



**HAL**  
open science

## Guide utilisateur du logiciel Orage

Pascal Molle, Tamas Palfy-Gabor

► **To cite this version:**

Pascal Molle, Tamas Palfy-Gabor. Guide utilisateur du logiciel Orage. INRAE; Cerema. 2020, 30 p.  
hal-04937920

**HAL Id: hal-04937920**

**<https://ofb.hal.science/hal-04937920v1>**

Submitted on 10 Feb 2025

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Guide utilisateur du logiciel Orage



Projet ADEPTE

Pascal Molle – Tamas Palfy-Gabor  
Février 2020

# SOMMAIRE

- I. Introduction.....8**
  
- II. Présentation des mécanismes mis en œuvre ..... 10**
  - II.1 Jeu de données ..... 10
  - II.2 Processus pris en compte ..... 10
    - II.2.1 Processus hydrauliques ..... 10
    - II.2.2 Processus liés au traitement ..... 13
  - II.3 Information d'aide au dimensionnement ..... 15
    - II.3.1 Informations hydrauliques ..... 16
    - II.3.2 Informations sur les concentrations ..... 17
  
- III. Utilisation du logiciel ..... 19**
  - III.1 Mode « Faisabilité » ..... 19
  - III.2 Mode « dimensionnement » sur jeu de données ..... 21
    - III.2.1 Données d'entrée ..... 22
    - III.2.2 Données de sortie ..... 25
  
- IV. Conclusion ..... 29**

## Table des figures

Figure 1 : vue en coupe d'un filtre pour le traitement des surverses de DO (deux filtres en parallèle) et représentation des différentes zones modélisées.. Drainage layer (à gauche), D F1, DF2 (à droite) = zone saturée (D) – Process layer (à gauche), P F1, PF2 (à droite) = zone poreuse variablement saturée (P) – Detention space (à gauche), Ret F1, RetF2 (à droite) = zone de rétention (Ret).....	10
Figure 2 : Représentation schématique des phénomènes de court-circuit hydraulique.....	12
Figure 3 : Représentation de la double hauteur des débits de fuite calibrés.....	13
Figure 4 : représentation schématique de la représentation des performances sur les paramètres DCO et MES – cas de la DCO. ....	13
Figure 5: représentation schématique des isothermes d'adsorption. ....	14
Figure 6 : Vitesse de nitrification de l'azote ammoniacal (Palfy et al., (2017)). ....	15
Figure 7: Exemple de représentation des volumes journalier (en m <sup>3</sup> ) reçus par l'ouvrage au cours de l'année d'un jeu de données ayant servi à la simulation.....	16
Figure 8 : représentation des charges hydrauliques reçues par l'ouvrage de traitement. ....	17
Figure 9 : représentation en concentrations et flux pour différents dimensionnements.....	17
Figure 10 : page d'accueil du logiciel Orage et choix du mode d'utilisation.....	19
Figure 11 : paramétrage utilisateur au contexte local pour un test de faisabilité en pluvial strict. ....	20
Figure 12 : paramétrage utilisateur au contexte local pour un test de faisabilité en surverse de DO...	21
Figure 13 : résultats « faisable/non faisable » possibles du test de faisabilité.....	21
Figure 14 : paramétrage utilisateur des contraintes pour le mode dimensionnement. ....	23
Figure 15 : confirmation de la poursuite des simulations sur le jeu de données déjà présent dans le logiciel.....	23
Figure 16 : mise en forme du jeu de données pour le dimensionnement. ....	24
Figure 17 : rapatriement du jeu de données. ....	25
Figure 18 : représentations des concentrations et flux de sortie maximums pour l'ensemble des matériaux.....	26
Figure 19 : représentations des concentrations et flux de sortie maximums et percentiles pour l'ensemble des matériaux.....	27
Figure 20 : distribution des charges reçues par l'ouvrage en g de polluants par évènement.....	27
Figure 21 : concentrations et flux maximums pour le paramètre N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> . ....	28
Figure 22 : percentiles de concentrations et de flux en N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> pour différents matériaux de filtration.28	

## Table des tableaux

<i>Tableau 1 : Paramètres de conception pris en compte dans la simulation de l'ouvrage. ....</i>	<i>11</i>
<i>Tableau 2 : Paramètres de calage pour la dégradation de la DCO .....</i>	<i>14</i>
<i>Tableau 3 : Paramètres de calage d'adsorption de l'azote ammoniacal .....</i>	<i>15</i>

## Résumé

Le logiciel ORAGE est un outil d'aide au dimensionnement des dispositifs de traitement des eaux pluviales par filtres plantés de roseaux à écoulement vertical. Il concerne aussi bien les eaux pluviales provenant de réseaux séparatifs que des surverses de déversoir d'orage (DO) des réseaux unitaires. La nature des évènements pluvieux nécessite d'avoir une approche dynamique pour dimensionner les ouvrages de traitement. Ce logiciel a été développé par INRAE (Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement) dans le cadre du projet de recherche ADEPTE cofinancé par les Agences de l'eau et L'Office français pour la biodiversité. L'objectif du logiciel n'est pas de définir un dimensionnement unique mais, par une approche de modélisation, de proposer aux constructeurs et aux bureaux d'étude des éléments clés de dimensionnement, prenant en compte la dynamique des épisodes pluvieux tout en s'assurant du respect des niveaux de rejet (hydraulique et qualité physico-chimique) et les contraintes de site.

Ce guide décrit en premier lieu les phénomènes et les processus d'optimisation pris en compte dans le modèle avant d'aborder précisément l'utilisation du logiciel pour accompagner les concepteurs dans leurs projets.

## Mots clés

Filtre Planté de roseaux, traitement des rejets urbains de temps de pluie, outils de dimensionnement dynamique.



# I Introduction



# I. Introduction

Le logiciel ORAGE est un outil d'aide au dimensionnement des dispositifs de traitement des eaux pluviales par filtres plantés de roseaux à écoulement vertical. Il concerne aussi bien les eaux pluviales provenant de réseaux séparatifs que des surverses de déversoir d'orage (DO) des réseaux unitaires. En ce sens, il concerne le traitement d'eaux pluviales plus ou moins chargées dont les évènements sont de nature stochastique aussi bien en fréquence, durée, intensité que du point de vue des concentrations de polluants que ces eaux véhiculent. La nature des évènements pluvieux nécessite d'avoir une approche dynamique pour dimensionner les ouvrages de traitement. Ce logiciel peut être utilisé soit pour étudier la pertinence de la mise en place de ce type d'ouvrage (mode faisabilité), soit pour définir les grands paramètres de dimensionnement, sur la base de données propres au site d'étude (mode dimensionnement).

Ce logiciel a été développé par INRAE (Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement) dans le cadre du projet de recherche ADEPTE cofinancé par les Agences de l'eau et L'Office français pour la biodiversité. L'objectif du logiciel n'est pas de définir un dimensionnement unique mais, par une approche de modélisation, de proposer aux constructeurs et aux bureaux d'étude des éléments clés de dimensionnement, prenant en compte la dynamique des épisodes pluvieux tout en s'assurant du respect des niveaux de rejet (hydraulique et qualité physico-chimique) et les contraintes de site. Les polluants pris en compte sont la Demande Chimique en Oxygène (DCO), les Matières En Suspension (MES) et l'azote (nitrate et ammonium). Il a été validé sur des expérimentations en sites réels dans le cadre du projet ADEPTE ainsi que sur les données du projet SEGTEUP financé par l'Agence nationale de la recherche.

Son utilisation pour des objectifs de dimensionnement n'affranchit pas le concepteur d'apporter une réelle expertise sur ces technologies de traitement ainsi que sur les caractéristiques des évènements pluvieux générés par les réseaux. En effet, une connaissance précise du comportement hydraulique des réseaux par temps de pluie est une nécessité première pour aboutir à un dimensionnement pertinent des ouvrages. L'utilisateur du logiciel peut se référer aux guides réalisés dans le cadre du projet SEGTEUP<sup>1</sup> et ADEPTE<sup>2</sup> pour accompagner sa démarche.

Ce guide décrit en premier lieu les phénomènes et les processus d'optimisation pris en compte dans le modèle avant d'aborder précisément l'utilisation du logiciel pour accompagner les concepteurs dans leurs projets.

---

<sup>1</sup> P. Molle, J. Fournel, D. Meyer, S. Troesch, F. Clement, E. BreLOT, L. Bacot, S. Guillermand, C. De Brito, J.Y. Toussaint, S. Vareilles, S. Ah Leung, Lipeme Kouyi, Q. Bichet, B. Chocat et D. Esser (2013). Systèmes extensifs pour la gestion et le traitement des eaux urbaines de temps de pluie. 41 pages. Disponible sur le site EPNAC ([www.epnac.fr](http://www.epnac.fr)).

<sup>2</sup> S. Troesch, P. Molle et P. Branchu (2020). ADEPTE (Aide au Dimensionnement pour la gestion des Eaux Pluviales par Traitement Extensif) - Synthèse du projet et recommandations. Disponible sur le site EPNAC ([www.epnac.fr](http://www.epnac.fr)).

# **II**

# **Présentation des mécanismes mis en œuvre**

## II. Présentation des mécanismes mis en œuvre

Le logiciel ORAGE vise à utiliser un jeu de données de déversements ou de rejets pour modéliser des processus hydrauliques, physico-chimiques et biologiques afin de prévoir les caractéristiques des rejets des ouvrages de traitement aussi bien sur l'aspect quantitatif que qualitatif. Il permet de tester automatiquement différents dimensionnements dans un cadre de contraintes locales issues d'un projet spécifique.

