



ÉCOLE POLYTECHNIQUE
FÉDÉRALE DE LAUSANNE

Section des Sciences et de l'Ingénierie de l'Environnement

Travail de Master

Juin 2008

Annexes

Impacts des déversoirs d'orage sur les cours d'eau

Application de la méthodologie STORM et validation par le biais d'analyses
écotoxicologiques et chimiques.

Jonas Margot

Laboratoire ECOL (Ecological Engineering Laboratory)

ANNEXE 1 : DONNÉES ET CALAGE DE LA MODÉLISATION DE L'ALLAINE**DONNÉES NÉCESSAIRES POUR LA SIMULATION À PORRENTROY**

Les données nécessaires pour la simulation avec REBEKAI pour le DO de la STEP et le tronçon de l'Allaine à son aval sont présentées ci-dessous. Comme on ne considère que le réseau unitaire, les données concernant celui en séparatif ne sont pas nécessaires. Pour chaque paramètre, une estimation de l'incertitude a été faite, basée soit sur des indications de la littérature, soit sur la variabilité vraiment observée dans les mesures, soit par estimation d'ordre de grandeur.

Données pluviométriques

Les données pluviométriques de la station ANETZ de Fahy (1995-2004) dans le canton du Jura ont été utilisées pour les calculs (source : Institut suisse de météorologie (ISM)). Ces données sont jugées représentatives du bassin versant de l'Allaine (Duarte, 2007d). La série de données est longue de 10 ans, ce qui n'est pas énorme pour déterminer les temps de retour de 5 ans pour l'ammonium, mais cette durée est jugée acceptable selon la directive Storm. La résolution temporelle est de 10 minutes, ce qui est suffisant pour évaluer la dynamique des polluants.

La moyenne annuelle des précipitations pour cette période est de 1114 mm, et le nombre d'événement pluvieux de 427 par an.

La simulation suppose que les précipitations sont uniformes sur le bassin versant, alors que ce n'est que rarement le cas lors d'événement orageux (voir annexe 2). Les volumes ruisselés peuvent donc être bien différents. Il est cependant difficile d'évaluer l'incertitude là-dessus.

Données du bassin versant naturel

La surface et la pente moyenne du bassin versant (BV) ont été déterminées par SIG sur la base du modèle numérique MNT25. Elles valent respectivement 130 km² et 14% pour un bassin dont l'exutoire se situe au niveau de la STEP de Porrentruy.

Afin de déterminer la surface effective (participant au ruissellement), une étude de réponse du bassin versant (relation pluie-débit) a été faite, ce qui n'a pas permis de déterminer précisément un coefficient de ruissellement (entre 0.03 et 0.3 selon les pluies !). Une valeur de 0.25 a été déterminée par calage, car elle permet de simuler relativement bien les débits observés. La région étant karstique, il est possible que l'Allaine soit alimentée par des eaux souterraines venant de l'extérieur du bassin topographique considéré ici, ce qui pourrait expliquer ce coefficient de ruissellement élevé.

Le type de modèle utilisé, un modèle à réservoir linéaire, nécessite de connaître les pertes initiales ainsi que le temps de concentration du BV. Pour les premières, sur la base de la pente du BV et après ajustement, elles ont été estimées à 4 mm. En effet, bien que la pente moyenne soit forte (les pertes devraient donc être de 2mm), tout le centre du bassin versant est relativement plat. Les pertes peuvent donc être plus importantes. Pour le temps de concentration, une formule donnée dans REBEKA a été utilisée. Le temps obtenu a été comparé

aux temps de concentrations observables par l'analyse de réponse du BV. Le temps retenu est de 700 minutes.

Une explication plus détaillée sur la détermination de ces paramètres est présentée dans l'annexe 2.

Données relatives au milieu récepteur

Au niveau de la STEP de Porrentruy, le débit d'étiage, déterminé ici par le Q_{347} , est issu de valeur de la littérature (CSD, 2004a), en prenant comme hypothèse que le débit à cet endroit vaut le 75% du débit observé à Boncourt. Cette hypothèse correspond bien aux valeurs observées. On obtient un Q_{347} de 450 l/s. Ce débit a ensuite été ajusté pour tenir compte des imperfections de la modélisation hydrologique avec REBEKA.

La pente du fond pour ce tronçon est tirée de la littérature (CSD, 2004a). Elle vaut 3.4‰. La largeur du fond, la pente des talus, les diamètres moyen et d_{90} des grains du lit, ainsi que le coefficient de rugosité ont été déterminés par mesures ou observations sur le terrain. Plus de détails sont présentés dans l'annexe 3.

Les données concernant la qualité de l'eau et le transport solide sont toutes issues de la littérature.

Toutes ces données sont présentées dans le Tableau 1.

Tableau 1 Données sur le milieu naturel pour le tronçon de l'Allaine à l'aval de la STEP

Milieu naturel: l'Allaine après la STEP	Unité	Moyenne	Min.	Max.	Sources (fait référence à la bibliographie) et remarques
Surface du BV naturel	[ha]	13002	12700	13300	calcul avec MNA25
Coefficient de ruissellement	[-]	0.25	0.03	0.34	estimation, étude hydrologique + calage
Surface effective	[ha]	3200	381	4522	calage
Perte initiale (lié à la pente)	[mm]	4	2	12	estimation STORM [VSA,2007] à 2mm, pente BV>3%, calage à 4mm
Pente (du bassin versant)	[-]	0.14	-	-	calcul avec MNA25 (8.33°)
Constante de stockage	[min]	700	380	1110	formule STORM [VSA,2007] calage à 700 min
Section de la rivière la plus longue	[m]	17300	-	-	([Lièvre,2003b], p.39) Allaine au niveau de la STEP
Débit de base	[m ³ /s]	1	0.3	1.5	([CSD,2004a], p.10) 75% débit Boncourt (0.6 m3/s) (0.2 entrée de Porrentruy). Débit étiage: 300l/s ([Duarte, 2007d] p.34). Débit de base ajusté à 1m3/s sur la base des mesures 2001, 2004
Pente du fond	[%]	0.34	0.17	0.51	([CSD,2004a], p.10) entre Alle et Boncourt.
Largeur du fond	[m]	11.5	7	15	mesures +([Lièvre,2003a], p.20) largeur du lit mineur au km 17 (STEP)
Pente des talus	[H:V]	0.5	0.25	1	mesures + estimation
Coefficient de Strickler	[m ^{1/3} /s]	30	20	35	estimation par observations + tableau CEMAGREF
Diamètre moyen du fond	[cm]	2	1	3	mesure par méthode analyse en ligne
Diamètre 90% du fond	[cm]	4.5	3.5	5.5	mesure par méthode analyse en ligne
Conc. NH4-N	[mg/l]	0.022	0.01	0.12	([Lièvre,2003b], p.39)([CSD,2004a], p.32 et 44)
Valeur de pH	[-]	8	7.5	8.5	([Lièvre,2003b], p.39)([CSD,2004a], p.32) valeur moyenne
Alcalinité	[mmol/l]	5	4	6	estimation STORM [VSA,2007]
Température min (février)	°C	4.5	3	5	([CSD,2004a], p.35) T à boncourt 2002-2007
Température max (août)	°C	22	18	25	([CSD,2004a], p.35) T à boncourt 2002-2007
Vitesse de sédimentation	[cm/s]	0.024	0.012	0.063	estimation STORM [VSA,2007]
Coefficient d'érosion	[g/m2/s]	1.36	0.678	2.03	estimation STORM [VSA,2007]
Contrainte de cisaillement	[N/m2]	4.7	2	7.4	estimation STORM [VSA,2007]
Vitesse de dégradation des substances organiques	[1/d]	0.24	0.12	0.3	estimation STORM [VSA,2007]
gO2/gTSS du système unitaire	[-]	0.47	0.23	0.65	estimation STORM [VSA,2007]

Données du système d'assainissement

La surface du bassin versant provient des données utilisées pour la simulation Samba dans le cadre du PGEE. La surface urbaine totale vaut 950 ha, dont plus de 300 ha rien qu'à Porrentruy. Le coefficient de ruissellement moyen de cette zone a été estimé par les ingénieurs du PGEE à 0.23. Il a ensuite été ajusté pour cette étude à 0.27 afin d'obtenir des débits déversés similaires à ceux simulés pour le PGEE. Les pertes initiales et le temps de concentration ont été déterminés sur la base des indications fournies dans la directive STORM, soit 2 mm et 50 minutes. Les indications relatives aux réseaux d'assainissement sont issues des rapports d'état du PGEE, ainsi que d'estimations faites par les spécialistes du domaine, ou issues des indications de la directive STORM.

Pour le scénario 2 (BEP de la STEP seul), les mêmes données ont été utilisées, sauf pour la surface effective du bassin versant urbain, qui a été réduite à 165 ha_{réed}, afin d'avoir les bons volumes déversés, et pour le volume du BEP, qui ne comprend cette fois que le réel volume de l'ouvrage à la STEP (environ 600m³).

Les paramètres utilisés dans le scénario 1 et 2 sont présentés respectivement dans le Tableau 2, et le Tableau 3, avec leurs domaines d'incertitudes et leurs sources.

Tableau 2 Données sur le système d'assainissement pour le scénario 1 utilisées pour la simulation avec REBEKA.

Données pour la modélisation REBEKA		Scénario 1: DO de la STEP, bassin urbain de tout le SEPE			
	Unité	Moyenne	Min.	Max.	Sources (fait référence à la bibliographie) et remarques
Données pluviométriques					
Moyenne annuelle 1961-1990 à Fahy	[mm]	1037	700	1500	données pluviométrique station Fahy-Boncourt, période 1995-2004, pas de temps 10', MeteoSuisse
					([CSD,2004a], p.9)
Système unitaire					
Surface urbaine	[ha]	950	700	1000	donnée PGEE, surface modélisée (I. Strassmann, comm.perso): 951ha. Calcul Vector 25, zone habitation (863 ha)
Coefficient de ruissellement	[-]	0.27	0.15	0.4	donnée PGEE (I. Strassmann, comm.perso):0.228 puis ajustement
Surface imperméable	[ha]	257	143	380	calcul
Perte initiale	[mm]	2	1.5	3	estimation STORM [VSA,2007]
Constante de stockage	[min]	50	30	90	formule STORM [VSA,2007]
pente	[-]	0.01	-	-	estimation sur carte 1:25000
distance d'écoulement la plus longue	[m]	6000	-	-	estimation sur carte 1:25000: ~10km calage à 6km
Nombre d'équivalents habitants	[EH]	24000	15000	27000	([Duarte, 2007d], p.12)EH hydraulique([CSD,2004a], p.45) EH azote:15600, dimensionnée pour 25'000 EH (p.88)
Débit par temps sec	[l/EH/j]	650	600	700	([Duarte, 2007d], p.12) (15'600 m3/j)
Débit vers STEP	[l/s]	350	200	400	(Annexe 5 [Duarte, 2007d]) 500 l/s durant 4h puis 350 l/s
Volume du bassin de rétention	[m3]	1200	700	4300	donnée PGEE (I. Strassmann, comm.perso.):somme de tous les ouvrages:2450m3, avec canalisation 4300m3 (Maurice Hulmann, comm.perso.):600 m3 pBDSTEP -->estimation et calage à 1200m3
pH des EU	[-]	7.5	7.2	7.8	(Maurice Hulmann, comm.perso)
Conc. NH4-N eaux ruissellement	[mg/l]	0.8	0.5	1.5	estimation STORM [VSA,2007]
Charge en NH4-N par hab.	[g/hab/j]	5.25	0.125	10.875	([Duarte, 2007d], p.11 et p.18 et 25) moyenne:126 kgN/j pour 24'000 EH
Alcalinité des EU	[mmol/l]	5.5	5	6	estimation STORM [VSA,2007]
Conc. MES EU	[mg/l]	107	40	180	([Duarte, 2007d], p.25) valeur moyenne. (M.Hulmann, comm.perso.): entre 150 et 250 mg/l
Conc. MES eaux de ruissellement	[mg/l]	100	50	200	estimation STORM [VSA,2007]
Coefficient de premier flot	[-]	1	0.6	1.3	estimation STORM [VSA,2007]
Part de sédiment	[-]	0.3	0	0.5	estimation (Frédéric Balmer, comm.perso)
Efficacité de séparation des MES	[-]	0.13	0.05	0.3	formule STORM [VSA,2007]
Vitesse de sédimentation	[m/s]	0.0003	0.0001	0.0006	estimation STORM [VSA,2007]
Facteur de turbulence n	[-]	3	1	5	estimation STORM [VSA,2007]
Débit max	[m3/s]	0.5	-	-	estimation selon donnée STEP des volumes max déversés.(500l/s) (M. Hulmann, comm.perso)
Surface décanteur	[m2]	240	-	-	calcul selon plan 1:3000

Tableau 3 Données pour le scénario 2 qui changent par rapport au scénario 1

Système unitaire	Unité	Moyenne	Min.	Max.	Scénario 2: DO de la STEP seul
Surface imperméable	[ha]	165	143	380	calage pour avoir le bon débit déversé
Volume du bassin de rétention	[m ³]	600	400	700	donnée PGEE (Irma Strassmann): 382m ³ , avec canalisation 700m ³ Maurice Hulmann:600 m ³ pBDSTEP

Les données ayant le plus d'incertitudes sont les pertes initiales du bassin versant, la surface effective de ce même bassin, et l'efficacité de séparation des MES. Les données ayant le plus de variabilité sont la concentration en NH₄ dans l'Allaine, la charge en NH₄ par habitant, et la concentration en MES dans les eaux usées. En effet, ces paramètres fluctuent énormément, même au cours de la même journée. S'il s'avère que les paramètres les plus incertains sont aussi ceux qui ont le plus d'influence sur les résultats, il est nécessaire de les préciser. Une analyse de sensibilité a donc été faite.

CALAGE DU MODÈLE À PORRENTROY

Une fois ces données implémentées dans le logiciel, il est nécessaire de vérifier que le modèle est adapté pour représenter le système, et si nécessaire, ajuster les paramètres afin de caler le modèle. Pour ça, on compare des données connues aux valeurs fournies par la simulation. Le calage pour le tronçon à l'aval de la STEP est présenté ci-après.

Calage des débits dans l'Allaine

Le calage des débits dans l'Allaine s'est fait en comparant les débits mesurés à la station Pont d'Able à l'aval de la STEP et les débits fournis par la simulation avec REBEKA. Dans ce logiciel, quatre paramètres déterminent les caractéristiques hydrologiques du cours d'eau. Il s'agit du débit de base, de la surface effective du bassin versant naturel, des pertes initiales et de la constante de stockage.

Pour le débit de base, il est conseillé dans la directive STORM d'utiliser le Q₃₄₇. Celui-ci vaut environ 450l/s à l'aval de la STEP. La modélisation hydrologique dans REBEKA étant cependant très simpliste (voir partie 4), après chaque pluie, le débit du cours d'eau est remis à son niveau de base. Si le débit de base vaut le Q₃₄₇, on aura tendance à fortement sous-estimer le débit du cours d'eau. Pour représenter au mieux la réalité, le débit de base a été ajusté visuellement à 1m³/s sur les mesures de l'année 2001 et 2004. Il correspond ainsi plus ou moins au débit moyen observé dans l'Allaine lors de périodes sèches.

Le calage des pertes initiales s'est fait en comparant les pointes de débits liées aux petites pluies entre les mesures et la simulation. Pour des pertes initiales de 2mm, de nombreuses petites pointes de débits sont visibles dans la simulation, alors qu'elles ne le sont pas dans les mesures. Pour des pertes initiales supérieures à 4 mm, c'est l'inverse, les débits sont trop lissés. Les pertes initiales ont ainsi été calées à 4mm.

Le calage de la constante de stockage peut se faire en comparant le moment d'apparition des pics de crue. Avec une constante de 700 minutes, les pics de crues apparaissent un peu rapidement comparés à ce qui est mesuré. Pour que les pics correspondent, il faudrait que la constante de stockage vaille 10'000 minutes, ce qui engendre des débits très faibles dans le cours d'eau. Il ne semble pas possible dans ce cas de caler à la fois le moment d'apparition des

crues et les débits dans le cours d'eau. Afin que les débits soient plus réalistes, elle a été gardée à 700 minutes.

Afin de caler la surface du bassin versant, les valeurs de débits simulées ont été comparées à celles mesurées. La simplicité de la modélisation hydrologique dans REBEKA ne permet cependant pas de représenter correctement les mesures. Certains événements sont fortement surestimés, alors que pour d'autres c'est l'inverse (Figure 1). Afin d'avoir en moyenne des valeurs de débits assez proches, des débits de différents temps de retour ont été comparés (0.1, 1, 2, 5 et 10 ans). REBEKA peut fournir des valeurs de débit à l'aval de la STEP pour différents temps de retour. Ces valeurs peuvent être comparées aux débits caractéristiques mesurés au même endroit. La détermination de ces débits caractéristiques (au lieu dit de « Pont d'Able ») s'est faite en utilisant les valeurs de débits mesurées sur une durée de 8 ans entre 1999 et 2006 pour les besoins de la construction de l'autoroute A16. La détermination du débit Q10, Q5 et Q2 avait déjà été faite par le bureau Biotec. La détermination des débits Q1 et Q0.1 a été faite rapidement (visuellement) sur la base des mesures brutes. Ces estimations suffisent pour vérifier les ordres de grandeurs, mais ne doivent pas être utilisées telles quelles pour des calculs d'ouvrages. Les valeurs obtenues par analyse des mesures et par la simulation REBEKA sont présentées dans la Figure 2. On remarque que REBEKA n'arrive pas à simuler correctement la réalité. Les débits de grand temps de retour sont surévalués, alors que pour des temps de retour inférieurs à 2-3 ans, les débits sont sous-évalués. La surface effective qui cale au mieux les mesures est de 3200ha, ce qui correspond à un coefficient de ruissellement de 0.25.

Le débit dans l'Allaine, malgré le calage, n'est que peu représentatif de la réalité. Les résultats sont donc à interpréter avec précaution.

