#1

Les fiches outils du PIREN-Seine

CaWaQS : simuler le grand cycle de l'eau à l'échelle de bassins versants

En bref

CaWaQS est un logiciel de modélisation distribuée du fonctionnement hydrologique et hydrogéologique des bassins versants. Il se développe sur certains concepts physiques issus de l'outil historique MODCOU, conçu dans les années 80 au Centre de Géosciences de l'Ecole des Mines de Paris, tout en structurant les flux de manière originale autour des bassins versants unitaires.

Bassin versant
Réseau hydrographique
Système aquifère

Hydrométéorologie, gestion de l'eau par la société ➡ Flux et stocks d'eau spatialisés

Du km² à plusieurs millions de km²
Du jour au siècle, pas de temps journalier

Linux, Mac OS

Open-source (Eclipse Public License v2.0)

CaWaQS 3.02 simule le grand cycle de l'eau à l'échelle des bassins versants, anthropisés ou non. Il permet, en tout point du domaine modélisé, la simulation temporellement dynamique : i) du bilan hydrique à l'interface atmosphère-sol ; ii) des transferts au travers de la zone non saturée ; iii) des débits et des niveaux d'eau au sein d'un réseau hydrographique, iv) de la piézométrie de chaque unité aquifère et v) des échanges entre couches aquifères ainsi qu'à l'interface nappe/rivière.

L'outil est modulaire et offre la possibilité de sélectionner uiquement certains processus, afin d'être à même de le déployer pour des études singulières dédiées à un seul des compartiments composant l'hydrosystème, comme l'étude des remontées de nappes dans l'agglomération parisienne, par exemple.

CaWaQS propose également la prise en compte de gouffres en surface, favorisant l'infiltration des eaux de ruissellement et des rivières vers le premier aquifère sous-jacent. Par ailleurs, l'outil intègre la simulation du comportement d'unités aquifères confinées et/ou libres. De manière originale, l'outil peut prendre en compte plusieurs réseaux hydrographiques simultanément, soit par exemple plusieurs bassins versants connectés au même système aquifère. L'outil a également été adapté récemment pour simuler des processus mal connus de ruissellement profond sur socle cristallin et d'écoulement en aquifère ayant subi des déformations tectoniques de type mouvement de faille.

Les développements en cours mettent l'accent sur le développement du transport de matière et d'énergie dans la plateforme.

2005 — CaWaQS 1.x : Première formalisation de la plateforme par couplage de logiciels existants adaptés à cette occasion

2016 — CaWaQS 2.x : Modularisation - Refonte intégrale du code sous forme de librairies couplées

2019 — Gestion de plusieurs réseaux hydrographiques, simulation des écoulements en nappe libre et nappe captive dénoyée, engouffrement permis des écoulements de surface

2022 — CaWaQS 3.02 : Licence EPL v2.0, premier dépôt officiel du code

2023 — CaWaQS 3.17 : Simulation du transport de matière et d'énergie / Couplage avec d'autres modèles agronomique (STICS, INRAe) et hydroclimatique (ORCHIDÉE, IPSL)