### II.1 Jeu de données

Le jeu de données, c'est-à-dire les chroniques de déversements utilisées, est de première importance pour définir des dimensionnements pertinents. Dans la mesure où des surdimensionnements comme des sous-dimensionnements peuvent conduire à des dysfonctionnements des ouvrages ou des non-conformités du niveau de rejet, la qualité (notamment en termes de représentativité) des données utilisées doit être la meilleure possible. Le jeu de données doit être issu de mesures de terrain et de la modélisation. Le jeu de données, sur un pas de temps fixe et relativement fin (inférieur au quart d'heure), concerne :

- ▶ les volumes déversés à chaque pas de temps ;
- ▶ les concentrations en DCO, MES,  $N-NH_4^+$  (ammonium) et  $N-NO_3^-$  (nitrate) des déversements du réseau ;
- ▶ une durée d'au moins un an et en tous cas supérieure à la période de retour ciblée pour la pluie de référence pour le dimensionnement.

Sur la base du jeu de données fourni, le logiciel ORAGE réalise une chronique de pluies d'une période d'un an, la plus contraignante pour le fonctionnement de l'ouvrage. Le logiciel sélectionne la période d'un an générant le plus de volume de déversement à laquelle il ajoute les cinq jours consécutifs les plus chargés en azote ammoniacal ainsi que la période sèche la plus longue. Ce nouveau jeu de données sera celui pris en compte pour la simulation des processus. C'est le jeu de données « dimensionnement ».

### II.2 Processus pris en compte

Les processus pris en compte concernent aussi bien les aspects hydrauliques que physico-chimiques et biologiques dont certains dépendent d'éléments climatiques (température, évapotranspiration). Ils sont présentés ci-après. L'objectif du logiciel est de représenter simplement les différents processus afin de pouvoir simuler sur un temps relativement court le jeu de données dimensionnement sur un pas de temps fin (typiquement 5 à 15 minutes).

#### II.2.1 Processus hydrauliques

La structure du filtre est représentée dans ORAGE comme la juxtaposition de différentes zones considérées comme parfaitement mélangées (Figure 1).

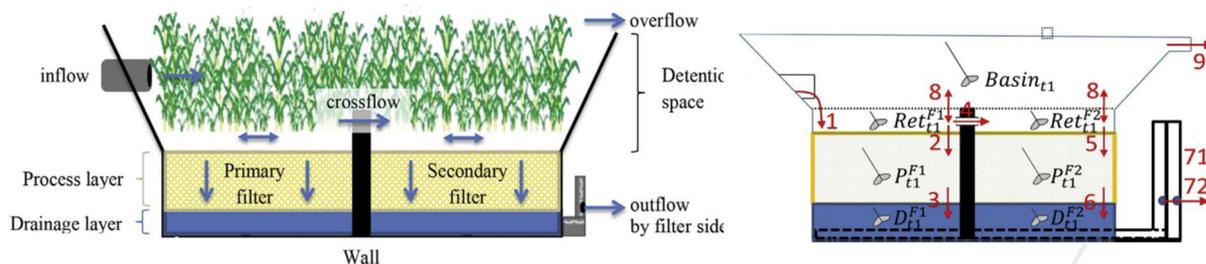


Figure 1: vue en coupe d'un filtre pour le traitement des surverses de DO (deux filtres en parallèle) et représentation des différentes zones modélisées. Drainage layer (à gauche – couche de drainage), DF1, DF2 (à droite) = zone saturée (D) – Process layer (à gauche – couche de traitement), PF1, PF2 (à droite) = zone poreuse variablement saturée (P) – Detention space (à gauche – zone de stockage), Ret F1, RetF2 (à droite) = zone de rétention (Ret).

Dans le cadre du traitement des surverses de déversoir d'orage, deux filtres en parallèle sont considérés (Figure 1) alors que pour le traitement des eaux pluviales strictes un seul filtre est considéré.

Le modèle est donc représenté par, du bas vers le haut, une zone saturée (D), une zone poreuse variablement saturée (P) où la dégradation des polluants aura lieu, une zone de rétention (Ret) et une zone de stockage (Bassin). Les zones D, P et Ret, sont individualisées pour chacun des filtres dans le cas d'une séparation hydraulique en deux filtres. La zone « Bassin » est commune.

Les valeurs par défaut des différentes hauteurs de stockage considérées dans le logiciel Orage sont consignées dans le Tableau 1.

Tableau 1 : paramètres de conception pris en compte dans la simulation de l'ouvrage.

Paramètres	Valeur
Hauteur de connexion entre les filtres	0,25 m au-dessus de la surface
Hauteur de la séparation entre les filtres	0,8 m au-dessus de la surface
Hauteur de flaquage maximal en surface	2,1 m au-dessus de la surface
Épaisseur de la couche de filtration (première couche)	Entre 45 et 60 cm suivant le niveau de rejet demandé pour la DCO (45 cm pour 110 mg/L maximum en sortie et 60 cm pour une 90 mg/L maximum en sortie)
Hauteur de l'orifice bas de sortie	0,3 m du fond
Hauteur de l'orifice haut de sortie (si présent)	0,5 m du fond

L'hydraulique du filtre est régie par un orifice calibré dans la canalisation de mise en charge de sortie afin de maintenir un débit stable. Le débit est calculé en fonction de la hauteur d'eau stockée dans le filtre au-dessus des orifices. Le modèle autorise la mise en œuvre d'un seul orifice (au niveau de saturation choisi) ou de deux orifices à des niveaux différents mais pour un même débit total. L'orifice du bas est alors plus faible de manière à accélérer la saturation du filtre en début d'évènement et de diminuer l'impact des passages préférentiels sur les niveaux de rejet.

Ces passages préférentiels, ou courts-circuits, sont liés à l'infiltration des eaux à proximité des points d'alimentation en début d'évènement lorsque le filtre n'est que peu saturé. Les eaux s'écoulent alors au travers d'un volume réduit du filtre ayant un impact négatif sur les performances de traitement de la partie dissoute. Si l'épaisseur de la partie saturée de fond de filtre est réduite, de plus faibles performances seront visibles sur les concentrations de sortie. Les hauteurs d'orifice de sortie permettent de limiter l'impact de ces courts-circuits.

Plusieurs cas de fonctionnement hydraulique sont alors possibles suivant le volume d'eau saturée dans la couche de drainage ( $V_D$ ) par rapport au volume maximal que l'on peut retenir dans cette zone ( $V_{D\_max}$ ) et la hauteur de saturation  $h_e$  à partir de laquelle l'effet des passages préférentiels n'est plus visible.

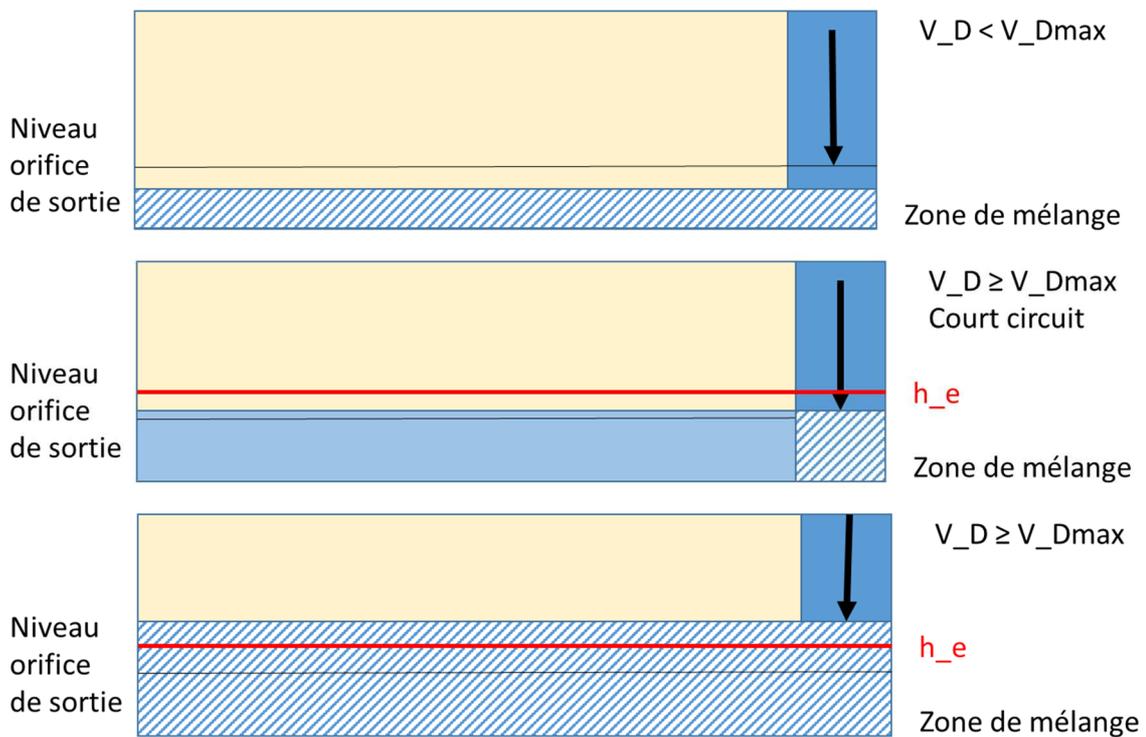


Figure 2 : représentation schématique des phénomènes de court-circuit hydraulique.

Le volume d'eau présent dans la couche de drainage est calculé à chaque pas de temps en fonction de son état initial, des volumes d'eau entrant et sortant de la zone ainsi que de l'évapotranspiration.

- ▶ Lorsque le niveau d'eau saturée est inférieur à l'orifice de sortie (pas de débit sortant), le volume d'eau arrivant dans la partie saturée de la couche de drainage est mélangé à l'ensemble du volume stocké dans cette zone.
- ▶ Lorsque  $V_D$  est égal ou supérieur à  $V_{D\_max}$  (de l'eau peut sortir du filtre) mais inférieur à la valeur  $h_e$ , alors le mélange dans la partie saturée de la couche de drainage se fera en fonction de la surface utilisée pour l'infiltration des eaux en surface. Cette dernière est calculée en fonction du débit entrant et de la perméabilité de la couche de surface.
- ▶ Lorsque le niveau d'eau est supérieur à la valeur  $h_e$ , le mélange se fait sur l'ensemble du volume saturé, pour chaque partie du filtre.