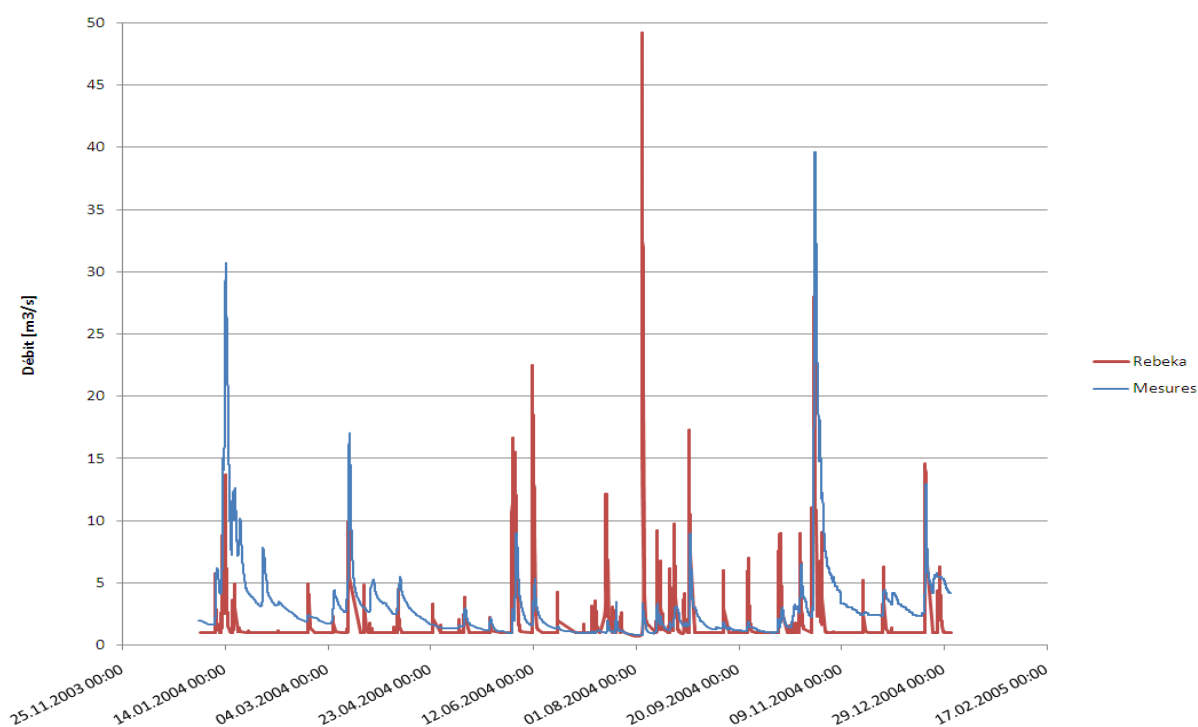


Figure 1 Comparaison entre les débits simulés et mesurés pour 2004

Statistique de crue: simulation des crues de l'Allaine

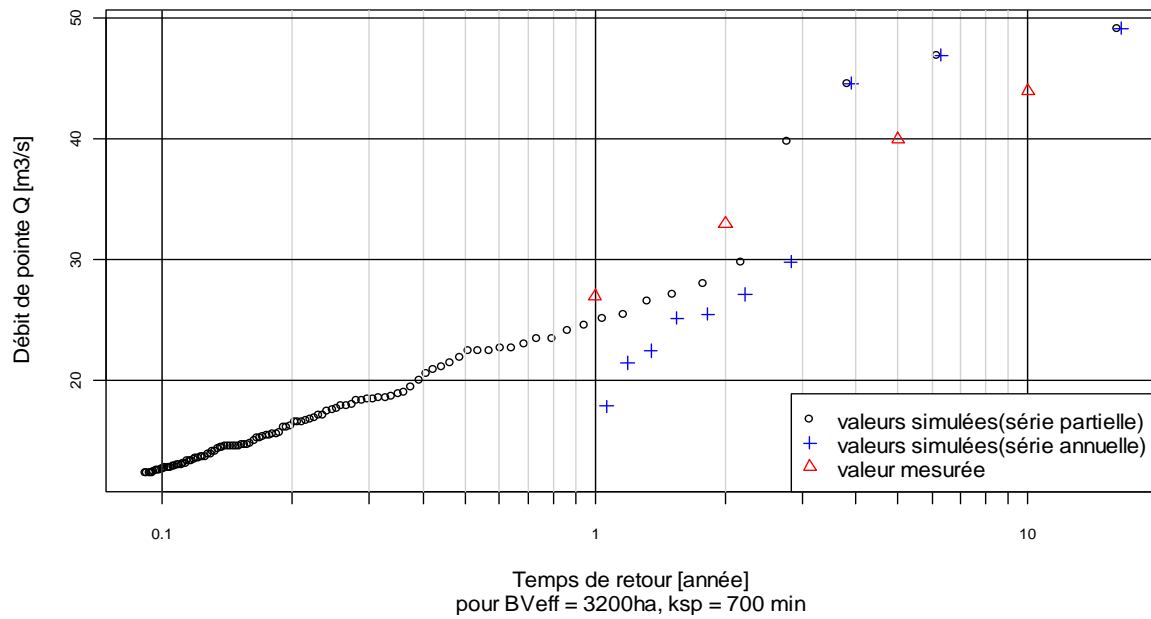


Figure 2 Comparaison des débits de pointe pour différents temps de retours entre la simulation (deux méthodes de calcul différentes) et les mesures

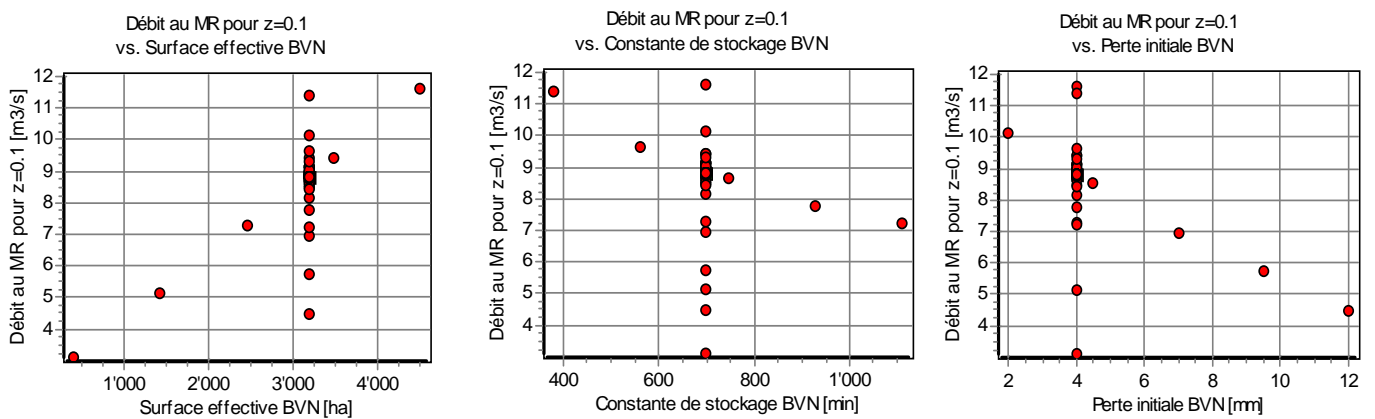


Figure 3 Analyse de sensibilité des paramètres influençant le débit

Calage des débits déversés

REBEKA fournit aussi le volume annuel d'eaux mixtes déversés. Pour le scénario 1 (tous les ouvrages regroupés en un seul au niveau de la STEP), le volume déversé correspond à la somme des débits de chaque ouvrage. Celle-ci peut être calculée sur la base des simulations faites pour le PGEE. Comme aucune mesure du volume total déversé n'a été faite à ce jour, il convient de prendre cette valeur comme une estimation. Pour le scénario 2 (BEP de la STEP seul), le volume déversé correspond à celui mesuré au BEP de la STEP. Il a été calé en ajustant la surface effective. La comparaison entre les résultats de la simulation SAMBA et REBEKA sont présentés dans le Tableau 4.

Tableau 4 Comparaison entre débits déversés

	Unité	Scénario 1	Scénario 2
Débit SAMBA	[m ³ /an]	1'324'812	744'005
Débit REBEKA	[m ³ /an]	1'328'790	767'932
Débit mesuré 2006-2007	[m ³ /an]	-	786'527
Différence Samba	[%]	0.3	3.1
Différence mesures	[%]	-	2.4

Le paramètre influençant le plus le débit déversé est la surface effective du bassin versant urbain (Figure 4). Pour avoir des débits déversés si proches, le coefficient de ruissellement de la zone urbaine a été ajusté de 0.23 (valeur selon PGEE) à 0.27. Cette valeur semble tout à fait plausible et permet d'avoir une bonne coordination entre les diverses méthodes de simulations.

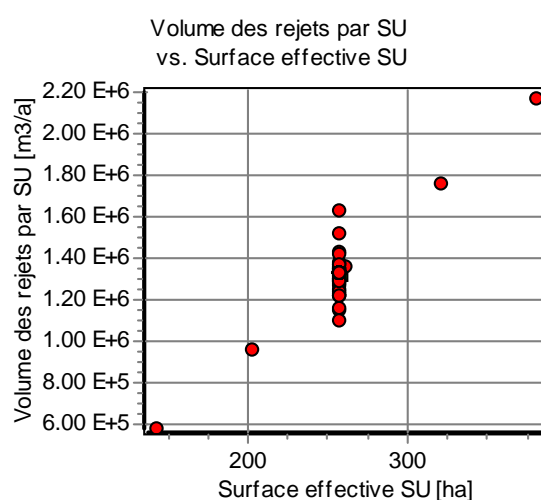


Figure 4 Analyse de sensibilité des paramètres influençant le volume déversé

Calage des concentrations en ammonium

Bien qu'il n'y ait que très peu d'études concernant les concentrations en ammonium dans l'Allaine par temps de pluie, le travail de Lièvre et al. (Lièvre, 2003b) fournit un ordre de grandeur. Les mesures effectuées durant un orage estival le 30 août 2002 montrent que les concentrations en ammonium atteignent des valeurs de l'ordre de 0.75 mg N/l. Cet orage ne peut pas être simulé avec REBEKA car il n'y a pas eu de pluie ce jour-là à la station de Fahy. Par contre, le 31 août 2002, une pluie de 4.5mm, probablement du même style que celle observée le jour d'avant à Porrentruy, a été mesurée. La simulation avec cette pluie donne une concentration d'ammonium maximale dans l'Allaine de 0.84 mg N/l, ce qui correspond assez bien avec les mesures.

Ces résultats montrent que le modèle REBEKA tel que paramétré ici semble utilisable pour avoir une idée du système. La modélisation hydrologique est cependant bien éloignée de la réalité, ce qui peut entraîner de grosses différences concernant les dilutions des eaux usées, ou la fréquence de mise en suspension et sédimentation des particules. Afin d'avoir des résultats fiables, il serait nécessaire d'améliorer le concept de modélisation, et dans tous les cas, de vérifier sur le terrain si les résultats sont corrects.

Validation du modèle par certaines grandeurs connues

Avant de valider les résultats, il est nécessaire de s'assurer que le modèle permet bien de représenter le système. Certains paramètres ont déjà été validés lors du calage du modèle. Deux autres sont étudiés ici : les flux de MES entrant à la STEP et le transport solide.

Charge en MES entrant à la STEP

REBEKA fournit une indication sur la charge de MES entrant à la STEP. Celle-ci vaut en moyenne 300'000 kg/an, avec un intervalle de confiance de 95% compris entre 125'000 kg/an et 475'000 kg/an. Les quantités réelles entrant à la STEP sont en moyenne, selon les mesures de l'exploitant, de 584'000 kg/an, avec des variations journalières allant du simple au double (Duarte, 2007d). Notre modèle sous-évalue de presque de moitié cette charge en MES. L'analyse de sensibilité (Figure 5) sur ce résultat indique que les paramètres qui influencent le plus cette charge sont logiquement la concentration en MES dans les eaux usées, la concentration en MES dans les eaux pluviales et le facteur de sédimentation dans les canalisations.

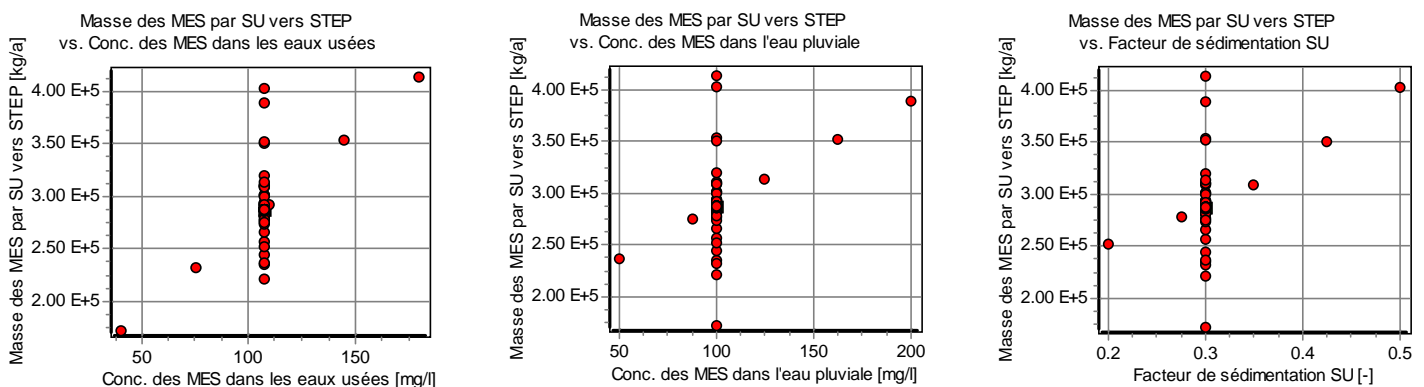


Figure 5 Analyse de sensibilité sur les paramètres influençant le plus la charge en MES à la STEP

La sous-évaluation de la charge à la STEP n'est donc pas due à une trop grande part de MES déversées dans la rivière, mais bien à une sous-évaluation des MES dans les eaux pluviales, les eaux usées ou une sous-évaluation du facteur de sédimentation. La quantité de MES apportée au milieu récepteur sera donc aussi sous-évaluée, ce qui augmente l'importance des problèmes liés aux MES.

Transport solide

Une étude sur le colmatage de l'Allaine faite par le bureau Biotec ((BIOTEC, 2003) in (CSD, 2004a)) a établi que le nombre de transports solides (mise en mouvement du lit) est en moyenne de 2 par an. Selon cette étude, le débit nécessaire pour le décolmatage du lit est de 30 m³/s à Boncourt. Comparé à ces résultats, REBEKA indique qu'il y a en moyenne 6 événements de transport solide par an, et que le débit critique pour le transport solide est de 16 m³/s à l'aval de Porrentruy. Pour autant que ces données soient comparables, la simulation avec REBEKA tend à sous-estimer le débit critique de charriage, et donc à surestimer l'érosion du lit. Comme

l'érosion n'est pas un problème, cette sous-estimation n'a pas trop d'importance. Elle influence probablement aussi le colmatage du fond, qui sera un peu sous-évalué.

Les différents modèles utilisés pour la simulation avec REBEKA semblent donc donner des ordres de grandeurs cohérents, mais ne permettent pas une reproduction précise de la réalité. Ceci est dû notamment à la modélisation très simpliste du système (regroupement de tous les ouvrages en un seul) et des incertitudes liées aux modèles hydrologiques eux-mêmes. Une amélioration de la modélisation hydrologique avec REBEKA est nécessaire pour avoir des résultats fiables.

DONNÉES NÉCESSAIRES POUR LA SIMULATION À ALLE

Les données nécessaires pour la simulation sont présentées dans les

Tableau 6 et Tableau 5.

Les données pluviométriques sont les mêmes que celles utilisées pour le tronçon à l'aval de Porrentruy. La surface du bassin versant naturel a été déterminée par SIG, le coefficient de ruissellement a été considéré comme similaire à celui du bassin versant avec un exutoire à la STEP, soit 0.25. La surface effective a ensuite été vérifiée et calée par comparaison aux débits mesurés dans la rivière. Les pertes initiales et la constante de stockage ont été estimées sur la base des indications fournies dans la directive STORM, puis vérifiées et calées par comparaison aux mesures disponibles. Les données relatives au milieu récepteur proviennent en partie de mesures et observation sur le terrain (largeur du fond, pente des talus, diamètre moyen et d_{90} des grains du lit, coefficient de rugosité), les autres paramètres étant issus de la littérature. Les données du système d'assainissement sont celles présentées dans le rapport. Les autres paramètres sont soit issus des recommandations de la directive STORM, soit les mêmes que ceux utilisés pour le tronçon à l'aval de Porrentruy.

Tableau 5 Données pour le milieu naturel utilisées pour la modélisation avec REBEKA

Milieu naturel: l'Allaine à la sortie de Alle	Unité	Moyenne	Min.	Max.	Sources (fait référence à la bibliographie) et remarques
Surface	[ha]	4800	4200	5300	calcul avec MNA25:50 km ² ([CSD,2004a], p.10):42 km ² à Alle
Coefficient de ruissellement	[-]	0.25	0.03	0.34	estimation comme pour BV à la STEP
Surface effective	[ha]	1200	126	1802	calcul
Perte initiale (lié à la pente)	[mm]	2	2	12	estimation STORM [VSA,2007] pente BV>3%
Pente (du bassin versant)	[-]	0.15	-	-	calcul avec MNA25 (8.69°)
Constante de stockage	[min]	500	200	800	formule STORM [VSA,2007]: 417min, calage à 500 min
Section de la rivière la plus longue	[m]	11000	-	-	([Lièvre,2003b], p.39) Allaine à la sortie de Alle
Q347	[m ³ /s]	0.4	0.05	0.5	([CSD,2004a], p.10) 0.11m ³ /s=18.5% débit Boncourt (0.6 m ³ /s) (0.2 entrée de Porrentruy).Calage à 0.4
Pente du fond	[%]	0.62	0.34	0.8	([Lièvre,2003a], p.11) entre km 7 et 14
Largeur du fond	[m]	5.5	4.5	6.5	mesures +([Lièvre,2003a], p.20)largeur du lit mineur au km 11.9 (Alle)
Pente des talus	[H:V]	1	0.75	1.25	mesures + estimation
Coefficient de Strickler	[m ^{1/3} /s]	30	20	35	estimation par observations + tableau CEMAGREF
Diamètre moyen du fond	[cm]	2.3	1.5	3	mesure par méthode analyse en ligne
Diamètre 90% du fond	[cm]	5	4	6	mesure par méthode analyse en ligne
Conc. NH4-N	[mg/l]	0.022	0.01	0.12	([Lièvre,2003b], p.39)([CSD,2004a], p.32 et 44)
Valeur de pH	[-]	8	7.5	8.5	([Lièvre,2003b], p.39)([CSD,2004a], p.32) valeur moyenne
Alcalinité	[mmol/l]	5	4	6	estimation STORM [VSA,2007]
Température min (février)	°C	4.5	3	5	([CSD,2004a], p.35) T à boncourt 2002-2007
Température max (août)	°C	23	18	25	([Lièvre,2003a], p.35) T à Alle
Vitesse de sédimentation	[cm/s]	0.024	0.012	0.063	estimation STORM [VSA,2007]
Coefficient d'érosion	[g/m ² /s]	1.36	0.678	2.03	estimation STORM [VSA,2007]
Contrainte de cisaillement	[-]	4.7	3.1	5.1	estimation STORM [VSA,2007]
Vitesse de dégradation des substances organiques	[1/d]	0.24	0.12	0.3	estimation STORM [VSA,2007]
gO2/gTSS du système unitaire	[-]	0.47	0.23	0.65	estimation STORM [VSA,2007]

Tableau 6 Données pour le réseaux d'assainissement utilisées pour la modélisation avec REBEKA

Données pour la modélisation REBEKA		Scénario Alle: DO aBEP1, bassin urbain amont			Sources (fait référence à la bibliographie) et remarques
	Unité	Moyenne	Min.	Max.	
Données pluviométriques					données pluviométrique station Fahy-Boncourt, période 1995-2004, pas de temps 10', MeteoSuisse
Moyenne annuelle 1961-1990 à Fahy	[mm]	1037	700	1500	[(CSD,2004a), p.9]
Système unitaire					
Surface urbaine	[ha]	274	200	400	donnée PGEE, surface modélisée (Irma Strassmann): 274 ha. Calcul Vector 25, zone habitation (340 ha)
Coefficient de ruissellement	[-]	0.2	0.15	0.3	donnée PGEE (Irma Strassmann):0.20
Surface imperméable	[ha]	55	41	82	calcul
Perte initiale	[mm]	2	1.5	3	estimation STORM [VSA,2007]
Constante de stockage	[min]	41	20	70	formule STORM [VSA,2007]
pente	[-]	0.01	-	-	estimation sur carte 1:25000
distance d'écoulement la plus longue	[m]	3000	-	-	estimation sur carte 1:25000:7km, calage à 3km
Nombre d'équivalents habitants	[EH]	4758	4500	5000	donnée PGEE (Irma Strassmann)
Débit par temps sec	[l/EH/j]	390	300	500	donnée PGEE: QTS=21.5l/s pour aBEP1 (Irma Strassmann)
Débit vers STEP	[l/s]	193	80	250	donnée PGEE: 225l/s pour aBEP1, 80l/s pour aDO3 (Irma Strassmann) calé à 193l/s
Volume du bassin de rétention	[m3]	0	0	1000	donnée PGEE (Irma Strassmann):490m3 pour aBEP1, somme tous les ouvrages: 950m3. 80% des déversements ne passent pas par le BEP: volume mis à 0.
pH des EU	[-]	7.5	7.2	7.8	(Maurice Hulmann) (en entrée de STEP)
Conc. NH4-N eaux ruissellement	[mg/l]	0.8	0.5	1.5	estimation STORM [VSA,2007]
Charge en NH4-N par hab.	[g/hab/j]	8	2	16	[(Duarte, 2007d), p.11]
Alcalinité des EU	[mmol/l]	5.5	4	6	estimation STORM [VSA,2007]
Conc. MES EU	[mg/l]	150	100	250	(Maurice Hulmann): entre 150 et 250 mg/l Moins de dilution que à la STEP car moins d'ECP
Conc. MES eaux de ruissellement	[mg/l]	100	50	200	estimation STORM [VSA,2007]
Coefficient de premier flot	[-]	1	0.6	1.3	estimation STORM [VSA,2007]
Part de sédiment	[-]	0.3	0.2	0.5	estimation Frédéric Balmer
Efficacité de séparation des MES	[-]	0	0	0.2	selon formule STORM : 0.18
Vitesse de sédimentation	[m/s]	0.0003	0.0001	0.0006	estimation STORM [VSA,2007]
Facteur de turbulence n	[-]	3	1	5	estimation STORM [VSA,2007]
Débit max	[m3/s]	0.3	-	-	estimation selon données PGEE des volumes et durées des déversements pour aBEP1
Surface décanteur	[m2]	200	-	-	estimation volume 490m3 et hauteur 2.5m pour aBEP1

CALAGE DU MODÈLE À ALLE

Calage des débits dans l'Allaine

Les débits sont influencés par quatre principaux paramètres : la surface du bassin versant, les pertes initiales, la constante de stockage et le débit de base. Ces paramètres ont été calés par comparaison entre les débits simulés et les débits mesurés dans l'Allaine au même endroit.

