

VSoil : avancées depuis avril 2023

-
2ème workshop IMAE
Lyon, du 5 au 7 novembre 2024

-
Nicolas Beudez, Nathalie Moitrier, Nicolas Moitrier,
Cédric Nouguier, Stéphane Ruy



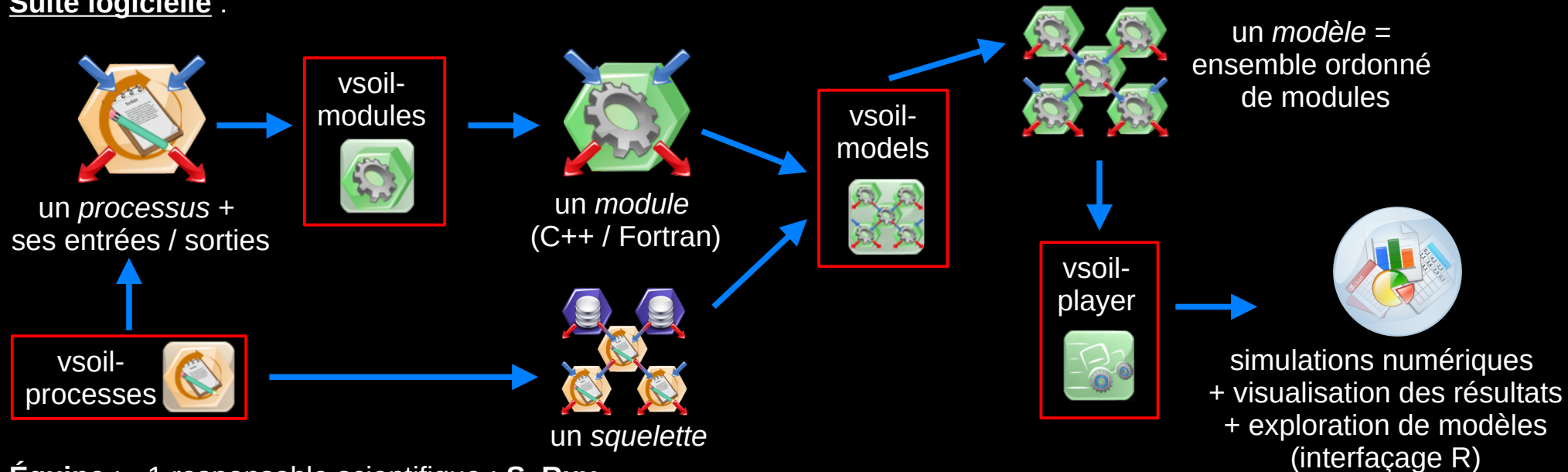
1) Qu'est-ce que VSoil ?



Plateforme logicielle de modélisation permettant d'aider au développement de modèles numériques décrivant les processus physiques, chimiques et biologiques du sol en interaction avec le climat, les plantes et les actions anthropiques

VSoil facilite le couplage entre ces processus → création de modèles plus ou moins complexes à partir de l'assemblage de codes existants ou de nouveaux codes

Suite logicielle :



Équipe : - 1 responsable scientifique : **S. Ruy**
- 3 ingénieurs en génie logiciel : **Ni. Moitrier** (chef de projet informatique), **Na. Moitrier**, **C. Nouguier**
- 1 ingénieur en calcul scientifique : **N. Beudez**

2) Projets :

2.1) VSoilForOAD (novembre 2020 – mai 2024)

- financement : Ademe, pilotage : ONF (**Noémie Pousse**), partenaires : CNPF-IDF, FCBA et INRAE
- problématique : circulation des **engins forestiers** → risque de **dégradation** physique des **sols forestiers**
→ maintenir la **praticabilité** à long terme des **voies de circulation** (cloisonnements) en forêt



Test de débusqueur en forêt de Fénétrange (Moselle) – octobre 2022



Ornières en forêt domaniale de Grand-Pays (Meuse) - mars 2021



Test de circulation d'engins forestiers – 2018

- but : développer un prototype de **service climatique** de prédiction en temps réel et pour les 14 jours suivants, du **niveau d'humidité des cloisonnements** à partir d'informations à la portée des forestiers

2) Projets :

2.1) VSoilForOAD (novembre 2020 – mai 2024)

- étapes et résultats :

- Manon Martin (post-doc, EMMAH, Avignon, 11/2020 - 05/2022) : **développement du modèle**

- ForestOAD (thèse, 2019) : modèle de **transfert hydrique des sols forestiers** partiellement tassés