L'ensemble des calculs réactionnels et de mélange de concentration se fait suivant ces grands principes hydrauliques et ce, pour chaque pas de temps.

Afin d'accélérer la saturation du milieu en début d'évènement pluvieux, pour éviter d'avoir un impact important des courts-circuits hydrauliques, il est possible de mettre en place deux orifices de sortie à des hauteurs différentes. L'un au niveau de la couche de saturation visée et l'autre, avec une section de passage plus forte, au niveau  $h_e$ , là où les courts-circuits hydrauliques n'ont plus d'impacts sur les performances de traitement. La section totale de passage des deux orifices permettant alors d'atteindre la valeur guide recommandée pour le drainage de l'ouvrage ( $5 \cdot 10^{-5}$  m/s).

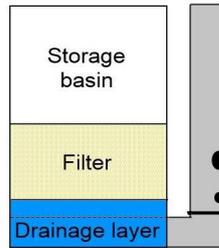


Figure 3 : représentation de la double hauteur des débits de fuite calibrés.

Le débit de sortie est alors calculé pour chacun des orifices selon la formule suivante :

$$Q_{\text{sortie}} = k \times A \times \sqrt{(2gh)}$$

où h est la hauteur d'eau stockée dans le filtre au-dessus de l'orifice, A la section de l'orifice et k une constante de calage basée sur les mesures réalisées sur le site de Marcy-l'Étoile.

L'évapotranspiration est prise en compte pour chacune des zones géographiques présentes dans le logiciel ORAGE. Sur la base des données climatiques de chacune des zones proposées, l'évapotranspiration potentielle est déclinée pour chaque mois de l'année (valeur moyenne issue des données Météo-France 2013 – 2016 de chaque site considéré dans le logiciel). L'évapotranspiration réelle est calculée en prenant un facteur de correction sur la base de mesures réalisées sur un site à taille réelle, dans le cadre du projet ADEPTE, liant l'évapotranspiration potentielle à la chute du niveau de saturation observé dû à l'évapotranspiration. L'évapotranspiration permet de simuler la baisse du niveau de saturation lorsque le niveau d'eau dans la couche de drainage ne produit plus de débit en sortie.

## II.2.2 Processus liés au traitement

Les processus représentés pour le traitement des polluants concernent la pollution particulaire (MES), carbonée particulaire et dissoute (DCO) et azotée dissoute ( $\text{N-NH}_4^+$ ,  $\text{N-NO}_3^-$ ) uniquement.

### La DCO et la pollution particulaire

Sur la base de mesures réalisées dans le cadre des projets SEGTEUP et ADEPTE, l'efficacité de traitement de la DCO et des MES est représentée par une relation liant la concentration dans les eaux d'entrée à celle dans les eaux de sortie de l'ouvrage. La forme générale de cette relation est représentée sur la Figure 4.

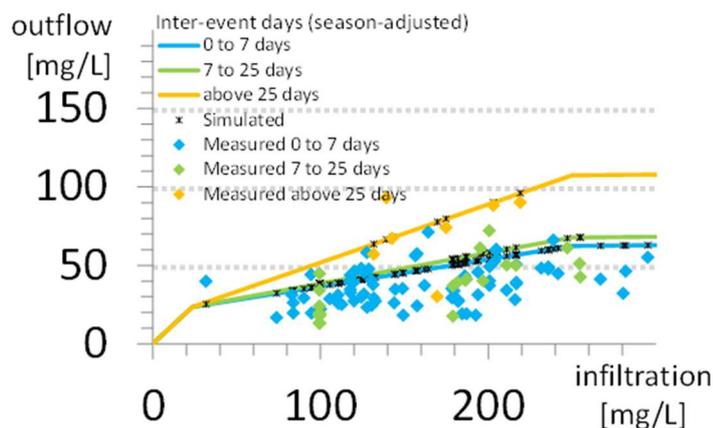


Figure 4 : représentation schématique de la représentation des performances sur les paramètres DCO et MES – cas de la DCO.

On distingue plusieurs cas :

- ▶ Pour des concentrations de surface de filtre (calculées par un bilan masse entre le flux entrant sur le filtre et la concentration de l'eau stockée en surface du filtre) inférieure à celle d'une concentration seuil K1, la concentration de sortie est fixe et correspond à un niveau « bruit de fond » de l'ouvrage. Ces concentrations seuils sont de 20 mg/L de DCO et 10 mg/L de MES.
- ▶ Pour des concentrations de surface de filtre comprises entre des valeurs seuils K1 et K2, les concentrations de sortie sont calculées en fonction d'un rendement  $\eta_1$ . Les rendements  $\eta_1$  sont variables en fonction des conditions climatiques et de la période de repos précédant l'épisode pluvieux. La période de repos comme des températures hautes fragilisent la biomasse. De fortes températures et/ou une longue période sans alimentation vont donc impacter négativement les performances de traitement pour la DCO.
- ▶ Pour des concentrations de surface de filtre supérieures à la valeur seuil K2, les concentrations de sortie sont calculées en fonction d'un rendement  $\eta_2$  supérieur à  $\eta_1$ .

Le Tableau 2 indique les valeurs seuils prises en compte dans la modélisation de la dégradation de la DCO pour des températures non impactantes sur les rendements (rendements maximum possibles). Elles sont issues des études menées dans le cadre du projet ADEPTE<sup>3</sup>.

Tableau 2 : paramètres de calage pour la dégradation de la DCO.

	< 7 jours de période sèche				7 – 25 jours de période sèche		> 25 jours de période sèche	
	K1 (mg/l)	K2 (mg/l)	$\eta_1$	$\eta_2$	$\eta_1$	$\eta_2$	$\eta_1$	$\eta_2$
DCO	24	250	0,83	0,99	0,81	0,99	0,63	0,99

### Les processus liés à l'azote

La transformation de l'azote se réalise en différentes étapes. Une étape d'adsorption de l'azote ammoniacal lors des phases d'alimentation, une étape de nitrification lors des périodes de non-alimentation et une étape de désorption des nitrates lors des phases d'alimentation. Les étapes d'adsorption du  $N-NH_4^+$  et de désorption des nitrates se font dans les parties de filtres saturées en eau. Pour de petits débits ou les débuts d'événements, il est possible que seule une partie du filtre soit sollicitée. Ces courts-circuits hydrauliques peuvent donc avoir des conséquences importantes sur les concentrations en sortie.

- ▶ Adsorption de l'azote ammoniacal

L'adsorption du  $N-NH_4^+$  est réalisée selon une isotherme présentant deux étapes linéaires comme représenté sur la Figure 5.

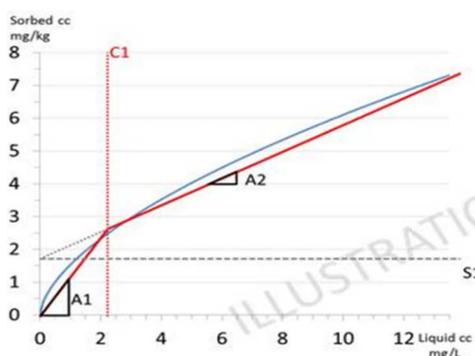


Figure 5: représentation schématique des isothermes d'adsorption.

<sup>3</sup> Pálffy, T.G, Meyer, D., Troesch, S., Gourdon, R., Olivier L. and Molle, P. (2018). A single-output model for the dynamic design of constructed wetlands treating combined sewer overflow. Environmental Modelling and Software. Vol. 102, 1, pp 49-72.

L'isotherme représente l'équilibre entre la concentration en solution et la masse adsorbée sur le matériau. Les isothermes ont été calées sur du sable grossier et de la zéolite de type Chabasite. Les valeurs sont consignées dans le Tableau 3.

Tableau 3 : paramètres de calage d'adsorption de l'azote ammoniacal<sup>4</sup>.

Matériaux	A1 (L/kg)	A2 (L/kg)	C1 (mg/L)
Sable grossier	15	3	0,6
Chabasite	79,33	20,67	3,5

#### ► Nitrification du N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> adsorbé

La nitrification est simulée pendant les périodes de repos, lorsque le filtre est non saturé. La vitesse de nitrification est dépendante de la température (calibrée sur la température extérieure), ainsi que de la masse de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> adsorbée sur le matériau filtrant. Basée sur des mesures réalisées sur un filtre en condition réelle, la vitesse de nitrification en fonction de la température et de la concentration en N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> est représentée selon la forme suivante (Figure 6).

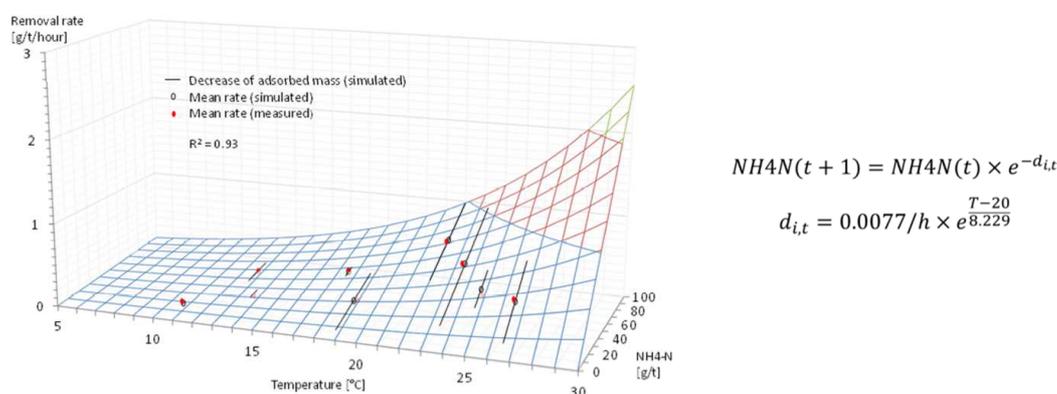


Figure 6 : vitesse de nitrification de l'azote ammoniacal (Palfy et al., 2017).

