

Exercices liés au cours hydrologie urbaine « modélisation stochastique »

Cet exercice englobe 3 cours différents :

- 1) Méthode rationnelle
- 2) Modélisation déterministe
- 3) Modélisation stochastique

Chaque cours est suivi d'un exercice spécifique qui devra être rendu dans les délais fixés. Différents exemples tirés de la pratique sont utilisés afin de vous montrer comment différents types de modèles sont utilisés par les ingénieurs.

Pour l'exercice sur la méthode rationnelle, le but est de dimensionner les canalisations d'un nouveau quartier et de voir dans quelle mesure une solution de rétention/infiltration pourrait être adéquate comme solution alternative.

Pour l'exercice de modélisation déterministe, le but est de concevoir un bassin de rétention pour les eaux pluviales urbaines. Ce bassin est inspiré du bassin sur la Louve à Lausanne, qui possède plusieurs fonctions : laminage des crues, déviation d'un cours d'eau, limitation des ECP et des eaux de ruissellement à la STEP, production d'hydroélectricité urbaine, biodiversité... Une visite de cet ouvrage a été effectuée dans le cadre du cours.

Finalement, l'exercice de modélisation stochastique permettra d'estimer les impacts des rejets (eaux claires du réseau séparatif et déversoirs d'orage) sur le cours d'eau récepteur du bassin précédent (ruisseau La Louve).

Bien que les exercices soient basés sur des cas réels, les données ont été simplifiées et adaptées dans le cadre de ce cours à des fins didactiques. Les dimensionnements et les résultats obtenus sont donc à considérer de manière purement indicative.

Situation actuelle et solution proposée

Différentes approches de modélisation ont déjà été mises en place sur le bassin versant de la Louve à Lausanne (simulation déterministe). Cependant, les **impacts potentiels des rejets** sur le milieu récepteur n'ont pas été abordés jusqu'ici. Le but de cet exercice est d'estimer ces impacts et, le cas échéant, de proposer des solutions techniques pour y remédier.

Dans le cas qui nous intéresse, des promeneurs se sont plaints de **présence de déchets** dans et à proximité du cours d'eau (papier de toilette, bandes hygiéniques...) au niveau de l'exutoire du bassin versant n°3 (Figure 1), soit en amont du petit lac de barrage aperçu lors de la visite. Des traces **d'érosion des berges et du fond sont visibles** sur certaines sections du cours d'eau à cet endroit.

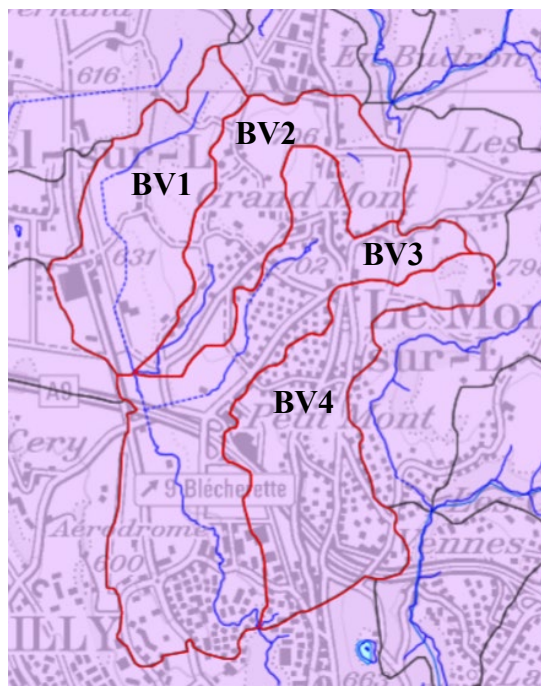


Figure 1: Schéma global de la zone utilisée pour les différents exercices : zone de la rivière « Petit-Flon » au nord de Lausanne

De plus, le petit lac de rétention sur la Louve (que vous utilisez dans le cadre de l'exercice avec RS Minerve) doit être régulièrement vidé des sédiments qui s'y accumulent. Une analyse effectuée sur ces sédiments a montré des **concentrations potentiellement problématiques en métaux lourds et HAPs** (Hydrocarbures aromatiques polycycliques). La source de cette contamination est-elle en lien avec le déversoir d'orage ?

Une solution a été proposée par un bureau d'ingénieur, consistant à mettre en place un **bassin de rétention** pour limiter les impacts du déversoir d'orage. Cette solution devrait limiter les rejets de papiers et déchets et répondre à la problématique d'érosion et de sédiments contaminés. La construction d'un bassin permettrait également par la même occasion de refaire le déversoir d'orage dont la conception **ne reflète plus l'état de la technique**, selon le module DB de la directive VSA sur la gestion des eaux urbaines par temps de pluie.

