés
- Développement des évolutions logicielles de la plateforme et de l’interopérabilité avec les plateformes complémentaires

5.1 Gouvernance

La gouvernance du projet OpenFLUID a fortement évolué en 2015 avec la création de l’équipe-projet OpenFLUID au LISAH et la mise en place du comité de pilotage scientifique. L’année 2016 sera donc une **consolidation de la structure de gouvernance** dans la continuité de l’évolution opérée en 2015. Un des éléments important sera le fonctionnement et les échanges avec le comité de pilotage scientifique, et l’enjeu fort sera de **gérer au mieux la réduction des ETP permanents** de l’équipe-projet qui passent de $\sim 1,6$ à ~ 1 avec le départ de Michaël Rabotin, tout en conservant une **dynamique de projet soutenable**.

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

Pour l’année 2016, **l’investissement dans les projets en cours sera maintenu**. Les actions prévues pour OpenFLUID sur ces projets sont les suivantes :

- MIPP : définition et construction du modèle couplé, en interopérabilité avec les autres plateformes du projet (RECORD, Sol Virtuel) ;
- ALMIRA : définition du modèle couplé et simulations ;
- FIP : finalisation des simulations ;
- BVservice : finalisation de la partie « simulations » de l’outil de diagnostic en ligne.

Par ailleurs, le projet ONEMA-Retenué démarre au 1^{er} trimestre 2016, et a pour objectif de concevoir une **modélisation intégrée du fonctionnement des retenues** en relation avec le fonctionnement hydrologique et agricole de leur bassin versant (collab. INRA-AGIR, INRA-LISAH).

Enfin, **des projets sont en préparation**, tels que les projets « Phyt’Eau 2 » et un nouveau contrat de R&D avec l’ANSES. Ils pourraient nourrir l’activité de la plateforme OpenFLUID dès la fin de 2016. La collaboration avec le Labex BASC -GT Hydrologie, plateau de Saclay- pourrait également déboucher sur de nouvelles utilisations d’OpenFLUID au travers du projet ESPERAMCE (Estimation Pluridisciplinaire et multi-échelle des Ressources en Eau du plateau de Saclay et de leur évolution sous l’effet des AMénagements et du Changement climatique).

5.3 Accompagnement des utilisateurs

Comme précédemment, **l’équipe-projet poursuivra son action d’accompagnement des utilisateurs** au quotidien dans leur utilisation de la plateforme. L’équipe-projet considère que c’est **un élément essentiel dans l’adoption de la plateforme** par les utilisateurs. Cet accompagnement se poursuivra au travers des différents médias de support à distance déjà mis en place (base documentaire en ligne, salon de discussion IRC, mail, mailing-list, téléphone), ou bien en accompagnement de proximité.

Jusqu’à présent, le projet OpenFLUID proposait 2 sessions de formations par an, ouvertes sur inscription libre. A partir de l’année 2016, les formations seront données **à la demande de groupes d’utilisateurs ou de futurs utilisateurs**. Ceci permet de proposer des **formations mieux adaptées, plus homogènes**. De plus, avec la réduction d’ETP subie par l’équipe-projet, il devient difficile d’organiser systématiquement 2 sessions de formation ouvertes par an.

5.4 Communication et dissémination

La communication autour des activités du projet OpenFLUID se poursuivra, avec comme objectif de **mieux faire connaître la plateforme**. Cette communication prendra plusieurs formes.

Tout d’abord, OpenFLUID prendra part à un **ouvrage Quae consacré aux outils de modélisation en agronomie et environnement** (Titre provisoire « La modélisation en agronomie et environnement : outils et plateformes disponibles », coordination J.E. Bergez). Cette participation prendra la forme d’un chapitre qui sera consacré à la modélisation du fonctionnement des paysages avec OpenFLUID. La rédaction de cet ouvrage a été lancée fin 2015 et devrait s’achever début 2017.

L’équipe projet OpenFLUID envisage **d’aller à la rencontre de futurs utilisateurs dans les unités de recherche**, avec en premier lieu les unités de recherche du département EA de l’INRA. Cette démarche a déjà été entamée au travers de projets scientifiques en collaborations avec des chercheurs et ingénieurs de certaines de ces unités (ISPA, SAS, ECOSYS).

En fonction des opportunités, OpenFLUID pourra faire l’objet de présentations dans des colloques nationaux ou internationaux, tels que iEMSs2016 (10 au 14 juillet 2016).