Le débit de base, pris initialement équivalent au Q_{347} (110l/s), s'avère être trop faible pour représenter le débit moyen par temps sec observé dans l'Allaine. Par comparaison avec les mesures de débits en 2001, il a été ajusté à 400l/s.

Des pertes initiales de 2mm semblent appropriées pour simuler les pointes de débits observées. La constante de stockage, calculée à 417 minutes selon les recommandations de la directive, a ensuite été ajustée à 500 minutes. La surface effective a été légèrement ajustée par comparaison entre les différents temps de retours calculés sur la base des mesures, ou par la simulation (Figure 6).

Malgré le calage, la modélisation hydrologique avec REBEKA ne permet pas de simuler correctement les débits. Certains événements sont sous-estimés, alors que d'autres sont surévalués (Figure 7). L'évaluation des impacts ne sera donc pas très fiable.

Statistique de crue: simulation des crues de l'Allaine

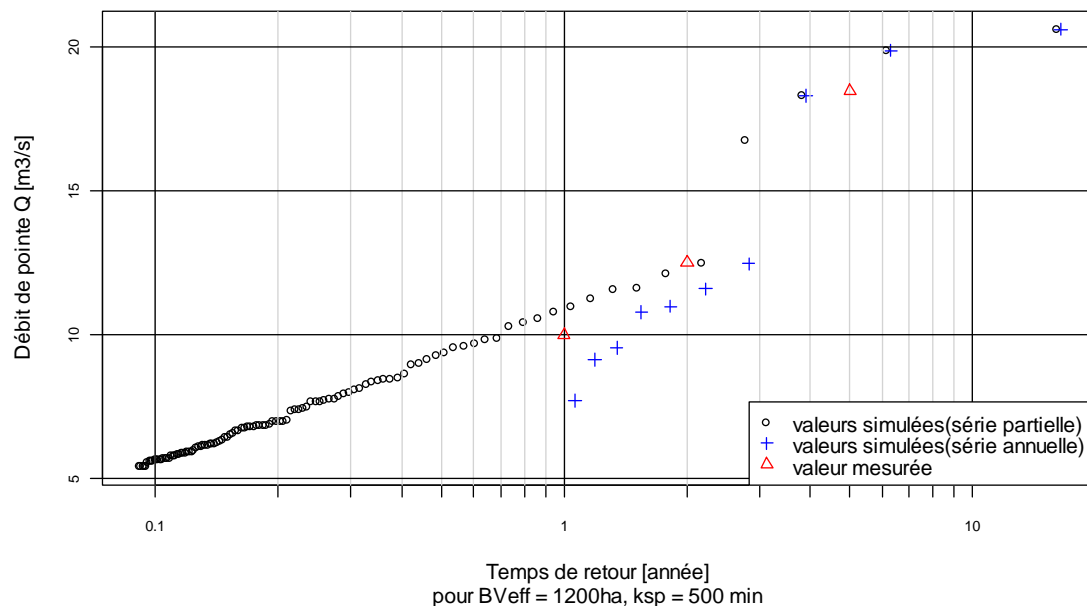


Figure 6 Comparaison entre les débits simulés et mesurés pour différents temps de retour

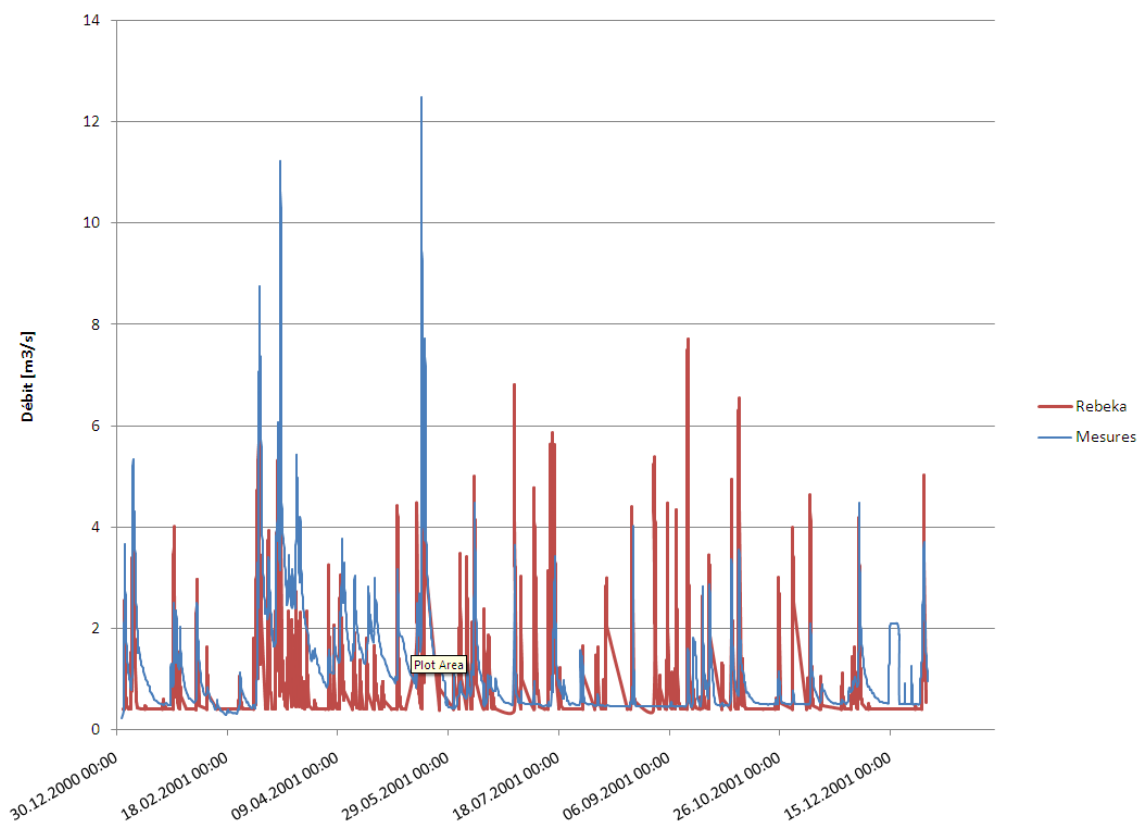


Figure 7 Comparaison entre les débits mesurés et simulés pour l'année 2001

Calage des débits déversés

Aucune mesure de volumes déversés n'existe pour les ouvrages de régulation. Les seules indications proviennent de la simulation Samba faite pour le PGEE. Le calage des débits déversés

s'est donc fait par rapport aux résultats de cette simulation. Pour le cas de Alle, le paramètre le moins certain qui influence beaucoup le débit déversé est le débit que peut laisser passer le déversoir en direction de la STEP. Celui-ci est relativement bien connu pour chaque ouvrage, mais le fait de regrouper tous les déversoirs en un seul complique la situation. L'ouvrage qui déverse le plus (aDO3) laisse passer seulement 80l/s vers la STEP, alors que le BEP de Alle en aval des autres déversoirs en laisse passer 225l/s. Par calage, le débit vers la STEP a été fixé à 193l/s. Les différents débits déversés sont présentés dans le Tableau 7.

Tableau 7 Débits déversés selon Samba et REBEKA

<i>Débit total SAMBA</i>	154'351	[m ³ /an]
<i>Débit total REBEKA</i>	154'055	[m ³ /an]
<i>Différence</i>	0.2	[%]

Les autres paramètres n'ont pas pu être calés, fautes de données disponibles à l'aval de Alle.

ANNEXE 2 : DÉTERMINATION DES PARAMÈTRES DU BASSIN VERSANT DE L'ALLAINE**Exutoire : STEP du SEPE (pont d'Able)**

Surface du bassin versant : selon les études de Grétilats, la surface du bassin versant de l'Allaine au niveau de la STEP du SEPE correspond environ à la surface du bassin topographique. La détermination de ce bassin s'est faite à l'aide du SIG Manifold, sur la base du modèle numérique MNT 25 de l'Office Fédérale de topographie. Les délimitations du bassin versant est la suivante :

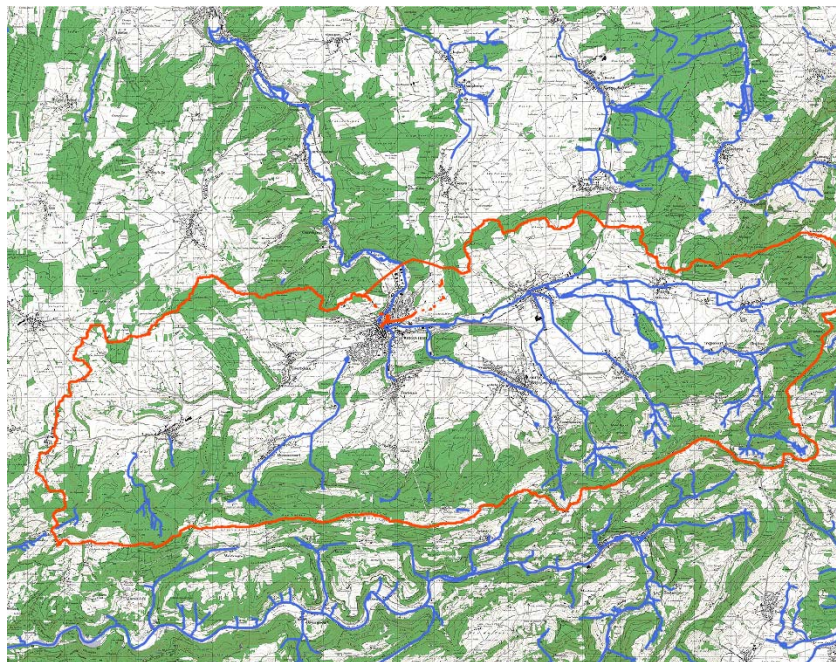


Figure 8 Limite du bassin versant de l'Allaine, exutoire au niveau de la STEP de Porrentruy, sur fond de carte topographique 25 :000. On remarque la dominance agricole. (©Swisstopo)

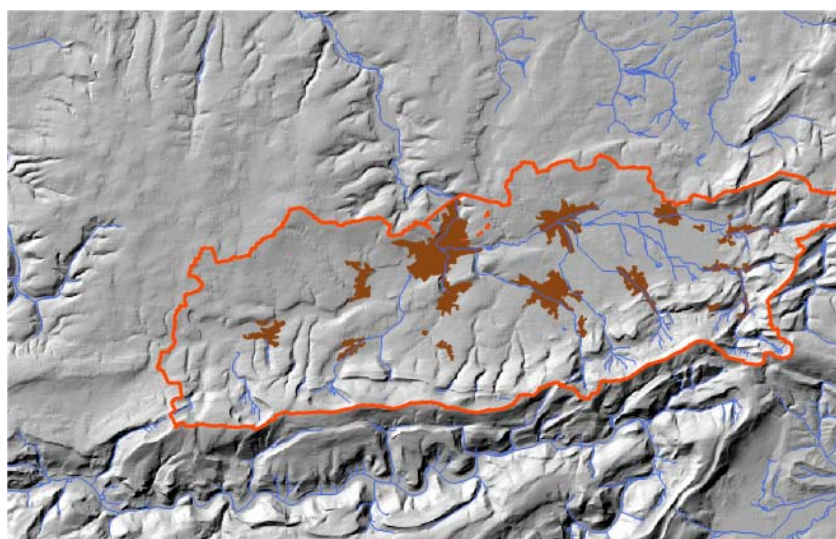


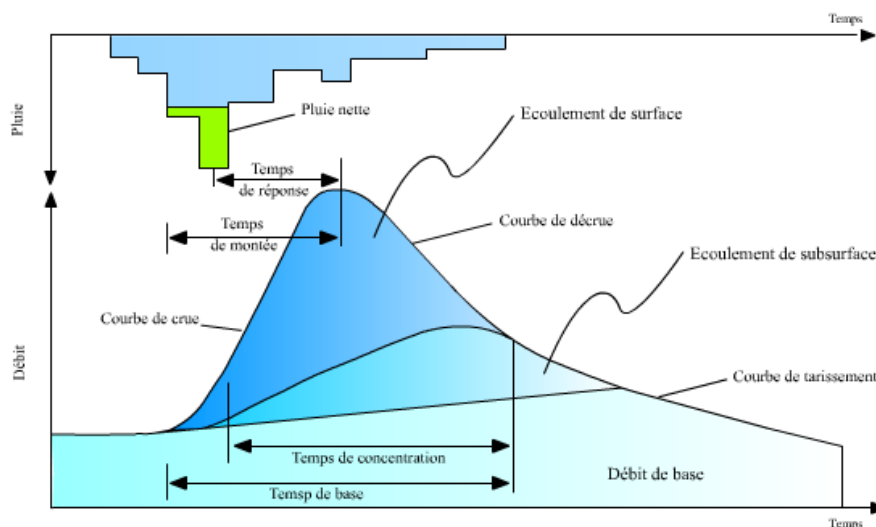
Figure 9 Limite du bassin versant de l'Allaine, exutoire au niveau de la STEP de Porrentruy, sur fond de carte MNT25. En brun, les zones d'habitation, avec au centre Porrentruy. (©Swisstopo)

La surface du bassin versant topographique, calculée avec Manifold, est de 130 km², ce qui correspond aux valeurs donnée par Gretillat (CSD, 2004a) de 137 km² pour un exutoire à Courchavon (4 km à l'aval de la STEP)

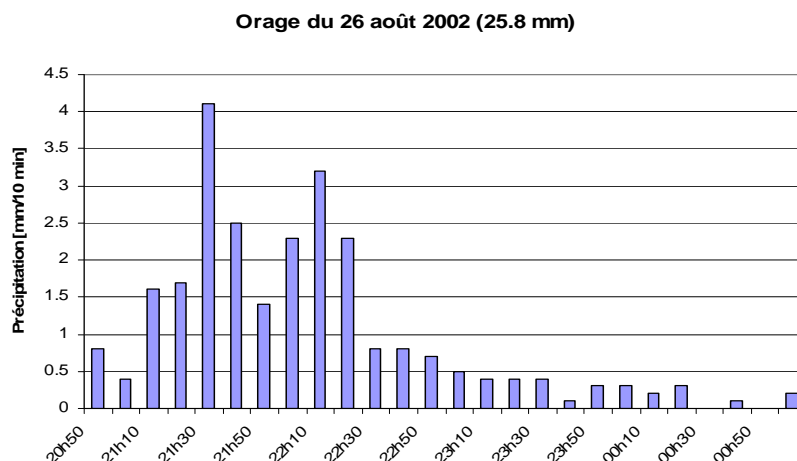
Pente du bassin versant : le calcul de la pente moyenne du BV a aussi été déterminé grâce au MNT 25. La pente moyenne du bassin versant, calculée avec Manifold, est de 8.33°, soit 14%. Le sud du bassin est assez montagneux avec des pentes supérieures à 20° alors que le centre est assez plat, avec des pentes entre 0 et 4°.

Détermination du coefficient de ruissellement et du temps de concentration

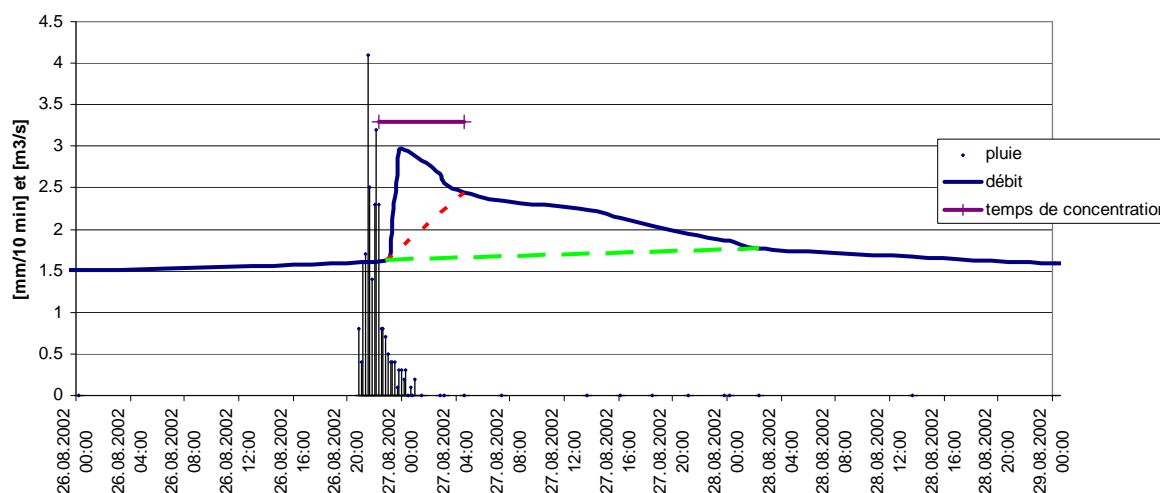
Le coefficient de ruissellement moyen et le temps de concentration du bassin versant ont été estimés par une étude de la réponse hydrologique du bassin. Pour ce faire, les données de pluie de la station de Fahy, supposée représentative du bassin de l'Allaine (Duarte, 2007d), ont été comparées aux données de débits disponibles pour la station du Pont d'able (Biotec). Pour étudier la réponse hydrologique, deux événements de pluie bien déterminés ont été choisis, le premier étant un orage intense (25.8 mm) de 4h du mois d'août 2002, le deuxième étant une pluie de faible intensité, mais de 5 jours, avec un cumul de précipitation de 65 mm durant le mois de septembre 2002. Ces événements ont été choisis pour la disponibilité des données. La détermination du coefficient de ruissellement peut se faire en comparant le volume d'eau précipité avec le volume d'eau ruisselé (ruissellement de surface), tandis que le temps de concentration peut être estimé comme étant le temps entre la fin de la pluie nette et la fin du ruissellement de surface. (Musy, 2004) (<http://hydram.epfl.ch/edrologie/chapitres/chapitre11/main.html>)



Orage du 26 août 2002



Réponse hydrologique : débit au pont d'able



La forme de l'hydrogramme semble montrer (estimation très simplifiée) que l'écoulement de subsurface (entre la ligne vert et rouge) semble très important, bien plus que l'écoulement de surface (au-dessus de la ligne rouge). Ceci serait tout à fait plausible dans un milieu karstique tel que la région de Porrentruy.