Vous devez dimensionner cette solution proposée de bassin de rétention et donner votre avis d'expert : Cette solution est-elle adaptée à la situation ? A vous de répondre...

Données de base

Les caractéristiques des bassins versants et du milieu récepteur sont fournies dans Moodle (fichier « BaseExo_2025.zip », prendre les 3 fichiers et les extraire dans votre dossier de travail). Le but de cet exercice est d'utiliser le logiciel REBEKA et de voir quelques-unes de ses possibilités.

Les questions auxquelles vous devrez répondre sont les suivantes :

- 1) **Est-ce qu'un impact est attendu dans la configuration actuelle du bassin versant, sur la base des résultats du modèle ? Ces résultats sont-ils en phase avec les observations de terrain ?** *La réponse est fournie via une modélisation déterministe dans un premier temps, puis une modélisation de type stochastique.*
- 2) **Une approche STORM (investigation détaillée du rejet) est-elle nécessaire ? Les exigences minimales sont-elles respectées ?** *La réponse est également fournie via la modélisation déterministe.*
- 3) **Quels sont les paramètres pour lesquelles des informations plus précises doivent être obtenues ?** *Une analyse de sensibilité est nécessaire pour répondre à cette question*
- 4) **Quelle est la taille idéale d'un bassin de rétention pour le déversoir d'orage ?** *A l'aide différentes modélisation déterministe, vous pouvez dimensionner un ouvrage de rétention*
- 5) **Quelle solution alternative pourrait-on conseiller ?** *vous pouvez tester différentes configurations...*

Pour répondre à la question 5, le cours sur les solutions techniques de la semaine prochaine sera particulièrement utile !

Une série de questions précises vous sont posées sur les pages suivantes. Une aide à l'exécution vous est également fournie. Vous pouvez accéder au logiciel via les machines virtuelles ENAC.

3.1. Estimation des impacts à l'aide d'une simulation de type déterministe

A l'aide d'une simulation déterministe, répondre aux questions posées ci-dessous (en bleu). Les calculs sont effectués en tenant compte de nouvelles données disponibles :

- 1) Données des équivalents habitants du bassin versant unitaire : **6.8 g N-NH₄/hab/j**
- 2) Dans le système unitaire également, les nouvelles données de recensement comptabilisent **480 habitants** au lieu des 600 donnés. De plus, le débit vers la STEP a été mesuré plus précisément et se monte à 25 l/s au lieu des 30 l/s initiaux.
- 3) La surface effective du système séparatif est de **7.4 ha** (construction d'une zone de villa)
- 4) Au niveau du cours d'eau, le débit de base (Q_{347}) a été réévalué à **15 l/s** en ce point et la valeur de **pH à 8.2** (onglet NH₃). On atteint ces valeurs avec un double-clic sur le cours d'eau.
- 5) Pour le bassin versant naturel, la surface effective a été estimée à **16.5 ha**, sur la base d'ortho-photos.
- 6) Une analyse sédimentaire conduit aux modifications suivantes (onglet « hydraulique » du milieu récepteur): **dm = 0.005 m, d90 = 0.02**, largeur moyenne du fond : **1.10m**

Après avoir modifié le fichier de base avec ces nouvelles données, répondre aux questions suivantes. La procédure pour arriver à ces résultats est décrite à la page suivante.

a) réseau unitaire :

Volume des rejets par an [m³] : _____

Nombre de rejets par an [-] : _____

Durée des rejets par an [h] : _____

Charge du NH₄ rejetée par an [kg] : _____

Charge des MES rejetée par an [kg] : _____

b) réseau séparatif :

Charge des MES rejetée par an [kg] : _____

Dans la situation actuelle, doit-on s'attendre à (Tab « Immissions » dans les résultats de la modélisation déterministe) :

Des problèmes aigus liés à NH ₃ ?	oui/non
Des problèmes liés au stress hydraulique ?	oui/non
Des problèmes de colmatage ?	oui/non
Des problèmes de turbidité ?	oui/non
Des problèmes d'accumulation de sédiments toxiques ?	oui/non
Des problèmes avec les matières organiques dans les sédiments ?	oui/non

Question 1:

Ces premiers résultats sont-ils conformes avec les observations effectuées sur site (trace de déchets, érosion, sédiments contaminé... ?)