Le logiciel ORAGE calcule donc pour chaque pas de temps la masse de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> nitrifiée en période de repos et met à jour le stock de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> dans le matériau filtrant ainsi que la masse de N-NO<sub>3</sub> stockée dans le matériau suite à la nitrification.

#### ► Lessivage des nitrates

Le lessivage des nitrates stockés a lieu pendant les phases d'alimentation en prenant en compte la phase de court-circuit hydraulique en début d'évènement. Ainsi, les nitrates sont lessivés là où passe l'eau. Le lessivage est calculé suivant une isotherme d'adsorption/désorption, à l'instar de l'adsorption du N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, dont les valeurs de calage représentent une très faible affinité des nitrates avec le matériau. Les paramètres A1, A2, et C1 associés à cette isotherme, sont fixés (après calage) à 0,1 quel que soit le matériau utilisé.

## II.3 Information d'aide au dimensionnement

Le logiciel ORAGE simule le fonctionnement de l'ouvrage de traitement à un pas de temps fin (5 – 15 minutes suivant le jeu de données utilisateur) sur une longue période (un an) afin de tester différentes configurations de dimensionnement (surface) et de mise en œuvre (choix de matériaux). En mode « dimensionnement », il permet de représenter des niveaux de rejets garantis afin de guider le concepteur sur les choix stratégiques de dimensionnement. En mode « faisabilité », il indique uniquement à l'utilisateur si un filtre planté est réalisable et, le cas échéant, la nécessité de poursuivre les études de sites pour collecter un jeu de données local suffisant pour faire du dimensionnement.

<sup>4</sup> Palfy, T.G., Gourdon, R., Meyer, D., Troesch, S., Olivier, L. and Molle, P. (2017) Filling hydraulics and nitrogen dynamics in constructed wetlands treating combined sewer overflows. Ecological Engineering. Volume 101, 1 April 2017, Pages 137-144.

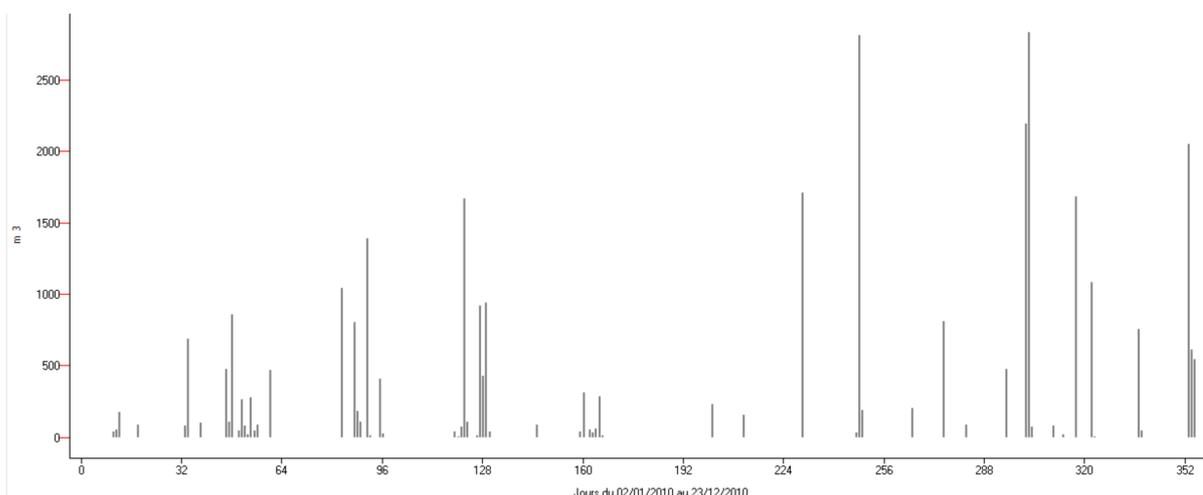
Le niveau de rejet est calculé, à partir des concentrations de chaque pas de temps, sur la base d'une concentration moyenne à l'échelle d'un évènement pluvieux. Un évènement pluvieux (étant une période ou un débit de sortie) est simulé sur une plage de temps supérieure à 6 h. La concentration moyenne de sortie est alors calculée sur une période de 6 à 24 h et, si le débit de sortie dure plus de 24 h, cette moyenne 24 h glisse dans le temps jusqu'à la fin de l'évènement pluvieux. Un évènement pluvieux prend fin après 24 h sans débit de sortie.

Le filtre ayant un rôle de tampon hydraulique fort, cette méthode de calcul permet d'inclure des pluies courtes mais répétées comme un même évènement pluvieux, dans la mesure où elles génèrent un flux de sortie continu.

Les informations de sortie proposées par le logiciel ORAGE concernent aussi bien des informations sur les charges hydrauliques reçues que sur les niveaux de sortie (concentrations, flux) en polluants (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, DCO, MES) pour différents dimensionnements.

### **II.3.1 Informations hydrauliques**

Les informations concernant l'hydraulique permettent à l'utilisateur de visualiser sur l'année retenue pour le jeu de données de dimensionnement les volumes alimentant quotidiennement l'ouvrage (Figure 7).



*Figure 7: exemple de représentation des volumes journaliers (en m<sup>3</sup>) reçus par l'ouvrage au cours de l'année d'un jeu de données ayant servi à la simulation.*

De même, l'utilisateur peut comparer le jeu de données qui a été pris en compte pour la simulation au regard de l'ensemble du jeu de données entré par l'utilisateur dans le logiciel ORAGE. Cela permet de vérifier que le jeu de données de dimensionnement est bien cohérent avec l'ensemble du jeu de données.

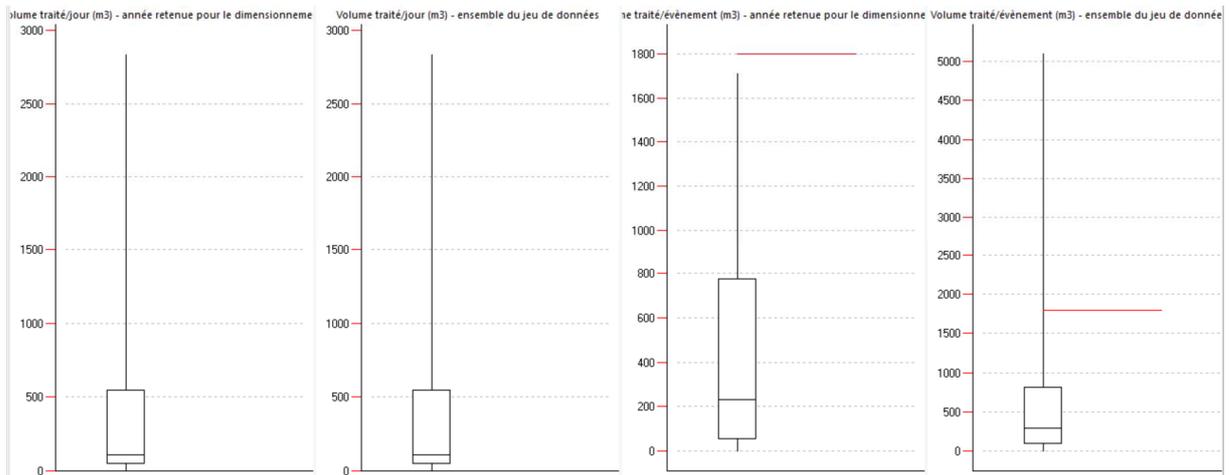


Figure 8 : exemple de représentation des charges hydrauliques reçues par l'ouvrage de traitement.

La Figure 8 représente (de gauche à droite), pour un jeu de données utilisé dans une simulation, la distribution des volumes traités par jour i) dans le jeu de dimensionnement, ii) sur l'ensemble du jeu de données utilisateur, ainsi que iii) les volumes traités par événements pluvieux du jeu de données de dimensionnement et de iv) l'ensemble du jeu de données. Le trait rouge représente le volume par événement entré en-dessous duquel les niveaux de rejets demandés doivent être respectés.

### II.3.2 Informations sur les concentrations

En ce qui concerne les polluants, le logiciel fournit pour chaque polluant (MES, DCO,  $N-NH_4^+$  et  $N-NO_3^-$ ) les concentrations moyennes, maximales, et percentiles, pour différents matériaux et différentes surfaces mises en œuvre. De même, les flux maximums rejetés pour les différents matériaux et surfaces sont représentés (Figure 9).

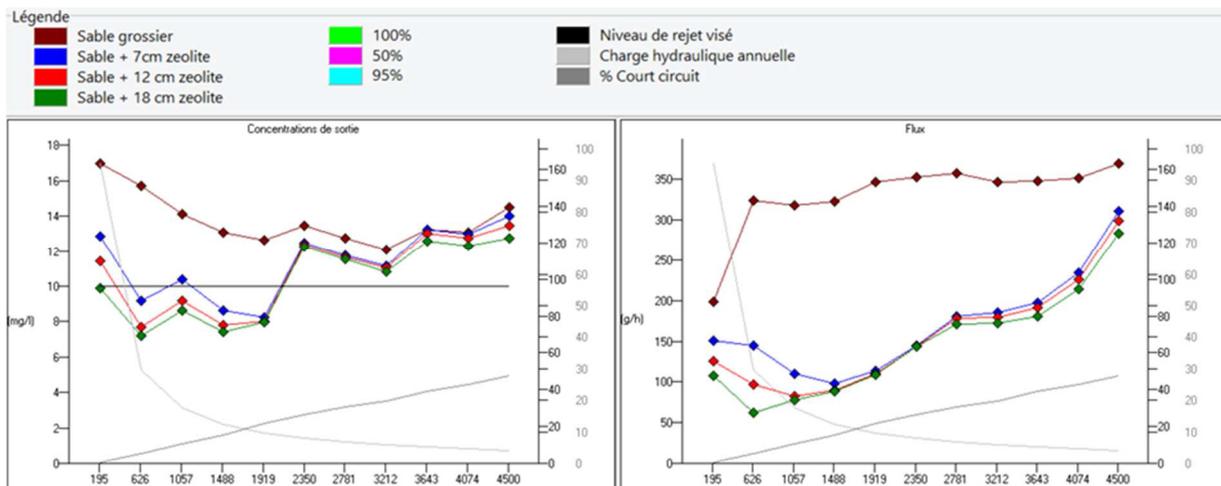


Figure 9 : exemple de représentation en concentrations de  $N-NH_4^+$  et en flux pour différents dimensionnements.