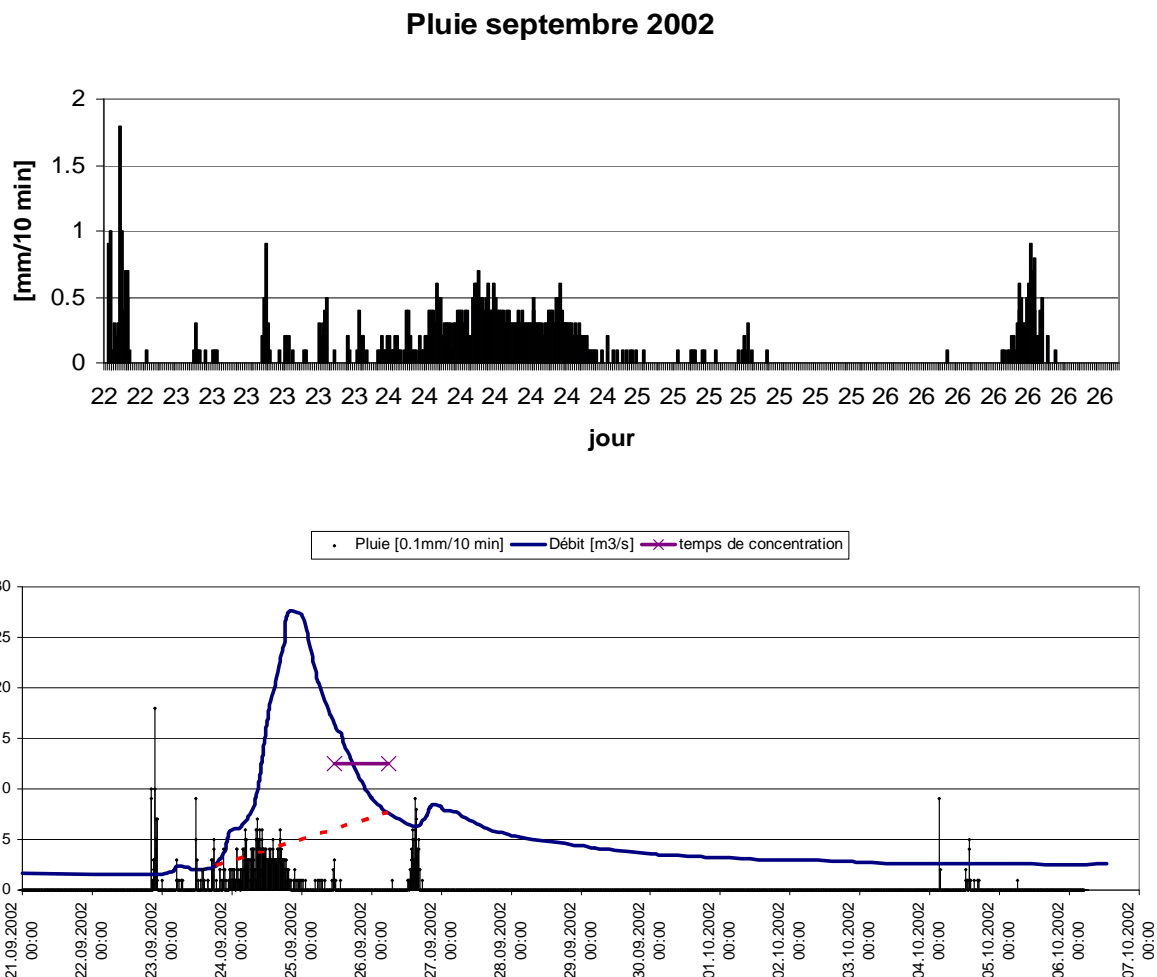
Le temps de concentration est estimé à 6h20, soit 380 minutes dans le cas de cet orage. Cependant, les orages étant généralement assez localisés, et d'intensité très variable selon le lieu, il est fort probable que la pluie mesurée à Fahy ne corresponde pas à une pluie uniforme sur tout le bassin versant. La détermination du coefficient de ruissellement et du temps de concentration sera donc probablement biaisée.

En effet, si l'on calcule le coefficient de ruissellement en prenant comme volume ruisselé le volume au-dessus de la ligne verte (écoulement de surface, plus de subsurface) (normalement on ne considère que l'écoulement du surface), et comme volume précipité, la hauteur de la pluie multipliée par toute la surface du bassin versant, on obtient un coefficient de ruissellement de

0.026, ce qui est assez faible pour un bassin à prairies et cultures comme couverture dominante, et à pente moyenne relativement élevée.

L'étude d'un événement pluvieux de plus grande ampleur est probablement mieux adaptée pour la détermination de ces paramètres.

Pluie du 22 au 26 septembre 2002



Pour l'analyse, on se concentre sur le premier pic de crue, qui correspond à une lame précipitée de 47 mm. On obtient approximativement un temps de concentration de 18.5h, soit 1110 minutes, ce qui est trois fois plus élevé que précédemment. En prenant le volume au-dessus de la ligne rouge, on obtient un coefficient de ruissellement de 0.33, ce qui est très élevé, et plus de dix fois supérieur à celui trouvé précédemment. Il est donc très difficile d'estimer correctement le coefficient de ruissellement. Cette valeur très élevée est peut-être due à l'apport d'eaux souterraines provenant de l'extérieur du bassin versant topographique utilisé pour le volume de pluie. La région étant très karstique, cette hypothèse est tout à fait probable. Elle peut aussi être due à l'hétérogénéité des pluies sur le bassin versant. Il est possible que les pluies mesurées à Fahy soient inférieures à la moyenne des précipitations sur le bassin versant.

Le temps de concentration peut aussi s'estimer à l'aide de formule empirique, fonction de la pente du bassin, de sa superficie, de sa longueur caractéristique.

Pour la modélisation avec REBEKA, on calcule la constante du réservoir linéaire K, c'est-à-dire la durée moyenne d'écoulement dans le bassin versant, qui correspond plus ou moins au temps de concentration. En utilisant la formule recommandée par le logiciel Canoë (www.canoehydro.com/doc/AIDEPAP.pdf) :

$$K = \frac{2 \cdot \left(\frac{A}{100} \cdot L_{\max} \right)^{\frac{1}{3}}}{(J + 0.0001)^{\frac{1}{2}}}$$

On obtient une valeur de 700 minutes, ce qui est à peu près l'ordre de grandeur trouvée avec l'étude hydrologique. Cette valeur a été retenue pour la modélisation.

ANNEXE 3 : DÉTERMINATION DES PARAMÈTRES DU MILIEU RÉCEPTEUR : L'ALLAINE

Suite aux données des débits déversés issus de la simulation Samba faite dans le cadre du PGEE, ainsi que sur la base des enquêtes de l'hydrobiologiste, deux tronçons de l'Allaine pourraient subir des impacts dus aux déversements directs par temps de pluie. Le premier tronçon se situe à l'aval du déversoir de la STEP de Porrentruy, et le deuxième à l'aval du village de Alle.

La détermination des paramètres nécessaires pour la simulation REBEKA est soit issue de la littérature, soit basée sur des observations et des mesures faites sur le terrain. Pour ces dernières, une campagne de mesure a été faite le 16 décembre 2007 afin de déterminer notamment la largeur du fond, la pente des talus, le coefficient de rugosité, ainsi que la distribution granulométrique des particules du fond. Cette campagne a eu lieu une semaine après de fortes précipitations, qui ont entraîné des déversements. Les températures étaient proches de 0, mais le sol était libre de neige. Les observations faites sur l'état du cours d'eau ne sont pas forcément représentatives car au mois de décembre il n'y a que peu de végétation (algues,...), et la basse température de l'eau permet une concentration en oxygène dissous assez importante, ce qui empêche de voir la présence de conditions anoxiques.

TRONÇON 1 : AUTOUR DU KILOMÈTRE 17, À L'AVAL DE LA STEP DU PORRENTRUUY

Ce tronçon est caractérisé par un état proche de l'état naturel. La faible pente du cours d'eau à cet endroit entraîne la formation de méandre dans la plaine, laquelle a une fonction essentiellement agricole. La largeur du fond, mesurée au niveau de la STEP, mais assez similaire jusqu'à Pont d'Able un kilomètre à l'aval, est de 11.5 mètres. La pente des talus, très variables, est en moyenne assez raide puisque la rivière a creusé son lit dans la plaine, et que la cohésion des rives (en terre) est assez bonne. Elle est estimée en moyenne de 1:2 (H :V), soit 0.5:1.

Le coefficient de rugosité (de Strickler) a été estimé par les observations à l'aide de la grille développée par le CEMAGREF :

(www.cetmef.equipement.gouv.fr/projets/hydraulique/clubcourseau/lecons_html/notice/calage/tableau.html).

Pour les cours d'eau de plaine sinueux, de largeur inférieure à 30 m, de niveau d'eau élevé, avec une section nette et peu de variation de la section mouillée, et avec un fond relativement homogène, le coefficient de Strickler devrait se situer entre 25 et 30 [$m^{1/3}/s$], ce qui correspond à peu près aux valeurs fournies dans la directive STORM pour un cours d'eau naturel. Nous avons retenu la valeur de 30 [$m^{1/3}/s$].

Pour la détermination du diamètre moyen d_m et du diamètre dont 90% de la masse des grains est inférieure d_{90} des particules du fond, nous avons utilisé la méthode de l'analyse en ligne, développée par René Fehr à l'EPFZ (Fehr, 1987). Comme le niveau de l'Allaine était assez élevé, nous avons appliqué cette méthode sur deux bancs de gravier émergeant, lesquels semblaient assez représentatifs de ce que l'on pouvait observer au fond du lit. Le premier se situait 50m à l'aval de la STEP et le deuxième au niveau de DO30, 300m à l'aval de la STEP. Pour chacune, nous avons mesuré le diamètre de plus de 160 cailloux sur une ligne d'environ 3 mètres. On obtient avec cette méthode un diamètre moyen d'environ 2 cm (un d_{50} de 1.5 cm) et un d_{90} d'environ

4.5 cm. Les deux analyses en ligne donnent des résultats très similaires. Les courbes granulométriques ainsi obtenues sont présentées dans le graphique ci-dessous. La courbe nommée « Alle » correspond à la distribution granulométrique du deuxième tronçon à l'aval de Alle.

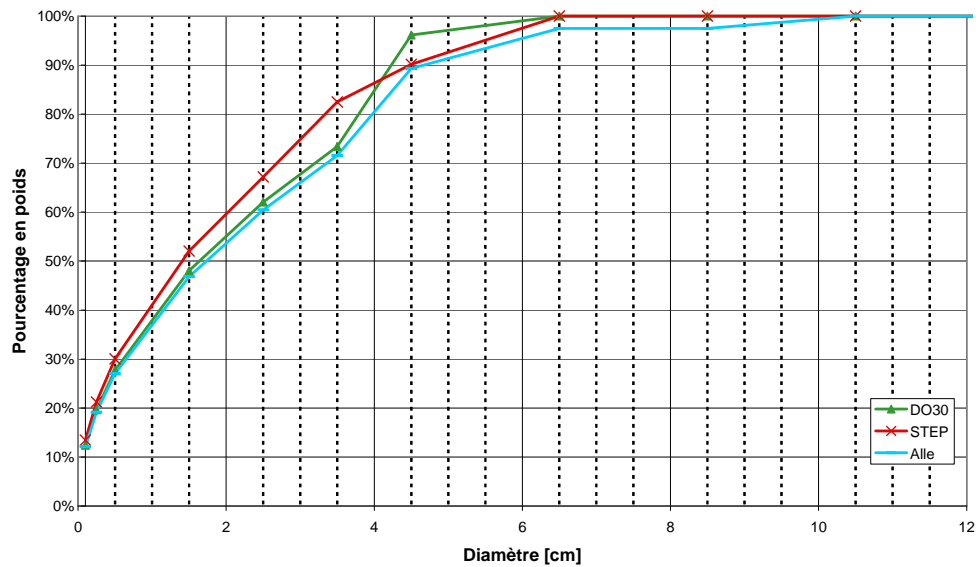


Figure 10 Distribution granulométrique des particules du fond de l'Allaine

Les autres paramètres caractérisant le milieu récepteur nécessaire pour la simulation REBEKA sont issus de la littérature, et ne sont donc pas présentés ici.

Pour illustrer ces observations, une série de photos du tronçon est présentée ci-dessous. Les photos ont été prises par François Margot, Sophie Margot ou Jonas Margot.





TRONÇON 2 : AUTOUR DU KILOMÈTRE 10, À L'AVANT DU VILLAGE DE ALLE

Ce tronçon est caractérisé par un état morphologique fortement modifié, le cours de la rivière ayant été rectifié pour faciliter l'exploitation agricole de la plaine alentour. La largeur du fond, assez constante sur tout le tronçon, est d'environ 5.5 mètres. La pente des talus, assez constante, a été estimée en moyenne de 1:1 (H:V). Le coefficient de rugosité (de Strickler) de ce tronçon doit être assez similaire à celui du tronçon 1. En effet, bien que la largeur du lit et la hauteur d'eau soient deux fois plus faibles que pour celui-ci, le tronçon 2 est beaucoup plus rectiligne et régulier. Un coefficient de $30 \text{ [m}^{1/3}/\text{s]}$ a donc aussi été retenu. La détermination du

diamètre moyen d_m et du d_{90} , faite par l'analyse en ligne (voir Figure 10) nous donne un diamètre moyen de 2.3 cm (un d_{50} de 1.8 cm) et un d_{90} d'environ 5 cm.

Comme précédemment, les autres paramètres caractérisant le milieu récepteur sont issus de la littérature, et ne sont donc pas présentés ici.

Pour illustrer ces observations, une série de photos du tronçon est présentée ci-dessous. Les photos ont été prises par François Margot, Sophie Margot ou Jonas Margot.



ANNEXE 4 : DONNÉES ET CALAGE DE LA MODÉLISATION DU CANAL SION-RIDDES**DONNÉES NÉCESSAIRES POUR LA SIMULATION**

Les données nécessaires pour la simulation avec REBEKA II pour le BEP de la STEP et le tronçon du canal Sion-Riddes à son aval sont présentées ci-dessous. Dans notre cas, comme on ne considère que le réseau unitaire, les données concernant celui en séparatif ne sont pas nécessaires. Pour chaque paramètre, une estimation de l'incertitude a été faite, basée soit sur des indications de la littérature, soit sur la variabilité vraiment observée dans les mesures, soit par estimation d'ordre de grandeur.

Données pluviométriques

Les données pluviométriques de la station ANETZ de l'aéroport de Sion (1986-1995 et 1998-2006) ont été utilisées pour les calculs (source : Institut suisse de météorologie (ISM)). Ces données sont jugées représentatives du bassin versant urbain de Sion. Il peut cependant y avoir un biais pour la représentation des pluies sur les bassins de Savièse, Arbaz et Grimisuat. La série de données est longue de 9 à 10 ans, ce qui n'est pas énorme pour déterminer les temps de retour de 5 ans pour l'ammonium, mais cette durée est jugée acceptable selon la directive Storm. La résolution temporelle est de 10 minutes, ce qui est suffisant pour évaluer la dynamique des polluants.

La moyenne annuelle des précipitations pour la période 1986-1995 est de 643 mm, et le nombre d'événement pluvieux de 139 par an. Pour la période 1998-2006, la moyenne annuelle se monte à 573 mm avec 218 événements par an.

La simulation suppose que les précipitations sont uniformes sur le bassin versant, alors que ce n'est que rarement le cas lors d'événement orageux. Les volumes ruisselés peuvent donc être bien différents. Il est cependant difficile d'évaluer l'incertitude là-dessus.

Données du bassin versant naturel

Comme mentionné auparavant, le bassin versant naturel du canal Sion-Riddes est très difficile à déterminer, les débits dans le canal (mise à part les rejets urbains) n'étant que peu liés aux apports par les précipitations. La surface effective du bassin versant a donc été déterminée de manière fictive, par calage du modèle, afin d'avoir des taux de dilution dans le canal pas trop éloignés de la réalité. Une valeur de 7 ha a été choisie. Cette surface pourrait représenter la surface du tronçon du canal étudié ainsi qu'une zone riveraine, pour lesquelles les précipitations contribueraient directement à l'augmentation du débit dans le canal.

Le type de modèle utilisé, un modèle à réservoir linéaire, nécessite de connaître les pertes initiales ainsi que le temps de concentration du BV. Les pertes initiales ont été supposées nulles, puisque les précipitations se font directement sur le cours d'eau, ou sur les berges proches du canal. Le temps de concentration doit être très faible. La valeur minimale qui peut être utilisée dans REBEKA est de 10 minutes, valeur retenue pour la modélisation. Ces paramètres n'ont, dans ce cas, aucune signification physique. Ils ont été ajustés pour représenter au mieux les quelques mesures disponibles.

Données relatives au milieu récepteur

Le débit d'étiage est issu de la littérature (ETEC, 2001), sur la base de mesures ponctuelles en période d'étiage. Il est estimé à 190 l/s en amont de la STEP. La pente du canal a été calculée à 0.06% (EETC, 2001). La largeur du fond, la pente des talus, et le coefficient de rugosité ont été mesurés ou déterminés sur le terrain. Le diamètre moyen et le d_{90} des grains du lit ont été déterminés au laboratoire par tamisage en différentes fractions. Plus de détails sont présentés dans l'annexe 5. Les données concernant la qualité de l'eau et le transport solide sont toutes issues de la littérature, et de mesures sur le terrain (pH et température). Elles sont présentées dans le Tableau 8.

Tableau 8 Paramètres relatifs au canal Sion-Riddes utilisé pour la modélisation avec REBEKA

Milieu naturel: canal Sion-Riddes	Unité	Moyenne	Min.	Max.	Sources (fait référence à la bibliographie) et remarques
Surface BV naturel	[ha]	7			calage pour simuler les variations de niveau dans le canal. Représente une surface contributive directe (plan d'eau, berge du canal)
Coefficient de ruissellement	[-]	1			
Surface effective BVN	[ha]	7	5.6	8.4	calcul
Perte initiale (lié à la pente)	[mm]	0	0	0	pas de perte car précipitation directement sur le plan d'eau
Constante de stockage	[min]	10	10	12	très faible temps de stockage. Minimum 10' pour Rebeka
Débit de base	[m3/s]	0.19	0.18	0.25	[ETEC,2001]p.12 mesure en février 2001 amont de la STEP [ETEC,2004a]p.7 estimation étiage à 0,25
Pente du fond	[-]	0.0006	0.0005	0.007	[ETEC,2001]p.21 amont autoroute +[ETEC,2004] annexe 1 p.3 pente de 0.7%!!!
Largeur du fond	[m]	3.7	2.6	4	mesures niveau BEP +[ETEC,2004a] annexe 1 p.3
Pente des talus	[H:V]	1.4	1	1.6	mesures niveau BEP (2mH: 1.4mV)
Coefficient de Strickler	[m ^{1/3} /s]	40	20	45	estimation par observations + tableau CEMAGREF (canaux en terre petite dimension) [ETEC,2001]p.21 $K_s=10-20$
Diamètre moyen du fond	[cm]	1.7	1.5	2.5	mesure par tamis sur échantillon de 600g
Diamètre 90% du fond	[cm]	3.8	3.5	4.5	mesure par tamis sur échantillon de 600g
Conc. NH4-N	[mg/l]	0.03	0.008	0.07	[ETEC,2004b]: Canal Sion-Riddes aval Camping lles mesures avril-juin 2002
Valeur de pH	[-]	7.7	7.3	8	[ETEC,2004b]p.5 Canal Sion-Riddes aval Camping lles mesures avril-juin 2002 + mesures
Alcalinité	[mmol/l]	5	1	6	estimation STORM [VSA,2007]: cours d'eau alimenté principalement par les eaux souterraines
Température min (février)	°C	10	5	14	[ETEC,2001]p.48 température varie de 5 à 15°C [ETEC,2004a]p.14 mars 2003: T=11°C [ETEC,2004b]p.5
Température max (août)	°C	15	13	16	[Marc Bernard]: Canal Sion-Riddes autoroute en amont du Canal de la Blancherie, mesure 2007 (max 30 août)
Vitesse de sédimentation	[cm/s]	0.024	0.012	0.063	estimation STORM [VSA,2007]
Coefficient d'érosion	[g/m2/s]	1.36	0.678	2.03	estimation STORM [Rossi,2004b]
Contrainte de cisaillement	[-]	4.7	2	7.4	estimation STORM [Rossi,2004b]
Vitesse de dégradation des substances organiques	[1/d]	0.24	0.12	0.3	estimation STORM [VSA,2007]
gO2/gTSS du système unitaire	[-]	0.47	0.23	0.65	estimation STORM [VSA,2007]

Données du système d'assainissement

Les surfaces des bassins versants urbains et leurs coefficients de ruissellement proviennent des données du PGEE (SD Ingénierie, 2004). Elles ont ensuite été ajustées pour atteindre un débit déversé dans le canal similaire à celui déterminé par calcul par la simulation Samba (Christophe Dubuis, communication personnelle). En effet, en cas de trop plein des égouts, une partie des déversoirs rejettent leurs eaux dans d'autres milieux que le canal Sion-Riddes (notamment pour les communes de Savièse, Arbaz et Grimisuat). Pour tenir compte de ce phénomène avec REBEKA, il est nécessaire de réduire un peu les surfaces contributives. Les pertes initiales et le temps de concentration ont été déterminés sur la base des indications de la directive STORM. Les autres informations concernant l'assainissement proviennent principalement du PGEE et des indications du responsable de la STEP. Quand aucune information n'était disponible, des valeurs par défaut fournies dans la directive STORM ont été utilisées. Toutes ces données sont présentées dans le Tableau 9 et le Tableau 10, respectivement pour le scénario mono-bassin

versant, et le scénario multi-bassins versants. Pour celui-ci, seuls les paramètres qui changent par rapport au premier scénario sont présentés.

