



Développement du module “ouvrages de gestion à la source des eaux pluviales” dans le modèle hydroclimatique TEB

José Manuel TUNQUI NEIRA, Marie-Christine GROMAIRE, Katia CHANCIBAULT, Ghassan CHEBBO



ÉCOLE NATIONALE DES
**PONTS
ET CHAUSSÉES**



LABORATOIRE LEE
LABORATOIRE EAU
ET ENVIRONNEMENT

OPUR : Observatoire d'hydrologie urbaine en Ile de France

- Améliorer la connaissance de flux d'eau et polluants dans les eaux urbaines



Phase 5 :

2019

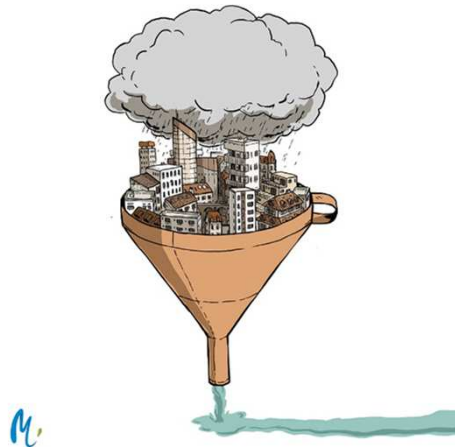


2024

- **Thème R4** : Scénarisation de la gestion des eaux pluviales urbaines dans un contexte de changements globaux
- **Action R4.2** : Effets d'une diffusion des modes de gestion décentralisée des eaux pluviales sur l'hydro-écosystème urbain

Contexte et enjeux de la gestion des eaux pluviales urbaines

Du centralisé tout tuyau ...



Source : Méli Mélo

... en « mimant le cycle naturel » et « basé sur la nature »



Source : Internet

De nouveaux paradigmes pour faire face à des enjeux croissants

- Hydrologiques
- Maîtrise des flux polluants / protection des milieux / préservation (renouvellement) des ressources
- Mais aussi: confort thermique urbain, support de biodiversité, nature en ville

Des OGS avec des interactions eau/sol/énergie fortes

Contexte et enjeux de la gestion des eaux pluviales urbaines

Des systèmes de gestion des eaux pluviales en pleine évolution... du centralisé vers la gestion à la source

Une grande diversité d'ouvrages et des « OGS » en déploiement...

MAIS une nécessaire coexistence avec les systèmes d'assainissement historiques



Source : Marie-Christine Gromaire

Quel impact d'une généralisation de la gestion à la source à une échelle urbaine?



Besoin d'outils de modélisation à l'échelle urbaine permettant une évaluation intégrée des performances (hydrologiques, thermiques, pollution...)

Démarche de travail

Etat de l'art des ouvrages OGS « eaux pluviales »



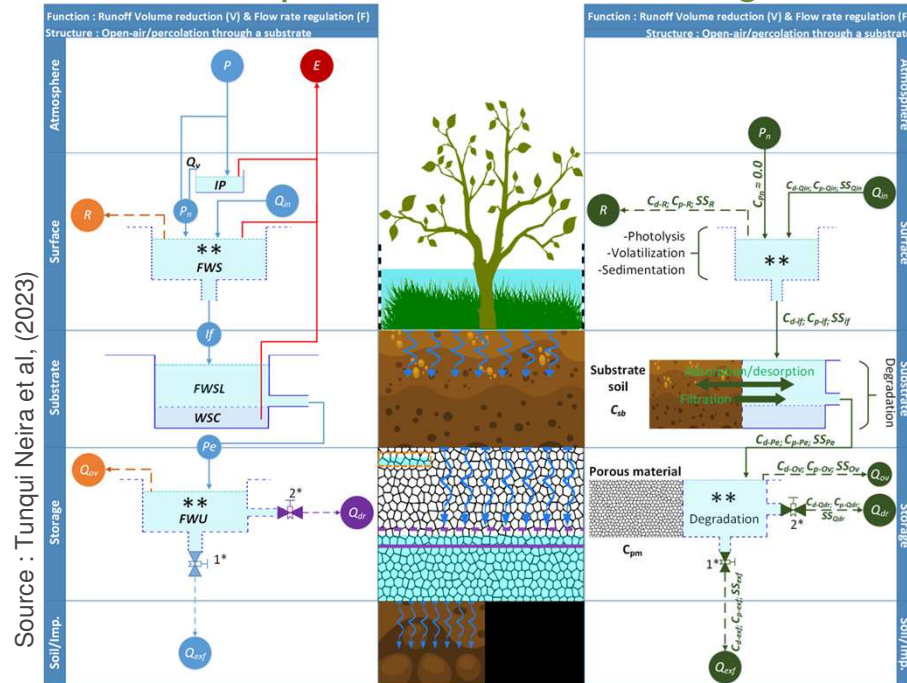
Source : Internet

Une grande diversité d'ouvrages de gestion à la source



pour

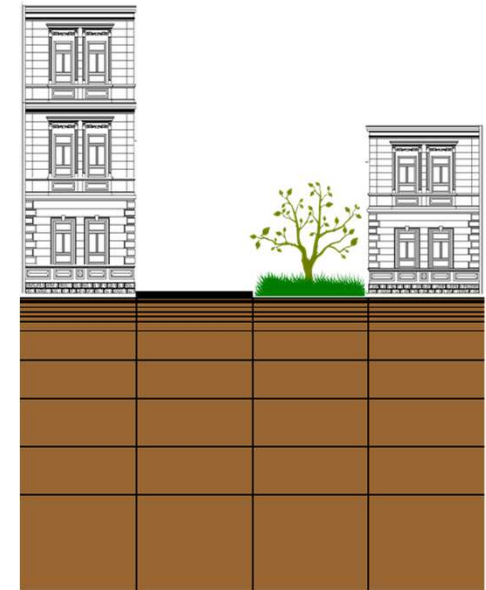
Conceptualisation des ouvrages



Source : Tunqui Neira et al, (2023)

Définir et valider une typologie des OGS basée sur les processus hydrologiques impliqués.

Intégration dans le modèle TEB



Développer au sein du modèle un module OGS

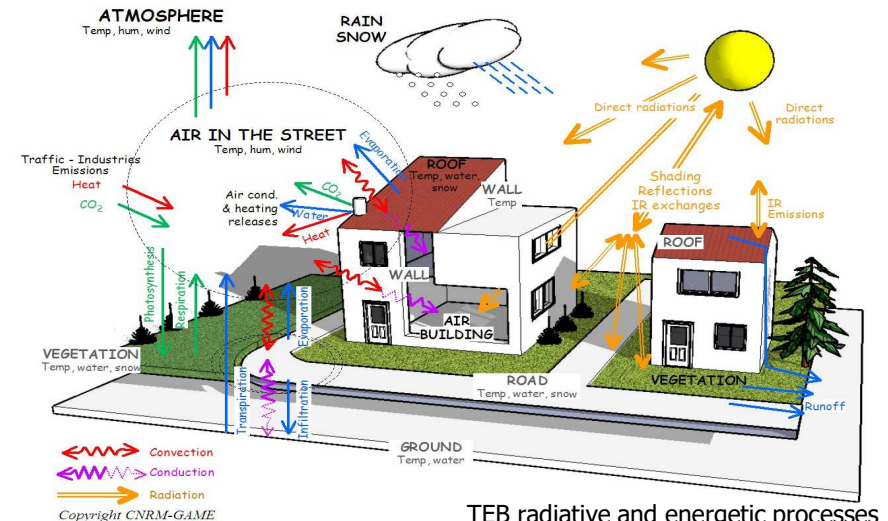


Afin de

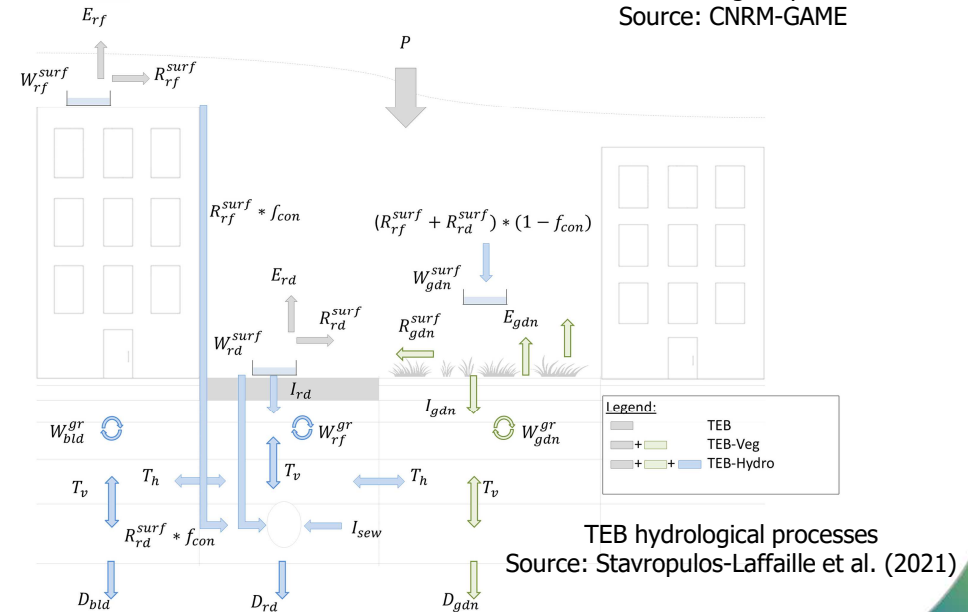
Pourquoi le modèle TEB?

- Town Energy Balance model (Bernard 2021) :
 - une représentation détaillée des flux d'énergie et d'eau en milieu urbain,
 - comprenant le schéma d'Interaction Soil-Biosphere-Atmosphere (ISBA) (Boone et al. 2000)
- TEB intègre les processus hydrologiques, énergétiques et radiatifs au sein d'une structure maillée, articulée autour de trois compartiments urbains : les bâtiments, la voirie et le jardin

➤ L'un des rares modèles capables d'effectuer cette forme intégrée de modélisation à l'échelle urbaine.



TEB radiative and energetic processes
Source: CNRM-GAME



TEB hydrological processes
Source: Stavropoulos-Laffaille et al. (2021)

Réalisation d'une typologie des ouvrages de gestion à la source des eaux pluviales

Tunqui Neira, J.M., Gromaire, M.C., Chancibault, K., Chebbo, G., 2023. Towards a comprehensive functional typology of Stormwater Control Measures for hydrological and water quality modeling purposes. Blue Green Systems, bgs2023026, <https://doi.org/10.2166/bgs.2023.026>

Nouvelle typologie d'OGS

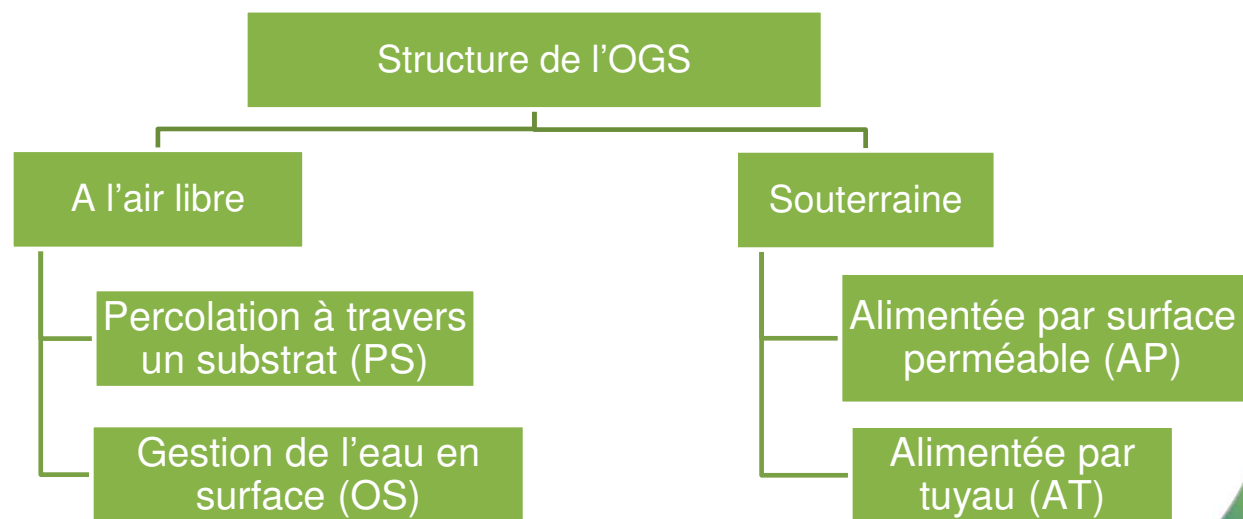
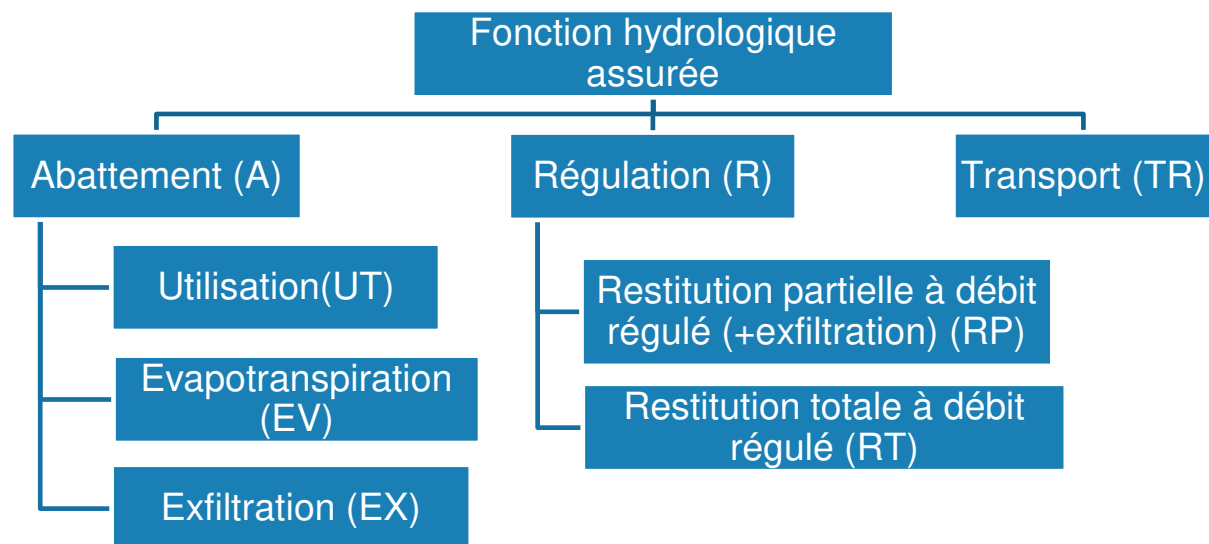
Fonction hydrologique assurée:

En fonction du niveau de service de pluie à gérer par l'OGS:

- Pluies courantes
- Pluies moyennes à fortes
- Pluies exceptionnelles














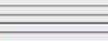
Structure de l'OGS :


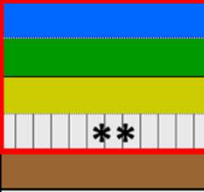
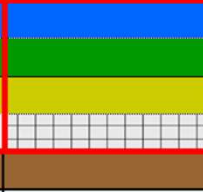


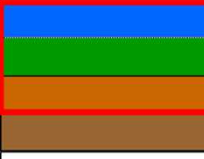
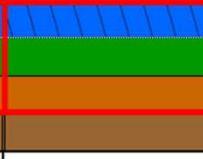

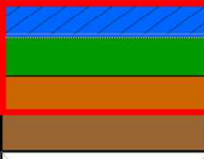

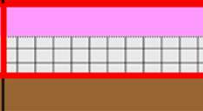


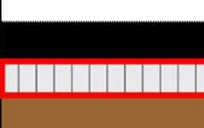
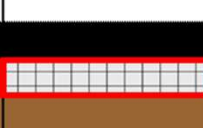

Type de structure physique de l'OGS où sont gérées les eaux pluviales



Nouvelle typologie d'OGS

Croisement fonction-structure

Légende	
	Compartiments spécifiques aux OGS
	Compartiment temporaire de l'eau de surface
	Compartiment temporaire de l'eau de surface avec dispositif à débit régulé
	Compartiment temporaire de l'eau de surface pour le transport
	Compartiment permanent de l'eau de surface
	Compartiment végétal
	Compartiment du substrat
	Compartiment de stockage/exfiltration
	Compartiment de stockage/drainage/exfiltration
	Compartiment de stockage étanche/drainage
	Sol naturel superficiel
	Sol naturel profond
	Surface minérale perméable
	Surface imperméable
**	Compartiments facultatifs

Fonction Structure		Abattement (A)			Régulation (R)		Transport (TR)
		Utilisation (UT)	Evapotranspiration (EV)	Exfiltration (EX)	Restitution partielle à débit régulé (+exfiltration) (RP)	Restitution totale à débit régulé (RT)	
A l'air libre (L)	Percolation à travers d'un substrat (PS)						
	Gestion de l'eau en surface (GS)						
Souterrain (S)	Alimentée par surface perméable (AP)						
	Alimentée par tuyau (AT)						

Nouvelle typologie d'OGS

Exemple d'ouvrages



© Marie-Christine Gromaire

Fonction Structure	Abattement (A)			Régulation (R)		Transport (TR)	
	Utilisation (UT)	Evapotranspiration (EV)	Exfiltration (EX)	Restitution partielle à débit régulé (+exfiltration) (RP)	Restitution totale à débit régulé (RT)		
A l'air libre (L)	Percolation à travers d'un substrat (PS)		<ul style="list-style-type: none"> *jardinières étanches * toiture végétalisée * murs végétalisés * parkings végétalisés étanches *arbre de pluie étanche 	<ul style="list-style-type: none"> * arbre de pluie exfiltrant * jardin de pluie exfiltrant * bioswale exfiltrant * biorétention exfiltrant * noue infiltrante 	<ul style="list-style-type: none"> * arbre de pluie avec drain * jardin de pluie avec drain * bioswale avec drain * biorétention avec drain * noue mixte 	<ul style="list-style-type: none"> * arbre de pluie étanche avec drain * jardin de pluie étanche avec drain * bioswale étanche avec drain * biorétention étanche avec drain * filtre à sable * filtre planté * noue de tamponnage 	
	Gestion de l'eau en surface (GS)		<ul style="list-style-type: none"> * bassin de rétention étanche sans débit de fuite régulé * noue étanche sans débit de fuite régulé * wet swale 	<ul style="list-style-type: none"> * bassin d'infiltration *jardin de pluie *ouvrage d'interception sans débit de fuite 	<ul style="list-style-type: none"> * bassin de rétention et infiltration avec débit de fuite régulé * noue mixte * noue de rétention 	<ul style="list-style-type: none"> *bassin de rétention étanche avec débit de fuite régulé toiture stockante noue étanche avec débit de fuite régulé 	<ul style="list-style-type: none"> * noue de transport * fossé * bande enherbée
Souterrain (S)	Alimentée par surface perméable (AP)			<ul style="list-style-type: none"> * tranchée d'infiltration * chaussée perméable avec structure réservoir exfiltrant 	<ul style="list-style-type: none"> * tranchée drainante * chaussée perméable avec structure réservoir exfiltrant avec drain 	<ul style="list-style-type: none"> *tranchée de rétention * chaussée perméable avec structure réservoir étanchée avec drain 	
	Alimentée par tuyau (AT)	<ul style="list-style-type: none"> * citerne d'eau de pluie * cuve de stockage d'eau de pluie 		<ul style="list-style-type: none"> * tranchée d'infiltration * chaussée classique avec structure réservoir exfiltrant * structure alvéolaire enterré ultra légère (SAUL) exfiltrant * puits d'infiltration 	<ul style="list-style-type: none"> tranchée drainante * chaussée classique avec structure réservoir exfiltrant avec drain * structure alvéolaire enterré ultra légère (SAUL) exfiltrant avec drain 	<ul style="list-style-type: none"> *tranchée étanche * chaussée classique avec structure réservoir étanche avec drain * structure alvéolaire enterré ultra légère (SAUL) étanche avec drain * filtre à sable enterré 	

Nouvelle typologie d'OGS

- Intérêt de la Typologie :
 - Une représentation qui s'intègre parfaitement aux modèles de gestion des eaux pluviales existants (ex : SWMM, MUSIC, SUSTAIN, etc.)
- Limitations de la typologie:
 - Pour représenter la diversité d'OGS d'un bassin versant, il faut potentiellement paramétrer plusieurs processus hydrologiques

Paramétrisation des OGS de la typologie dans le modèle TEB

Tunqui Neira, J. M., Chancibault, K., Gromaire, M.-C., and Chebbo, G.: Development and evaluation of a Sustainable Drainage System module into TEB (v 9.0) model, EGU sphere [preprint], <https://doi.org/10.5194/egusphere-2025-2831>, 2025

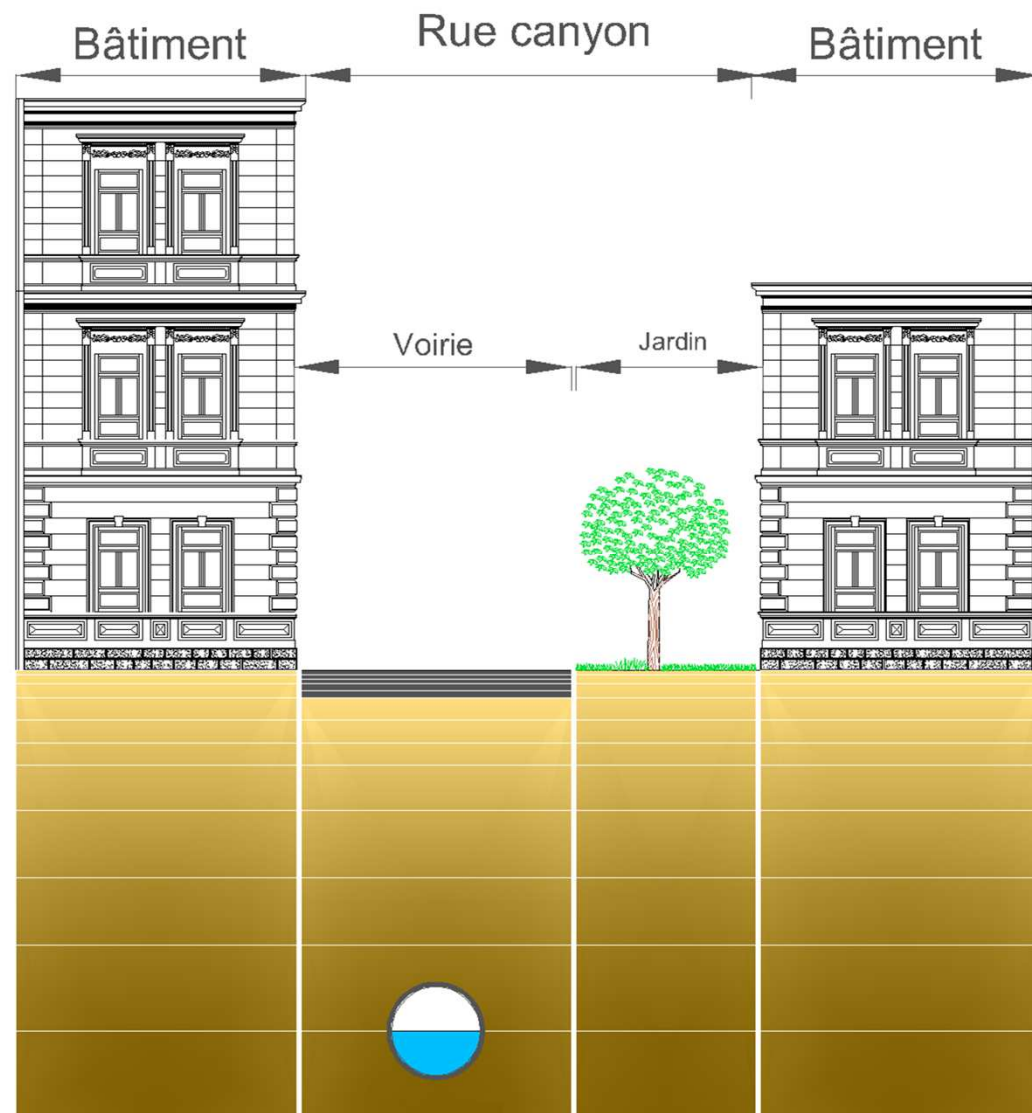
Etudes des OGS au niveau de la maille TEB

Maille TEB

- Maille 2D carrée
- Elle contient les 3 compartiments urbains de TEB
- En fonction de l'étude à réaliser ses dimensions :
 - Des dizaines de mètres
 - Des centaines de mètres
 - Ex: dans la thèse de Emilie Bernard pour étudier la ville de Paris maille de 250x250 m.
- Selon la taille de la maille:
 - **Dans celui-ci, de nombreux types d'OGS de la même classe ou de classes différentes pourraient coexister**

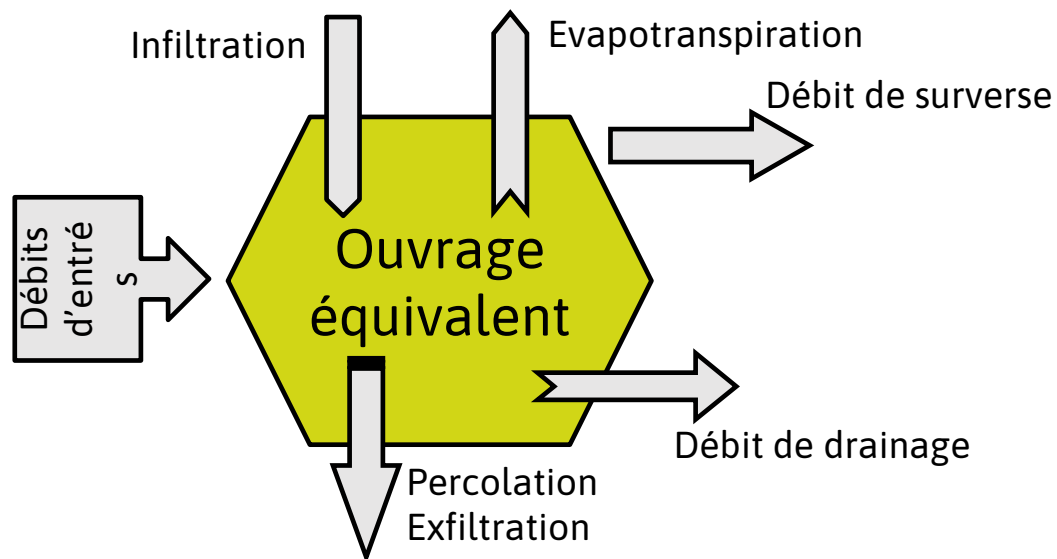
Proposition des ouvrages équivalents (OE)

- Une paramétrisation la plus simple possible de scenario de diffusion des OGS basée sur les fonctions hydrologiques attendues sans entrer dans une description ouvrage par ouvrage
- Ça permet de rester cohérent avec le niveau de détail du modèle
- Amélioration du temps de calcul au niveau de la maille



Etudes des OGS au niveau de la maille TEB

Développement d'ouvrage équivalent (OE) pour représenter la diversité des OGS



Objectifs et critères de définition des ouvrages équivalents (OE):

- Regrouper l'ensemble des OGS de notre typologie en un minimum d'OE
- Structure physique de l'OE et positionnement dans la maille compatible avec les OGS regroupés
- Bilan hydrique (i.e. flux sortant à différentes échelles de temps) $OE \approx \text{bilan}$ (somme des OGS regroupés)
- Positionnement dans la maille cohérent avec les compartiments urbains du modèle (bâtiment, voirie, jardin)
- S'appuyer autant que possible sur les codes déjà existants dans TEB