- enrichi de plusieurs « modules » : 1) **propriétés hydriques** du sol, 2) **sources météo**, 3) **évapotranspiration** de référence, 4) profils de **canopée** et d'**enracinement** des arbres et 5) indices de **praticabilité** du sol

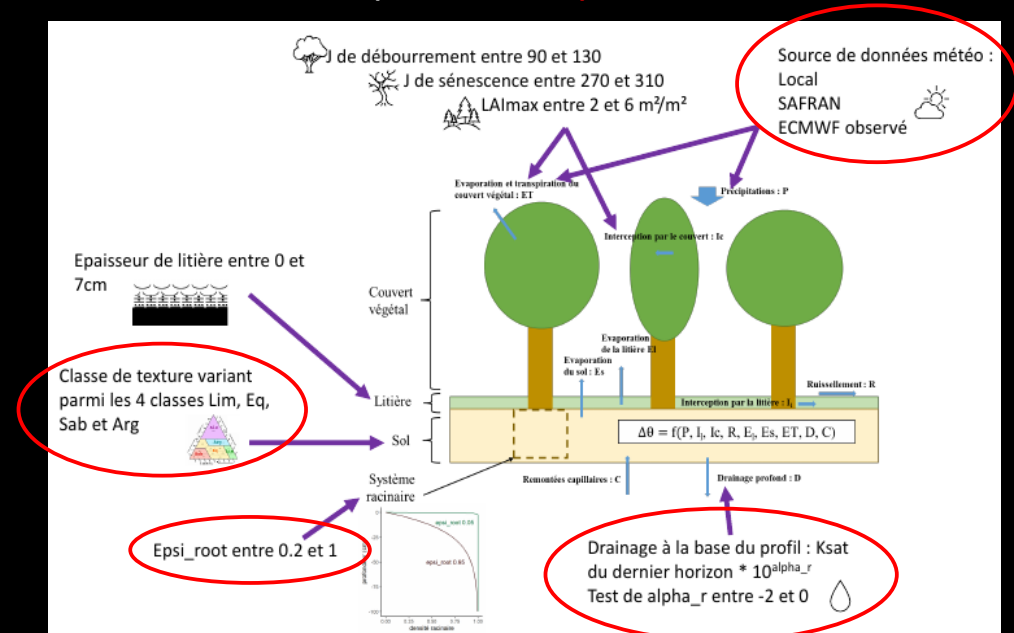
- Mostafa Moradzadeh (post-doc, EMMAH, Avignon, 04/2022 – 04/2023) : **simplification de la paramétrisation du modèle**



analyse de sensibilité du modèle sur :

- indice de saturation moyen par jour
- nombre de jours praticables
- pente moyenne de dessèchement

Outils : IHM de VSoil + interfaçage VSoil / R
+ serveur vsoil-calcu



2) Projets :

2.1) VSoilForOAD (novembre 2020 – mai 2024)

- étapes et résultats :

- **Emma Schmitt** (M2 ONF, Chambéry, 03/2023 - 09/2023) : **test du prototype en conditions opérationnelles sur 22 chantiers passés (2022 - 2023)**

a) profondeur moyenne d'ornières **prédite**
= f_{stat} (ind. de sat. moyen par jour de chantier, critères de terrain)

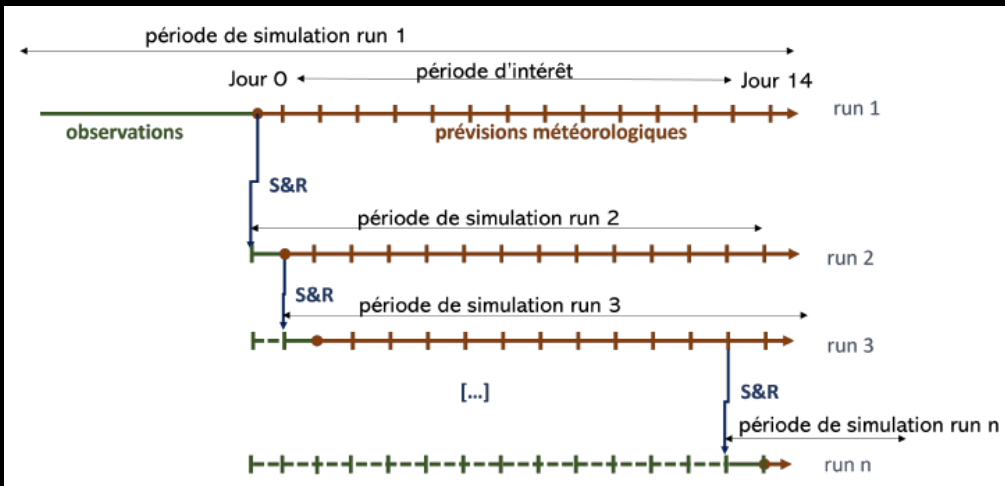
? **oui**

profondeur moyenne d'ornières **observée** post-chantier

b) prototype + données météo (ECMWF)

observées
prévisionnelles

écart sur les prévisions de
dynamique hydrique ?