Question 2:

Une approche STORM (investigation détaillée du rejet) est-elle nécessaire sur la base des résultats obtenus et des observations de terrain ? (cf chap. 8.4 module de base directives VSA sur la gestion des eaux urbaines par temps de pluie)

Les exigences minimales STORM sont-elles respectées ? (voir Tabs « Syst. Unitaire » dans résultats déterministes)

Aide à la résolution de l'exercice : simulation déterministe

Le logiciel REBEKA est composé de différents menus et de différents Tabs, dont celui « Système » de la Figure 2, qui permet de visualiser la schématisation du système.

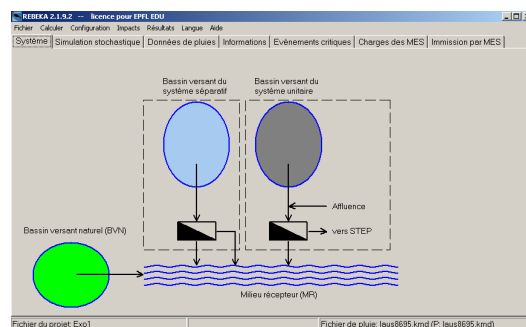


Figure 2 : Présentation du système dans le logiciel

Avant de commencer les calculs, un certain nombre d'étapes sont nécessaires :

- 1) **Ouvrir** le fichier de travail, dans le menu « Fichier/ouvrir » sélectionner le fichier « BaseExo_2025.in »
- 2) **Enregistrer** votre fichier sous un nouveau nom « Fichier/enregistrer sous » et donner un nom pour votre exercice (p.ex. Exo_HU_vos_initiales » et enregistrer aussi les fichiers résultats sous le même nom).
- 3) Dans le menu « configuration », **vérifier** i) que les paramètres A et B pour le calcul de la dose corresponde aux valeurs pour la LC10 (A=1.5, B=0.025 sous menu « Dose de NH3 ») ii) que pour le calcul des MES, la valeur de Z correspond à la valeur limite de létalité pour les poissons (Z=8, sous menu « Limites pour l'immission par MES ») et iii) que le nombre d'événements critiques tolérés par année est de 10 pour le stress hydraulique (menu « configuration/limites par STORM, nombre transports solides par rejet [/a] »). Par la suite, vous pouvez changer ces paramètres si vous le souhaitez.

- 4) Dans le menu « Fichier/lire le fichier de pluie » **sélectionner** les données de pluie pour la région de Lausanne et sélectionner l'ensemble des pluies. Vous pouvez retourner au schéma principal sous l'onglet « Système ».
- 5) **Modifier** les données du modèle selon les mesures qui sont données en début d'exercice.
- 6) Lancer une simulation de type déterministe (Menu « Calculer/déterministe »). Si un message concernant les données de pluie apparaît, vous pouvez vérifier que les données de pluies utilisées sont bien celles de Lausanne (en bas à droite de la fenêtre du logiciel doit figurer le nom du fichier de pluie : « laus8695.kmd »). Presser OK, et les résultats du calcul sont présentés.
- 7) Les résultats vous permettront de répondre directement aux questions posées dans la première partie de l'exercice (questions 1 et 2).

Résultat de la simulation déterministe	
Projet	Pluie/Milieu récepteur
Sys. unitaire	Séparatif
Immissions	Transport solide
Hauteur de pluie par an [mm]	1170.4
Nombre d'événements de pluie par an[-]	216
Temps sec minimal [min]	60
Débit pour transport solide [m3/s]	0.326
Calcul du début du transport solide avec d90	Oui
Niveau d'eau pour débit de base [m]	0.039
Conc. de NH3-N pour débit de b. et Tmax[mg/l]	0.00
Calcul du pH (par défaut = simple = 0)	0
Bloc note	Enregistrer
Imprimer	Fermer

Figure 3: Exemple de résultats avec la simulation déterministe : en cliquant sur les différents Tabs vous obtenez les résultats pour les rejets unitaires, séparatifs, et pour les impacts (Tabs immission).

3.2 Estimation des impacts à l'aide d'une simulation de type stochastique

Les résultats déterministes fournissent une première estimation des impacts, il faut cependant tenir compte des **incertitudes** dans les paramètres pour affiner ces résultats.

A l'aide d'une simulation de type stochastique cette fois, il s'agit de répondre aux questions du Tableau 1, **après avoir modifié** les données de base selon les instructions données ci-dessous.

Tableau 1: Questions en lien avec la modélisation stochastique. **Attention** : tenir compte de probabilité de dépassement ou de non-dépassement !