Enfin, à l’occasion du **10^{ème} anniversaire d’OpenFLUID en 2016**, une **journée ouverte d’animation** faisant le bilan de ces 10 années pourra être organisée, vraisemblablement sur le 2^{ème} semestre 2016.

5.5 Développement de la plateforme

Le développement logiciel de la plateforme suivra la stratégie en cours. En effet, l’équipe-projet souhaite concentrer ses efforts sur la diffusion de la plateforme OpenFLUID dans les communautés scientifiques et l’accompagnement des utilisateurs. Aucune évolution fonctionnelle majeure n’est prévue dans les prochains mois, d’autant plus que la réduction des ETP de l’équipe-projet invite à une utilisation efficiente des forces de développement.

Toutefois, des chantiers d’amélioration logicielle seront menés « en fil rouge » :

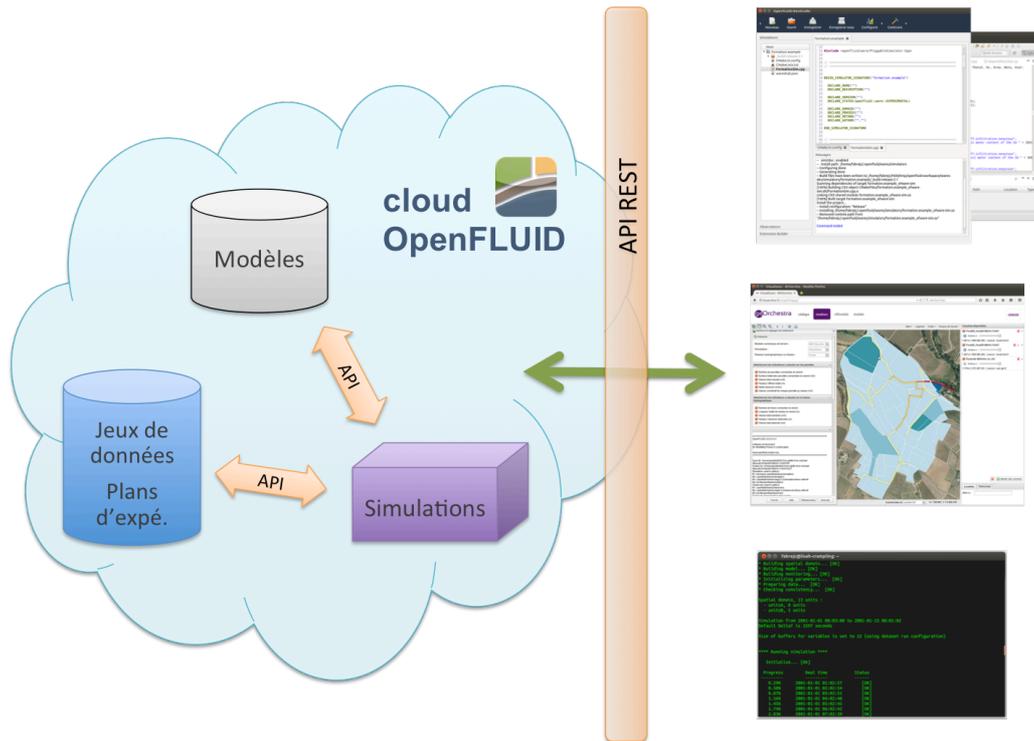
- l’ouverture d’**OpenFLUID vers le cloud**, permettant l’exécution de simulations et la gestion des modèles sous la forme de **web services interopérables**. Cette évolution ouvrira de **nouveaux modes d’exploitation** d’OpenFLUID en tant que SaaS⁵, ne nécessitant plus l’installation d’OpenFLUID sur le bureau de l’utilisateur (voir illustration ci-après)
- l’introduction d’un **paramétrage plus fin des connexions spatiales et des descriptions géométriques** (du 1D au 3D) pour les objets composant le paysage modélisé.

Par ailleurs, **la maintenance logicielle sera assurée en continu**. Cette maintenance est formalisée 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>

Enfin, **l’interopérabilité technique avec deux autres plateformes (RECORD, Sol virtuel)** sera développée et appliquée dans le cadre du projet MIPP.

⁵ SaaS : Software-as-a-Service (https://fr.wikipedia.org/wiki/Logiciel_en_tant_que_service)



Services OpenFLUID dans le cloud

Exemples d'applications mobilisant ces services (clients lourds sur le bureau, interfaces web, ...)