Outil : « **stop and resume** »

simulation de l'**indice de saturation moyen** de chaque jour de chantier plusieurs fois avec une **fiabilité croissante**

écart relatif moyen augmente jusqu'à 7 jours de données météo prévisionnelles utilisés et se stabilise (10%) entre 8 et 14 jours

- la suite : test de l'outil à travers une **interface web** (saisie de données de terrain + diagnostic post-chantier)



2) Projets :

2.2) **COLLECT-OR** (Collecte et valorisation en « science ouverte » des données des ressources organiques recyclées dans les sols)



- financement : INRAE, pilotage : **Gwenaëlle Lashermes** (UMR FARE, Reims),
partenaires : UMR FARE, Agroécologie, BioEcoAgro, Eco&Sols, SAS, EcoSys, ISPA, UREP (INRAE) + UR Recyclage et risque (Cirad) + VSoil (UMR EMMAH)
- but : capitaliser, organiser et partager dans une démarche de « science ouverte » les données sur le processus de **décomposition des matières organiques** dans les sols
- **Théo Baudet** (M2, UMR FARE Reims, 02/2023 - 09/2023 – encadrement : **Gwenaëlle Lashermes** et **Hugues Clivot**)
 - ➡ partie « **calibration d'outils numériques** »
 - ➡ module VSoil de décomposition de résidus organiques (issu de STICS) :
 - simulation de la **minéralisation du C** (342 expériences d'incubation de résidus) et **de N** (252 expériences d'incubation de résidus)
 - **script R** spécifique ⇒ lancement de **400 simulations**
 - comparaison données simulées / observées + identification de **pistes d'amélioration** du modèle

2) Projets :

2.3) Programme de coopération scientifique franco-mexicain ECOS-NORD

- pilotage : **Eric Michel** (UMR EMMAH, Avignon) et **Blanca Prado** (UNAM - Universidad Nacional Autonoma de Mexico, Mexico City)

- problématique : champs agricoles de la vallée du Mezquital (Mexique) irrigués pendant 100 ans avec des **eaux usées brutes** provenant de la ville de Mexico.



station d'épuration des eaux usées construite en 2017



Que va-t-il se passer en termes de **transfert d'eau** et de **contaminants** déjà présents ?

- 2 thèses (UNAM, depuis 2022) : modélisation du **transport d'eau** (**Rafael Marquez**) et de **médicaments** (**Suhaila Diaz**) dans des sols non perturbés d'1 m³ (station lysimétrique de l'UNAM) issus des champs agricoles de la vallée du Mezquital

- accueil de **Rafael Marquez** à EMMAH (nov-déc 2023)

modèle VSoil de transfert d'eau

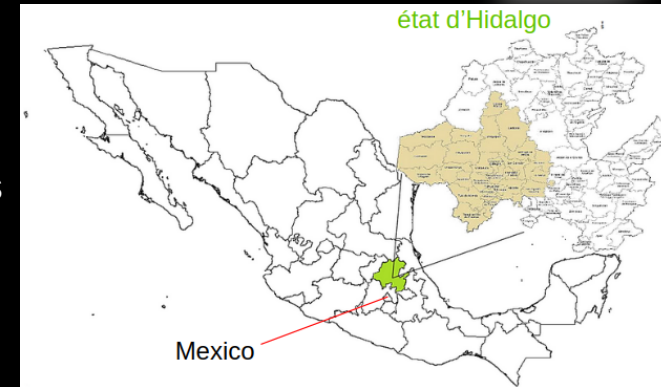
+

mesures de teneur en eau et de potentiel matriciel (2 lysimètres)

+

algorithme de Levenberg-Marquardt (interfaçage R / VSoil)

estimation des propriétés hydrauliques de sol



Station lysimétrique de l'UNAM, Mexico

2) Projets :

2.4) Ecophyto RIPP-Viti (Réduire les Impacts des Produits Phytosanitaires en viticulture méridionale à l'échelle territoriale)

- porteurs : UMR LISAH, INRAE, Montpellier (**Marc Voltz**, **Cécile Dagès**)
- partenaires : UMR EcoSys, EMMAH, ITAP, Innovation, ABSys + Institut Français de la Vigne et du Vin + Établissement Public Territorial de Bassin Orb et Libron + Chambre régionale d'agriculture Occitanie
- problématique : tous les **compartiments** de l'environnement sont **contaminés** par les pesticides dans le contexte de la viticulture
- but : évaluer la **dispersion** dans l'environnement et le **devenir** dans les vignes des pesticides