Etudes des OGS au niveau de la maille TEB

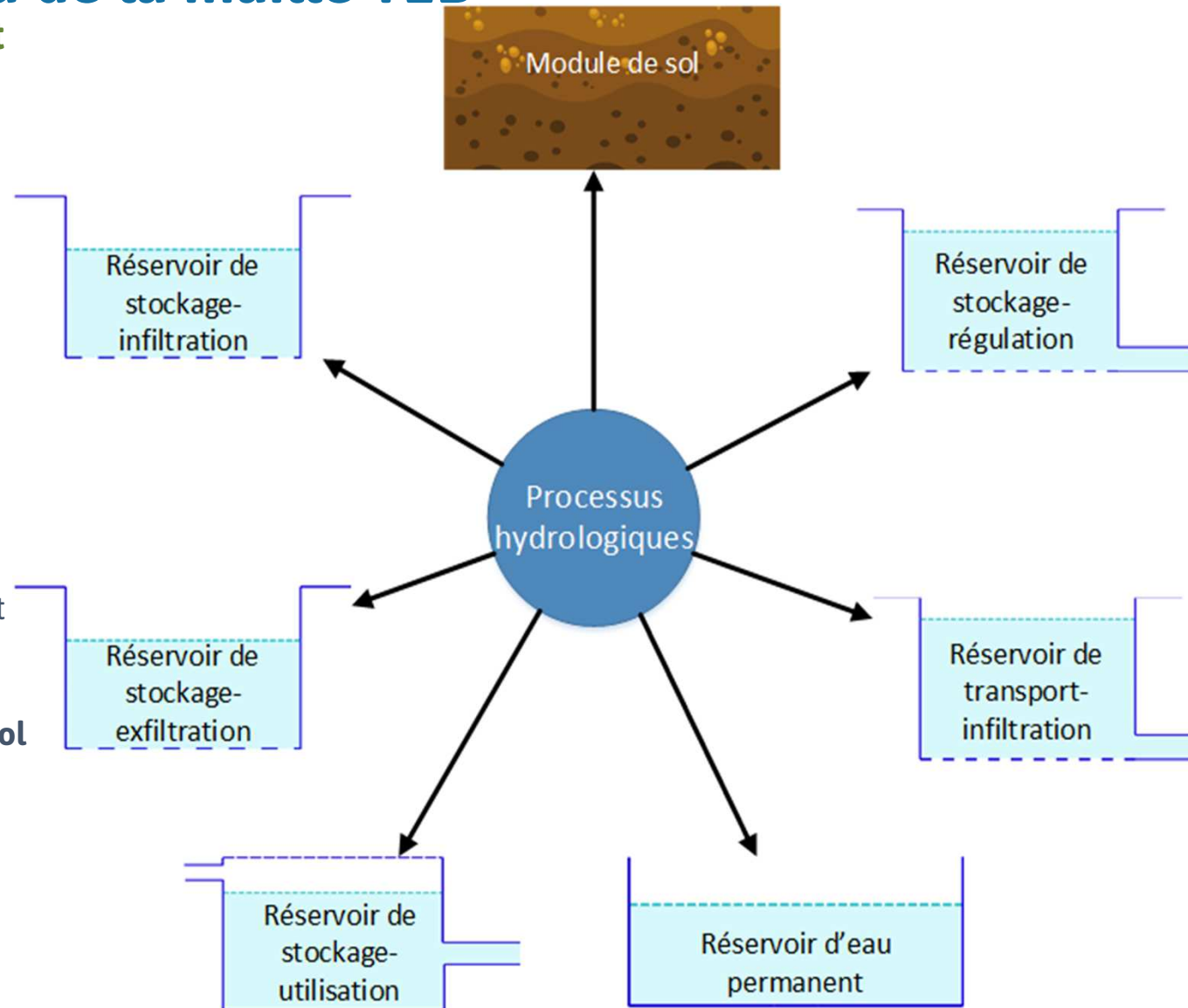
Développement d'ouvrage équivalent pour représenter la diversité des OGS de la typologie

- Conceptualisation du fonctionnement hydrologique

Etudes des OGS au niveau de la maille TEB

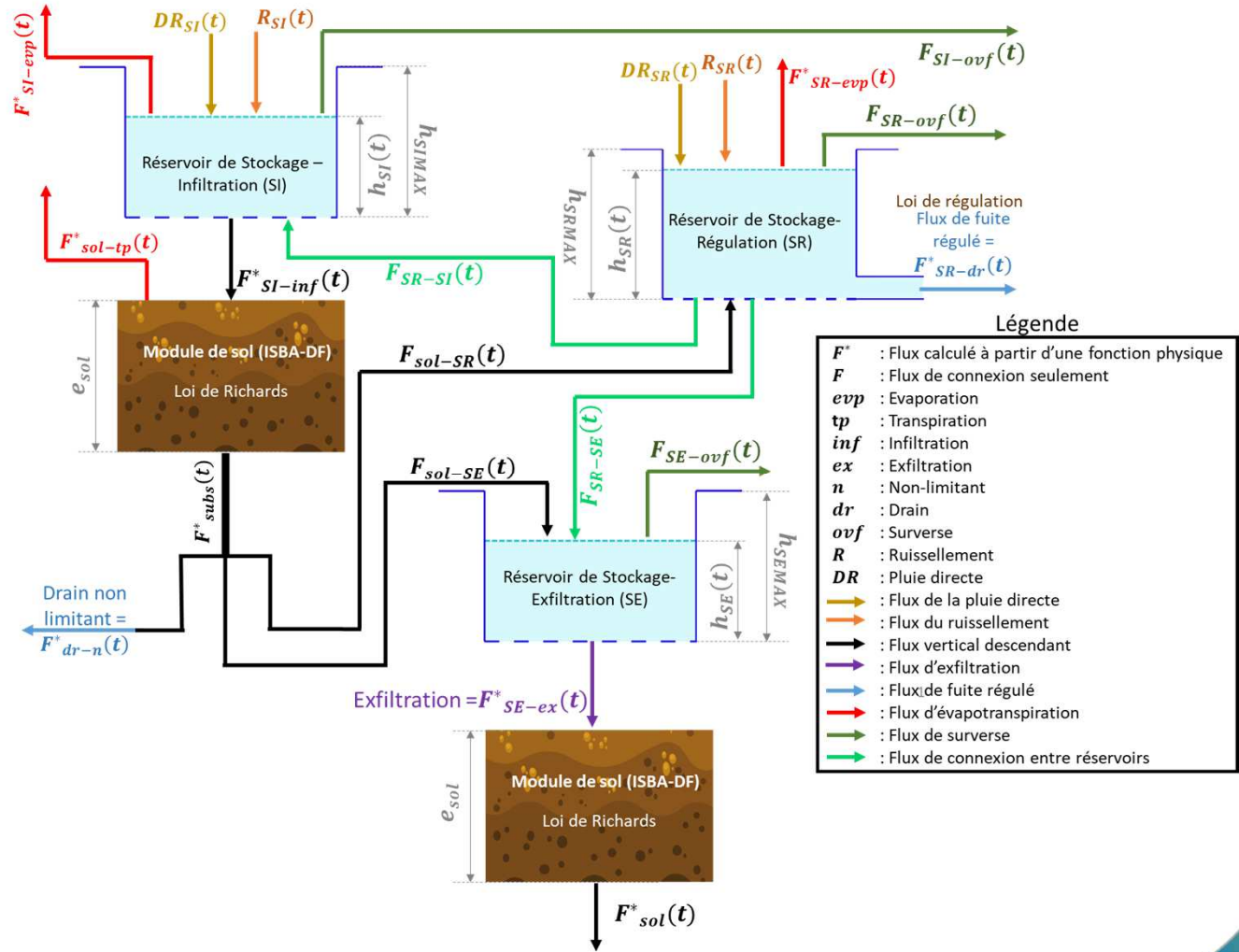
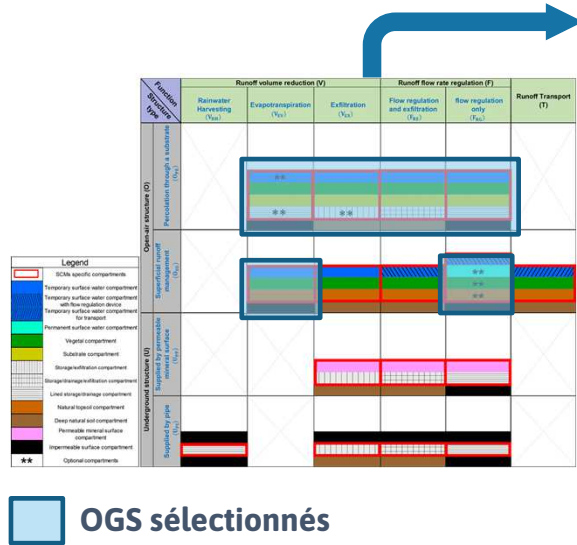
Développement d'ouvrage équivalent

- Conceptualisation du fonctionnement hydrologique
- Distinguer 6 types de réservoirs :
 - Stockage-infiltration (surface de l'OGS)
 - Stockage-exfiltration (compartiment de stockage souterrain de l'OGS)
 - Eau permanente (surface de l'OGS)
 - Transport-infiltration (surface de l'OGS)
 - Stockage-régulation (surface/ compartiment de stockage souterrain : dépend où se trouve le dispositif à débit régulé)
 - Stockage-utilisation (surface/enterré)
- Réservoir sol (à base physique) : **module de sol** le même utilisé par le modèle TEB (modèle ISBA-DF)



Etudes des OGS au niveau de la maille TEB

Ouvrage équivalent A

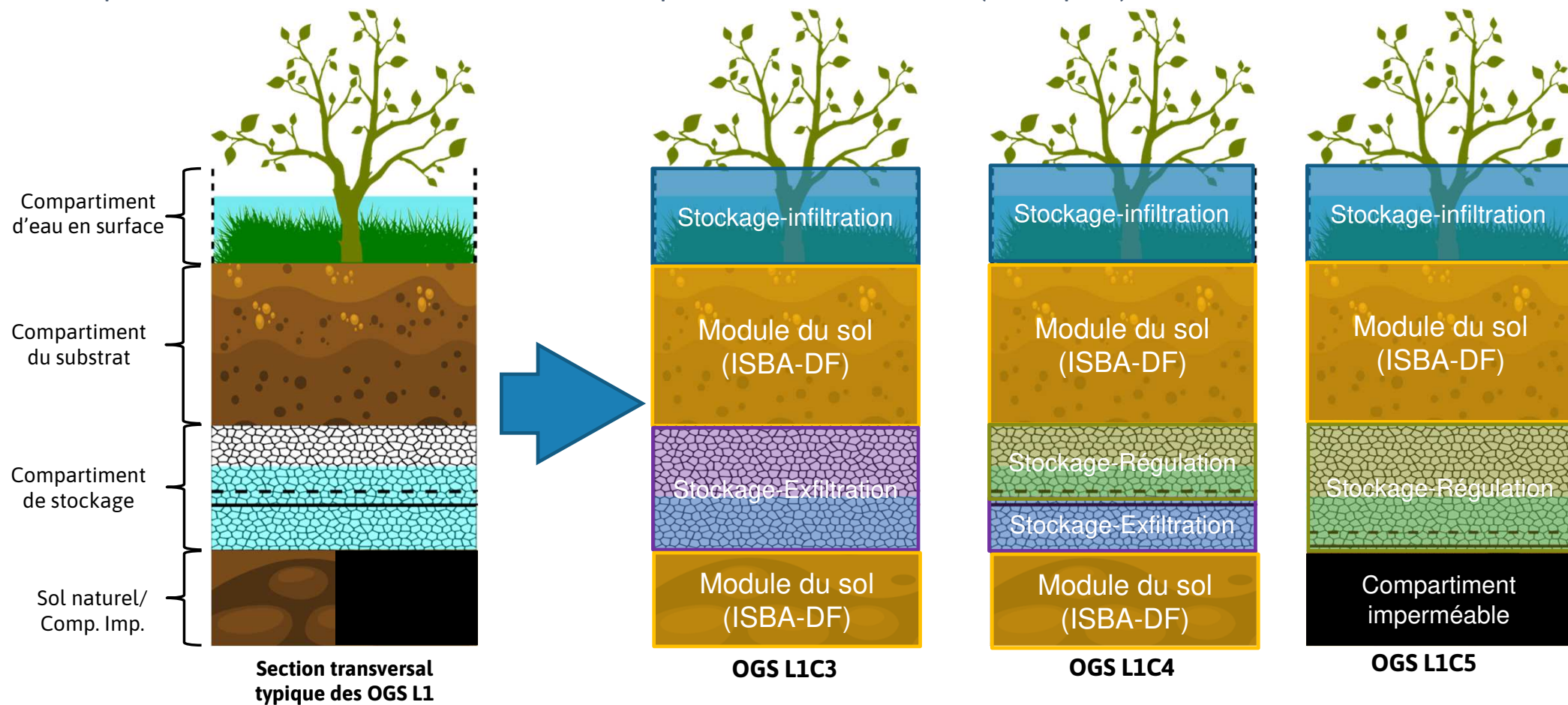


Conceptualisation

Etudes des OGS au niveau de la maille TEB

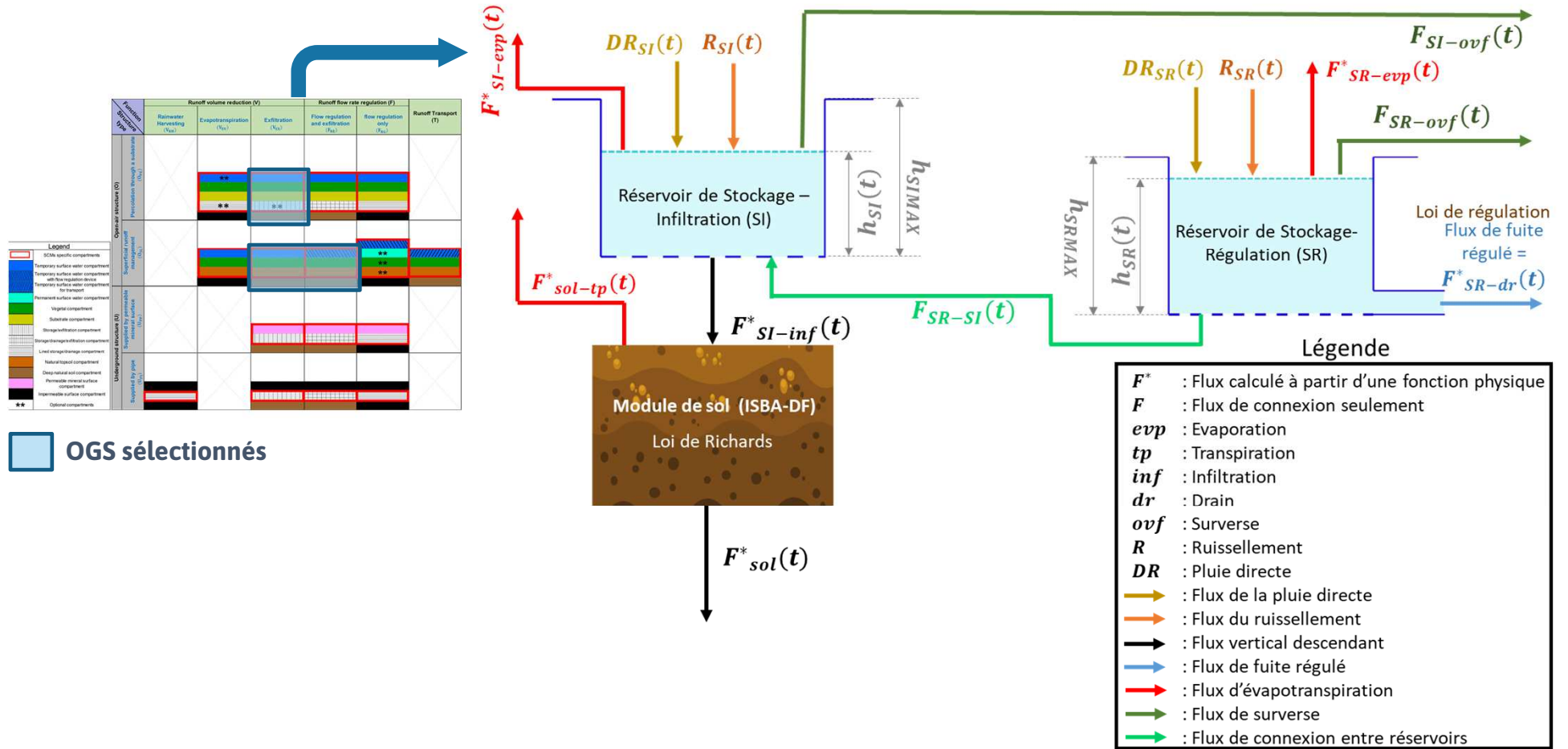
Développement d'ouvrage équivalent pour représenter la diversité des OGS