Tableau 9 Paramètres relatifs au système d'assainissement pour le scénario 1 (mono bassin versant)

Données pour la modélisation REBEKA				Scénario 1: DO de la STEP, bassin urbain de Sion et environs	
	Unité	Moyenne	Min.	Max.	Sources (fait référence à la bibliographie) et remarques
Données pluviométriques					
Moyenne annuelle 1998-2006 à Sion	[mm]	573			données pluviométrique station Sion-Aerodrome, période 1998-2006, pas de temps 10', MeteoSuisse
Système unitaire					
Surface urbaine	[ha]	928			[SD,2004]Sion-chateauf:353ha [Christophe Dubuis]Savièse:348ha Grimisuat:181ha Arbaz:46ha
Coefficient de ruissellement	[-]	0.13			[SD,2004]Sion-chateauf:0.28 [Christophe Dubuis]Savièse:0.23 Grimisuat:0.14 Arbaz:0.20. Calage à 0.13
Surface imperméable	[ha]	121	0	0	calcul Sion:100ha, Savièse: 79ha, Arbaz: 9.2ha Grimisuat:26ha, soit 214ha. Calage à 121ha.
Perte initiale	[mm]	2	1.5	3	estimation STORM [VSA,2007]
Constante de stockage	[min]	40	15	60	formule STORM [VSA,2007] [ETEC,2001]p.17 estimation entre 15-60 min
Nombre d'équivalents habitants	[EH]	50000	50000	65000	estimation [Luc Favre] (dimensionné pour 65'000 EH)
Débit par temps sec	[l/EH/j]	391	280	399	[Luc Favre]: 18-20'000 m3/j l'été, 14'000 l'hiver. [SD,2005]p.5 : 226 l/s en été (mesures)
Débit vers STEP	[l/s]	800	750	850	[Luc Favre]: 800 l/s traitement primaire, 380 l/s pour biologie. La différence est directement évacuée au Rhône
Affluent	[l/s]	360	-	-	apport autres communes par temps de pluie [SD,2005]p.7 (déjà inclus dans les surfaces réd et les EH)
Volume du bassin de rétention	[m3]	1490	1400	1700	[Luc Favre]: volume utile BEP Châteauf (vol.max:1700m3)
pH des EU	[-]	7.6	7.5	7.8	[Luc Favre]
Conc. NH4-N eaux ruissellement	[mg/l]	0.8	0.5	1.5	estimation STORM [VSA,2007]
Charge en NH4-N par hab.	[g/hab/j]	7	3.5	14	[Luc Favre]: moyenne 263 kg/j (entre 230 et 270 kg/j), ajusté à 7 g/EH/j
Alcalinité des EU	[mmol/l]	5	4	6	estimation STORM [VSA,2007]
Conc. NH4-N dans l'affluent		-	-	-	
Conc. MES EU	[mg/l]	200	100	300	estimation STORM [Rossi,2004b]
Conc. MES eaux de ruissellement	[mg/l]	100	50	200	estimation STORM [VSA,2007]
Coefficient de premier flot	[-]	1	0.6	1.3	estimation STORM [VSA,2007]
Part de sédiment	[-]	0.5	0.35	0.6	estimation [Videsa SA]: présence de sédiments dans toutes les canalisations, particulièrement dans les canalisations principales sauf dans celles où il y a une forte pente
Efficacité de séparation des MES	[-]	0.06	0.02	0.30	formule STORM [VSA,2007]
Vitesse de sédimentation	[m/s]	0.0003	0.0001	0.0006	estimation STORM [VSA,2007]
Facteur de turbulence n	[-]	3	1	5	estimation STORM [VSA,2007]
Débit max	[m3/s]	2.3	-	-	capacité max du BEP [ETEC,2001]
Surface décanteur	[m2]	500	-	-	calcul selon coupe BEP Châteauf (vol:1500m3, h: 3m)

Tableau 10 Paramètres relatifs au système d'assainissement pour le scénario 2 (multi bassins versants)

Système unitaire de Sion				Scénario 2: bassin urbain de Sion	
Surface urbaine	[ha]	353			[SD,2004]Sion-chateauf:353ha
Coefficient de ruissellement	[-]	0.25			[SD,2004]Sion-chateauf:0.28 puis calage
Surface imperméable	[ha]	90	70	110	calcul Sion:100ha puis calage
Constante de stockage	[min]	20	20	20	formule STORM [VSA,2007] [ETEC,2001]p.17 estimation entre
Nombre d'équivalents habitants	[EH]	28500	27000	30000	estimation sur données de [Christophe Dubuis]
Système unitaire de Savièse				Scénario 2: bassin urbain de Savièse	
Surface urbaine	[ha]	348			[Christophe Dubuis]Savièse: 348ha
Coefficient de ruissellement	[-]	0.23			[Christophe Dubuis]Savièse: 0.23
Surface imperméable	[ha]	79	63	95	calcul
Constante de stockage	[min]	12	10	20	formule STORM [VSA,2007]
Nombre d'équivalents habitants	[EH]	13900	13000	15000	estimation sur données de [Christophe Dubuis](Savièse+Vuisse)
Débit vers STEP	[l/s]	220	190	300	[SD,2005]p.7 estimation des débits max par temps de pluie (2QTS) (Savièse 190l/s+Vuisse30l/s)
Volume du bassin de rétention	[m3]	0	0	0	pas de BEP
Système unitaire Arbaz et Grimisuat				Scénario 2 : bassin urbain d'Arbaz et Grimisuat	
Surface urbaine	[ha]	227			[Christophe Dubuis]Grimisuat+Arbaz: 227ha
Coefficient de ruissellement	[-]	0.16			[Christophe Dubuis]Grimisuat+Arbaz: 0.16
Surface imperméable	[ha]	35	28	42	calcul
Constante de stockage	[min]	14	10	20	formule STORM [VSA,2007]
Nombre d'équivalents habitants	[EH]	7600	7200	8000	estimation sur données de [Christophe Dubuis](Arbaz+Grimisuat)
Débit vers STEP	[l/s]	140	140	200	[SD,2005]p.7 estimation des débits max par temps de pluie (2QTS) (Arbaz 90l/s+Grimisuat 50l/s)
Volume du bassin de rétention	[m3]	0	0	0	pas de BEP

CALAGE DU MODÈLE

Une fois ces données implémentées dans le logiciel, il est nécessaire de vérifier que le modèle est représentatif de ce qui se passe en réalité, et si nécessaire, d'ajuster les paramètres afin de caler le modèle. Pour faire le calage, les résultats de la simulation sont comparés à des données connues (mesures, autres simulations plus complètes), et les paramètres sont modifiés en conséquence.

Calage des débits dans le canal

La connaissance des débits dans le canal avant la réception des rejets pluviaux urbains est importante pour déterminer le facteur de dilution de ces rejets. Malheureusement, il n'existe pas de station de mesure permanente dans le canal. Seules quelques mesures de débits en basses eaux, ainsi qu'un suivi mensuel du niveau du canal sur deux ans (1991 et 1992) sont disponibles (ETEC, 2001). Ces mesures ont donc été utilisées pour caler le modèle (pour au moins avoir un ordre de grandeur correct). Les mesures de niveau d'eau dans le canal ont été transformées en débit par extrapolation d'autres mesures simultanées de hauteur et de débit. Les valeurs de débits extrapolées sont donc assez approximatives. Pour la modélisation avec REBEKA, le paramètre qui détermine le débit dans le canal est la surface du bassin versant naturel. Celle-ci a donc été ajustée afin que les pics de débits simulés correspondent en moyenne aux valeurs des débits mesurés (extrapolés). Le résultat du calage est présenté dans la Figure 11.

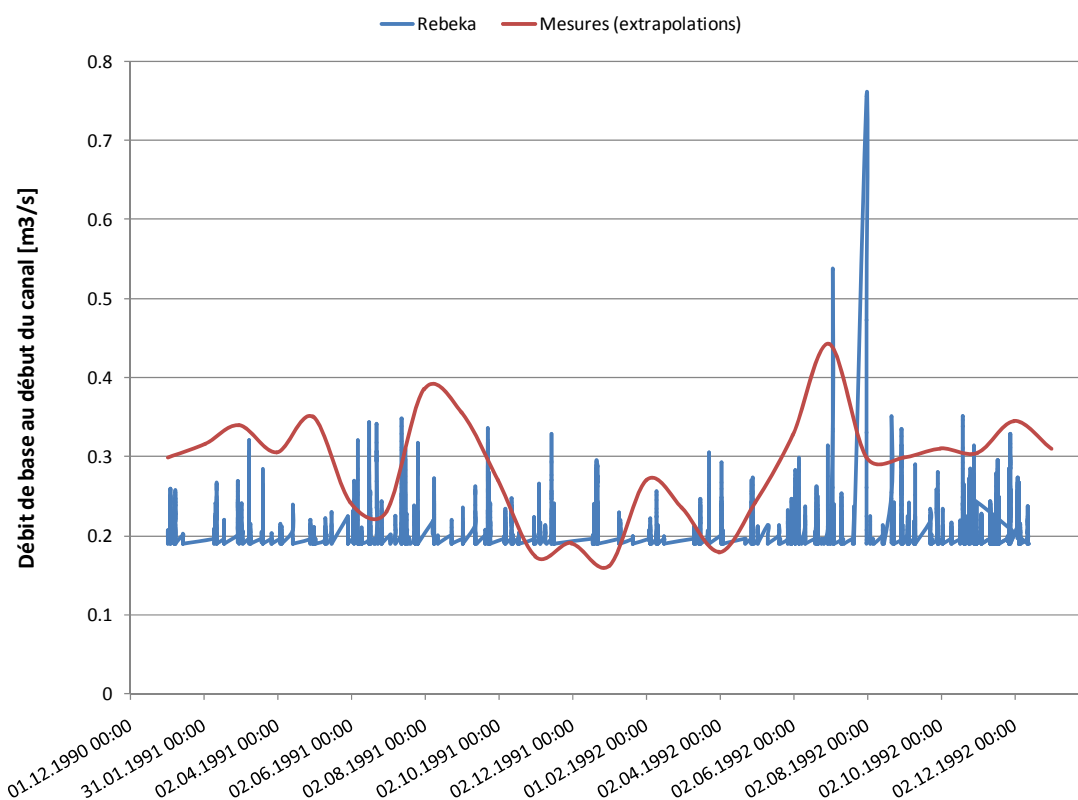


Figure 11 Comparaison entre les débits estimés (extrapolation de mesures) et simulés dans le canal, sans tenir compte des rejets pluviaux

La simulation avec REBEKA ne permet pas de représenter les débits observés tout au long de l'année, ceci notamment parce que le débit est systématiquement remis à son niveau de base par temps sec (voir partie 4 pour plus de détails). Les rejets pluviaux se faisant par définition par temps de pluie, c'est-à-dire lorsqu'on observe des pics sur le graphique, ce qui se passe par temps sec n'a que peu d'importance. Afin de simuler au mieux les facteurs de dilution, il faut que les pics de débits simulés s'approchent le plus possible des valeurs de débits mesurées. Sur la Figure 11, on observe que les pics de débits simulés sont tantôt plus élevés, tantôt plus faibles que les débits estimés, mais qu'en moyenne, ils se rapprochent pas trop mal des estimations. La surface effective calant au mieux les observations est de 7 hectares.

Calage des débits déversés

Le principal paramètre qui détermine le volume déversé est la surface effective du bassin versant urbain. Ce paramètre n'est pas connu précisément pour le cas de Sion, notamment à cause des surfaces contributives des communes voisines, dont les rejets de leurs propres déversoirs sont difficiles à évaluer précisément (estimés à 2QTS dans le PGEE). Afin de caler cette surface, les données de la simulation Samba du PGEE ont été utilisées. Ces données ont une incertitude de 20% environ (Christophe Dubuis, communication personnelle). Le volume moyen annuel déversé dans le canal pour la période 1981-2003 se monte à 83'400 m³. Des mesures de déversements (relevé horaire de la hauteur d'eau) au BEP de la STEP sont disponibles depuis 2005, et elles ont aussi été utilisées pour caler le modèle. Pour la simulation avec REBEKA, deux séries de pluies sont disponibles, de 1986 à 1995, et de 1998 à 2006. Pour comparer avec les valeurs de Samba, la première série a été utilisée, puis pour comparer avec les mesures de déversement du BEP, la série la plus récente a été considérée. Selon la période utilisée, le volume déversé peut considérablement changer (Tableau 11).

Tableau 11 Résultat du calage des débits déversés pour la modélisation multi-bassins versants

Simulation	Période	Débit [m³/an]	Nombre de rejets/an
SAMBA	1981-2003	83'400	-
REBEKA	1986-1995	94'800	18
REBEKA	1998-2006	63'800	15

Pour la modélisation multi-bassins versants, la surface effective du bassin versant urbain de Sion vaut, selon le PGEE, 100ha. Pour tenir compte des déversements ailleurs que dans le canal Sion-Riddes, et pour ajuster au mieux les résultats aux valeurs de la simulation Samba et aux mesures dans le BEP, la surface a été réduite à 90ha, ce qui signifie un coefficient de ruissellement de 0.25 (au lieu de 0.28), ce qui est acceptable.

Avec une surface de 90ha, on observe (à une ou deux exceptions) les mêmes déversements (même fréquence et mêmes dates) entre les mesures faites au BEP et la simulation avec REBEKA pour la période 2005-2006. Le modèle multi-bassins versants semble donc bien représentatif des déversements réellement effectués.

La modélisation simple qui regroupe toutes les communes en un seul bassin versant fictif, d'une surface effective selon le PGEE de 214ha, n'est pas très adaptée. En effet, pour atteindre les mêmes débits déversés que ceux de la simulation Samba, il faut réduire cette surface à 120ha, ce qui n'a que peu de sens en réalité. Cette surface permet de respecter les volumes moyens

déversés, mais les dates et la fréquence des déversements ne correspondent pas avec les mesures faites au BEP. Même en faisant varier la surface, cette modélisation n'arrive pas à simuler correctement la réalité. Comme la modélisation multi-bassins versant montre de meilleurs résultats, la méthode mono-bassin n'a pas été utilisée par la suite. La conséquence est que les résultats stochastiques ne tiendront pas compte des incertitudes sur les bassins des communes voisines. L'incertitude sera donc sous-évaluée.

Calage des concentrations en ammonium

Des mesures d'ammonium faites en septembre 2002 dans le canal au niveau du BEP pendant un déversement montrent des concentrations d'ammonium de 2.6 mg N/l dans le canal, et de 5.3 mg N/l dans le BEP (Bagnoud, 2002). Les pluies mesurées sur l'aérodrome à cette même période ne sont pas très élevées, et ne peuvent pas expliquer le déversement. Il est donc fort probable que ces rejets soient dus à des pluies isolées de plus fortes intensités sur d'autres parties du bassin versant. La modélisation avec REBEKA ne permet donc pas de reproduire cet événement. Ces informations sont cependant utiles, car elles donnent un ordre de grandeur des concentrations d'ammonium que l'on peut retrouver dans le canal lors de déversements. Les concentrations maximums selon la simulation avec REBEKA ont ainsi été comparées à ces deux valeurs, puis la charge en ammonium dans les eaux usées a été ajustée en conséquence.

Pour une charge en ammonium de 5.3 g NH₄-N/hab/jour (selon les indications de la STEP), les concentrations maximums d'ammonium n'atteignent pas les valeurs mesurées. En augmentant la charge à 7 g NH₄-N/hab/jour, on obtient des concentrations maximums de 5.25 mg N/l dans les eaux déversées, et de 2.57 mg N/l dans le canal, ce qui est proche des valeurs mesurées en 2002. Dans l'hypothèse que les concentrations de septembre 2002 sont des maximums, notre modèle semble assez bien calé au niveau de l'ammonium.

ANNEXE 5 : DÉTERMINATION DES PARAMÈTRES DU MILIEU RÉCEPTEUR : LE CANAL SION-RIDDES

La détermination des paramètres nécessaires pour la simulation REBEKA est soit issue de la littérature, soit basée sur des observations et des mesures faites sur le terrain. Pour ces dernières, deux campagnes de mesures ont été faites le 29 février et le 5 mars 2008 afin de déterminer notamment la largeur du fond, la pente des talus, le coefficient de rugosité, ainsi que la distribution granulométrique des particules du fond. Les observations faites sur l'état du cours d'eau ne sont pas forcément représentatives des conditions annuelles moyennes car début mars il n'y a que peu de végétation (algues,...) dans le canal.

Le tronçon du canal étudié, entre la sortie à ciel ouvert à l'aval de Sion et le passage sous-voies CFF est assez homogène, complètement rectiligne et trapézoïdal. La largeur du fond est assez constante et se situe autour de 3.7 mètres. La pente des talus est estimée en moyenne de 2:1.4 (H :V).

Le coefficient de rugosité (de Strickler) a été estimé par les observations à l'aide de la grille développé par le CEMAGREF :

www.cetmef.equipement.gouv.fr/projets/hydraulique/clubcourseau/lecons_html/notice/calage/tableau.html).

Pour les canaux en terre avec développement de végétation, le coefficient de Strickler devrait se situer autour de 40 [$m^{1/3}/s$], ce qui correspond aux valeurs fournies dans la directive STORM pour des canaux réguliers à lit de gravier fin à moyen. Nous avons donc retenu la valeur de 40 [$m^{1/3}/s$].

La détermination du diamètre moyen d_m et du diamètre d_{90} s'est fait par tamisage. Deux échantillons (700g poids sec) supposés représentatifs du lit du canal ont été prélevés, puis séchés 24h à 105°C. Ils ont ensuite été tamisés en dix fractions (<1mm, 1-2mm, 2-3.15mm, 3.15-5mm, 5-8mm, 8-10mm, 10-12.5mm, 12.5-20mm, 20-25mm, >25mm), lesquels ont été pesés. On obtient avec cette méthode un diamètre moyen d'environ 1.7 cm (un d_{50} de 1.5 cm) et un d_{90} d'environ 3.8 cm. Les deux échantillons donnent des résultats très similaires. Les courbes granulométriques ainsi obtenues sont présentées dans le graphique ci-dessous.