Ces données de sortie permettent à l'utilisateur de pouvoir comparer différentes hypothèses en une seule simulation.

# III Utilisation du logiciel

### III. Utilisation du logiciel

Le logiciel ORAGE peut être utilisé, soit pour réaliser un test de faisabilité d'un projet, soit pour de l'aide à la décision concernant le dimensionnement d'un ouvrage. Dans le premier cas, l'utilisateur ne possède pas de jeu de données propre à son site, alors que dans le deuxième cas, il en possède un valide et le plus fiable possible.

Le choix entre l'un des deux modes de fonctionnement se réalise sur la page d'accueil (Figure 10).



Figure 10 : page d'accueil du logiciel Orage et choix du mode d'utilisation.

#### III.1 Mode « Faisabilité »

Dans la mesure où l'utilisateur n'a pas de jeu de données propres à un site d'étude, ce mode ne fournit aucun élément de dimensionnement ; ceci pour éviter des réalisations d'ouvrage avec des dimensionnements non adaptés. L'information de sortie sera simplement du type « Filtre vertical planté de roseau suggéré pour ce projet, un diagnostic complet du site (qualitatif, quantitatif doit être réalisé avant) » ou bien « Pas de solution de traitement par filtre vertical planté de roseaux ».

Dans le test de faisabilité, l'utilisateur choisit le type d'eau à traiter « Un rejet de réseau pluvial strict » ou « Une surverse de réseau unitaire (DO) ». Différents paramètres sont à renseigner par l'utilisateur (Figure 11) comme :

- ▶ La région climatique. L'utilisateur a le choix entre cinq grandes régions climatiques -Montagnard (Embrun) / Océanique dégradé (Lille) / Semi-continentale (Metz) / Méditerranéen (Montélimar) / Océanique (Quimper) - qui associent des plages de température ainsi que des pluviométries types locales. Ces pluviométries sont basées sur des données Météo-France sur 6 ans (2000 à 2005).
- ▶ L'utilisateur indique la surface disponible pour la mise en œuvre du filtre, il s'agit de la plus grande surface possible du filtre (hors espaces annexes).
- ▶ Le ratio des débits entre orifices de sortie haut et bas. Dans le cas d'un seul orifice en bas, le ratio est de 0. Le ratio le plus grand autorisé est 3 (le débit par l'orifice du haut est donc trois fois plus grand que celui de l'orifice du bas).
- ▶ Dans le cas d'un rejet de réseau pluvial strict (Figure 11), la surface du bassin versant concerné par le rejet en question, le type d'occupation des sols associé (habitat dispersé / zone résidentielle / zone urbaine / zone industrielle / zone commerciale / voiries-routes) ainsi que le

coefficient d'imperméabilisation de la zone (trois choix sont proposés pour chaque type d'occupation des sols).

- ▶ Dans le cas d'une surverse de réseau unitaire (DO) (Figure 12), la population du bassin versant raccordé (en équivalent-habitant), ainsi que la valeur de débit (en m<sup>3</sup>/h) à partir de laquelle la surverse est activée.
- ▶ Dans les deux cas, les concentrations maximales acceptables en sortie d'ouvrage pour la DCO, les MES, le N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> et le N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. L'exigence de qualité demandée pour la DCO imposera la hauteur de matériau de filtration mise en œuvre de manière proportionnelle entre 45 cm pour une concentration de 110 mg /L de DCO, jusqu'à 60 cm pour une DCO de 90 mg/L.
- ▶ Le débit maximal de rejet autorisé dans le cours d'eau au regard des enjeux associés.
- ▶ Le volume d'eau à traiter par évènement correspondant à la pluie de référence pour le dimensionnement.

### Tests de faisabilité - paramétrage

Le filtre traitera  Une surverse de réseau unitaire (DO)

Vos paramètres

Région climatique	Surface disponible	Ratio des débits orifices haut/bas	Pourcentage
Méditerranéen (Montélimar)	4500,00 m2	0,50	%

Caractéristique du bassin versant pluvial

Surface totale	Occupation des sols	Coefficient d'imperméabilisation
50 ha	Habitat dispersé	25 %

Objectifs épuratoire et hydraulique

Concentration du rejet en DCO du rejet	Concentration du rejet en TSS	Débit de rejet acceptable dans l'eau
90 mg/L	90 mg/L	540,00 m3/h
Concentration du rejet en N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Concentration du rejet en N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Volume à traiter
10,0 mg/L	10,0 mg/L	1800,00 m3

Figure 11 : paramétrage utilisateur du contexte local pour un test de faisabilité en pluvial strict.

## Tests de faisabilité - paramétrage

Le filtre traitera  
 ☐ Un rejet de réseau pluvial strict      ☐ Une surverse de réseau unitaire (DO)

Vos paramètres

Région climatique	Surface disponible	Ratio des débits orifices haut/bas	Pourcentage
Méditerranéen (Montélimar)	4500,00 m2	0,50	%

Caractéristiques du réseau unitaire

Population raccordée en équivalent habitant (unité EH et pas PE)	Seuil de surverse
2000 PE	0 m3/h

Caractéristique du bassin versant pluvial

Surface totale	Occupation des sols	Coefficient d'imperméabilisation
50 ha	Habitat dispersé	25 %

Objectifs épuratoire et hydraulique

Concentration du rejet en DCO du rejet	Concentration du rejet en TSS	Débit de rejet acceptable dans l'eau
90 mg/L	90 mg/L	540,00 m3/h
Concentration du rejet en N-NH4+	Concentration du rejet en N-NO3	Volume à traiter
10,0 mg/L	10,0 mg/L	1800,00 m3

Figure 12 : paramétrage utilisateur du contexte local pour un test de faisabilité en surverse de DO.

En appuyant sur « Suivant », le logiciel calcule les volumes à traiter à chaque pas de temps (6 min) et réalise des simulations pour vérifier si oui ou non les niveaux de rejet spécifiés peuvent être respectés au regard des conditions d'entrée. Comme il ne s'agit pas de données propres au site du projet, les résultats ne produisent pas de données de dimensionnement, mais une donnée qualitative « faisable/non faisable » (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) sur la poursuite du projet tel qu'envisagé par l'utilisateur. En cas de rejet de la faisabilité, une modification du projet ou des contraintes peut être réalisée pour vérifier si d'autres configurations pourraient amener à une faisabilité de mise en œuvre d'un filtre.

Test de faisabilité - résultats

Filtre vertical planté de roseaux suggéré pour ce projet

Un diagnostic complet du site(qualitatif,quantitatif) doit être réalisé avant de pouvoir

Test de faisabilité - résultats

Pas de solution de traitement par filtre vertical planté de roseaux

Figure 13 : résultats possibles du test de faisabilité « faisable/non faisable ».

### III.2 Mode « dimensionnement » sur jeu de données

Afin d'obtenir des sorties plus précises sur le dimensionnement d'un ouvrage, il est nécessaire de sélectionner le mode « Dimensionnement sur un jeu de données ». Cela implique de posséder un jeu de données fiable tel que recommandé dans le guide SEGTEUP<sup>5</sup>. Cette étape ne peut se faire uniquement par modélisation du réseau et, en cas de traitement de surverses de DO, du déversoir d'orage. L'expérience montre que de nombreux systèmes de filtres souffrent d'une mauvaise

<sup>5</sup> P. Molle, J. Fournel, D. Meyer, S. Troesch, F. Clement, E. Brelot, L. Bacot, S. Guillermand, C. De Brito, J.Y. Toussaint, S. Vareilles, S. Ah Leung, Lipemé Kouyi, Q. Bichet, B. Chocat et D. Esser (2013). Systèmes extensifs pour la gestion et le traitement des eaux urbaines de temps de pluie. 41 pages. Disponible sur le site EPNAC (www.epnac.fr).

détermination des débits à traiter. Il est donc primordial de réaliser des mesures pluies/débits à l'endroit de mise en place de l'ouvrage de traitement. Ces mesures permettront de caler un modèle hydraulique du réseau afin de l'utiliser sur une chronique de pluies longue pour simuler les caractéristiques des débits à l'exutoire. Le calage du modèle doit se faire sur une dizaine de pluies significatives. Il est donc généralement nécessaire de réaliser des campagnes de mesures pluies/débits sur des périodes longues (plusieurs mois). En ce qui concerne les données qualité, il est nécessaire d'échantillonner au moins cinq évènements pluvieux pour avoir une idée de la variabilité de la qualité des eaux suivant les épisodes pluvieux.

### **III.2.1 Données d'entrée**

Les données d'entrée globales que l'utilisateur doit fournir sont similaires à celles demandées pour le mode faisabilité, mais complétées d'une précision sur le nombre de simulations différentes que le logiciel devra faire. Cette précision est demandée sous forme de discrétisation des calculs qui peut être renseignée (Figure 14) :

- ▶ soit par le nombre de divisions de la surface minimale à la surface maximale du filtre ;
- ▶ soit par le niveau d'incrémentement de la surface (en m<sup>2</sup>) entre la surface minimale et la maximale.

Le choix se réalise sur l'un des deux modes, en mettant à 0 la case pour le mode non choisi.

Le nombre de discrétisation augmentant le nombre de simulations, il est conseillé d'engager des modélisations sur un nombre réduit (faible nombre de division ou grande surface d'incrémentement) pour limiter le temps de calcul. Une fois le projet mieux cadré, il est possible d'augmenter le nombre de simulations pour améliorer la précision de l'observation. En pratique, il est conseillé de réaliser tout d'abord de premières simulations en choisissant cinq divisions afin d'avoir rapidement une vision des tendances, puis d'affiner dans un second temps les simulations une fois les paramètres et hypothèses bien calés.