- Disposition des réservoirs/module de sol équivalent dans les OGS (exemples)



Etudes des OGS au niveau de la maille TEB

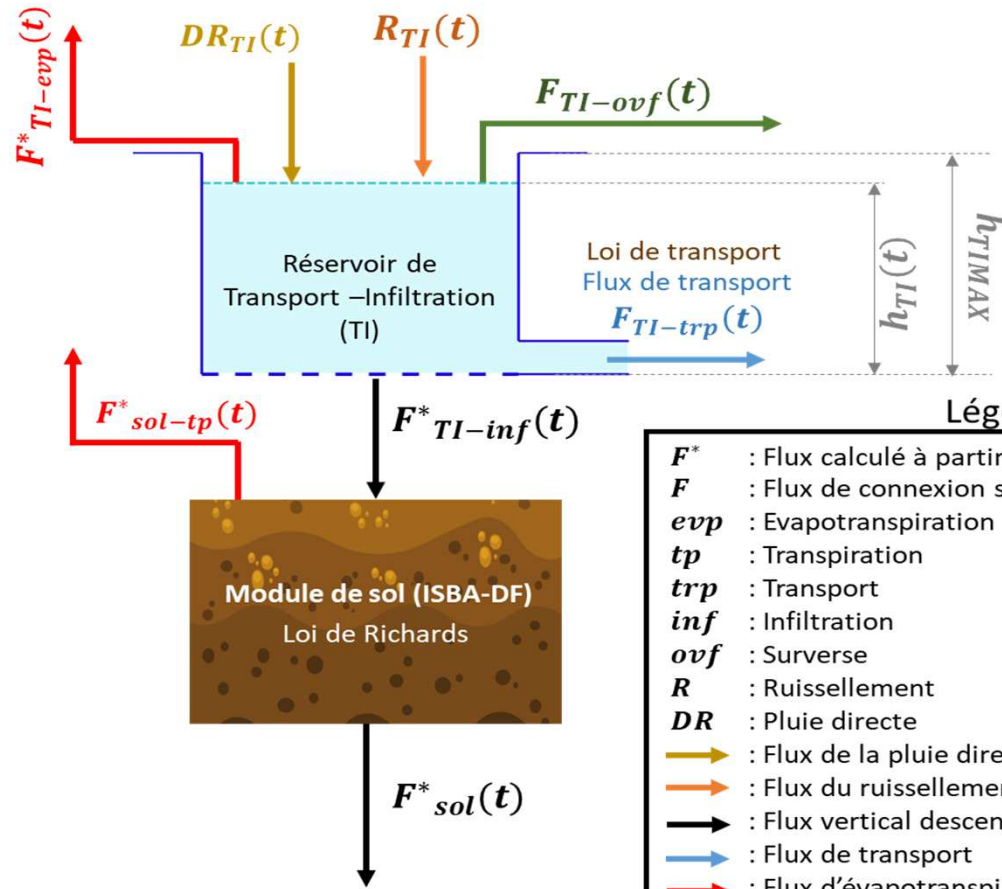
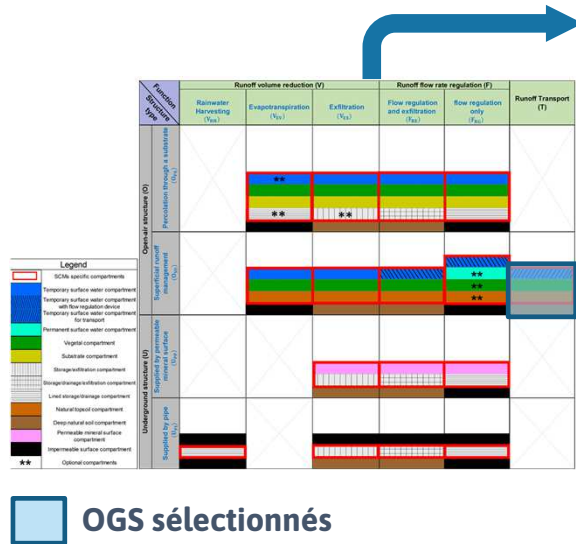
Ouvrage équivalent B



Conceptualisation

Etudes des OGS au niveau de la maille TEB

Ouvrage équivalent C

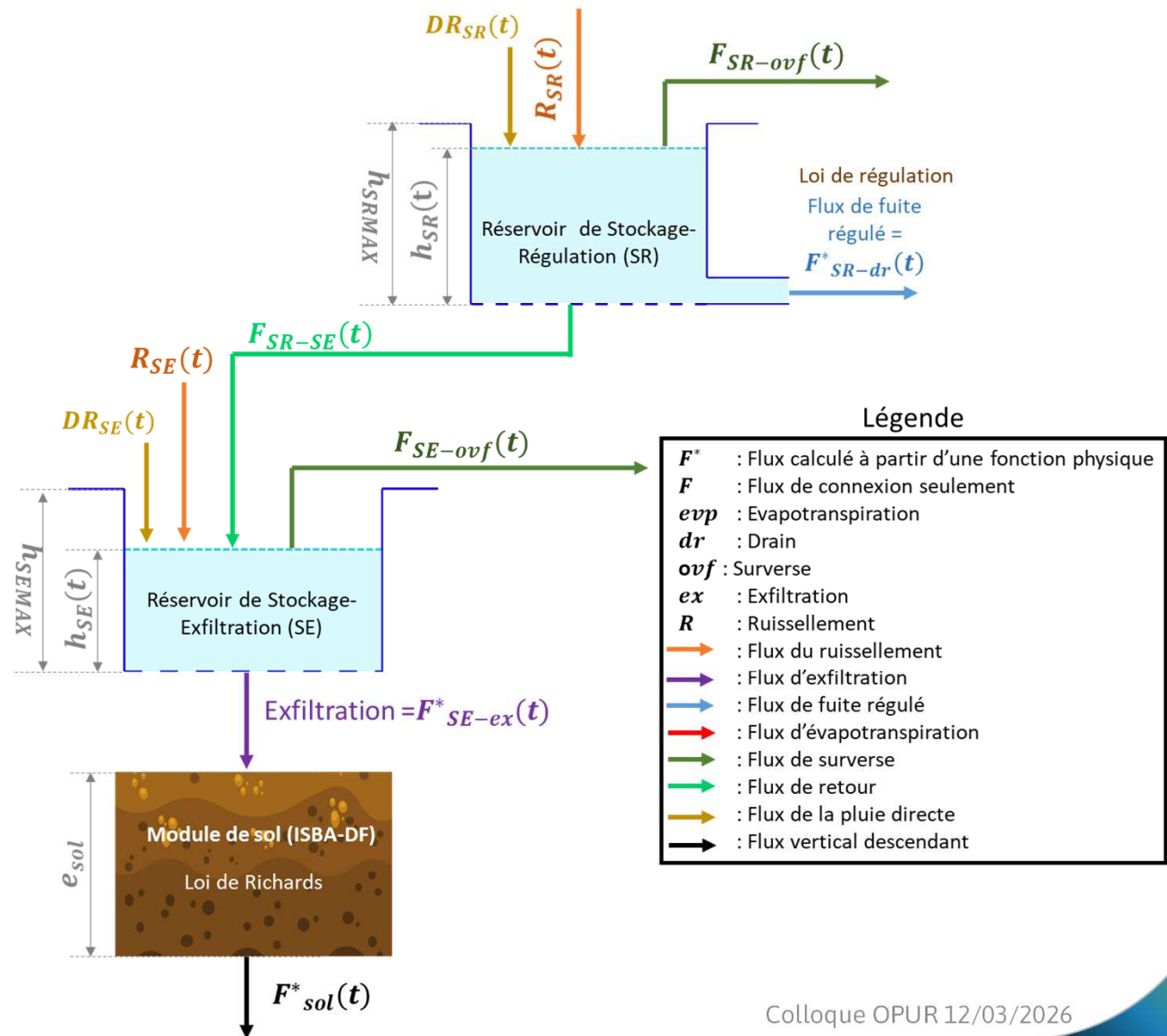
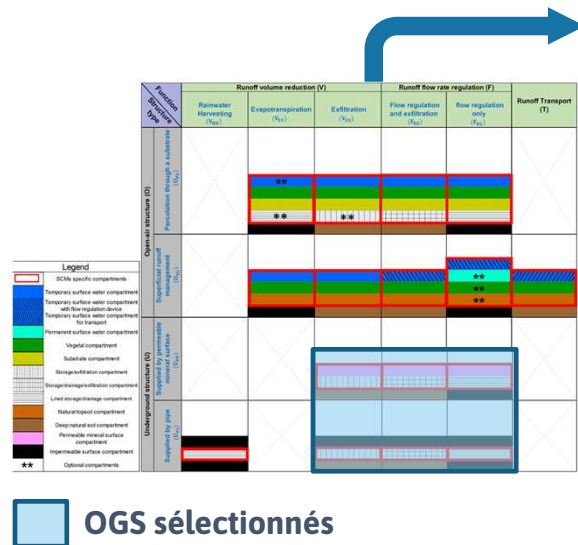


- Légende**
- F^* : Flux calculé à partir d'une fonction physique
 - F : Flux de connexion seulement
 - evp : Evapotranspiration
 - tp : Transpiration
 - trp : Transport
 - inf : Infiltration
 - ovf : Surverse
 - R : Ruissellement
 - DR : Pluie directe
 - Yellow arrow : Flux de la pluie directe
 - Orange arrow : Flux du ruissellement
 - Black arrow : Flux vertical descendant
 - Blue arrow : Flux de transport
 - Red arrow : Flux d'évapotranspiration
 - Green arrow : Flux de surverse

Conceptualisation

Etudes des OGS au niveau de la maille TEB

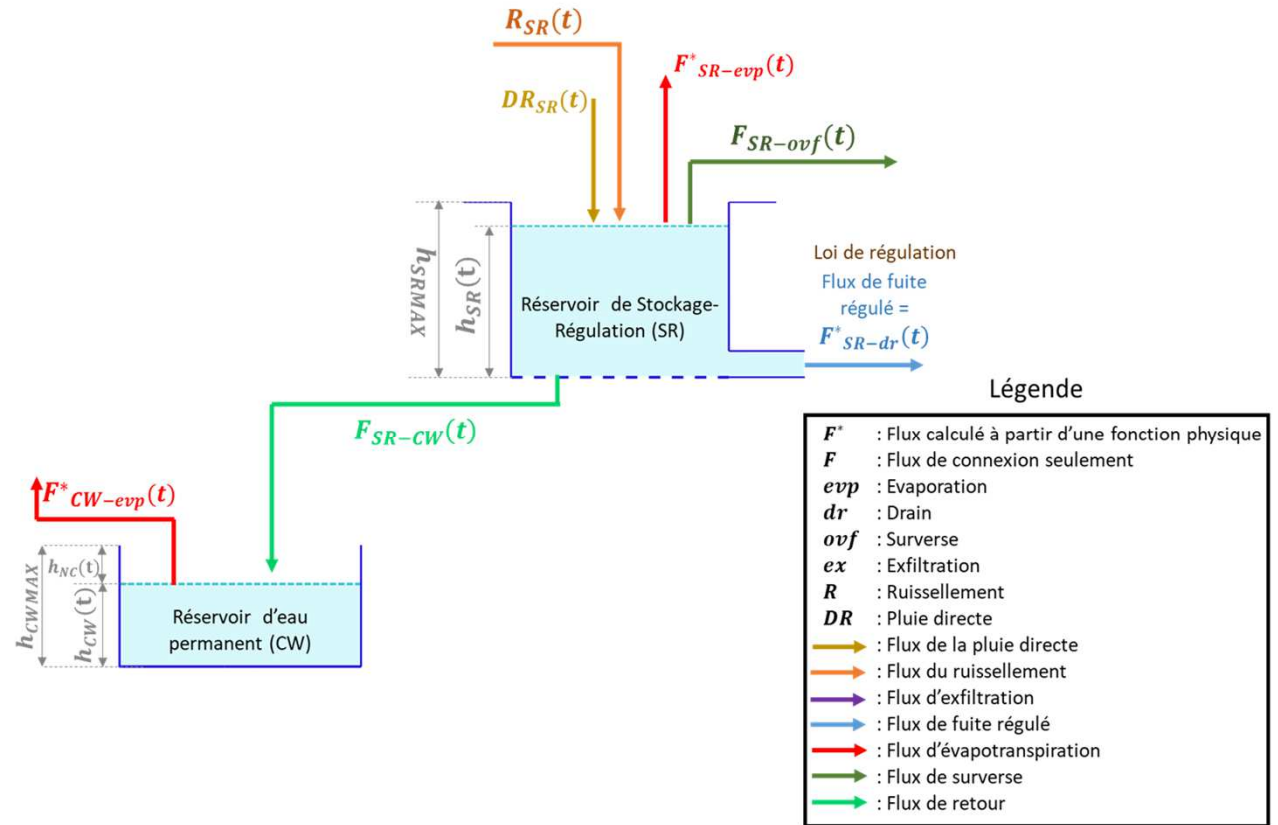
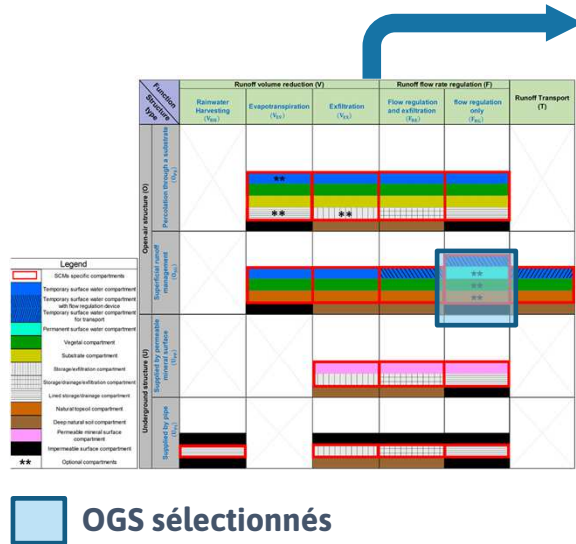
Ouvrage équivalent D