Questions	Réponse
Quelle est la probabilité de respecter le critère de 1 événement critique en moyenne par an pour la dose de NH ₃ ?	
Quelle est la probabilité d'avoir plus d'un événement critique en termes de MES par an ? (pour la turbidité)	
Quelle est la probabilité d'avoir plus de 10 événements critiques en moyenne par année pour le stress hydraulique (érosion, nombre total de transports solides par an) ?	
Quelle est la masse rejetée de MES par an [kg/an] par le déversoir d'orage (= du système unitaire vers le milieu naturel)*	
Quelle est la probabilité de respecter les 3 critères d'immission pour les MES dans les sédiments : a) Colmatage ? b) Toxicité ? c) Consommation d'oxygène ?	

*donner la valeur médiane. Remarquez la différence entre la valeur médiane et la valeur moyenne...

La réponse à ces questions vous permet de nuancer les résultats déterministes !

Avant de lancer une simulation de type stochastique, il convient de vérifier les paramètres et notamment ceux qui ont été modifiés à la suite de mesure sur le terrain. Pour cela, aller dans Tabs « Simulation stochastique » (Figure 3). Choisir un nombre d'itération de 200 (rappel : cela représente 200 fois la simulation de 10 années de pluie, en tenant compte pour chaque itération de valeurs différentes pour les paramètres). Si les durées de simulation sont trop longues sur votre ordinateur, vous pouvez limiter le nombre d'itération à 100 pour effectuer des tests, et à 500 pour produire par la suite les résultats finaux.

Modifier les paramètres suivants, dans l'onglet « simulation stochastique » :

- Pour le nombre d'habitant, décocher la case « **relative** » et entrer des valeurs entre **450 et 520 habitants**.
- Le débit vers la STEP varie entre **22 et 28 l/s**. Décocher également la case « relative » pour entrer ces valeurs
- Pour le réseau séparatif, entrer la surface effective du bassin versant entre **7.2 et 7.8 ha**, avec une **distribution Normale** des valeurs.
- Pour le milieu récepteur, mettre une incertitude de **+/- 25 %** sur la valeur du débit de base (cocher la case « relative » et entrer les valeurs de 0.75 pour la limite inférieure et la valeur de 1.25 pour la valeur supérieure).
- Dm et d90 varient de ± 25%** autour de leurs valeurs moyennes, distribution uniforme, idem pour la **largeur de fond** (± 25% autour de la valeur moyenne).