L'utilisateur peut également choisir le percentile des niveaux de rejets qu'il souhaite voir affiché dans les résultats. Le percentile 50 et les valeurs maximales étant par défaut toujours représentées.

Les exigences de qualité visées, au niveau du rejet, qui doivent être renseignées sont fixes. Cependant, il faut noter que la valeur va en réalité dépendre de la surface de l'ouvrage. En effet, le débit de drainage du filtre étant proportionnel à sa surface, plus celui-ci est grand, plus le débit de drainage sera grand. Le niveau de rejet demandé est généralement calculé sur la base du facteur de dilution entre le débit de drainage et le débit de la rivière (on considère généralement le débit mensuel quinquennal humide du cours d'eau – le débit d'étiage sec n'étant pas cohérent avec un déversement par temps de pluie). Ainsi, plus le filtre sera petit, plus la dilution sera importante. Par conséquent, l'augmentation de la surface peut nécessiter d'imposer une contrainte plus forte sur les exigences de qualité du rejet.

## Dimensionnement sur jeu de données - paramétrage

Le filtre traitera  
 Un rejet de réseau pluvial strict  Une surverse de réseau unitaire (DO)

Vos paramètres

Région climatique	Surface disponible	Ratio des débits orifices haut/bas	Discretization of calculations		Percentile des rejets
			Nombre de divisions	Precision	
Méditerranéenne (Montélimar)	4500,00 m2	0,50	10	0 m2	95 %

Objectifs épuratoire et hydraulique

Concentration du rejet en DCO du rejet	Concentration du rejet en TSS	Débit de rejet acceptable dans l'eau
90 mg/L	90 mg/L	540,00 m3/h
Concentration du rejet en N-NH4+	Concentration du rejet en N-NO3	Volume à traiter
10,0 mg/L	10,0 mg/L	1800,00 m3

**ATTENTION**  
 Le logiciel a pour but de donner des éléments d'aide au dimensionnement, mais ne fige pas une solution unique. L'utilisateur doit intégrer les résultats générés avec les préconisations données dans le guide.

Figure 14 : paramétrage utilisateur des contraintes pour le mode dimensionnement.

La phase suivante est liée à l'importation du jeu de données utilisateur qui concerne la chronique des débits déversés ou des débits d'eaux pluviales strictes à traiter. Au cas où des données ont précédemment été utilisées par le logiciel, il est demandé à l'utilisateur si le jeu de données déjà présent doit être utilisé pour les simulations. Dans le cas contraire un nouveau chargement de données est nécessaire (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

## Dimensionnement sur jeu de données - paramétrage

Le filtre traitera  
 Un rejet de réseau pluvial strict  Une surverse de réseau unitaire (DO)

Vos paramètres

Région climatique	Surface disponible	Ratio des débits orifices haut/bas	Discretization of calculations		Percentile des rejets
			Nombre de divisions	Precision	
Méditerranéenne (Montélimar)	4500,00 m2	0,50	10	0 m2	95 %

Objectifs épuratoire et hydraulique

Concentration du rejet en DCO du rejet	Concentration du rejet en TSS	Débit de rejet acceptable dans l'eau
90 mg/L	90 mg/L	540,00 m3/h
Concentration du rejet en N-NH4+	Concentration du rejet en N-NO3	Volume à traiter
10,0 mg/L	10,0 mg/L	1800,00 m3

**ATTENTION**  
 Le logiciel a pour but de donner des éléments d'aide au dimensionnement, mais ne fige pas une solution unique. L'utilisateur doit intégrer les résultats générés avec les préconisations données dans le guide.

**DONNEES TROUVEES**

Des données ont déjà été importées. Voulez-vous continuer avec ce jeu de données?

Figure 15 : confirmation de la poursuite des simulations sur le jeu de données déjà présent dans le logiciel.

Pour télécharger les données, il faut au préalable les ordonner aux formats excel ou .csv. L'horodatage (colonnes A/ B) doit représenter un pas de temps régulier (5 à 15 min). La Figure 16 permet de visualiser un exemple.

	A	B	C	D	E	F	G
1	date	heure	m3/5min	DCO	NH4	MES	NO3
61	01/01/2010	04:55:00	19,44	247,010136	8,32697984	500	0
62	01/01/2010	05:00:00	19,5	246,14095	8,30195	500	0
63	01/01/2010	05:05:00	17,79	271,741699	9,04182254	500	0
64	01/01/2010	05:10:00	14,61	323,918757	10,5638977	500	0
65	01/01/2010	05:15:00	12,06	370,05171	11,9217778	500	0
66	01/01/2010	05:20:00	11,37	383,191563	12,3102189	500	0
67	01/01/2010	05:25:00	11,4	382,614448	12,293144	500	0
68	01/01/2010	05:30:00	9,87	412,721595	13,1855349	500	0
69	01/01/2010	05:35:00	6,99	473,125367	14,9847169	500	0
70	01/01/2010	05:40:00	5,01	517,480139	16,3121089	500	0
71	01/01/2010	05:45:00	4,56	527,88204	16,6240678	500	0
72	01/01/2010	05:50:00	4,53	528,57973	16,6450005	500	0

Figure 16 : exemple de mise en forme du jeu de données pour le dimensionnement.

- ▶ La première colonne doit correspondre à la date (JJ/MM/AAAA). La date doit être la bonne car elle permet de lier la fréquence de débit à des données températures de la région climatique type. Cela a un impact sur les performances de traitement de la DCO et la nitrification.
- ▶ La deuxième colonne correspond à l'heure (HH :MM :SS).
- ▶ La troisième colonne correspond au volume déversé par pas de temps (m<sup>3</sup>).
- ▶ Les colonnes quatre, cinq, six et sept correspondent aux concentrations en DCO, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, MES et N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> des eaux à traiter, exprimées en mg/L.

Dans la mesure où une corrélation entre concentrations et volumes déversés n'est pas évidente, l'utilisateur peut faire différentes simulations en réalisant des hypothèses de concentrations au regard des données qualité collectées lors de la phase de mesures sur le réseau. Cela permet de tester l'impact de différentes hypothèses sur le dimensionnement de l'ouvrage.

Le logiciel ORAGE demande où se situe le fichier correspondant au jeu de données ainsi que la ligne à laquelle les valeurs commencent et les colonnes correspondantes à chacune des informations nécessaires (Figure 17).

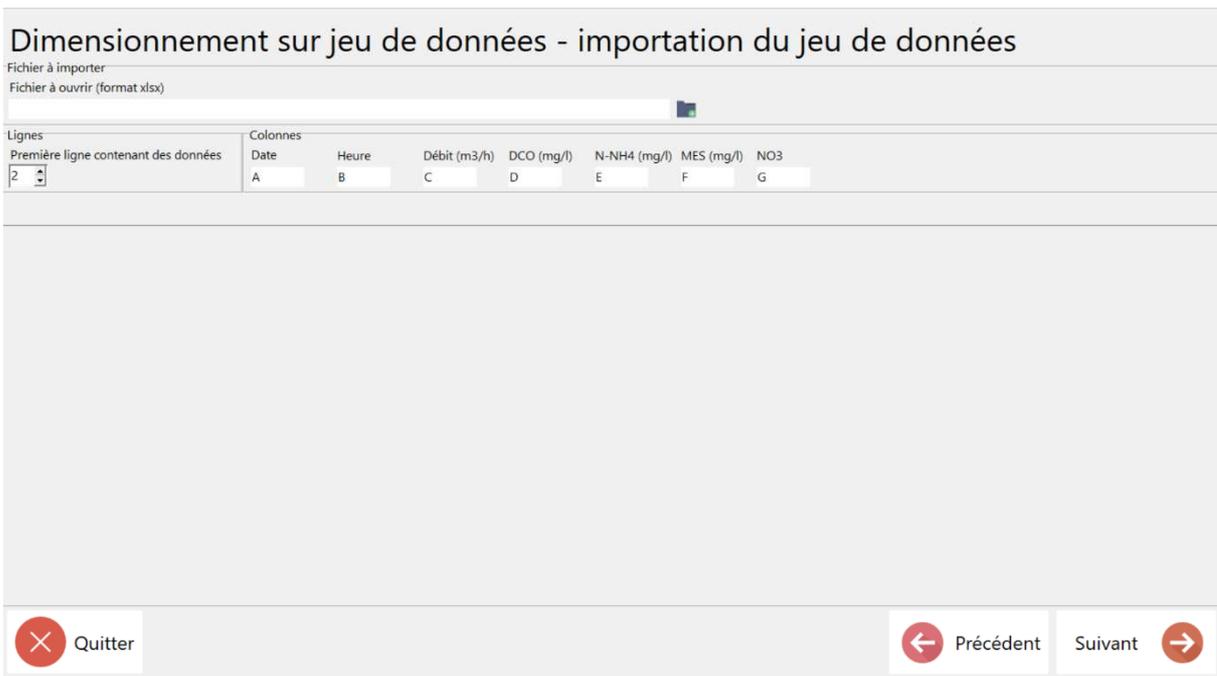


Figure 17 : rapatriement du jeu de données.

Une fois les informations renseignées, le logiciel va télécharger les données. Il est important que le fichier source de données ne soit ni ouvert ni affiché dans la fenêtre de l'explorateur de document.

A partir du jeu de données, le logiciel ORAGE va générer un jeu de données constitué d'une année type qui servira pour les simulations. Ce jeu de données se base sur :

- ▶ La période d'un an la plus défavorable en termes de charge hydraulique annuelle cumulée.
- ▶ L'ajout de la période consécutive de cinq jours la plus défavorable en termes de charge en azote ammoniacal.
- ▶ L'ajout de la période sèche la plus longue rencontrée sur l'ensemble du jeu de données.

Une fois le jeu de données de simulation construit, les simulations s'enchaînent pour chaque matériau et chaque incrémentation de surface.