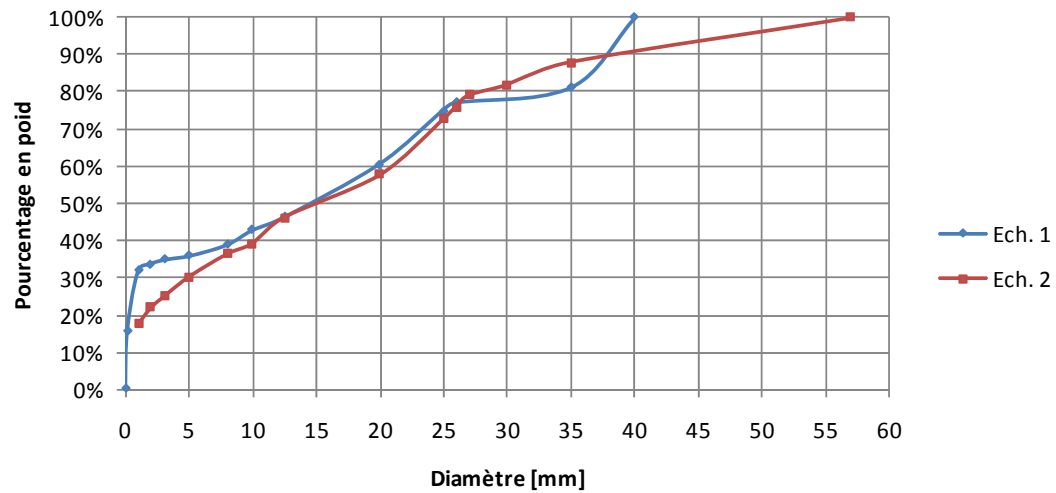


Figure 12 Distribution granulométrique des particules du fond du canal Sion-Riddes



Les autres paramètres caractérisant le milieu récepteur nécessaire pour la simulation avec REBEKA sont issus de la littérature, et ne sont donc pas présentés ici.

Pour illustrer ces observations, une série de photos du tronçon est présentée ci-dessous.





ANNEXE 6 : DONNÉES ET CALAGE DE LA MODÉLISATION DE L'URTENEN

DONNÉES NÉCESSAIRES POUR LA SIMULATION

Les données nécessaires pour la simulation avec REBEKA II pour le BEP de Bad et le tronçon de l'Urtenen à son aval sont présentées ci-dessous. Dans notre cas, les données concernant le système séparatif concernent uniquement les eaux de l'autoroute. Pour chaque paramètre, une estimation de l'incertitude a été faite, basée soit sur des indications de la littérature, soit sur la variabilité vraiment observée dans les mesures, soit par estimation d'ordre de grandeur.

Données pluviométriques

Les données pluviométriques de la station ANETZ Berne Zollikofen (1998-2007) ont été utilisées pour les calculs (source : Institut suisse de météorologie (ISM)). La station de Zollikofen n'est pas forcément représentative des pluies sur le bassin versant de l'Urtenen, car elle se situe de l'autre côté de la colline. La hauteur des précipitations observées à Zollikofen est généralement plus élevée que celle mesurée à Mattstetten. Des différences de 25% dans les débits déversés ont pu être notées suivant la série de pluie utilisée pour la simulation (Hollinger, 2008). Pour compenser ces différences, le calage de REBEKA a été fait sur la base des débits déversés selon les pluies de Mattstetten. La série de données est longue de 10 ans, ce qui n'est pas énorme pour déterminer les temps de retour de 5 ans pour l'ammonium, mais cette durée est jugée acceptable selon la directive Storm. La résolution temporelle est de 10 minutes, ce qui est suffisant pour évaluer la dynamique des polluants.

La moyenne annuelle des précipitations pour cette période est de 1077 mm, et le nombre d'événement pluvieux de 380 par an.

La simulation suppose que les précipitations sont uniformes sur le bassin versant, alors que ce n'est rarement le cas lors d'événement orageux. Les volumes ruisselés peuvent donc être bien différents. Il est cependant difficile d'évaluer l'incertitude là-dessus.

Données du bassin versant naturel

La surface du bassin versant de l'Urtenen à la sortie du lac est d'environ 18 km² (Spreafico, 1992). Le coefficient de ruissellement a été grossièrement évalué sur la base de l'occupation du sol (environ 62% de cultures, 4% de surfaces imperméables et 34% de surfaces boisées (Spreafico, 1992)), ainsi que des coefficients de ruissellement moyens pour ces surfaces (Musy, 2004) (0.2 pour les cultures, 0.9 pour les routes et villages, et 0.1 pour les forêts). On obtient un coefficient d'environ 0.2. Celui-ci a ensuite été contrôlé lors du calage de REBEKA sur les mesures de débit dans l'Urtenen et s'avérait assez correct.

Le type de modèle utilisé, un modèle à réservoir linéaire, nécessite de connaître les pertes initiales ainsi que le temps de concentration du BV. Les pertes initiales ont été estimées à 2mm, selon les recommandations de la directive STORM (VSA, 2007), puis elles ont été ajustées par calage à 3mm. Le temps de concentration est quand à lui probablement fortement influencé par les lacs à l'amont. Il a été déterminé selon les indications de la directive (415 minutes), puis ajusté en fonction des débits mesurés dans l'Urtenen.

Données relatives au milieu récepteur

Le débit d'étiage est issu de mesures sur trois ans (2005, 2006, 2007, début 2008) à la sortie du lac. Il est estimé à 150 l/s. La pente du tronçon a été prise équivalente à la pente moyenne de l'Urtenen, soit 0.24%. La largeur du fond, la pente des talus, et le coefficient de rugosité ont été mesurés ou déterminés sur le terrain. Le diamètre moyen et le d_{90} des grains du lit ont été déterminés au laboratoire par tamisage en différentes fractions. Plus de détails sont présentés dans l'annexe 7. Les données concernant la qualité de l'eau et le transport solide sont toutes issues de la littérature, et de mesures sur le terrain (pH et température). Elles sont présentées dans le Tableau 12.

Tableau 12 Paramètres relatifs au milieu naturel utilisé pour la modélisation avec REBEKA

Milieu naturel					
Surface	[ha]	1800			[Spreafico, 1992] 18 km ² à la sortie du lac
Coefficient de ruissellement	[-]	0.2			estimation à 0.2 selon [Spreafico, 1992 et Musy, 2004]
Surface effective	[ha]	360	300	400	calcul
Perte initiale (lié à la pente)	[mm]	3	2	4	estimation STORM à 2mm, pente BV>3%, calage à 3mm [VSA,2007]
Pente (du bassin versant)	[-]	0.04			[Spreafico, 1992] pente moyenne de 4%
Constante de stockage	[min]	2000	1800	2200	formule STORM [VSA,2007]: 415min, puis calage à 2000min (influence du lac)
Section de la rivière la plus longue	[m]	4000	-	-	estimation sur carte 1:25000
Q347	[m ³ /s]	0.15	0.1	0.2	débit de base [Canton, comm. Perso]
Pente du fond	[-]	0.0024	0.0005	0.003	pente moyenne de la source à l'embouchure [Hydra, 1995]
Largeur du fond	[m]	1.5	1.2	2	mesures niveau BEP
Pente des talus	[H:V]	1.67	1	2	mesures niveau BEP (2mH: 1.2mV)
Coefficient de Strickler	[m ^{1/3} /s]	40	25	45	estimation par observations + tableau CEMAGREF (canaux en terre petite dimension)
Diamètre moyen du fond	[cm]	0.7	0.5	1	mesure par tamis sur échantillon de 400g
Diamètre 90% du fond	[cm]	1.7	1.5	2.5	mesure par tamis sur échantillon de 400g
Conc. NH4-N	[mg/l]	0.02	0.01	0.06	analyse de routine 2007 [Canton]
Valeur de pH	[-]	8.2	8	8.5	mesure sur place en avril 2008 +analyse de routine [Canton, comm. Perso]
Alcalinité	[mmol/l]	3	2	5	estimation STORM [VSA,2007]
Température min (février)	°C	3.5	2	5	mesure 05/06/07 [Canton, comm. perso]
Température max (août)	°C	25	23 (18EU)	27	mesure 05/06/07 [Canton, comm. perso]
Vitesse de sédimentation	[cm/s]	0.02	0.012	0.063	estimation STORM [VSA,2007]
Coefficient d'érosion	[g/m ² /s]	1.36	0.678	2.03	estimation STORM [Rossi,2004b]
Contrainte de cisaillement	[-]	4.7	2	7.4	estimation STORM [Rossi,2004b]
Vitesse de dégradation des substances organiques	[1/d]	0.24	0.12	0.3	estimation STORM [VSA,2007]
gO ₂ /gTSS du système unitaire	[-]	0.47	0.23	0.65	estimation STORM [VSA,2007]
gO ₂ /gTSS du système séparatif	[-]	0.15	0.1	0.2	estimation STORM [VSA,2007]

Données du système d'assainissement

Les surfaces des bassins versants urbains et leurs coefficients de ruissellement proviennent des données du PGEE (Hollinger, 2008). Ils ont ensuite été ajustés pour atteindre un débit déversé dans la rivière similaire à celui déterminé par calcul par la simulation Samba (Hollinger, 2008). En effet, en cas de trop plein des égouts, une partie des déversoirs rejettent leurs eaux plus en amont, avant les lacs. Ces rejets seront fortement dilués lors de leur passage dans les lacs, ils n'auront donc que peu d'impact sur le tronçon qui nous intéresse. Pour tenir compte de ce phénomène avec REBEKA, il est nécessaire d'ajuster un peu les surfaces contributives. Les pertes initiales et le temps de concentration ont été déterminés sur la base des indications de la directive STORM. Les autres informations concernant l'assainissement proviennent principalement des ingénieurs PGEE (Markus Flückiger) et de la section « Evacuation des eaux » de l'OPED (Stefan Hasler). Quand aucune information n'était disponible, des valeurs par défaut fournies dans la directive STORM ont été utilisées. Toutes ces données sont présentées dans le

Tableau 13. Pour le calcul du nombre d'équivalents habitants et de la charge en ammonium par habitant au niveau de BEP de Bad, des extrapolations ont été faite par rapport aux données mesurées à la STEP. Le débit moyen par temps sec dans les canalisations au niveau du BEP de Bad vaut entre 70 et 80 l/s. En prenant un débit de 75 l/s, et un débit spécifique de 350 l/EH/j (selon indication à la STEP), on obtient 18'500 équivalents habitants pour le bassin versant de Bad. La concentration moyenne en ammonium par temps sec arrivant à la STEP est de 23 mg N-NH₄/l. En supposant cette concentration similaire au niveau de Bad, la charge en ammonium par équivalent habitant est ainsi de 8g N-NH₄/EH/j. Ces valeurs correspondent à des moyennes par temps sec. Les fluctuations journalières sont prises en compte dans l'analyse stochastique.

Tableau 13 Paramètres relatifs au système d'assainissement utilisés pour la modélisation avec REBEKA

Données pour la modélisation REBEKA		DO de BAD et autoroute, bassin urbain de Moosseedorf et environs			Sources (fait référence à la bibliographie) et remarques
	Unité	Moyenne	Min.	Max.	
Données pluviométriques					
Moyenne annuelle 1998-2007 à Berne	[mm]	1077			données pluviométrique station Bern-Zollikofen, période 1998-2007, pas de temps 10', MeteoSuisse
					[ISM]
Système unitaire					
Surface urbaine	[ha]	126			[Holinger, 2008]126.4ha
Coefficient de ruissellement	[-]	0.40	0.3	0.5	[Holinger, 2008] 0.35 calé à 0.4
Surface imperméable	[ha]	50	40	60	[Holinger, 2008]43.6ha calé à 50ha
Perte initiale	[mm]	2	1.5	3	estimation STORM [VSA,2007]
Constante de stockage	[min]	30	15	45	formule STORM [VSA,2007] [Canton,GEP Moosseedorf]:15 min
pente	[-]	0.01	-	-	estimation sur carte 1:25000 (entre Münchenbuchsee et BAD)
distance d'écoulement la plus longue	[m]	4000	-	-	estimation sur carte 1:25000
Nombre d'équivalents habitants	[EH]	18500	8600	23500	Calcul selon informations QTS à Bad (moyenne 75l/s, min 35l/s et max 95 l/s) [M. Flückiger, comm. Perso.]
Débit par temps sec	[l/EH/j]	350	350	350	selon données STEP (QTS=13600m ³ /j pour 39'000EH)
Débit vers STEP	[l/s]	200	180	220	[Holinger, 2008]
Volume du bassin de rétention	[m ³]	1000			[Canton, comm. Perso.]
pH des EU	[-]	7.5	7	8	estimation STORM [Krejci, 2004c]
Conc. NH ₄ -N eaux ruissellement	[mg/l]	0.8	0.5	1.5	estimation STORM [VSA,2007]
Charge en NH ₄ -N par hab.	[g/hab/j]	8	4	16	selon données STEP: moy: 316 kg N-NH ₄ /j soit une concentration par TS de 23 mg N-NH ₄ /l
Alcalinité des EU	[mmol/l]	5	3	6	estimation STORM [VSA,2007]
Conc. MES EU	[mg/l]	200	100	300	estimation STORM [Rossi,2004b]
Conc. MES eaux de ruissellement	[mg/l]	100	50	200	estimation STORM [VSA,2007]
Coefficient de premier flot	[-]	1	0.6	1.3	estimation STORM [VSA,2007]
Part de sédiment	[-]	0.5	0	0.5	estimation worst-case
Efficacité de séparation des MES	[-]	0.03	0.01	0.5	formule STORM [VSA,2007]
Vitesse de sédimentation	[m/s]	0.0003	0.00011	0.00058	estimation STORM [VSA,2007]
Facteur de turbulence n	[-]	3	1	5	estimation STORM [VSA,2007]
Débit max	[m ³ /s]	4	-	-	capacité max du BEP [Canton, comm. Perso.]12.7
Surface décanteur	[m ²]	360	-	-	[Canton, comm. Perso.] 24m x 2.77m x 15m
Système séparatif					
Surface urbaine	[ha]	8.625			[Canton, comm. Perso]
Coefficient de ruissellement	[-]	0.80			
Surface imperméable	[ha]	6.9	6	8	[Holinger, 2004, carte] surface d'autoroute
Perte initiale	[mm]	2	1.5	2.5	[Canton, comm. Perso.]
Constante de stockage	[min]	21	10	30	Attention, influence pompages des eaux!?!?
pente	[-]	0.01			estimation sur carte 1:25000
distance d'écoulement la plus longue	[m]	2000			estimation sur carte 1:25000
Volume du bassin de rétention	[m ³]	10			[Canton, comm. Perso]
Débit de sortie du bassin	[l/s]	628			[Canton, comm. Perso]
Coefficient de premier flot	[-]	0.71	0.33	1.54	estimation STORM [VSA,2007]

CALAGE DU MODÈLE

Une fois ces données implémentées dans le logiciel, il est nécessaire de vérifier que le modèle est représentatif de ce qui se passe en réalité, et si nécessaire, d'ajuster les paramètres afin de caler le modèle. Pour faire le calage, les résultats de la simulation sont comparés à des données

connues (mesure, autres simulations plus complètes), et les paramètres sont modifiés en conséquences.

Calage des débits dans l'Urtenen

Le canton de Berne dispose d'une station de mesure à la sortie du lac, juste en amont du BEP de Bad. Une série de mesures de débits à 10 minutes pour les années 2006 et 2007 a pu être utilisée pour caler les paramètres du bassin versant dans REBEKA (surface effective, pertes initiales et constante de stockage). Une surface effective de 360ha (soit un coefficient de ruissellement de 0.2) est bien représentative de la réalité (400ha donnant des débits trop élevé, et 300ha des débits trop faible). Des pertes initiales de 2mm s'avèrent être trop faible (petits débits trop élevés), et celles de 4mm trop élevées (petit débits beaucoup trop faibles). Des pertes initiales de 3mm ont donc été choisies, cette valeur étant la plus adaptée pour représenter la réalité. Une constante de stockage de 415 minutes s'avère être trop faible (les pointes de débits arrivent trop rapidement). Par calage, une valeur de 2000 minutes a été trouvée, permettant de faire correspondre les pointes de débit avec celles réellement mesurées (rétention dans le lac). Un débit de base de 150l/s semble aussi bien approprié. Comme présenté dans la partie 4, REBEKA ne permet cependant pas une représentation très réaliste des débits dans le cours d'eau. Certains événements sont sous-estimés, tandis que d'autres sont sur-estimés. Le résultat du calage est présenté dans la Figure 11.

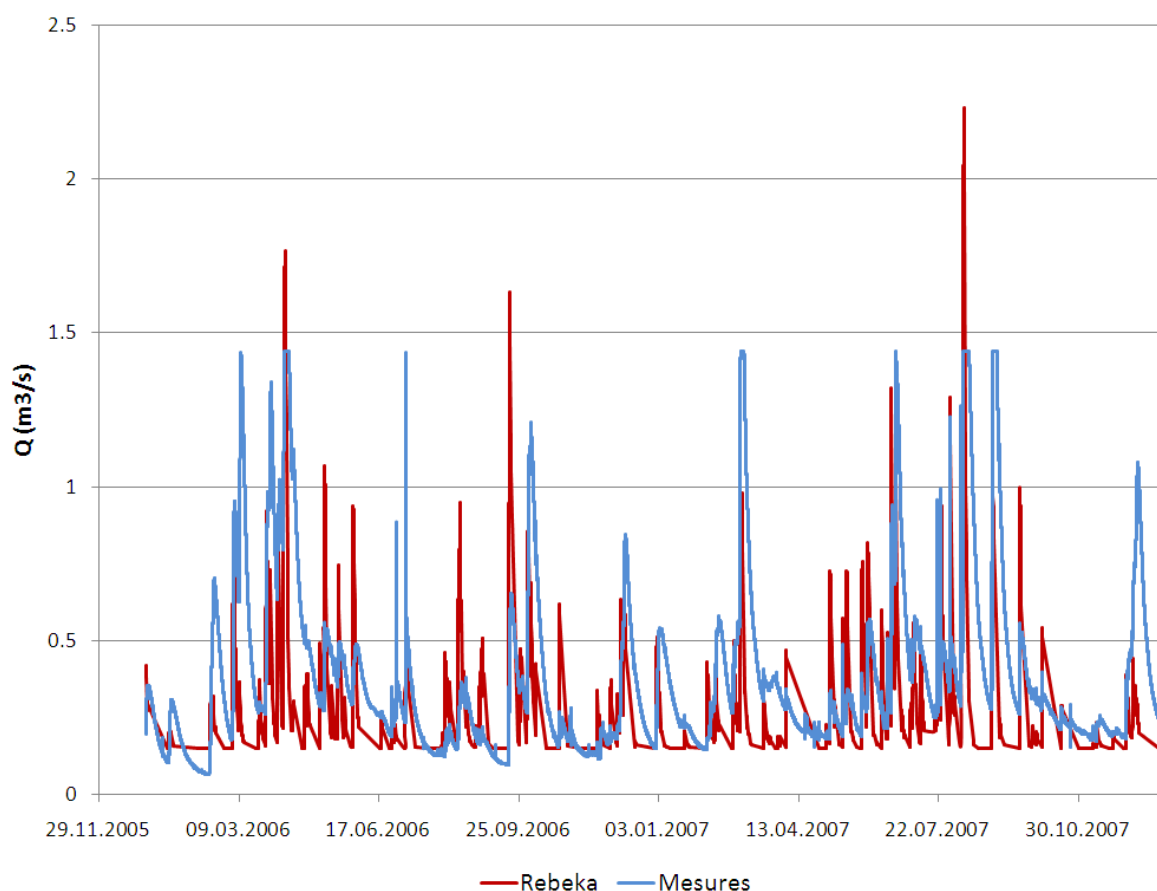


Figure 13 Comparaison entre les débits mesurés et simulés dans l'Urtenen pour 2007, à la sortie du lac

Calage des débits déversés

Le paramètre le plus incertain et influençant le plus le débit déversé est la surface effective du bassin versant urbain. Si la surface totale peut être connue avec précision, la surface contributive est quant-à-elle sujette à des variations, puisque le coefficient de ruissellement varie en fonction de l'intensité des pluies, de la saturation des sols, etc. Pour caler le volume déversé au BEP de Bad selon la simulation avec REBEKA aux données des simulations Samba (plus précises), la surface effective du bassin versant urbain a donc été ajustée. Selon le PGEE, elle vaut 44 hectares, ce qui correspond à un coefficient de ruissellement de 0.35 (Hollinger, 2008). Afin d'obtenir les mêmes ordres de grandeurs de volumes déversés que ceux calculés avec Samba, cette surface a été ajustée à 50 hectares, ce qui correspond à un coefficient de ruissellement de 0.4. Les résultats sont comparés dans le Tableau 14.