Paramètres	Moyenne	Limite inférieure	Limite supérieure	relative	Distribution
Système unitaire (SU)					
Surface effective [ha]	6.7	0.8	1.2	<input checked="" type="checkbox"/>	Uniforme
Perte initiale [mm]	1	0.8	1.2	<input checked="" type="checkbox"/>	Uniforme
Constante de stockage [min]	20	1	1	<input checked="" type="checkbox"/>	Constant
Habitants [EGW]	480	450	520	<input type="checkbox"/>	Uniforme
Débit de temps sec [l/(EGW*d)]	250	0.9	1.1	<input checked="" type="checkbox"/>	Uniforme
Débit vers STEP [l/s]	25	22	28	<input type="checkbox"/>	Uniforme
Affluent Q [l/s]	0	1	1	<input checked="" type="checkbox"/>	Constant
Volume du bassin [m3]	0	1	1	<input checked="" type="checkbox"/>	Constant
Conc. de NH4-N dans les eaux pluv. [mg/l]	0	1	1	<input checked="" type="checkbox"/>	Constant
pH des eaux mixtes [-]	8	7	8	<input type="checkbox"/>	Uniforme
Charge de NH4-N [g/(EGW*d)]	6.8	6	8	<input type="checkbox"/>	Uniforme
Alcalinité des eaux mixtes [mmol/l]	3	3	4	<input type="checkbox"/>	Uniforme
Conc. de NH4-N dans l'affluent [mg/l]	0	1	1	<input checked="" type="checkbox"/>	Constant
Conc. des MES dans les eaux usées [mg/l]	200	150	250	<input type="checkbox"/>	Uniforme
Conc. des MES dans l'affluent [mg/l]	0	1	1	<input checked="" type="checkbox"/>	Constant
Coefficient de premier flot [-]	0.962	0.59	1.33	<input type="checkbox"/>	Normale
Part de sédiments [-]	0.2	0.1	0.3	<input type="checkbox"/>	Uniforme
Efficacité de la séparation des MES [-]	0	1	1	<input checked="" type="checkbox"/>	Constant
Système séparatif (SS)					
Surface effective [ha]	7.4	7.2	7.8	<input type="checkbox"/>	Normale
Perte initiale [mm]	1	0.8	1.2	<input checked="" type="checkbox"/>	Uniforme
Constante de stockage [min]	10	1	1	<input checked="" type="checkbox"/>	Constant
Volume du bassin [m3]	0	1	1	<input checked="" type="checkbox"/>	Constant
Débit de sortie du bassin [l/s]	0	1	1	<input checked="" type="checkbox"/>	Constant
Coefficient de premier flot [-]	0.71	0.33	1.54	<input type="checkbox"/>	Log normale
Efficacité de la séparation des MES [-]	0	1	1	<input checked="" type="checkbox"/>	Constant
Conc. des MES dans l'eau pluviale [mg/l]	68	12	372	<input type="checkbox"/>	Log normale
Bassin versant naturel (BVN)					
Surface effective [ha]	16.5	0.8	1.2	<input checked="" type="checkbox"/>	Uniforme
Perte initiale [mm]	5	0.8	1.2	<input checked="" type="checkbox"/>	Uniforme
Constante de stockage [min]	196	0.8	1.2	<input checked="" type="checkbox"/>	Uniforme
Milieu récepteur (MR)					
Débit de base [m3/s]	0.015	0.75	1.25	<input checked="" type="checkbox"/>	Uniforme
Pente du fond [-]	0.015	0.5	1.5	<input checked="" type="checkbox"/>	Uniforme
Largueur du fond [m]	1.1	0.75	1.25	<input checked="" type="checkbox"/>	Uniforme
Pente du talus x:1 [H:V] [-]	1	0.8	1.2	<input checked="" type="checkbox"/>	Uniforme
Coefficient de rugosité [$m^{1/3}/s$]	25	0.8	1.2	<input checked="" type="checkbox"/>	Uniforme
Diamètre moyen des particules du fond [m]	0.005	0.75	1.25	<input checked="" type="checkbox"/>	Uniforme
90% val. du diamètre des particules du fond [m]	0.02	0.75	1.25	<input checked="" type="checkbox"/>	Uniforme
Concentration de NH4-N [mg/l]	0.01	1	1	<input checked="" type="checkbox"/>	Constant
Valeur de pH [-]	8.2	7.5	8.5	<input type="checkbox"/>	Uniforme
Alcalinité [mmol/l]	3	3	4	<input type="checkbox"/>	Uniforme
Temp. min. (Février) [C]	5	0.8	1.2	<input checked="" type="checkbox"/>	Uniforme
Temp. max. (Août) [C]	20	0.8	1.2	<input checked="" type="checkbox"/>	Uniforme
Vitesse de sédimentation [cm/s]	0.024	0.012	0.063	<input type="checkbox"/>	Uniforme
Vitesse d'érosion [g/m2/s]	1.36	0.678	2.03	<input type="checkbox"/>	Uniforme
Déo. des matières organiques [1/d]	0.24	0.12	0.3	<input type="checkbox"/>	Uniforme
Contrainte de cisaillement critique [N/m2]	4.7	3.1	5.1	<input type="checkbox"/>	Uniforme

Figure 4 : Exemple de table des données pour la conduite d'une simulation de type stochastique

Sauver votre fichier, puis lancer la simulation stochastique à l'aide du menu « Calculer/stochastique ». La vitesse de calcul (nombre d'itération) apparaît en bas et au centre de la fenêtre du logiciel. Si la durée de simulation est trop longue, vous pouvez l'interrompre avec la commande « Stop » qui apparaît dans les menus pendant la simulation.

Les résultats obtenus (exemple Figure 4 et Figure 5) vous permettent de répondre aux questions posées. L'axe horizontal dans l'exemple de la Figure 4 donne le nombre d'événements critiques. Les lignes en traitsillés donnent les valeurs limites définies dans le logiciel. L'intersection de cette valeur limite avec la courbe des résultats donnent la probabilité qu'un problème apparaisse (axe vertical, attention probabilité de non-dépassement !). Il est possible de masquer certains résultats en les décochant dans la légende.

Dans la Figure 5, l'axe horizontal représente le pourcentage de temps annuel. Les traitsillés verticaux représentent les critères d'immission. La probabilité de respecter ou non les contraintes fixées se lit également sur l'axe vertical (probabilité de non-dépassement).