### III.2.2 Données de sortie

Les données de sortie sont représentées dans différents onglets associés, aux polluants et aux données hydrauliques (charges et chroniques évènementielles).

L'onglet « **Chronique évènementielle** » permet de visualiser les différents volumes quotidiens (exprimés en m<sup>3</sup>) reçus par l'ouvrage de traitement pour l'ensemble du jeu de données (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Certains de ces volumes peuvent être supérieurs au débit de dimensionnement pris comme référence par l'utilisateur pour garantir les niveaux de rejet.

L'onglet « **Charges hydrauliques** » permet de visualiser, sous forme de boîte à moustaches (les extrémités de la barre verticale représentent les valeurs minimales et maximales, le rectangle intermédiaire englobe 50 % des données et le trait horizontal séparant ce rectangle en deux correspond à la médiane), la répartition des volumes traités par jour et par évènement (Figure 8). Les volumes traités par jour sont représentés aussi bien vis-à-vis du jeu de données issu du dimensionnement (1 an – boîte à moustache de gauche - que vis-à-vis de l'ensemble du jeu de données – 2<sup>ème</sup> boîte à moustache en partant de la gauche-. Cela permet de s'assurer que la sélection du jeu de données de dimensionnement est cohérente avec l'ensemble du jeu de données fourni par l'utilisateur. En cas d'une sélection d'un jeu de données de dimensionnement non représentative du jeu de données global, l'utilisateur peut éventuellement retoucher son jeu de donnée initial (supprimer des parties) pour

s'assurer que les évènements d'importance soient pris en compte dans le jeu de données de dimensionnement. La représentation des volumes traités par évènement permet de comparer la distribution des données (jeu de données de dimensionnement – 3<sup>ème</sup> graphique en partant de la gauche – et ensemble du jeu de données – graphique de droite) au volume de dimensionnement sélectionné par l'utilisateur. Cela permet ainsi de préciser la proportion des évènements dépassant ce seuil. Le trait rouge correspond au volume de dimensionnement choisi par l'utilisateur.

**Les onglets TSS (MES en anglais) et DCO** de la Figure 18, représentent les valeurs de concentration (graphique de gauche – mg/l) et de flux (graphique de droite – g/h) au niveau du rejet de l'ouvrage de traitement en fonction de la surface calculée. Il n'y a pas de séparation suivant les types de matériaux dans la mesure où la nature du matériau (sable, zéolite) n'a pas d'influence significative sur les performances de traitement et de filtration de ces paramètres.

Les graphiques de la première ligne représentent les concentrations (mg/L) et flux (g/h) maximums (Figure 18) en sortie de l'ouvrage, mais également la charge hydraulique annuelle sur le filtre (m/an) en trait gris clair et le pourcentage de courts-circuits hydrauliques (%) en trait gris plus foncé. Le % de courts-circuits hydrauliques représente le % de volume passé en condition de courts-circuits au regard des volumes totaux. L'augmentation de la surface a pour effet de diminuer la charge hydraulique annuelle, mais également d'augmenter le % de courts-circuits.

Le graphique représentant les concentrations (Figure 18, à gauche) indique également la limite de rejet que l'utilisateur a indiqué dans les contraintes initiales.

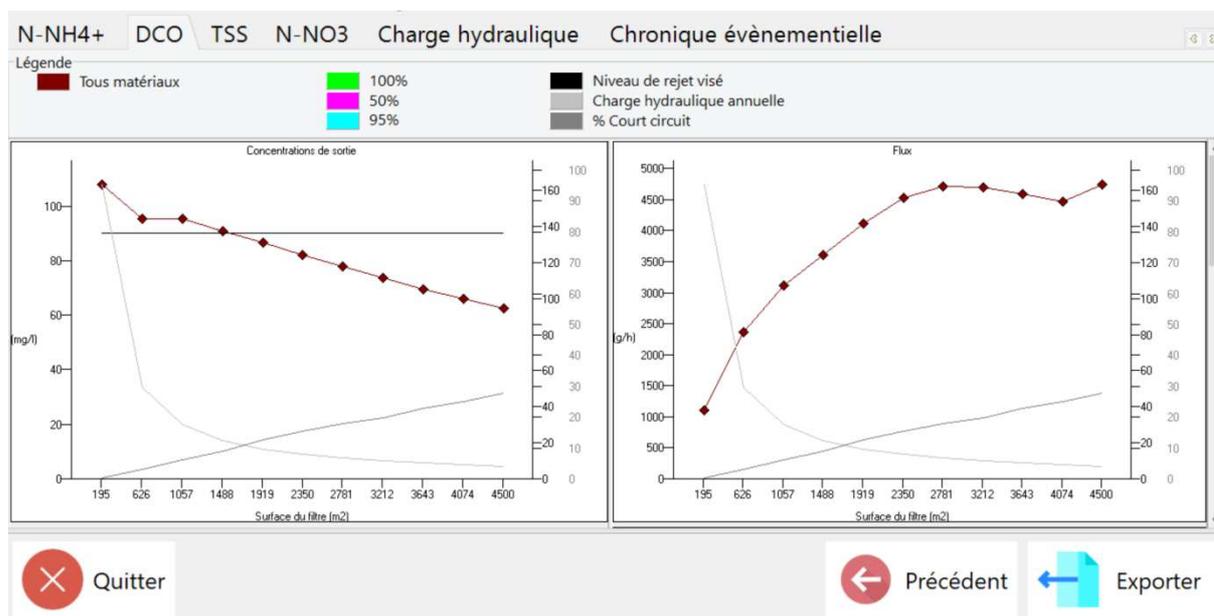


Figure 18 : exemple de représentations des concentrations et des flux de sortie de DCO maximum pour l'ensemble des matériaux.

Les graphiques de la Figure 19, qui correspondent à la deuxième ligne d'affichage à l'écran, représentent les mêmes informations en détaillant les valeurs de concentration et de flux, suivant la surface mise de filtre, pour les percentiles 50 et 100 ainsi que le percentile demandé par l'utilisateur. La courbe du percentile 100 correspond aux valeurs maximales (c'est à dire que 100 % des évènements présentent une concentration ou un flux inférieur ou égal à la valeur représentée). De la même façon, les valeurs associées à la courbe du percentile 50 correspondent aux valeurs maximales atteintes par 50 % des évènements du jeu de données. Les valeurs de la courbe associée au percentile demandé par l'utilisateur (95 % dans l'exemple de la Figure 19) correspondent aux valeurs maximales atteintes par 95 % des évènements du jeu de données. Cela permet de mieux visualiser l'impact d'évènements particuliers sur les niveaux de rejet (évènements extrêmes, évènements en courts-circuits importants, ...). Des flux émis (en g/h) qui augmentent avec la surface peuvent être associés soit à une influence plus forte des courts-circuits, soit à l'alimentation du filtre par des débits très supérieurs à la charge de dimensionnement et/ou à un drainage plus rapide impliquant des flux maximums plus importants.

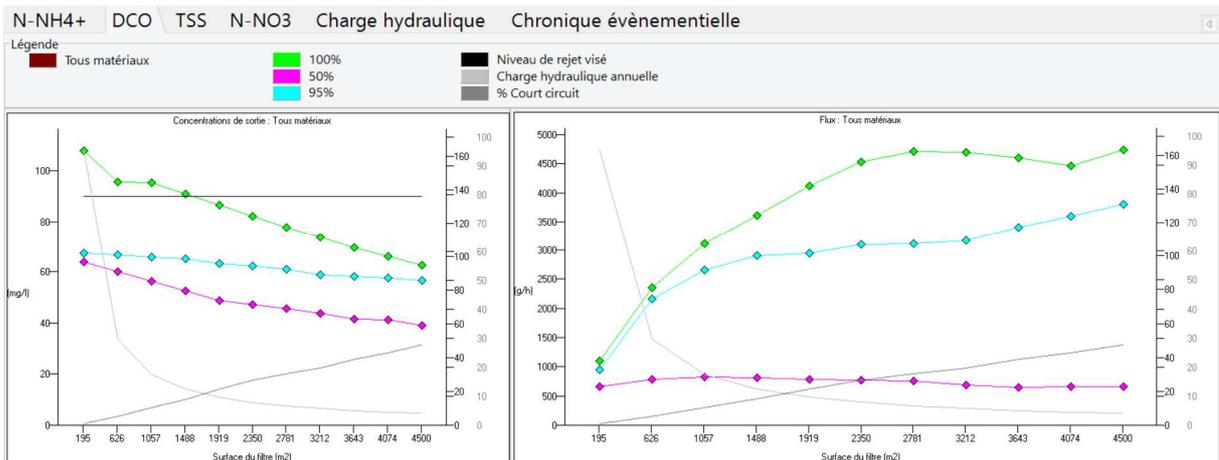


Figure 19 : exemple de représentations pour la DCO des concentrations et des flux de sortie maximums et percentiles pour l'ensemble des matériaux.

Enfin, la dernière ligne de graphiques (Figure 20) représente, sous forme de boîte à moustaches, la distribution des charges de polluants reçues par l'ouvrage en g/jour. Le premier représente les charges associées aux cinq événements les plus contraignants alors que les autres représentent la distribution des charges reçues sur l'année du jeu de données de dimensionnement, et sur l'ensemble du jeu de données.