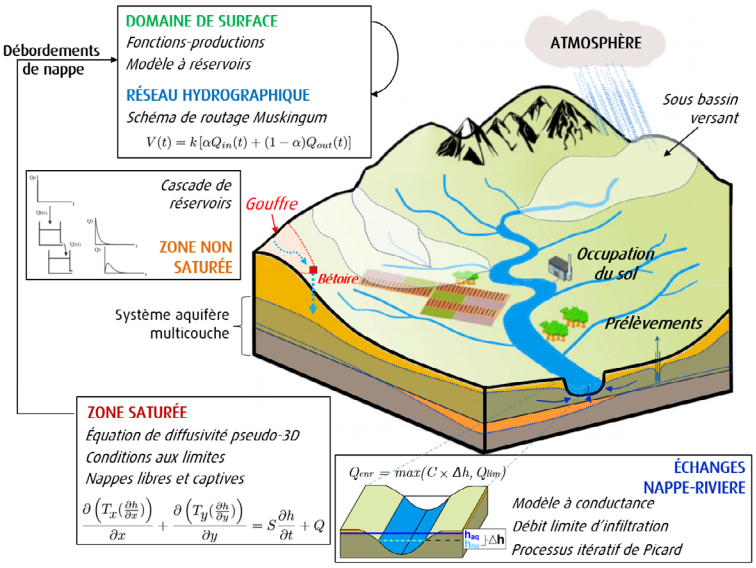
Description technique

CaWaQS 3.02 est un logiciel modulaire. Il mobilise un ensemble de librairies informatiques pour simuler le comportement dynamique intégré d'un hydrosystème ou d'un ou plusieurs des compartiments le constituant. Les quantités estimées, en tout point de l'espace et du temps, par l'outil, sont : l'évapotranspiration réelle, les lames d'eau ruisselées en subsurface et infiltrées au travers du sol, à destination de la zone non saturée, les écoulements au sein du système aquifère et du réseau hydrographique, les stocks d'eau de chacun de ces compartiments (réseau hydraulique, sol, zone non saturée, unités aquifères), les échanges bidirectionnels nappe-rivière.

Dans sa configuration la plus couramment utilisée, cet outil est scindé en trois principaux compartiments : superficiel, non saturé et saturé, lesquels intercommuniquent via des interfaces.

De manière originale, grâce à une gestion infra-maille des propriétés hydrodynamiques des aquifères, le logiciel permet, à la fois la simulation des écoulements en unités aquifères libres, captives et/ou captives dénoyées.

Le développement du code source de CaWaQS est coordonné et principalement réalisé par le Centre de Géosciences de Mines Paris - PSL. Il repose sur le couplage de 17 librairies développées majoritairement en langage C-ANSI. Celles-ci proposent, par ailleurs, certaines fonctionnalités et des modules additionnels mobilisables pour la modélisation d'écoulements spécifiques, associés à des contextes hydrogéologiques particuliers (zone de volcanisme par exemple).



Ressources

Flipo, N., Gallois, N., Schuite, J. (2022) *Regional coupled surface-subsurface hydrological model fitting based on a spatially distributed minimalist reduction of frequency-domain discharge data. Geoscientific Model Development Discussions.* doi:10.5194/gmd-2022-24

Flipo, N., Gallois, N., Labarthe, B., Baratelli, F., Viennot, P., Schuite, J., Rivière, A., Bonnet, R., Boé, J. (2020) *Pluri-annual Water Budget on the Seine Basin: Past, Current and Future Trends. In Flipo, N., Labadie, P. and Lestel, L. (eds). The Seine River Basin, Handbook of Environmental Chemistry* 90, springer. doi: 10.1007/698_2019_392

Schuite, J., Flipo, N., Massei, N., Rivière, A., Baratelli, F. (2019) *Improving the spectral analysis of hydrological data to efficiently constrain catchment properties, Water Resources Research,* 55(5), 4043-4065, doi:10.1029/2018WR024579

Maillot, M. (2019) Étude des remontées de nappe de Paris et de la Petite Couronne lors des épisodes de crue de la Seine et de la Marne. Thèse de doctorat, Université Paris sciences et lettres. https://pastel.archives-ouvertes.fr/tel-02510302/

Baratelli, F., Flipo, N., Rivière, A., Biancamaria, S. (2018) *Retrieving river baseflow from SWOT spaceborne mission, Remote Sensing of Environment,* 218, 44-54. doi:10.1016/j.rse.2018.09.013

Labarthe, B. (2016) Quantification des échanges nappe-rivière au sein de l'hydrosystème Seine par modélisation multi-échelle. *PhD thesis*, Université Paris sciences et lettres. https://pastel.archives-ouvertes.fr/tel-01790909

Flipo, N. (2005) Modélisation intégrée des transferts d'azote dans les aquifères et les rivières : Application au bassin du Grand Morin. *PhD thesis*, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris. https://pastel.archives-ouvertes.fr/pastel-00001432

Contacts

Pour toutes questions concernant ce logiciel, vous pouvez vous adresser à :

nicolas.flipo@minesparis.psl.eu
nicolas.gallois@minesparis.psl.eu
agnes.riviere@minesparis.psl.eu

Accès au code

La version actuelle 3.02 de CaWaQS est téléchargeable ici https://doi.org/10.5281/zenodo.6425990.
Le dépôt gitlab de développement est accessible ici : https://gitlab.com/cawaqs/cawaqs

En savoir plus sur le PIREN-Seine :
https://www.piren-seine.fr/

Crédits photos : PIREN-Seine ; logo CaWaQs (recto) et illustration (verso), Nicolas Gallois
Edition : ARCEAU-IdF 2022
Version 1 : septembre 2022
Création graphique : Arceau-IdF
www.arceau-idf.fr

Les partenaires opérationnels de la phase 8 du PIREN-Seine

Les partenaires scientifiques de la phase 8 du PIREN-Seine