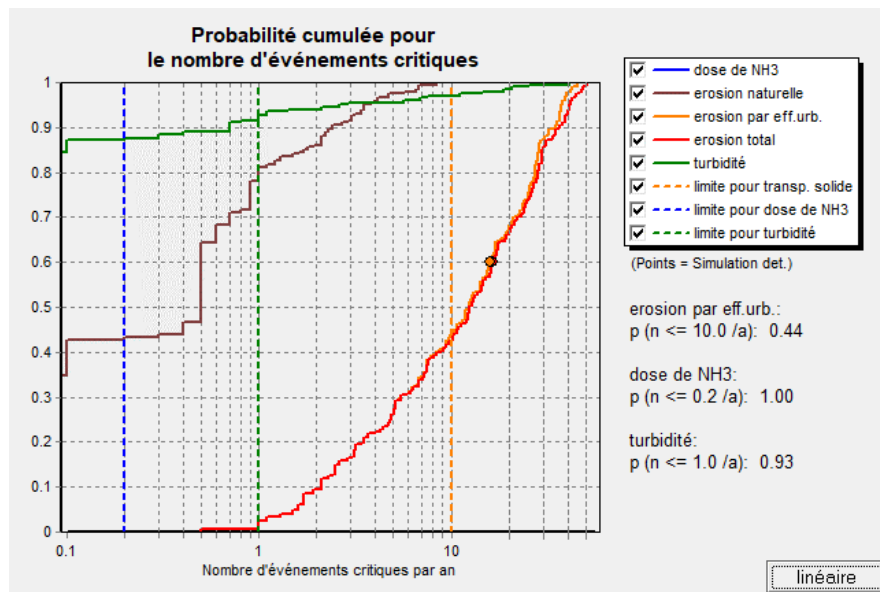


Figure 5: Exemple de résultats de type « Événements critiques » exprimés sous forme logarithmique (changement en mode linéaire à l'aide du bouton en bas à droite)

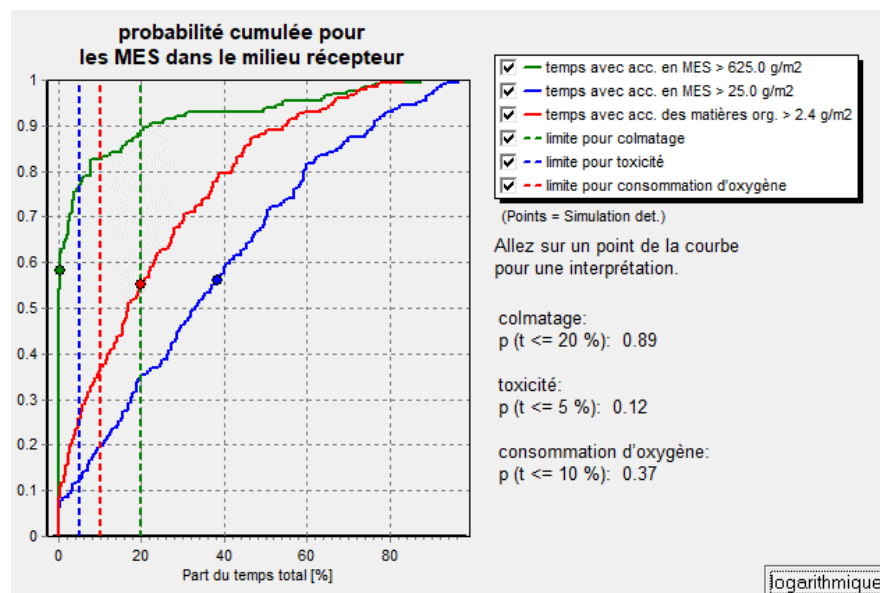


Figure 6: Exemple de résultats pour les sédiments. L'axe horizontal représente cette fois le temps moyen annuel pendant lequel le critère est atteint ou dépassé

3.3 Analyse de sensibilité

L'analyse de sensibilité permet d'identifier les paramètres qui nécessitent une attention particulière. Une petite modification de ces paramètres peut exercer une forte influence dans les résultats. Une analyse de sensibilité est proposée dans le logiciel REBEKA, les questions à répondre et la marche à suivre sont donnés ci-dessous.

Question : Identifiez 4-5 paramètres qui semblent jouer un rôle important pour les résultats (pas forcément dans un ordre chronologique), afin de répondre à la question n°3.

Numéro :	Paramètre :
1	
2	
3	
4	
5	

Ces résultats vous permettent de répondre à la question :

Question 3 :

Quels sont les paramètres pour lesquelles des informations plus précises doivent être obtenues ?

Marche à suivre pour l'analyse de sensibilité

Avant d'effectuer l'analyse de sensibilité, enregistrer un nouveau fichier dans « Fichier / enregistrer sous », p.ex. « Exo_2025AS.in ». Dans le menu « Configuration/analyse de sensibilité » choisir 5 points d'échantillonnage (l'analyse se fera donc dans un intervalle entre la valeur minimale et la valeur maximale, pour 3 points répartis dans cet intervalle). Cocher également le sous-menu « Calculer la distribution des paramètres ».