Conceptualisation

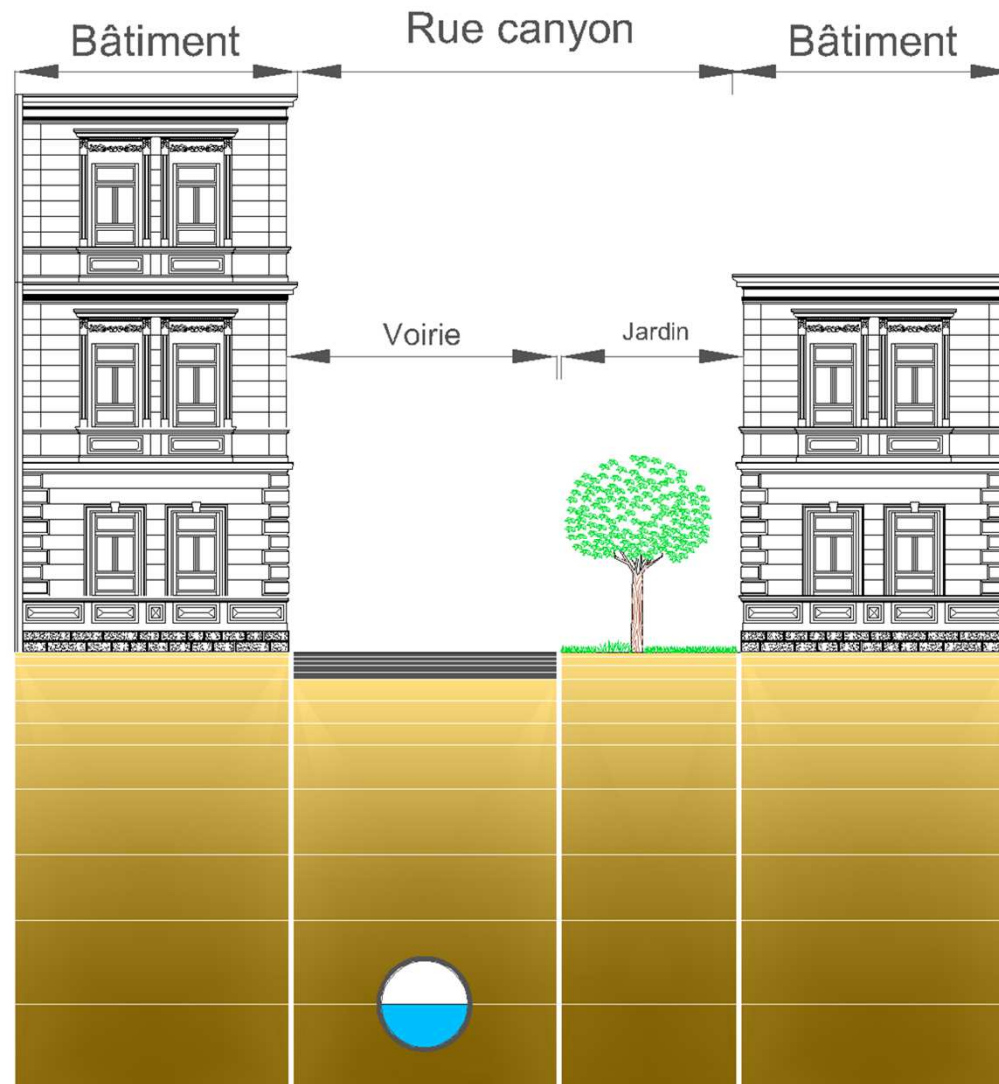
Etudes des OGS au niveau de la maille TEB

Ouvrage équivalent E



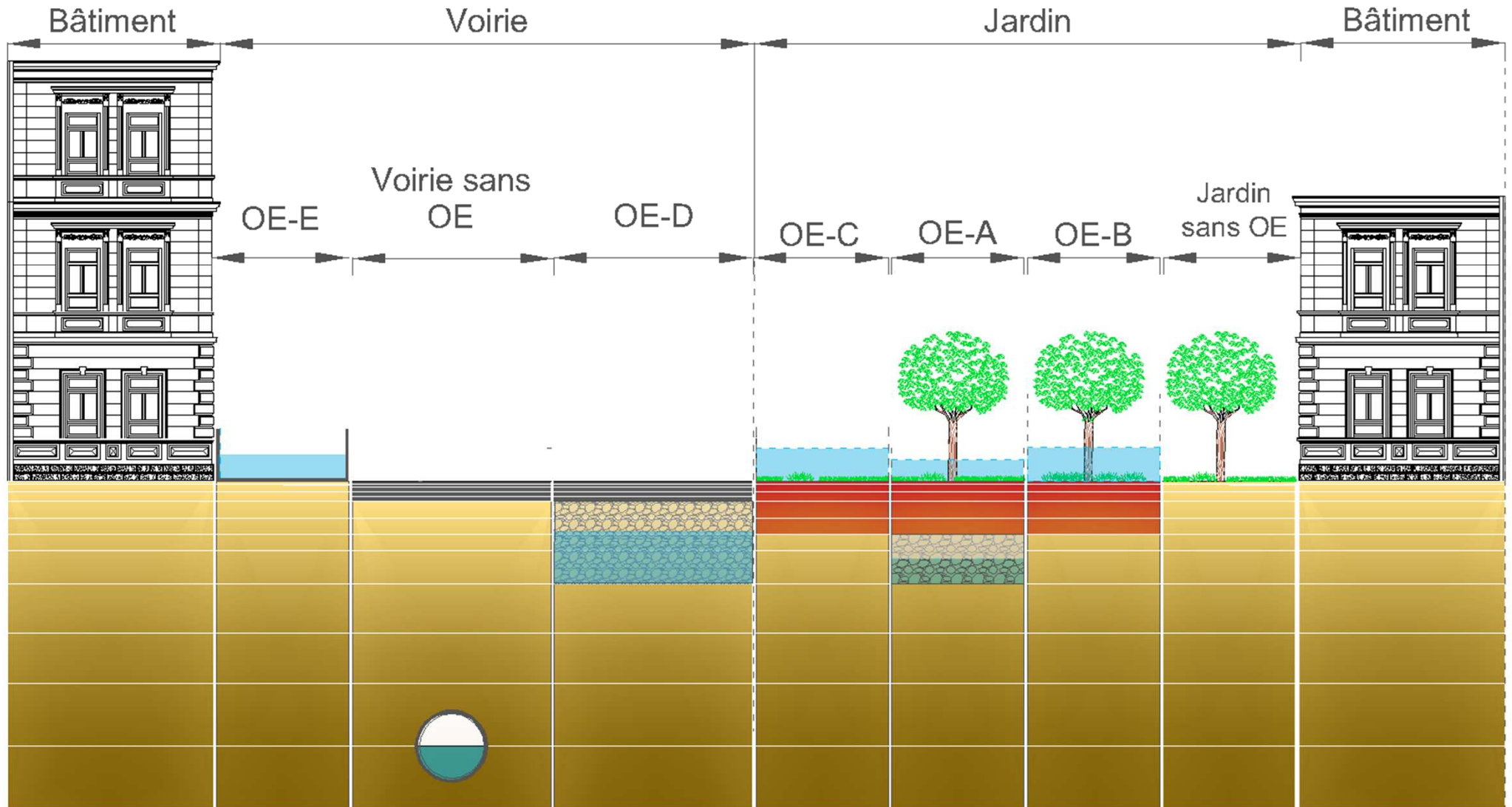
Etudes des OGS au niveau de la maille TEB

Disposition des OE dans la maille de TEB



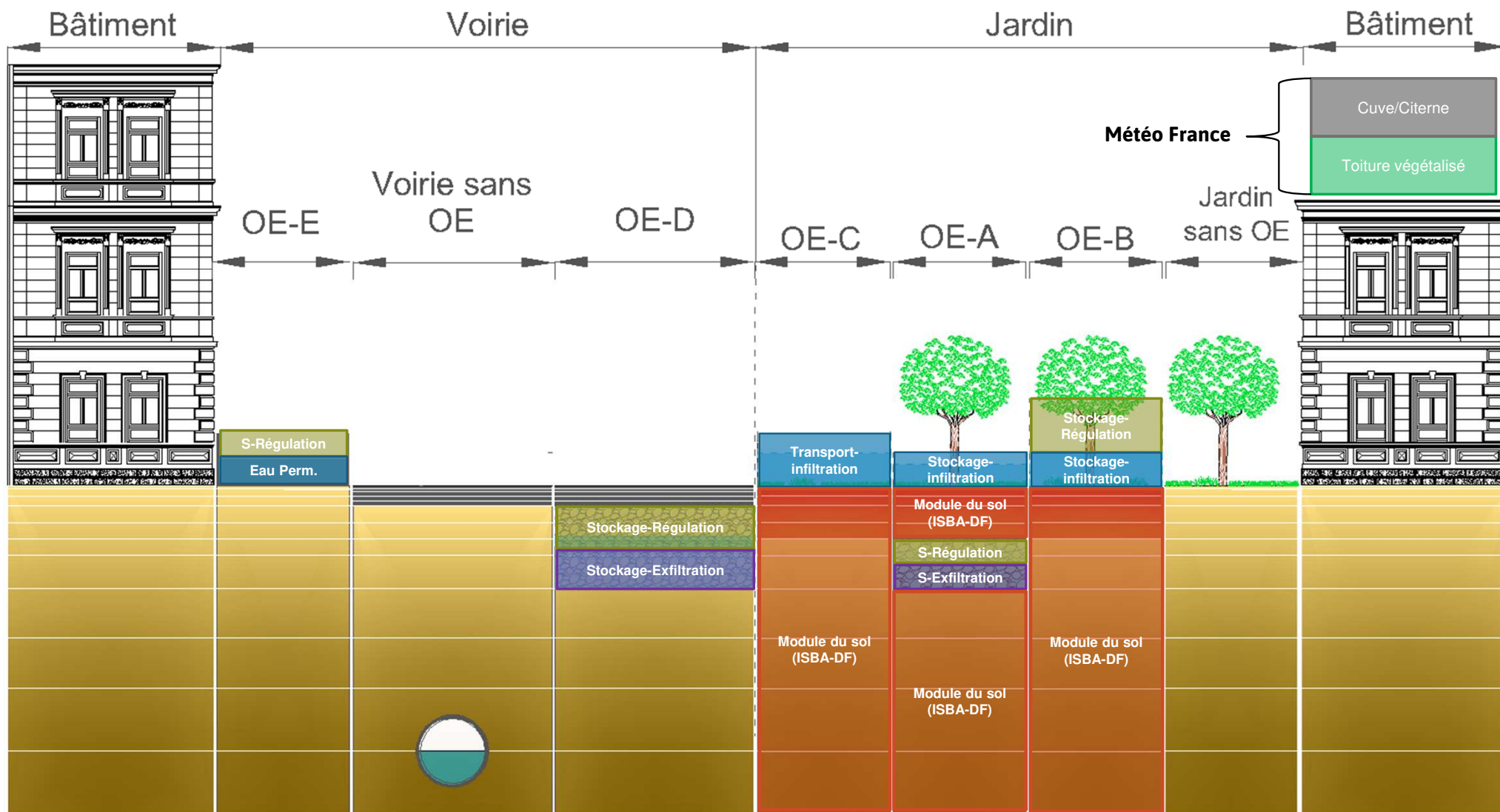
Etudes des OGS au niveau de la maille TEB

Disposition des OE dans la maille de TEB



Etudes des OGS au niveau de la maille TEB

Disposition des OE dans la maille de TEB



Evaluation du module OGS de TEB

Tunqui Neira, J. M., Chancibault, K., Gromaire, M.-C., and Chebbo, G.: Development and evaluation of a Sustainable Drainage System module into TEB (v 9.0) model, EGU sphere [preprint], <https://doi.org/10.5194/egusphere-2025-2831>, 2025

Evaluation du module OGS de TEB

- Afin de vérifier si la conception hydrologique proposé pour le module d'OGS de TEB (Ouvrages équivalents) développés est correcte, nous avons développé deux cas d'études :
 - Cas d'étude 1 : L'OE est constitué d'un seul OGS de type donné, et il est comparé avec le modèle SWMM (Rossman, 2015), dans une configuration identique
 - Cas d'étude 2 : L'OE est constitué de plusieurs OGS de même type. L'objectif ici est de tester la validité des regroupements d'OGS au sein d'un OE. Pour ce faire, le modèle TEB est exclusivement employé dans cette analyse

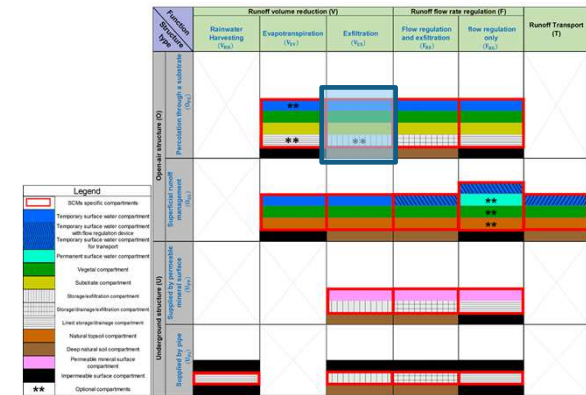
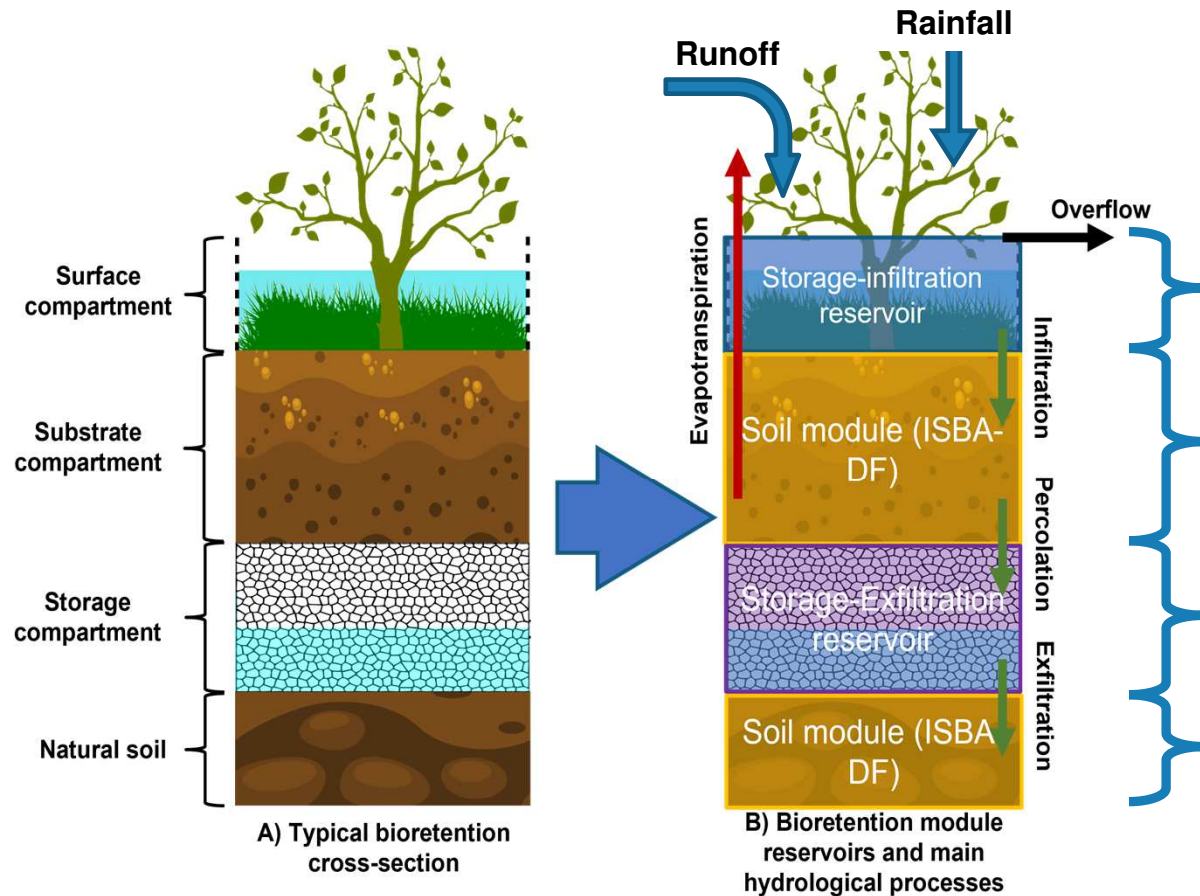
Evaluation du module OGS de TEB