Tableau 14 Comparaison des débits annuels déversés au BEP de Bad

Simulation	Volume déversé [m ³ /an]	Fréquence [nbr/an]	Durée [h/an]
<i>Samba (pluies Mattstetten 2006-07)</i>	157'488	37	136
<i>Samba (pluies Zollikofen 2006-07)</i>	198'208	44	156
<i>Rebeka (pluies Zollikofen 2006-07)</i>	181'922	45	178
<i>Rebeka (pluies Zollikofen 1998-2007)</i>	128'435	40	128

Comme déjà mentionné, les volumes déversés changent passablement selon la série des pluies utilisée. Pour caler REBEKA, un volume moyen a été considéré, le bassin versant se situant entre Mattstetten et Zollikofen. Les simulations Samba ayant été faites pour les années 2006-2007, le calage de REBEKA s'est fait pour ces mêmes années. On remarque que pour la série 1998-2007, les déversements sont en moyenne moins conséquents. REBEKA tend à surestimer la durée des déversements, sinon les résultats sont assez comparables à ceux de Samba.

Des mesures de déversements existent pour le BEP de Bad, mais elles semblent influencées par la remontée des eaux de l'Urtenen dans le BEP, ce qui ne permet pas la comparaison. Elles sont cependant toujours plus élevées que les résultats de la simulation Samba (Hollinger, 2008).

Afin de vérifier que la simulation des débits déversés avec REBEKA, dont la modélisation du réseau d'assainissement est extrêmement simple, donne des résultats acceptables, celle-ci a été comparée à la simulation faite avec Mouse-Samba, dont la modélisation est nettement plus sophistiquée (elle tient compte des caractéristiques des canalisations : longueur, pente, diamètre, ...). Les résultats des deux simulations ont été comparés pour deux événements pluvieux, un simple, celui du 17-18 septembre 2007 (Figure 14), et un plus complexe, celui du 9 avril 2006.

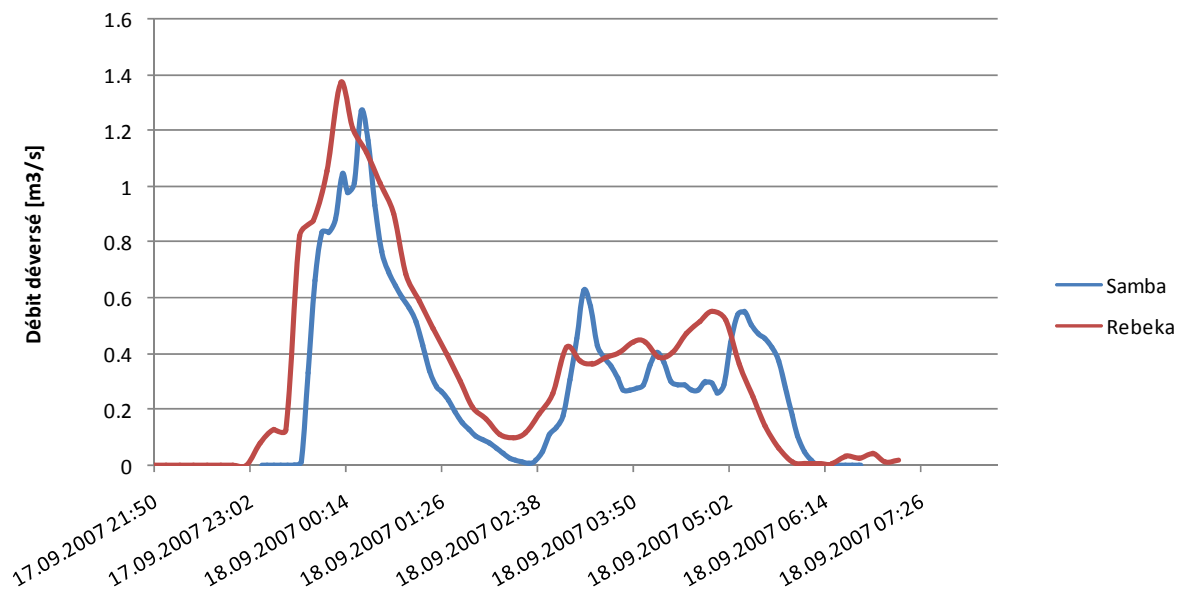


Figure 14 Comparaison des débits déversés le 18.09.2007 selon les simulations avec REBEKA et Samba

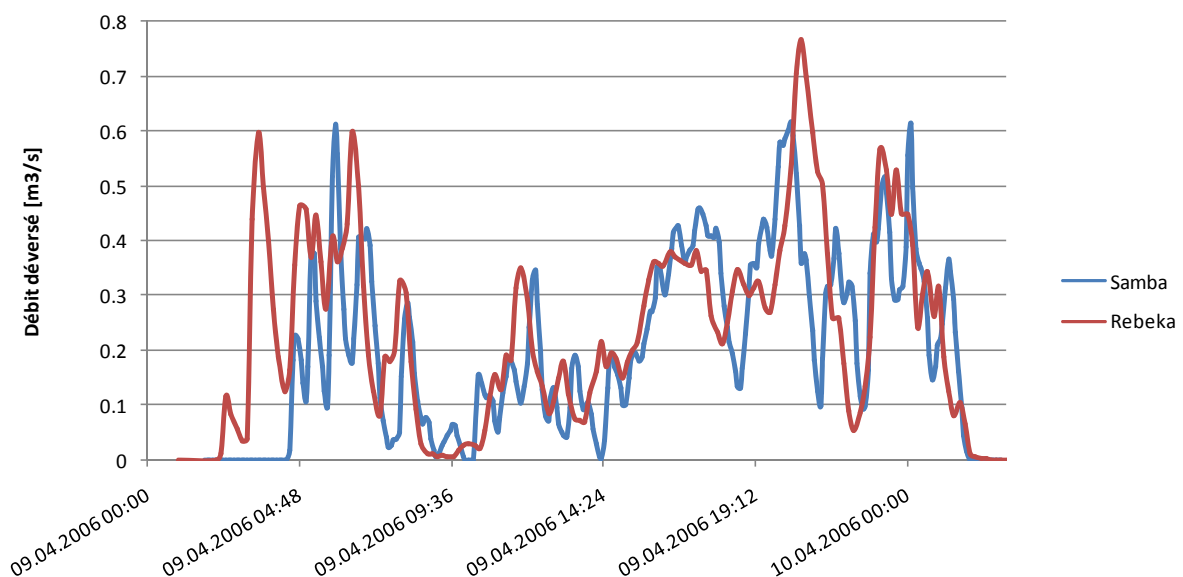


Figure 15 Comparaison des débits déversés le 09.04.2006 selon les simulations avec REBEKA et Samba

REBEKA donne des résultats étonnamment très similaires à ceux de la simulation Samba, dans les deux cas, malgré quelques petites imperfections. La simplicité de son hydrologie urbaine ne semble donc pas diminuer trop sa fiabilité.

Le calage des débits déversés provenant de l'autoroute n'a pas pu être fait par manque de données. Si les surfaces déterminées dans le PGEE sont correctes, le débit ruisselé doit cependant être assez proche de la réalité.

Calage des concentrations en ammonium

Peu de mesures d'ammonium par temps de pluie dans le cours d'eau existent. L'évolution de ce paramètre a cependant été mesurée dans l'Urtenen à Mattstetten durant une pluie le 17

septembre 2006 par le laboratoire cantonal de la protection des sols et des eaux (E. Scheiwiller, communication personnelle). A Mattstetten, la concentration d'ammonium a atteint un pic autour de 2 mg N-NH₄/l, juste un peu avant le débit de pointe dans l'Urtenen. La simulation de cet événement avec REBEKA permet d'obtenir un pic d'ammonium à 2.4 mg N/l, juste avant le débit de pointe. Bien que la simulation se fasse pour la sortie du lac Moossee, à l'aval du BEP de Bad, et non à Mattstetten, il semblerait que les ordres de grandeur soient respectés. Le modèle semble donc calé pour l'ammonium. La Figure 16 montre une comparaison entre les résultats de la simulation à l'aval du BEP de Bad et les mesures effectuées par le canton 3-4 km plus en aval à Mattstetten. Afin de faire correspondre les données dans le temps (décalage dû au temps d'écoulement jusqu'à Mattstetten et à la série des pluies utilisée), les mesures observées à Mattstetten ont été avancées de 10 minutes pour la comparaison. On observe que les concentrations d'ammonium mesurées sont très similaires à celles simulées pour la première partie de l'événement. Elles décroissent ensuite un peu plus rapidement que pour la simulation. Pour les débits, on observe une hausse moins importante dans la simulation que dans les mesures, ce qui semble cohérent puisque celles-ci se font 3-4 km à l'aval, et donc tiennent compte d'autres apports pluviaux. Les résultats de REBEKA ne semblent donc pas trop éloignés de la réalité.

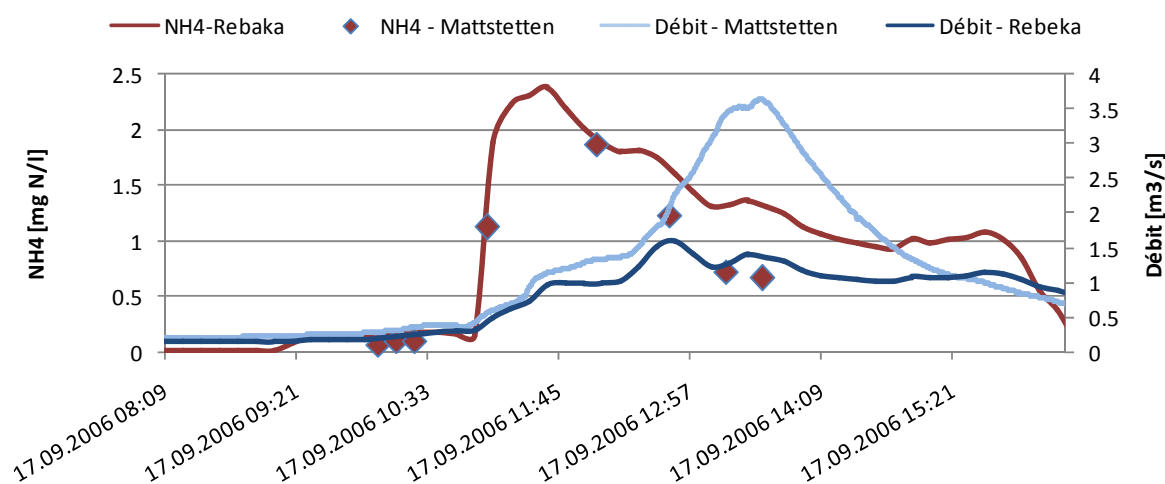


Figure 16 Simulation de l'évolution des concentrations en ammonium dans l'Urtenen à l'aval du BEP de Bad lors de la pluie du 17 septembre 2006, et comparaison avec les mesures faites à Mattstetten 3-4 km à l'aval.

Après calage, notre modèle semble assez précis pour évaluer les impacts dans l'Urtenen, en tout cas en premier screening.

VALIDATION DU MODÈLE PAR CERTAINES GRANDEURS CONNUES.

Avant de valider les résultats, il est nécessaire de s'assurer que le modèle permet bien de représenter le système. Certains paramètres ont déjà été validés lors du calage du modèle. Un autre est présenté ci-dessous.

Concentration d'ammonium moyenne dans les eaux allant à la STEP

Selon la simulation déterministe, la concentration moyenne d'ammonium dans les eaux usées est de 18.2 mg NH₄-N/l, alors que selon les mesures effectuées à la STEP pour l'année 2007, celle-ci était de 19.1 mg NH₄-N/l. Les concentrations en ammonium sont donc en moyenne respectées.

ANNEXE 7 : DÉTERMINATION DES PARAMÈTRES DU MILIEU RÉCEPTEUR : L'URTENEN

La détermination des paramètres nécessaires pour la simulation REBEKA est soit issue de la littérature, soit basée sur des observations et des mesures faites sur le terrain. Pour ces dernières, une campagne de mesures a été faite le 19 mars 2008 afin de déterminer notamment la largeur du fond, la pente des talus, le coefficient de rugosité, ainsi que la distribution granulométrique des particules du fond. Le tronçon du canal étudié, entre la sortie du lac Moossee et l'entrée dans Urtenen-Schönbühl est assez homogène. La largeur du fond varie entre 1.2 et 2, avec une moyenne autour de 1.5m. La pente des talus est estimée en moyenne de 2:1.2 (H :V).

Le coefficient de rugosité (de Strickler) a été estimé par les observations à l'aide de la grille développé par le CEMAGREF :

(www.cetmef.equipement.gouv.fr/projets/hydraulique/clubcourseau/lecons_html/notice/calage/tableau.html).

Pour les canaux en terre de petites dimensions, le coefficient de Strickler devrait se situer autour de 40 [m^{1/3}/s], ce qui correspond aux valeurs fournies dans la directive STORM pour des canaux réguliers à lit de gravier fin à moyen. Nous avons donc retenu la valeur de 40 [m^{1/3}/s].

La détermination du diamètre moyen d_m et du diamètre d_{90} s'est fait par tamisage. Un échantillon (400g poids sec) supposé représentatif du lit du ruisseau a été prélevé, puis séchés 24h à 105°C. Il a ensuite été tamisés en dix fractions (<1mm, 1-2mm, 2-3.15mm, 3.15-5mm, 5-8mm, 8-10mm, 10-12.5mm, 12.5-20mm, 20-25mm, >25mm), lesquels ont été pesés. On obtient avec cette méthode un diamètre moyen d'environ 0.7 cm (un d_{50} de 0.52 cm) et un d_{90} d'environ 1.7 cm. La courbe granulométrique ainsi obtenue est présentée dans le graphique ci-dessous.

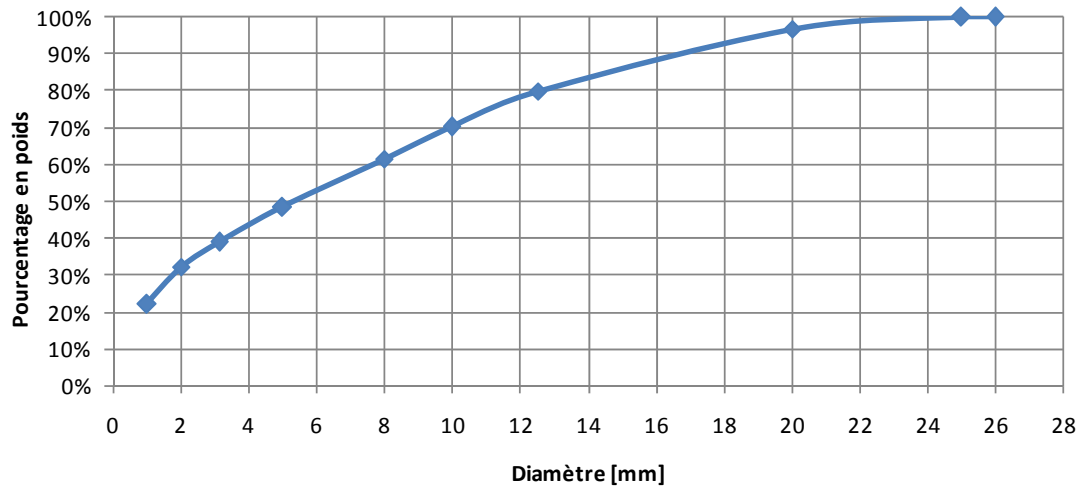


Figure 17 Distribution granulométrique des particules du fond de l'Urtenen

Les autres paramètres caractérisant le milieu récepteur nécessaire pour la simulation avec REBEKA sont issus de la littérature, et ne sont donc pas présentés ici.

Pour illustrer ces observations, une série de photos du tronçon est présentée ci-dessous.





ANNEXE 8 : VALEURS INDICATIVES D'IMMISSION POUR LE CANAL SION-RIDDES ET L'URTENEN

Les conditions de déversements suivantes ont été choisies pour l'évaluation des impacts dus aux déversements des eaux usées en temps de pluie dans le canal Sion-Riddes et dans l'Urtenen. Elles reposent sur les valeurs indicatives de la directive STORM (VSA, 2007). Dû aux limites de ce travail, ces valeurs n'ont pas été présentées et approuvées par l'instance cantonale compétente en matière de protection des eaux. Elles pourront donc être renforcées ou allégées par la suite.

Tableau 15 Conditions de déversements choisies (selon directive STORM)

Ammoniac	Degré 0 pour n=0.2 (impacts aigus, ou début de mortalité des organismes, tolérables une fois tous les 5 ans)
Turbidité	Degré 6 pour n=1 (stress physiologique modéré tolérable une fois par an)
Charriage de fond dû aux déversements urbains	Moins d'un événement par an (classe morphologique « fortement atteint/artificiel » et variabilité de la largeur nulle)
Colmatage du fond du cours d'eau	La limite de 625 g de MES/m ² ne doit pas être dépassée plus de 20% du temps annuel
Sédiments toxiques	La limite de 25 g de MES/m ² ne doit pas être dépassée plus de 5% du temps annuel
Déficit en oxygène dans le lit du cours d'eau	La limite de 5 g de MES/m ² ne doit pas être dépassée plus de 10% du temps annuel

Pour l'ammoniac, les conditions (objectif) à atteindre seraient le degré 0, qui protège 100% des organismes. Un dépassement des ces valeurs engendre une mortalité piscicole. En cas de dépassement du degré 0, la condition degré 1 (mortalité de 10% des organismes) pour n=0.2 sera testée. Selon la directive STORM, cette dernière condition doit être impérativement respectée.

Pour la turbidité, si le degré 6 est dépassé, on testera aussi la condition pour le degré 8 (limite sub-létale).

Pour le charriage de fond, le nombre d'événements acceptable dépend de la morphologie du cours d'eau. Vu la morphologie très atteinte du canal Sion-Riddes et de l'Urtenen, moins d'un charriage du fond par année est accepté.

D'autres conditions de déversements, plus difficiles à modéliser, mais qui peuvent être facilement mesurées, ont aussi été définies dans la directive.

Pour l'**oxygène dissous**, les exigences sont présentées dans le tableau ci-dessous. Elles varient en fonction de la concentration en ammoniac.

Tableau 16 Exigence pour les concentrations en oxygène (selon directive STORM)

Temps de retour	Concentration minimale en oxygène dissous [mg/l] pendant une durée de :		
	1 heure	6 heures	24 heures
1 mois	5	5.5	6
3 mois	4.5	5	5.5
1 année	4	4.5	5
Concentration en N-NH ₃ [mg/l]		Valeur corrective pour O ₂ [mg/l]	
0.02 - 0.15		1	
> 0.15		2	

Pour les **substances nutritives**, les exigences sont définies dans l'OEaux, annexe 3, chapitre 3 (OEaux, 1998). Il faut dans ce cas tenir compte de toutes les sources de phosphore et d'azote du bassin versant. L'apport par les déversements est souvent relativement faible.

Pour la **température** de l'eau dans les milieux récepteurs, des valeurs indicatives sont fournies dans le Tableau 17. La variation tolérée étant assez grande, les problèmes liés à la température ne sont pas fréquents.

Tableau 17 Valeurs indicatives recommandées pour la température de l'eau dans les milieux récepteurs (selon directive STORM)

Paramètre pour la température	Valeur limite
Température max. après rejet par une canalisation (période estivale)	< 25°C
Température max. après rejet par une canalisation (période hivernale)	< 12°C
Variation max. de température tolérée suite à un rejet par une canalisation	< 7°C

Pour les **contaminations bactériennes**, les exigences en matière de qualité bactérienne des eaux de baignade sont présentées dans le Tableau 18. En cas de présence de classe C ou D, les causes de l'impact bactérien devraient être identifiées par des examens plus approfondis. Pour les cours d'eau, l'aire d'influence des déversoirs d'orage peut s'étendre sur de grandes distances car la survie des germes pathogènes dans l'eau peut durer plusieurs jours.