Lancer l'analyse de sensibilité dans le menu « Calculer/analyse de sensibilité », et remplacer les fichiers déjà existants. A la fin des calculs (env. 175 itérations), deux fenêtres s'affichent Figure 6).

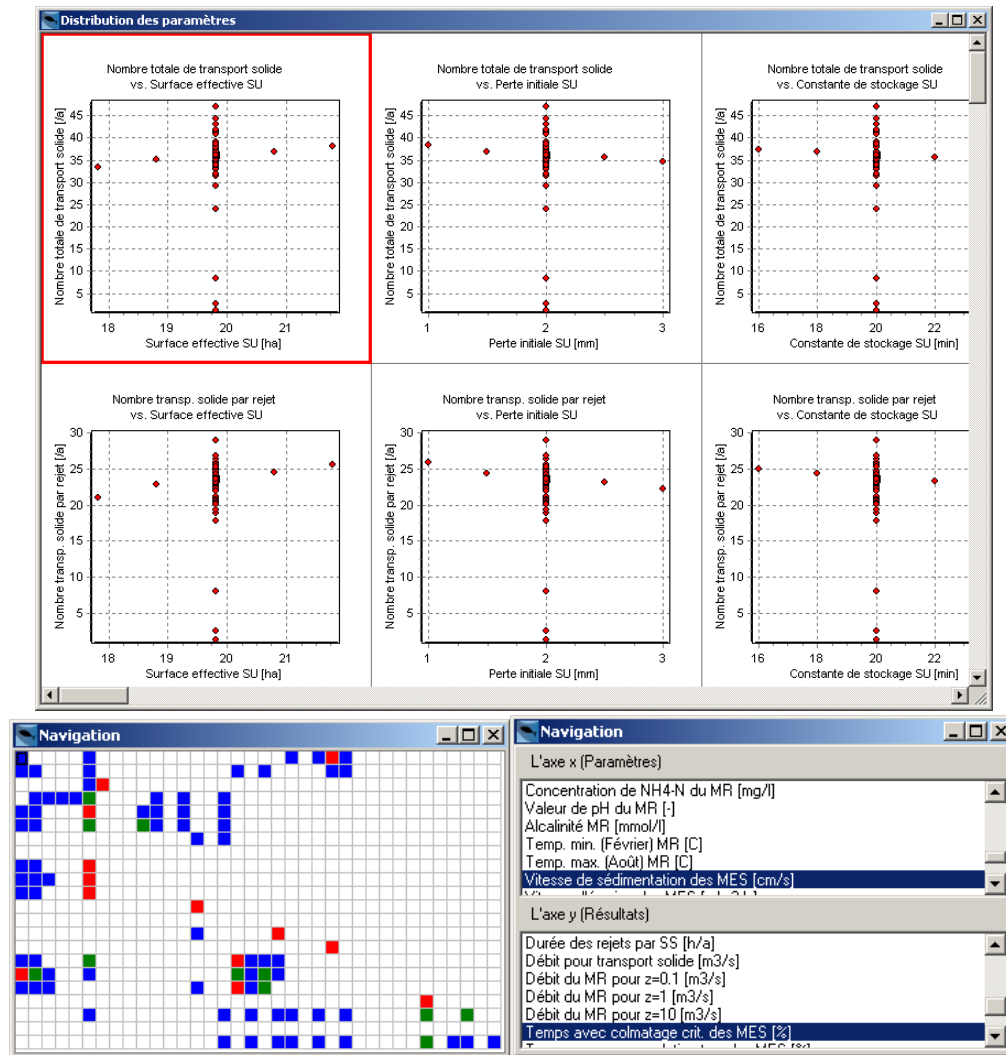


Figure 7: Exemple de figures de résultat pour l'analyse de sensibilité. Les figures du bas sont identiques,

L'identification des paramètres les plus sensibles est simplifiée à l'aide de la matrice présentée. Les cases en couleurs représentent les paramètres les plus importants en rouge, puis en vert et en bleu. Rappel : l'axe horizontal représente les paramètres, l'axe vertical les valeurs critiques. Avec un « clic droit » sur la figure de navigation on passe d'une présentation des résultats à l'autre. En plaçant le curseur sur les carrés de couleur, le paramètre concerné s'affiche.

Vous pouvez à tout moment revoir ces résultats en sélectionnant « Voir la distribution des paramètres » dans le menu « Résultats ».