Cas d'étude 1

- Module TEB à évaluer : cellule de biorétention équipée d'un compartiment de stockage souterrain d'exfiltration
- Comparaison de cet ouvrage avec le module de biorétention LID SWMM:
 - Bilan hydrique total sur la période étudiée (mai 2010 à septembre 2012)
 - Flux horaires associés à différents processus :
 - i. Débit entrant des surfaces imperméables (bâtiment, voirie),
 - ii. Infiltration, évapotranspiration, percolation, exfiltration, trop-plein,
 - iii. Stockage de l'eau dans les réservoirs et le substrat
- **L'objectif de la comparaison est d'évaluer la pertinence de l'approche utilisée pour conceptualiser les OGS dans le modèle TEB, plutôt que de déterminer lequel des deux modèles fournit les simulations les plus précises.**

Evaluation du module OGS de TEB

Cas d'étude 1: Conceptualisation de la cellule de biorétention dans TEB



$$\begin{aligned}
 & h_{SI}(t) \cdot \Delta t \\
 & = DR_{SI}(t) + R_{SI}(t) - F_{SI-ovf}(t) - F^*_{SI-evp}(t) \\
 & \quad - F^*_{SI-inf}(t)
 \end{aligned}$$

See: Boone et al. (2000), Decharme et al. (2011)

$$\begin{aligned}
 & h_{SE}(t) \cdot \Delta t \cdot \phi_{SE} \\
 & = F_{subst-SE}(t) - F_{SE-ovf}(t) - F^*_{SE-ex}(t)^1
 \end{aligned}$$

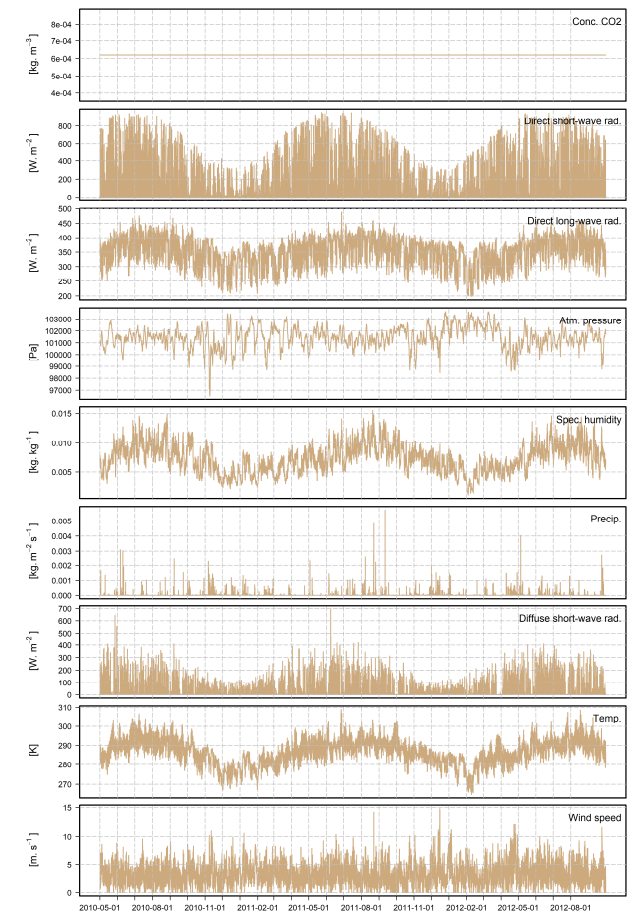
See: Boone et al. (2000), Decharme et al. (2011)

(1) Błażejowski, R., Nieć, J., Murat-Błażejowska, S., Zawadzki, P., 2018. Comparison of infiltration models with regard to design of rectangular infiltration trenches. Hydrological Sciences Journal 63, 1707–1716. <https://doi.org/10.1080/02626667.2018.1523616>.

Evaluation du module OGS de TEB

Cas d'étude 1 : Paramétrisation

- Configuration théorique du bassin versant (maille) :
 - Superficie : 1 hectare (10 000 m²)
 - Répartition : 78 % de surfaces imperméables, 19,6 % d'espaces verts, 2,4 % de zones de biorétention.
- Données météorologiques (Stavropoulos-Laffaille et al., 2018) :
 - Provenant du bassin versant Pin Sec, Nantes, France
 - Période : de mai 2010 à septembre 2012, avec un pas de temps horaire,
 - Données d'entrée pour TEB : Précipitations ; température, humidité et pression atmosphériques ; vitesse et direction du vent ; rayonnements solaires direct et diffus (ondes courtes) ; rayonnement atmosphérique (ondes longues)
 - Données d'entrée pour SWMM : Précipitations, avec calcul de l'ETP (évapotranspiration potentielle) par la méthode de Penman-Monteith, basée sur les données TEB.

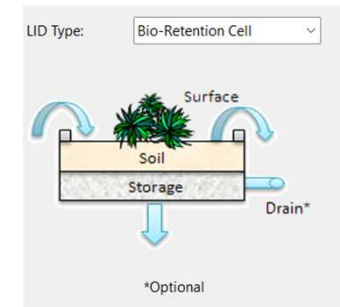
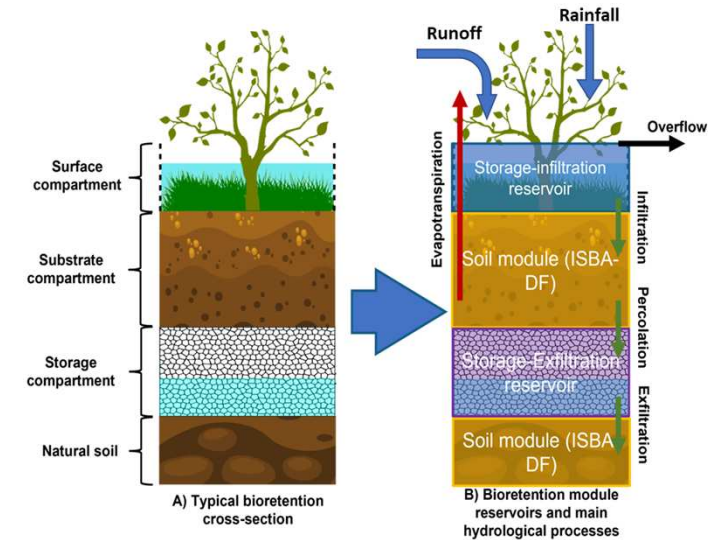


TEB inputs

Evaluation du module OGS de TEB

Cas d'étude 1 : Paramétrisation

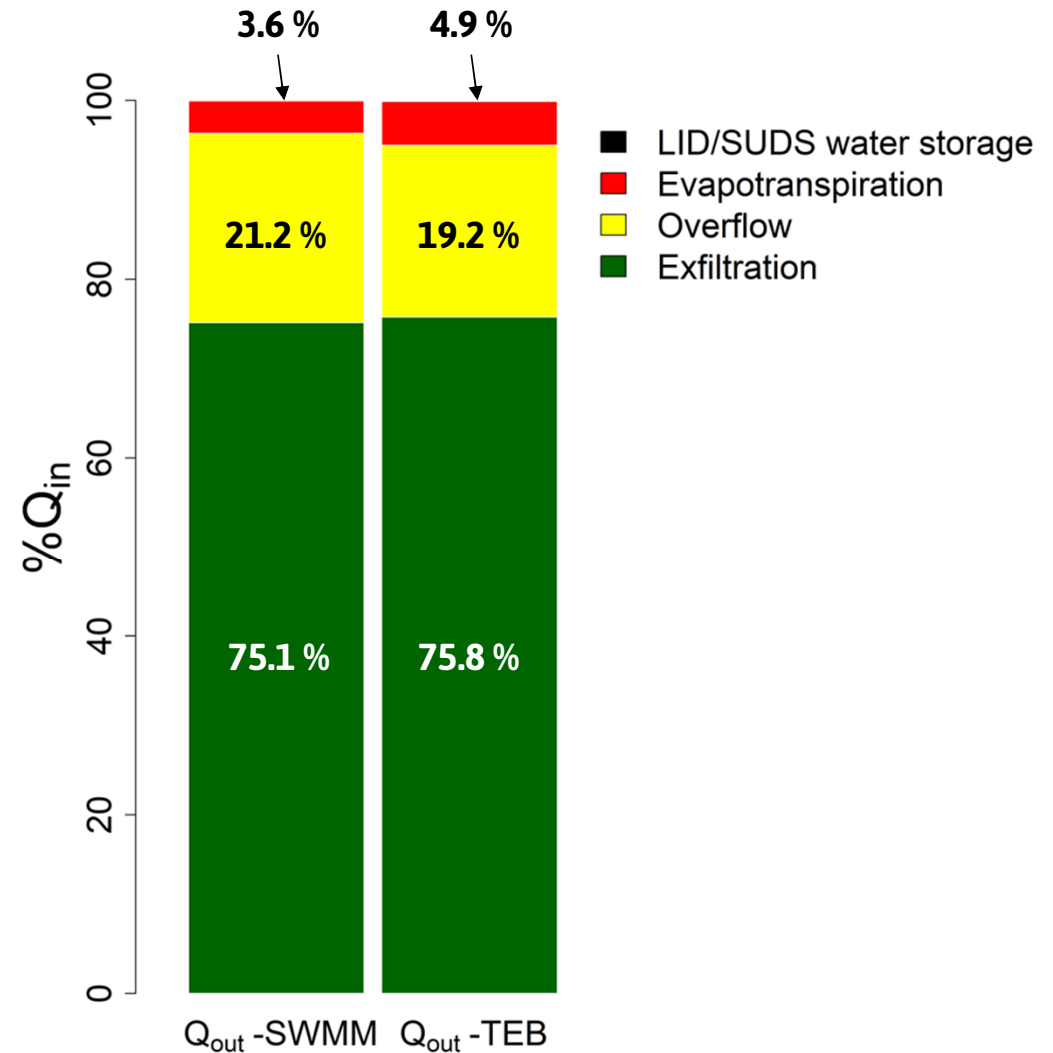
- Réservoir de stockage-infiltration (réservoir de surface) :
 - Hauteur maximale : 100 mm.
- Substrat OGS (couche de sol) :
 - Épaisseur : 600 mm
 - Dans TEB : Discrétisé en huit couches de sol
 - Dans SWMM : Représenté par une seule couche de sol
- Réservoir de stockage-exfiltration (stockage souterrain):
 - Épaisseur maximale : 400 mm
- Paramètres du sol : Calculés par TEB et adaptés pour une utilisation dans SWMM



Evaluation du module OGS de TEB

Cas d'étude 1 : Résultats

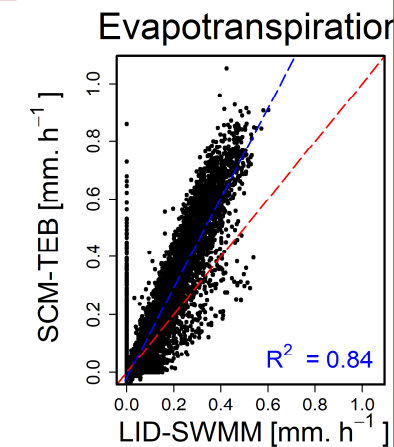
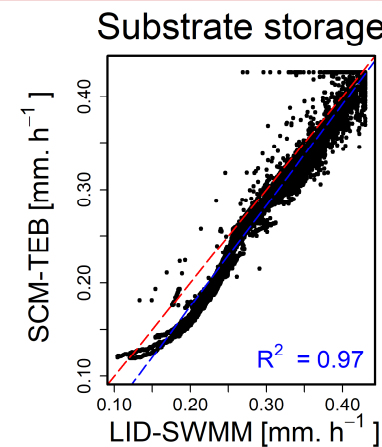
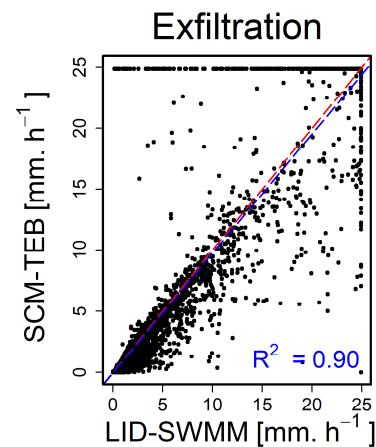
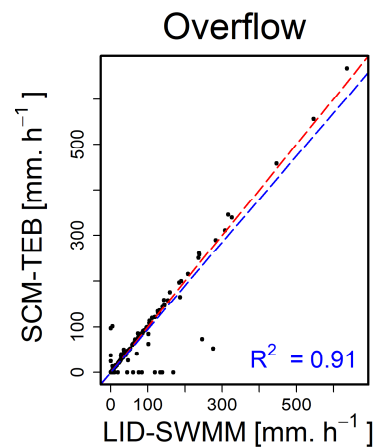
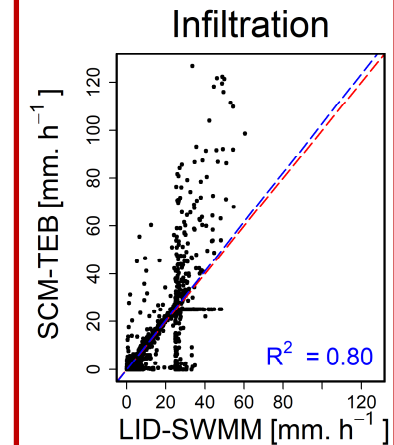
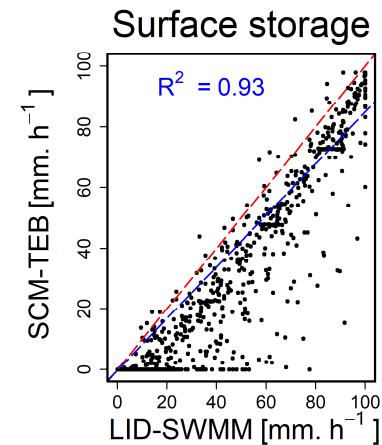
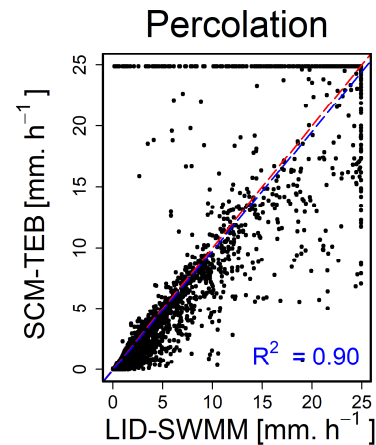
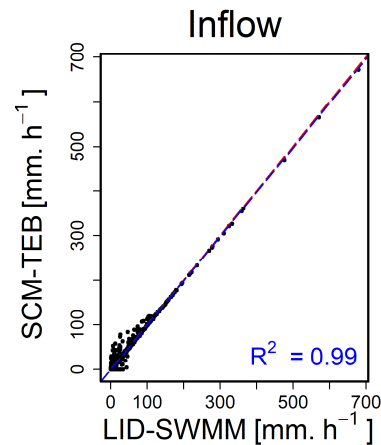
- Les modèles SWMM et TEB ont montré des performances similaires en termes de bilan hydrique pendant la période d'étude (de mai 2010 à septembre 2012)