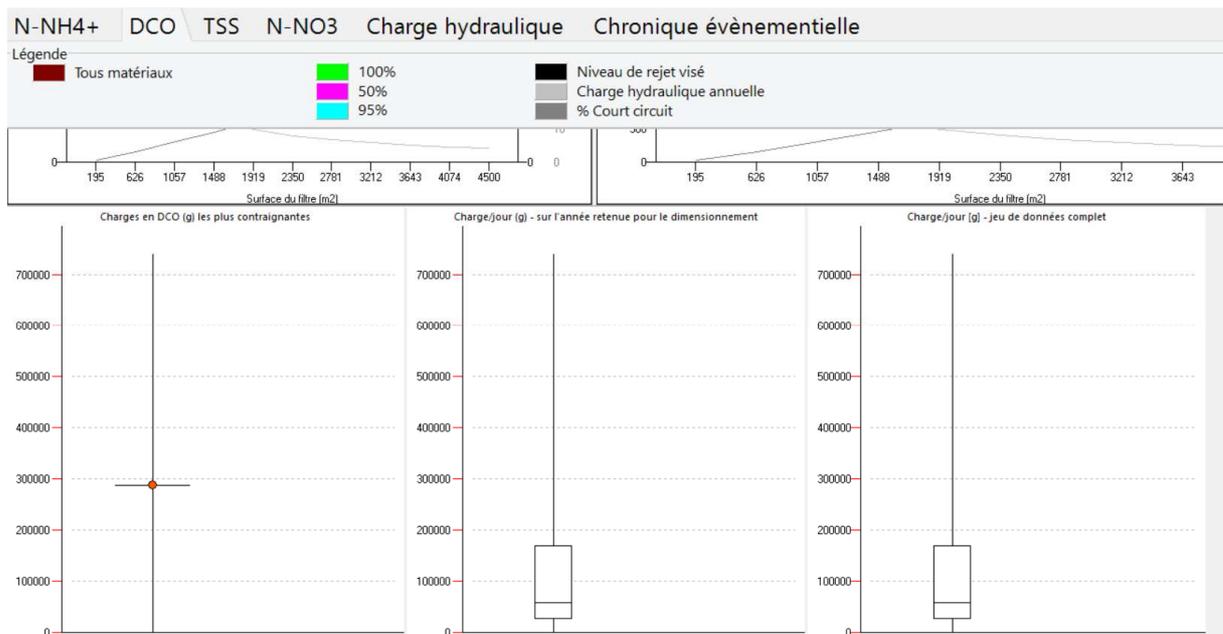


Figure 20 : exemple de distribution des charges reçues par l'ouvrage en g de polluants par évènement (ici en DCO).

Les onglets liés à l'azote (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> et N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) présentent les mêmes informations en faisant la distinction entre les matériaux (sable grossier, sable plus 7, 12 ou 18 cm de zéolite) en raison de leur capacité plus ou moins importante à adsorber l'ammonium. La première ligne de graphiques représente ainsi les concentrations et flux maximums pour chacun des matériaux en fonction de la surface de l'ouvrage (Figure 21). La deuxième ligne présente ensuite les courbes associées aux percentiles de la distribution des concentrations et des flux pour chacun des matériaux testés (Figure 22) en fonction de la surface. Enfin la dernière ligne présente sous forme de boîte à moustaches les distributions des charges en azote reçues pour les cinq événements les plus contraignants, pour l'année du jeu de données de dimensionnement et enfin pour l'ensemble du jeu de données.

L'azote étant généralement le paramètre clef pour le dimensionnement, l'utilisateur possède avec ces graphiques des informations cruciales pour définir les paramètres de conception de l'ouvrage de traitement.

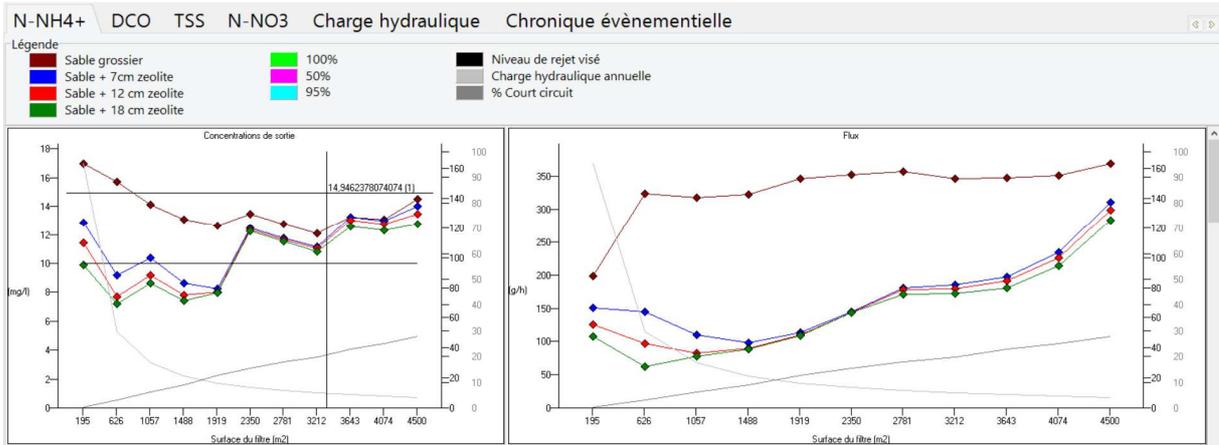


Figure 21 : concentrations et flux maximums pour le paramètre  $N-NH_4^+$ .

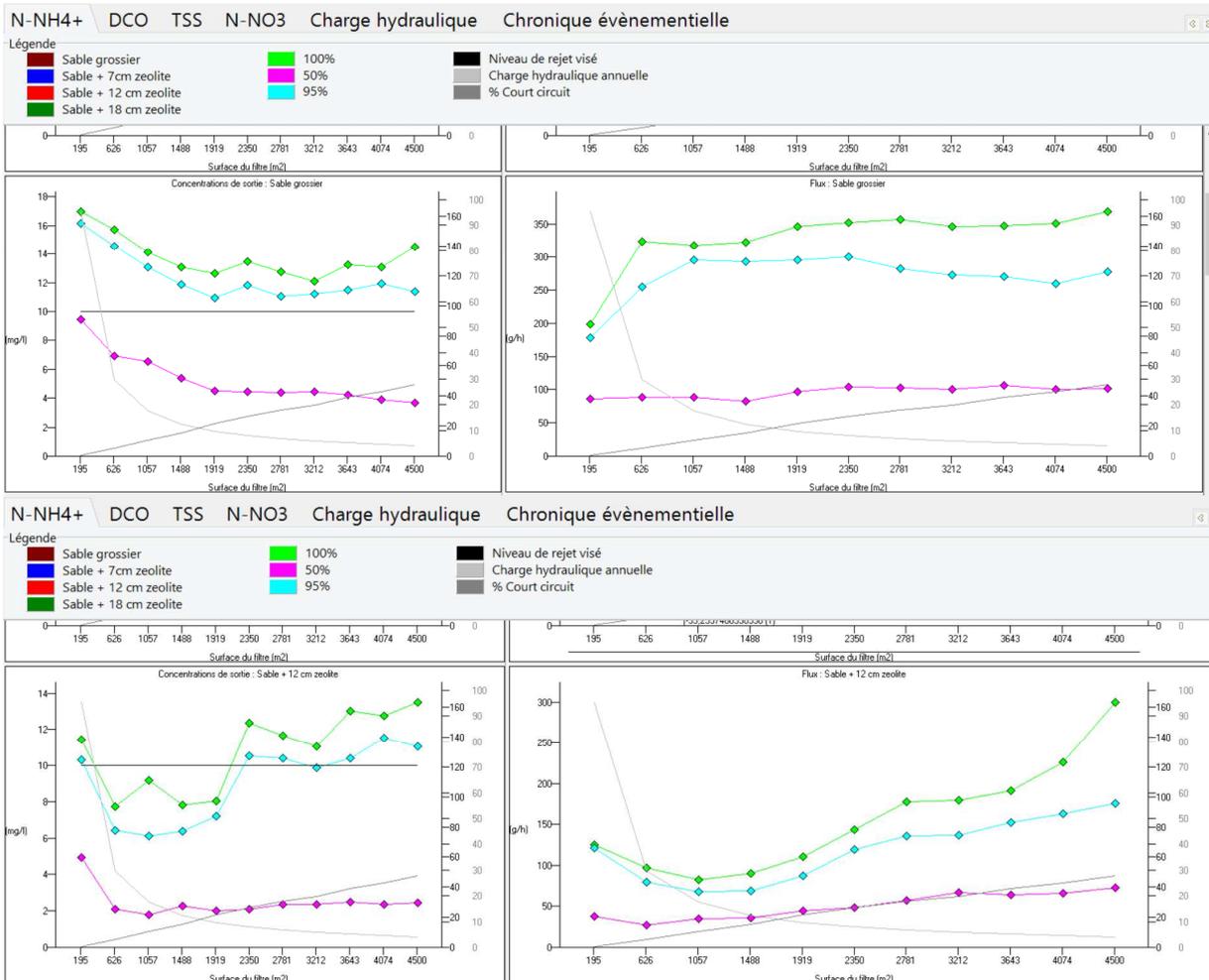


Figure 22 : percentiles de concentrations et de flux en  $N-NH_4^+$  pour différents matériaux de filtration.

## IV. Conclusion

Le logiciel ORAGE développé dans le cadre du projet ADEPTE permet une approche dynamique du dimensionnement des filtres plantés de roseaux pour le traitement des rejets urbains de temps de pluie. Il permet de proposer aux constructeurs et aux bureaux d'étude des éléments clefs de dimensionnement, prenant en compte la dynamique des épisodes pluvieux tout en s'assurant du respect des niveaux de rejets et les contraintes de site. Les polluants pris en compte sont la Demande Chimique en Oxygène (DCO), les Matières En Suspension (MES) et l'azote (nitrate et ammonium).

Son utilisation pour des objectifs de dimensionnement n'affranchit pas le concepteur d'apporter une réelle expertise sur ces technologies de traitement ainsi que sur les caractéristiques des évènements pluvieux générés par les réseaux. En effet, une connaissance précise du comportement hydraulique des réseaux par temps de pluie est une nécessité première pour aboutir à un dimensionnement pertinent des ouvrages. L'utilisateur du logiciel peut se référer aux guides réalisés dans le cadre du projet SEGTEUP et ADEPTE pour accompagner sa démarche ([www.epnac.fr](http://www.epnac.fr)).

Ce logiciel fait l'objet de complément de recherche pour le faire évoluer aussi bien vers d'autres polluants qu'une meilleure fonctionnalité pour l'aide à la décision.