➡ adaptation du **modèle MIPP** (Modélisation Intégrée du devenir des Pesticides dans les Paysages agricoles) au **contexte viticole**

➡ 1 brique = modèle mécaniste VSoil : **transferts** eau + chaleur + pesticides dans un profil de sol 1D

➡ modèle global intégré dans la plateforme logicielle **OpenFLUID**

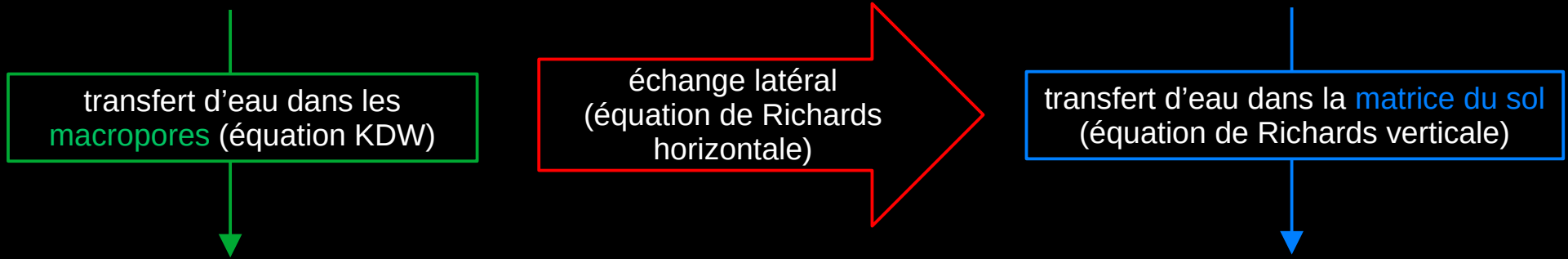


2) Projets :

2.5) Travaux réalisés par Hamza Chaif (INRAE, UMR CEREGE, Aix-en-Provence)



- échanges d'eau entre macropores et matrice du sol



- modèle *OC_VGEN* : simulation de la **dynamique du carbone** sur quelques centaines d'années (thèse de Saba Keyvanshokouhi, 2019)

 introduction du **changement de volume de sol**

3) Valorisation de VSoil :

- 6 personnes formées à VSoil depuis 04/2023 :

- 2 stagiaires de M2 : Emma Schmitt (projet VSoilForOAD)
Théo Baudet (projet COLLECT-OR)

- 1 doctorant : Rafael Marquez (programme franco-mexicain ECOS-NORD)

- 3 ingénieurs : Noémie Pousse (ONF, projet VSoilForOAD)
Hugues Clivot (INRAE, UMR FARE, projet COLLECT-OR)
Bastien Billiot (groupe Roullier, premier partenaire privé de VSoil)

- valorisation scientifique :

- projet VSoilForOAD : 1 article en cours d'écriture

- travaux d'Hamza Chaif : 2 articles soumis en cours de révision

- projet RIPP-Viti : 3 communications orales dans des congrès :

- français : - 15ème Journée Scientifique de la Vigne et du Vin (Montpellier, mars 2024)

- 52ème congrès du Groupe Français de recherches sur les Pesticides (Lyon, mai 2024)

- étrangers : XVII Symposium in Pesticide Chemistry – Advances and new challenges (Piacenza, septembre 2024)



4) Principales avancées techniques :

3 nouvelles **versions stables** de la suite logicielle VSoil (juin 2023, février 2024 et octobre 2024)



Principales évolutions :

- version Windows basée sur **WSL** (Windows Subsystem for Linux) : possibilité d'utiliser les outils d'**exploration de modèles**
- possibilité de choisir le **canal de VSoil** (stable, test)
- possibilité d'utiliser un **conteneur Singularity** sur sa machine
- modules Fortran « no input » recodés en C++ (facilite la **multi-instanciation**)
- introduction de **niveaux de logs** spécifiques aux **scripts R**
- amélioration de la **coloration syntaxique** dans l'éditeur de code (C++, Fortran)
- nouvel **outil d'importation** des processus / modules / modèles plus simple
- possibilité de **forcer un modèle** à des temps arbitraires ou calendaires (exemple : heure, jour, mois)
- modules et modèles peuvent être associés à un **scientifique référent**

Merci pour votre attention



Équipe scientifique :



Stéphane Ruy



Nicolas Beudez

Équipe logicielle :



Nicolas Moitrier



Nathalie Moitrier



Cédric Nouguier