Evaluation du module OGS de TEB

Cas d'étude 1 : Résultats

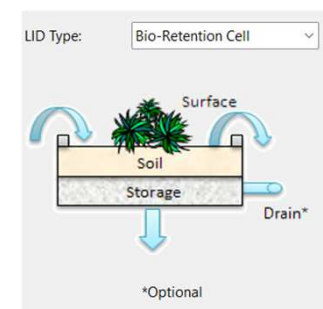
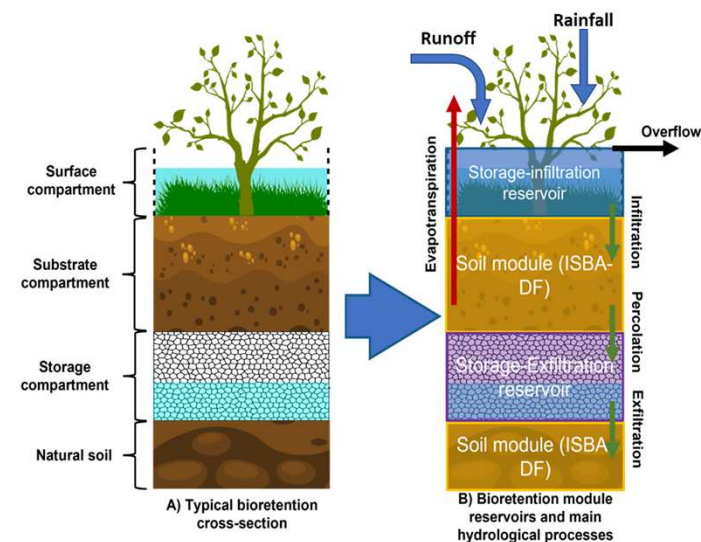
- Résultats similaires entre TEB et SWMM pour les débits entrants et les trop-pleins
- Bonne corrélation, mais une dispersion plus marquée pour la percolation, l'exfiltration, le stockage en surface et le stockage dans le substrat
- Différences importantes pour l'infiltration et l'évapotranspiration.



Evaluation du module OGS de TEB

Cas d'étude 1: Conclusion et perspectives

- Comparaison initiale :
 - Confirme la pertinence du développement des OGS dans TEB.
 - Conduit à une exploration plus détaillée des différences hydrologiques entre TEB et SWMM
- Perspectives :
 - Étendre cette évaluation à d'autres OGS développés dans TEB, en utilisant des modèles de référence ou des données observées



Evaluation du module OGS de TEB

Cas d'étude 2

- Module TEB à évaluer : 3 cellules de biorétention équipée d'un compartiment de stockage souterrain d'exfiltration
- Comparaison de la somme produit par ces 3 ouvrages avec l'OE-A:
 - Bilan hydrique total sur la période étudiée (mai 2010 à septembre 2012)
 - Flux horaires associés à différents processus :
 - i. Ruissellement provenant des surfaces imperméables (bâtiment, voirie),
 - ii. Infiltration, évapotranspiration, percolation, exfiltration, trop-plein, drainage profond
 - iii. Stockage de l'eau dans les réservoirs et le substrat

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{t=1}^{nb} (S_t - O_t)^2}{\sum_{t=1}^{nb} (O_t - \bar{O})^2}$$

$$PBIAS = 100 \cdot \frac{\sum_{t=1}^{nb} (S_t - O_t)}{\sum_{t=1}^{nb} O_t}$$

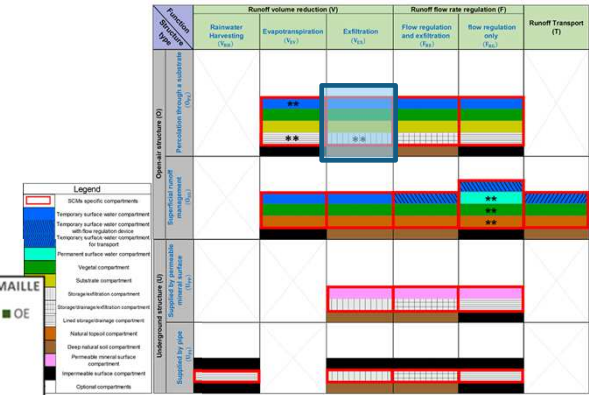
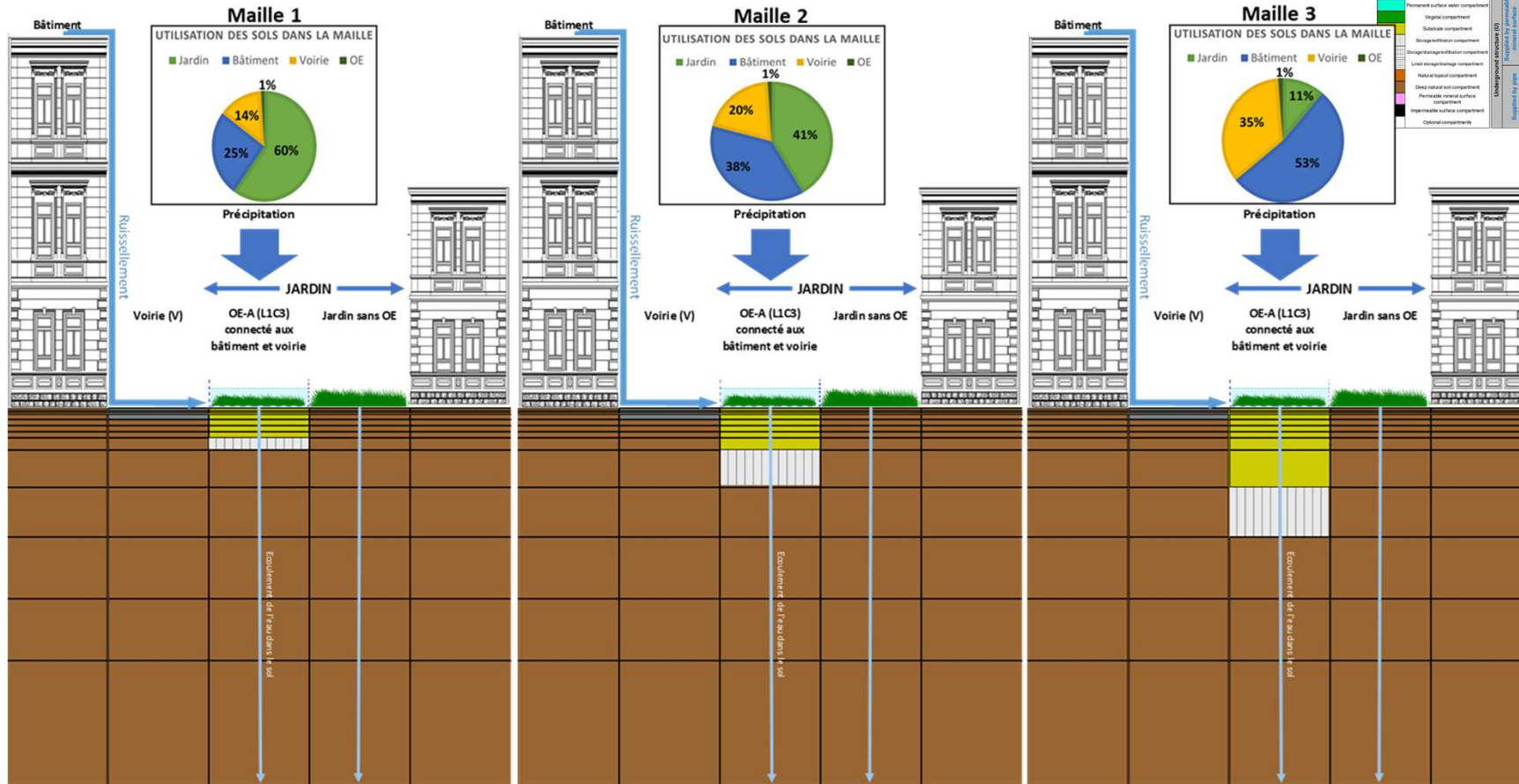
S_t : Flux d'eau simulé au pas de temps t [$L^3 \cdot T^{-1}$]

O_t : Flux d'eau observé au pas de temps t [$L^3 \cdot T^{-1}$]

\bar{O} : Flux d'eau moyen [$L^3 \cdot T^{-1}$]

Evaluation du module OGS de TEB

Cas d'étude 2: Conceptualisation des mailles



Evaluation du module OGS de TEB

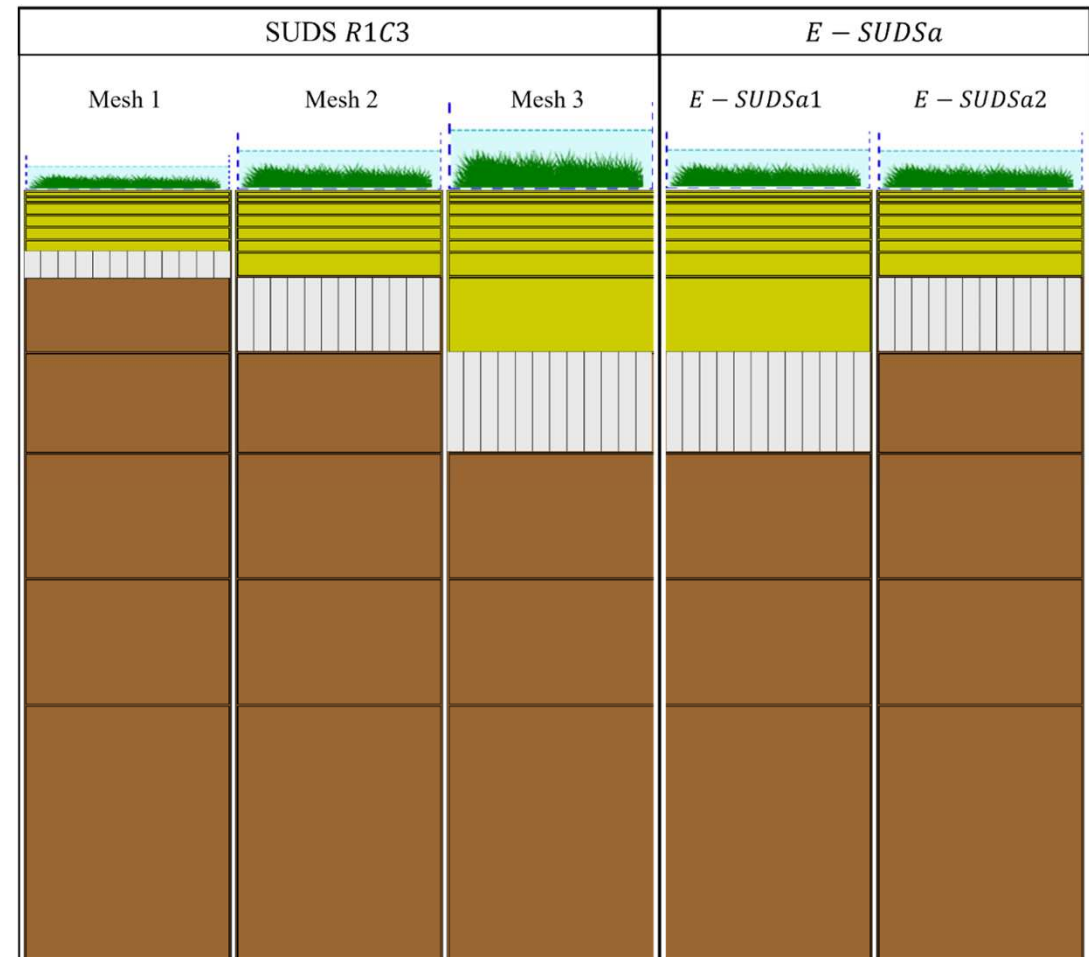
Cas d'étude 2 : Paramétrisation

- Configuration théorique de chaque bassin versant (maille) :
 - Trois mailles urbaines 1 hectare (10 000 m²)
 - Maille 1 : Intègre un système de stockage-infiltration de 50 mm de hauteur au-dessus d'une couche de substrat de 0,2 m, complété par un réservoir de stockage-exfiltration de 100 mm.
 - Maille 2 : Dispose d'un réservoir de stockage-infiltration de 120 mm, une couche de substrat de 0,3 m, et un réservoir de stockage-exfiltration de 300 mm de profondeur.
 - Maille 3 : Augmente les capacités avec un réservoir de stockage-infiltration de 250 mm, un substrat de 0,6 m, et un réservoir de stockage-exfiltration de 400 mm.
- Configuration de l'OE-A:
 - Surface équivalente : Somme des 3 mailles
 - $$\bar{h}_{SIMAX} = \frac{h_{SIMAX-M1} \cdot S_{OGS-M1} + h_{SIMAX-M2} \cdot S_{OGS-M2} + h_{SIMAX-M3} \cdot S_{OGS-M3}}{S_{OGS-M1} + S_{OGS-M2} + S_{OGS-M3}}$$
 - $$\bar{e}_{subtr} = \frac{e_{OGS-M1} \cdot S_{OGS-M1} + e_{OGS-M2} \cdot S_{OGS-M2} + e_{OGS-M3} \cdot S_{OGS-M3}}{S_{OGS-M1} + S_{OGS-M2} + S_{OGS-M3}}$$
- Les paramètres relatifs à météorologie, au sol et autres éléments nécessaires à la modélisation en TEB sont les mêmes que ceux employés pour le cas d'étude 1