3.4 Analyse de la solution technique proposée : un bassin de rétention pour les rejets unitaires

Plusieurs variantes de bassin de rétention pour le réseau unitaire sont envisagées : 100 m³, 200 m³, 500 m³ et 1000 m³. Quelle est la variante la plus intéressante selon vous pour résoudre les problèmes ? Y aurait-il d'autres possibilités ? Pour répondre à ces questions, remplissez le Tableau 2 avec les résultats obtenus en mettant en place un bassin de rétention de taille différente (simulation déterministe uniquement).

Vous pouvez par la suite « jouer » avec le modèle en proposant par exemple des solutions pour le système séparatif (rétention, augmentation pertes initiales pour simuler infiltration partielle...)

Tableau 2: Résultats des probabilités d'atteindre les buts fixés en fonction du volume du bassin de rétention

Volume du bassin [m ³] :	Situation actuelle 0 m ³	100 m ³	200 m ³	500 m ³	1000 m ³
Événements critiques pour NH ₃ par an [-]					
No. transp. solide par rejet et par an [-]					
Temps avec accumulation tox. des MES [%]					
Temps avec acc. crit. des mat. org. [%]					

Faire un graphique de type « Probabilité d'atteindre le but fixé = f(taille du bassin) ».

Question 4 :

Quelle est la taille idéale d'un bassin de rétention pour le déversoir d'orage ?

Quelles solutions alternatives pourrait-on conseiller ?

Marche à suivre pour analyser les résultats d'un bassin de rétention

Vous pouvez implémenter un bassin de rétention (Stockage off-line, système de traitement) dans le bassin versant unitaire. Effectuez des simulations déterministes en variant chaque fois ce volume du bassin de rétention (100, 200, 500 et 1000 m³). Pour illustrer les résultats obtenus, faites un graphique pour illustrer l'effet de ce bassin sur les paramètres critiques, notamment l'accumulation de sédiments toxiques et le nombre d'événements critiques en termes d'érosion.

Pour se faire, retourner dans le fichier de résultat initial dans le menu « Fichier / ouvrir » (p.ex. Exo_HU_vos_initiales_100m3.ini) et faire les simulations à partir de ce fichier. Remarquez l'importance d'être très rigoureux dans l'attribution de noms à vos fichiers !

Dans le menu MES du système unitaire, mettre une « efficacité de séparation des MES » de 0.6 (ce qui correspond à une efficacité globale de piéger les MES de l'ordre de 60% dans le bassin de rétention).

Système unitaire (SU)

Système | NH3 | MES

Surface effective [ha] 6.7

Perte initiale [mm] 1

Constante de stockage [min] 20

Habitants [EGW] 450

Débit de temps sec [l/(EGW*d)] 250

Volume du bassin [m3] 100

☐ Stockage in-line

☒ Stockage off-line

☐ Système de stockage

☒ Système de traitement

Débit vers STEP [l/s] 26

Affluent Q [l/s] 0

☒ Affluent continu

☐ Affluent seulement pendant la pluie > 0 l/s.ha

OK

Annuler

Aide

Système unitaire (SU)

Système | NH3 | MES

Conc. des MES dans les eaux usées [mg/l] 200

Conc. des MES dans l'affluent [mg/l] 0

Conc. des MES dans l'eau pluviale [mg/l] 68

Coefficient de premier flot [-] 0.962

Part de sédiments [-] 0.2

Efficacité de la séparation des MES [-] 0.8

OK

Annuler

Aide

Figure 8: Exemple pour le système unitaire : faire varier le volume du bassin de rétention (à gauche), en ajoutant une certaine efficacité pour ce bassin (à droite)

Vous pouvez donner un nouveau nom à chaque simulation, ou simplement noter les résultats de respecter les contraintes fixées à chaque changement de volume du bassin de rétention.

Les résultats de chaque simulation vous permettront de remplir le tableau de la page 12. A l'aide de ces résultats, vous pourrez faire un graphique illustrant l'efficacité de cette mesure. Vous pouvez essayer d'autres mesures, comme par exemple traiter les *eaux pluviales* pour vous rendre compte des impacts de ces solutions.

Une solution assez intéressante à tester est de modifier les pertes initiales, pour tenir compte de l'infiltration des eaux pluviales et /ou prise en compte du concept « *Sponge City* ». A titre d'exemple, la Ville de Genève va proposer entre 5 et 8 mm de rétention/infiltration pour les tous les propriétaires privés et les biens-fonds publics. Une telle alternative est intéressante à tester....