Evaluation du module OGS de TEB

Cas d'étude 2 : Paramétrisation

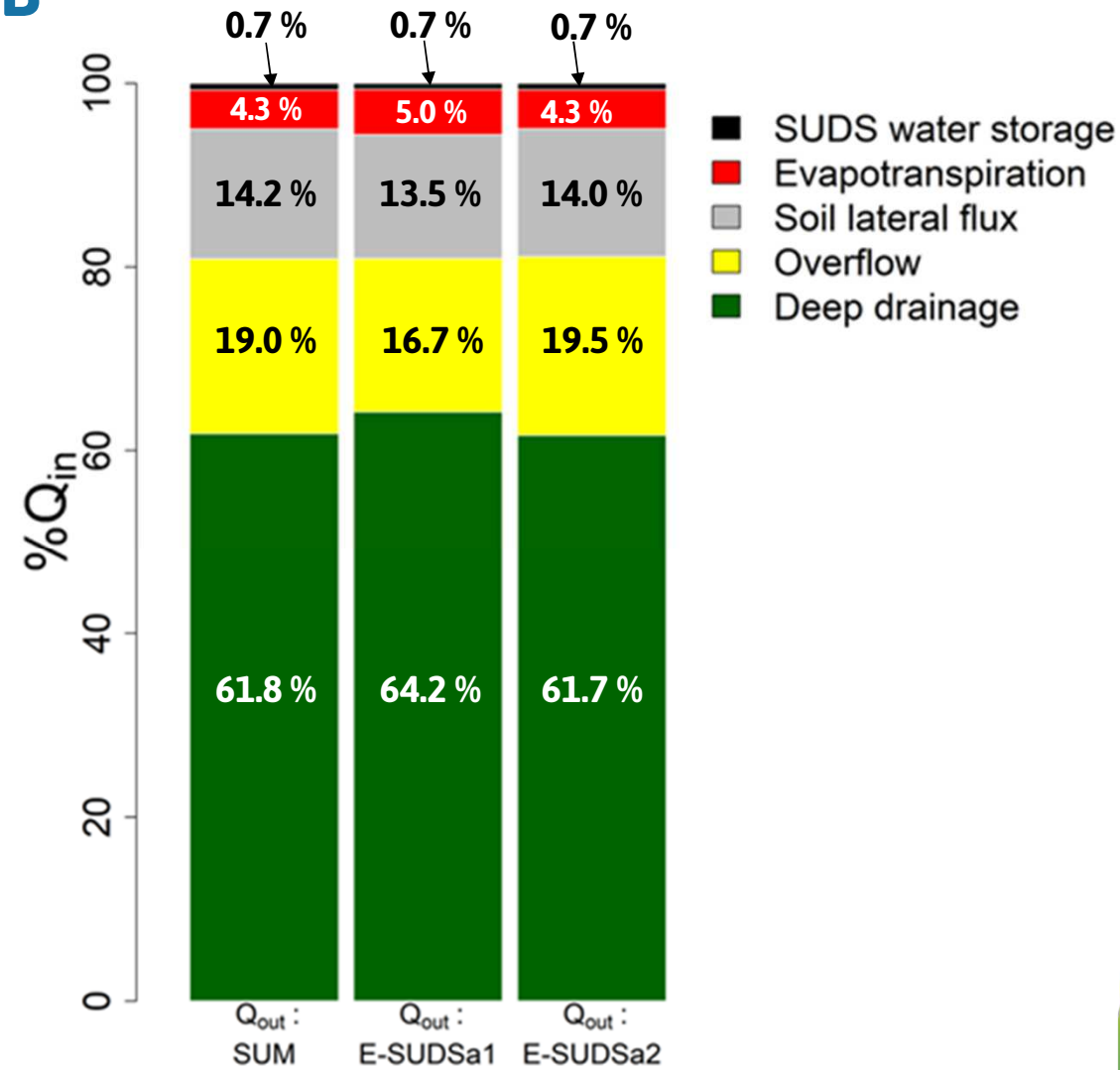
- Problème avec \bar{e}_{subtr} : elle ne correspond pas à la discrétisation verticale des couches de sol utilisée par le modèle ISBA
- **Solution : Deux configurations d'OE ont été testé (OE-A1 et OE-A2)**



Evaluation du module OGS de TEB

Cas d'étude 2 : Résultats

- Pendant la période d'étude (mai 2010-septembre 2012), les trois configurations présentent des performances comparables en termes de bilan hydrique.

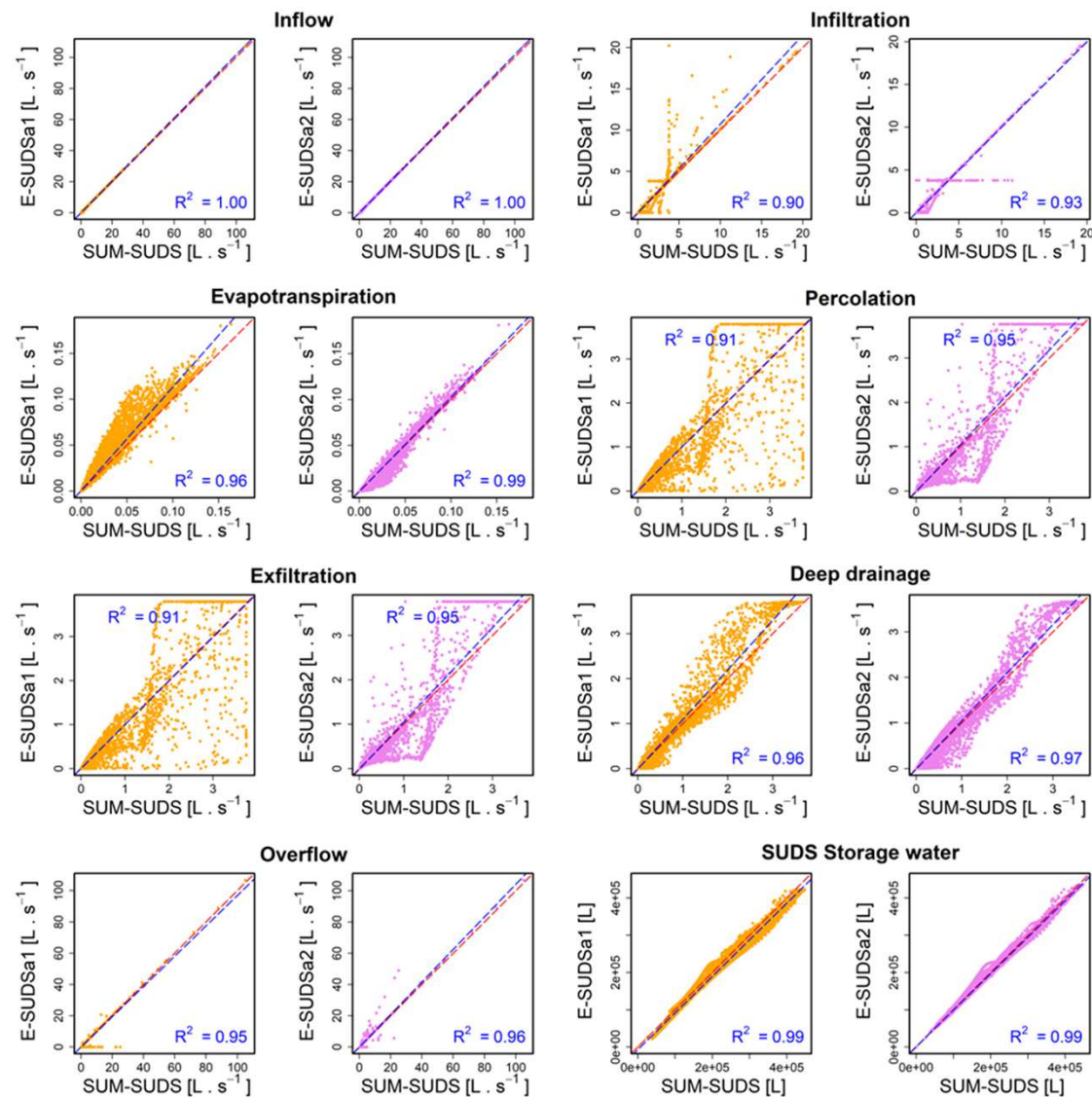


Evaluation du module OGS de TEB

Cas d'étude 2 : Résultats

OE et processus hydrologiques	OE - A1		OE - A2	
	NSE	PBIAS	NSE	PBIAS
	[-]	[%]	[-]	[%]
Débit entrant	1.00	1.60	1.00	1.60
Evapotranspiration	0.92	17.50	0.99	0.80
Infiltration	0.86	4.20	0.92	1.40
Trop-plein	0.95	-12.00	0.95	5.80
Stockage de l'eau dans l'OE	0.97	-6.20	0.99	-1.10
Percolation	0.90	2.20	0.93	1.30
Exfiltration	0.90	2.20	0.93	1.30
Drainage profonde	0.94	5.40	0.96	1.20

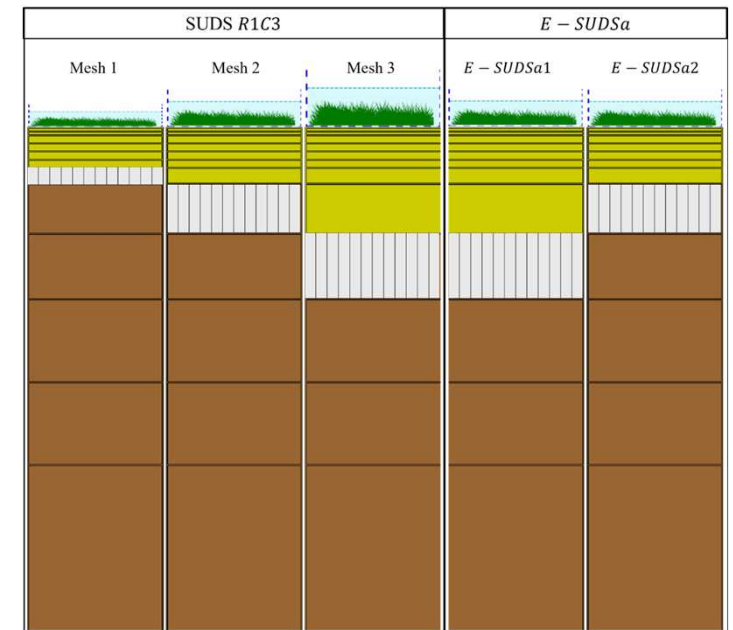
- Bonne concordance pour les flux entrants, les trop-pleins et le stockage
- Dispersion plus marquée pour la percolation et l'exfiltration,
- Ecarts sur l'infiltration et l'évapotranspiration selon l'épaisseur du substrat
- NSE confirment une représentation satisfaisante des processus
- PBIAS généralement inférieurs à 5 %
- OE-A2 se distingue par des performances globales supérieures à OE-A1.



Evaluation du module OGS de TEB

Cas d'étude 2: Conclusion et perspectives

- Approche de l'ouvrage équivalent (OE):
 - Les résultats démontrent que l'approche proposée permet de modéliser efficacement les différents processus hydrologiques générés par le regroupement d'OGS de même type, à condition qu'ils soient correctement paramétrés..
- Perspectives :
 - Les recherches futures privilégieront l'étude de différentes combinaisons de types d'OGS intégrés dans l'OE. Cette approche permettra de valider les hypothèses de couplage entre les divers types d'OGS regroupés au sein de l'OE



Références

- Bernard, E., Chancibault, C., K. de Munck, Mosset, A., Lemonsu, A., 2021. Hydro-climatic response of Paris Metropolitan area through TEB-Hydro model simulation: multi-catchment calibration and model evaluation, in: 15th International Conference on Urban Drainage (Online).
- Błażejowski, R., Nieć, J., Murat-Błażejowska, S., Zawadzki, P., 2018. Comparison of infiltration models with regard to design of rectangular infiltration trenches. *Hydrological Sciences Journal* 63, 1707–1716. <https://doi.org/10.1080/02626667.2018.1523616>.
- Boone, A., Masson, V., Meyers, T., Noilhan, J., 2000. The Influence of the Inclusion of Soil Freezing on Simulations by a Soil-Vegetation-Atmosphere Transfer Scheme. *Journal of Applied Meteorology and Climatology* 39, 1544–1569. [https://doi.org/10.1175/1520-0450\(2000\)039<1544:TIO>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0450(2000)039<1544:TIO>2.0.CO;2).
- Decharme, B., Boone, A., Delire, C., Noilhan, J., 2011. Local evaluation of the Interaction between Soil Biosphere Atmosphere soil multilayer diffusion scheme using four pedotransfer functions. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 116. <https://doi.org/10.1029/2011JD016002>.
- Rossman, L., 2015. Storm water management model user's manual, version 5.1 (EPA-600/R-14/413b). Retrieved from Washington, DC: <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi>.
- Stavropoulos-Laffaille, X., Chancibault, K., Brun, J.-M., Lemonsu, A., Masson, V., Boone, A., Andrieu, H., 2018. Improvements to the hydrological processes of the Town Energy Balance model (TEB-Veg, SURFEX v7.3) for urban modelling and impact assessment. *Geoscientific Model Development* 11, 4175–4194. <https://doi.org/10.5194/gmd-11-4175-2018>
- Tunqui Neira, J.M., Gromaire, M.C., Chancibault, K., Chebbo, G., 2023. Towards a comprehensive functional typology of Stormwater Control Measures for hydrological and water quality modeling purposes. *Blue Green Systems* , bgs2023026, <https://doi.org/10.2166/bgs.2023.026>
- Tunqui Neira, J. M., Chancibault, K., Gromaire, M.-C., and Chebbo, G.: Development and evaluation of a Sustainable Drainage System module into TEB (v 9.0) model, *EGUsphere* [preprint], <https://doi.org/10.5194/egusphere-2025-2831>, 2025



Merci de votre attention



LABORATOIRE LEE
LABORATOIRE EAU
ET ENVIRONNEMENT