Tableau 18 Exigences sur la qualité des eaux de baignade (selon directive STORM)

Classe de qualité	E.Coli par 100 ml	Salmonelles par 1000 ml
A	< 100	Non décelable
B	100 à 1000	Non décelable
C	< 1000	Décelable
	> 1000	Non décelable
D	> 1000	Décelable

La directive STORM définit aussi des **exigences minimales** à respecter, même si les conditions de déversement ci-dessus sont satisfaites. Ces exigences minimales ont pour but d'éviter une accumulation de contaminations liées à un grand nombre de déversements provenant de différentes régions et conduisant à des problèmes dans leurs cours inférieurs. Si les exigences minimales et les conditions de déversement sont respectées, aucune mesure de protection n'est requise. Sinon, des mesures de protection devront être formulées. Ces exigences varient en

fonction du type de cours d'eau. De part leurs caractéristiques (Q_{347} , largeur, vitesse) le canal Sion-Riddes et l'Urtenen, dans les parties qui nous intéressent, peuvent être classées comme « Gros ruisseau de plateau » selon la directive STORM. Les exigences minimales pour ce type de cours d'eau sont définies ci-dessous.

Tableau 19 Exigences minimales pour les déversoirs d'orage dans les « gros ruisseaux du plateau » (selon directive STORM)

Valeurs de rejet tolérées par année (valeurs indicatives)		
<i>Durée [h/an]</i>	<i>Volume spécifique [m^3/ha_{red}]</i>	<i>Nombre [n/an]</i>
< 5	< 700	< 20

Ces exigences sont valables pour les installations de déversement sans traitement des eaux unitaires. Pour les bassins de rétention et de décantation, le respect des valeurs indicatives doit être étudié.

ANNEXE 9 : PLAN D'ÉCHANTILLONAGE

Localisation du site

Voir rapport

Matériel nécessaire

- Benne ponar (acier)
- Bac en PP (35x44x9cm) pour réception du contenu de la benne
- Pelle en PP, becher en PP 5l gradué pour récupérer la couche superficielle et homogénéisation
- Entonnoir en PP, diamètre 4 cm
- Par station : 3 récipients de 1l en HDPE (bioessais) +1 de 500 ml (métaux) en HDPE + 1 récipient de 500 ml en aluminium (PAH) + 1 bouteille en verre 1l (eau de dilution et tamisage).
- Caisse en HDPE pour le transport du matériel
- Cuissardes (bottes de pêcheurs) et gants, double mètre
- Sonde pH et Eh
- Thermomètre et sonde à O2 dissous
- Etiquettes, stylos
- Glacière ou bac à glace
- Sachets plastiques
- GPS et carte
- Formulaire (caractéristiques, météo, pluie antécédente, température, pH, eH, O2, ...)
- Appareil photo
- Couteaux, ciseaux, rouleau papier ménage
- Habits de rechange !

Prélèvements

La méthodologie de prélèvement ci-dessous est issue du « document d'orientation sur le prélèvement et la préparation des sédiments en vue de leur caractérisation physicochimique et d'essais biologiques » (Canada, 1994).

Sélection de la station

Voir rapport

Taille de l'échantillon (sédiments à environ 50% d'eau) :

Estimation grossière des quantités de sédiments nécessaires pour les analyses prévues :

- Caractérisation physique (granulométrie + teneur en eau) : **200 ml** de sédiments humides
- PAH, sédiment entier : 50g MS, environ **150 ml** de sédiments humides
- (PAH, eau interstitielle : 100 ml de solution, donc environ **660 ml** de sédiments humides)

- (PAH, extrait organique : **30 ml** de sédiments humides)
- Métaux, sédiment entier : 10g MS, environ **90 ml** de sédiments humides (Canada, 1994)
- Métaux, eau interstitielle : 20 ml de solution, donc environ **130 ml** de sédiments humides
- Daphnie, extrait organique : 30 g de sédiments humides (environ **30 ml**)
- Daphnie, eau interstitielle : 300 ml de solution, donc environ **2l** de sédiments humides
- Microtox, extrait organique : 2g de sédiments humides (environ **2 ml**)
- Microtox, eau interstitielle : 20 ml de solution, donc environ **130 ml** de sédiments humides
- Microtox, essais en phase solide : **100 ml** de sédiments humides (Canada, 2002)

Total environ 3 à 3.5 litres de sédiments humides par station. (840 ml (ou 150 ml) pour PAH, 220 ml pour métaux, 2470 ml pour le reste)

Nombre d'échantillons

Voir rapport

Prélèvement

Profondeur minimale recommandée de 6 à 8 cm, avec une benne de type Ponar (fournie par l'institut Forel, surface de 17x20cm pour profondeur de 10-12cm, peut prélever environ 1l-1.5l à la fois, donc au moins 2 voir 3 prélèvements nécessaire par site), pour éviter de perturber la couche supérieure (2 cm) qui nous intéresse pour les contaminations récentes. Rincer le fond de l'échantillonneur avec l'eau de la station. L'interface eau-sédiment doit rester intacte. Pour les essais de toxicité, l'eau de porosité peut être extraite par après au laboratoire. On prélève ensuite la surface de l'échantillon (2-5cm) avec une pelle plate inerte après avoir siphonné l'eau sus-jacente non trouble. On évitera de prélevé les sédiments qui ont été en contact avec la benne si celle-ci est susceptible des les contaminés (benne en cuivre, zinc, galvanisé, plastique,...). Le sous-échantillon est ensuite déposer dans un récipient inerte, qui est fermé après qu'on ait chassé l'air.

Le sous-échantillon est fractionné sur place, après homogénéisation, en trois fractions : 3 l pour l'eau interstitielle, extraits organiques et caractérisation physique (récipient en HDPE), 200 ml pour analyse métaux sur sédiment entier (récipient en HDPE), 150 ml pour analyse PAH sur sédiments entier (récipient en aluminium (barquette)). Si un prélèvement ne suffit pas, l'échantillon peut être composé de plusieurs prélèvements proches.

Chaque échantillon doit porter une étiquette qui contient le nom de la station, le type d'échantillon, la méthode de prélèvement, le nom de la personne qui a effectué le prélèvement, et la date et heure du prélèvement.

Prélever aussi environ 1l d'eau (bouteille en verre) pour le tamisage.

Analyse in situ

- Dans le sédiment (quelques cm sous la surface) : pH et potentiel redox (si faisable avec la sonde, sinon dans l'échantillon prélevé) et oxygène dissous (si faisable).

- Dans l'eau, interface avec le sédiment : température, pH et O2 dissous.
 - Observation générales (voir formulaire en annexe)
-

Transport

Maintenir les échantillons en-dessous de 7°C (bac à glace (avec récipient dans sac plastique pour éviter décollage étiquette), sac réfrigérant), mais au-dessus de 1°C. (Insérer si nécessaire un thermomètre). Transporter les échantillons au laboratoire le plus tôt possible, de préférence dans les 24h qui suivent le prélèvement.

Stockage

- Sédiments pour PAH : 250-500g à 4°C dans contenant d'aluminium ou verre ambré pendant moins de 2 semaines, ou congélation -20°C pendant moins de 6 mois.
- Sédiments pour métaux : 250-500g à 4°C dans contenant en HDPE pendant moins de 2 semaines, ou congélation -20°C pendant moins de 6 mois.
- Sédiments pour bioessais : 1-3 l à 4°C dans contenant en HDPE ou verre pendant moins de 2 semaines.
- Eaux de porosité pour métaux : 10-250 ml dans contenant PE à -20°C, ou à 4°C avec 2ml de HNO3 1 mol par 1000 ml d'eau, pendant moins de 6 semaines.
- Eaux de porosité pour PAH : 1l dans contenant en verre ambré à -20°C, ou à 4°C pendant moins de 6 semaines.
- Eaux de porosité pour bioessais : 1-3l dans contenant en verre ambré à 4°C pendant moins de **72h**.

ANNEXE 10 : FORMULAIRES DE TERRAIN (ÉCHANTILLONNAGE)

Formulaire de terrain: Prélèvement d'échantillon de sédiments pour analyses chimiques et bioessais

Date	02.04.2008	Heure de début	12h40	Heure de fin	13h20
Opérateur(s)	Serge Santiago et Jonas Margot				
Cours d'eau	Nom	Allaine	N°	All	
Station	Lieu-dit	amont de Charmoille, à la source	N°		
Coordonnées	X [m]	252'681	Y [m]	584'220	
Description de la station	environ 700m à l'aval de la source de l'Allaine. Station de référence supposée non polluée. Entouré de prairies agricoles. Cours d'eau à l'état peu modifié (un peu pour l'exploitation agricole). Cours d'eau très petit (1.5m de large)				
Echantillon	N°	A110			

Météo	Couvert, un peu de soleil	Température de l'air	9°C
--------------	---------------------------	-----------------------------	-----

Débit (estimation)	environ 50 l/s	Niveau de l'eau (bas, moyen, haut)	moyennes eaux
---------------------------	----------------	---	---------------

Description du dépôt	sédiments fins dans une zone marécageuse. Couche de sédiment épaisse, peu anoxique. Présence de beaucoup de matière organique.		
-----------------------------	--	--	--

Type d'échantillonneur	benne de type Ponnar	Profondeur d'eau sur l'échantillon	5 à 15 cm
-------------------------------	----------------------	---	-----------

Profondeur de sédiment prélevée	5 cm (pas vraiment de couche anoxique)	Quantité de sédiment prélevée	3.5 litres
--	--	--------------------------------------	------------

Nombre de prélèvements par échantillon	5 - 7 bennes	Ecart par rapport au mode opératoire	-
---	--------------	---	---

Description du sédiment

<i>Texture :</i>	fine	<i>Consistance :</i>	assez liquide
<i>Couleur :</i>	brun foncé	<i>Odeur :</i>	peu
<i>Présence d'organismes vivants :</i>	présence de gammarès, de vers de terre, de tubifex, d'œufs de crapaud.		
<i>Divers :</i>	Présence de feuilles mortes et de beaucoup de matière organique		

Remarque sur le prélèvement

Température interface eau-sédiment	9.1°C	pH interface eau-sédiment (et dans sédiment)	7.90
---	-------	---	------

Potentiel Redox des sédiments (5-7 cm)		Concentration d'O₂ dissous interface eau-sédiment	10.22 mg/l
---	--	---	------------

Formulaire de terrain: Prélèvement d'échantillon de sédiments pour analyses chimiques et bioessais

Date	02.04.2008	Heure de début	9h41	Heure de fin	10h32
Opérateur(s)	Serge Santiago et Jonas Margot				
Cours d'eau	Nom	Allaine	N°	All	
Station	Lieu-dit	aval de Porrentruy, amont STEP	N°		
Coordonnées	X [m]	253'290	Y [m]	573'190	
Description de la station	environ 150m à l'amont du déversoir de la STEP de Porrentruy, en rive droite, dans un virage. Entouré en rive droite de prairie agricole et en rive gauche de la zone industrielle de Porrentruy. Cours d'eau et rives à l'état naturel - peu modifié.				
Echantillon	N°	All1			

Météo

Pluie fine au début du prélèvement, puis sec.
Couvert

Température de l'air

8°C

Débit (estimation)

environ 3 à 4 m³/s

Niveau de l'eau (bas, moyen, haut)

hautes eaux, après une période pluvieuse

Description du dépôt

sédiments fins dans l'extrado d'une courbe - décrochement. Couche d'une dizaine de cm déposé sur une couche de sable

Type d'échantillonneur

benne de type Ponnar

Profondeur d'eau sur l'échantillon

environ 40 cm

Profondeur de sédiment prélevée

2-3 cm avant la partie anoxique (plus foncée)

Quantité de sédiment prélevée

3.5 litres

Nombre de prélèvements par échantillon

une dizaine de bennes

Ecart par rapport au mode opératoire

-

Description du sédiment

Texture : fine

Consistance : assez liquide

Couleur : brun - beige

Odeur : peu

Présence d'organismes vivants : présence de gammares et de tubifex. Prélèvement d'algues dans les sédiments

Divers : Présence de déchets plastique sur la rive. Forte odeur de déchet dans l'air: industrie en face ou site pollué par une ancienne décharge?

Remarque sur le prélèvement

Température interface eau-sédiment

9.3°C

pH interface eau-sédiment (et dans sédiment)

7.59

Potentiel Redox des sédiments (5-7 cm)

Concentration d'O₂ dissous interface eau-sédiment

10.44 mg/l

Formulaire de terrain: Prélèvement d'échantillon de sédiments pour analyses chimiques et bioessais

Date	02.04.2008	Heure de début	10h50	Heure de fin	10h50
Opérateur(s)	Serge Santiago et Jonas Margot				
Cours d'eau	Nom	Allaine	N°	All	
Station	Lieu-dit	aval de Porrentruy, aval STEP	N°		
Coordonnées	X [m]	253'500	Y [m]	573'151	
Description de la station	environ 100m à l'aval du déversoir de la STEP de Porrentruy, en rive droite, dans un virage. Entouré en rive droite et gauche de forêt alluviale. Cours d'eau et rives à l'état naturel - peu modifié. Avant les rejets de la STEP.				
Echantillon	N°	All2			

Météo	Couvert	Température de l'air	8-9°C																
Débit (estimation)	environ 3 à 4 m ³ /s	Niveau de l'eau (bas, moyen, haut)	hautes eaux, après une période pluvieuse																
Description du dépôt	sédiments fins dans l'intrado d'une courbet. Couche de faible épaisseur (3-4 cm) déposée sur une couche de sable-gravier																		
Type d'échantillonneur	benne de type Ponnar	Profondeur d'eau sur l'échantillon	environ 15 cm																
Profondeur de sédiment prélevée	2-3 cm (pas vraiment de couche anoxique)	Quantité de sédiment prélevée	3.5 litres																
Nombre de prélèvements par échantillon	une quinzaine de bennes	Ecart par rapport au mode opératoire	-																
Description du sédiment	<table> <tr> <td><i>Texture :</i></td> <td>fine</td> <td><i>Consistance :</i></td> <td>liquide</td> </tr> <tr> <td><i>Couleur :</i></td> <td>brun</td> <td><i>Odeur :</i></td> <td>peu</td> </tr> <tr> <td><i>Présence d'organismes vivants :</i></td> <td colspan="3">présence de gammares et de tubifex. Prélèvement d'algues dans les sédiments</td> </tr> <tr> <td><i>Divers :</i></td> <td colspan="3">un peu de matière organique dans l'échantillon</td> </tr> </table>			<i>Texture :</i>	fine	<i>Consistance :</i>	liquide	<i>Couleur :</i>	brun	<i>Odeur :</i>	peu	<i>Présence d'organismes vivants :</i>	présence de gammares et de tubifex. Prélèvement d'algues dans les sédiments			<i>Divers :</i>	un peu de matière organique dans l'échantillon		
<i>Texture :</i>	fine	<i>Consistance :</i>	liquide																
<i>Couleur :</i>	brun	<i>Odeur :</i>	peu																
<i>Présence d'organismes vivants :</i>	présence de gammares et de tubifex. Prélèvement d'algues dans les sédiments																		
<i>Divers :</i>	un peu de matière organique dans l'échantillon																		
Remarque sur le prélèvement																			
Température interface eau-sédiment	9.3°C	pH interface eau-sédiment (et dans sédiment)	7.73																
Potentiel Redox des sédiments (5-7 cm)		Concentration d'O₂ dissous interface eau-sédiment	11.08 mg/l																

Formulaire de terrain: Prélèvement d'échantillon de sédiments pour analyses chimiques et bioessais

Date	02.04.2008	Heure de début	15h45	Heure de fin	17h00
Opérateur(s)	Jonas Margot				
Cours d'eau	Nom	Moossee	N°	Urt	
Station	Lieu-dit	lac Moossee, nord de Berne	N°		
Coordonnées	X [m]	207'728	Y [m]	603'572	
Description de la station	environ 100m à l'amont de l'embouchure du lac Moossee dans l'Urtenen, dans une zone entourée de roseau, en partie défrichée, en rive gauche du lac. Normalement à l'abri des remontées de l'Urtenen dans le lac				
Echantillon	N°	Urt1			

Météo

Couvert

Température de l'air

8.8°C

Débit (estimation)

lac

Niveau de l'eau (bas, moyen, haut)

moyennes eaux

Description du dépôt

dépôt proche de la rive, à profondeur accessible sans bateau. Sédiments de lac riches en matière organique, au pied des roseaux et d'arbres.

Type d'échantillonneur

benne de type Ponnar

Profondeur d'eau sur l'échantillon

40 à 80 cm

Profondeur de sédiment prélevée

2-3 cm avant la partie anoxique (plus foncée)

Quantité de sédiment prélevée

3 - 3.5 litres

Nombre de prélèvements par échantillon

une vingtaine de bennes

Ecart par rapport au mode opératoire

-

Description du sédiment

Texture : fine, parfois sableuse

Consistance : assez liquide

Couleur : brun - noir

Odeur : forte de vase

Présence d'organismes vivants : plein d'organismes vivants (faune lacustre?), non connus

Divers : beaucoup de matière organique (roseaux décomposés, brindilles, feuilles mortes)

Remarque sur le prélèvement

Difficile d'obtenir 3.5 litres car dépôt plus épais en eau trop profonde

Température interface eau-sédiment

9.6°C

pH interface eau-sédiment (et dans sédiment)

8.25

Potentiel Redox des sédiments (5-7 cm)

Concentration d'O2 dissous interface eau-sédiment

11.66 mg/l

Formulaire de terrain: Prélèvement d'échantillon de sédiments pour analyses chimiques et bioessais

	Date	02.04.2008	Heure de début	17h40	Heure de fin	18h30
	Opérateur(s)	Jonas Margot				
Cours d'eau	Nom	Urtenen	N°	Urt		
Station	Lieu-dit	sortie du Moossee,nord de Berne	N°			
Coordonnées	X [m]	207'646	Y [m]	603'816		
Description de la station	environ 50m à l'aval des déversoirs d'eau mixte de BAD et des eaux de ruissellement de l'autoroute. Prélèvement à la sortie du tronçon couvert qui passe sous l'autoroute, en rive droite. Cours d'eau rectiligne et canalisé.					
Echantillon	N°	Urt2				

Météo	Température de l'air
Couvert	9°C
Débit (estimation)	Niveau de l'eau (bas, moyen, haut)
200 à 400 l/s	moyennes eaux
Description du dépôt	
dépôt vaseux assez épais (>20cm) à la sortie du tuyau sous l'autoroute	
Type d'échantillonneur	Profondeur d'eau sur l'échantillon
benne de type Ponnar	environ 85 cm
Profondeur de sédiment prélevée	Quantité de sédiment prélevée
1 cm car en dessous fortement anoxique (noir)	3.5 litres
Nombre de prélèvements par échantillon	Ecart par rapport au mode opératoire
une vingtaine de bennes	-
Description du sédiment	
<i>Texture :</i> gluant	<i>Consistance :</i> assez liquide
<i>Couleur :</i> brun foncé - vert dessus, très noir dessous	<i>Odeur :</i> forte de vase et d'égout
<i>Présence d'organismes vivants :</i>	nombreux vers rouges, sangsues, moules, vers
<i>Divers :</i>	Présence de feuilles mortes et riche en matière organique
Remarque sur le prélèvement	
Température interface eau-sédiment	pH interface eau-sédiment (et dans sédiment)
9.4°C	8.19
Potentiel Redox des sédiments (5-7 cm)	Concentration d'O2 dissous interface eau-sédiment
	11.61 mg/l

Formulaire de terrain: Prélèvement d'échantillon de sédiments pour analyses chimiques et bioessais

Date	03.04.2008	Heure de début	8h45	Heure de fin	9h45
Opérateur(s)	Jonas Margot				
Cours d'eau	Nom	canal Sion-Riddes	N°	SR	
Station	Lieu-dit	début du canal ouvert, Sion	N°		
Coordonnées	X [m]	118'800	Y [m]	591'300	
Description de la station	environ 150m à l'amont du déversoir de la STEP de Sion-Châteuneuf, en rive droite, à la sortie du tronçon couvert sous Sion. 2-3m à l'amont d'un déversoir d'orage. Entouré de la route, la voie ferrée et l'aéroport de Sion. Canal rectiligne artificiel.				
Echantillon	N°	SR1			

Météo

Beau, nuage

Température de l'air

5°C

Débit (estimation)

150 à 300 l/s

Niveau de l'eau (bas, moyen, haut)

moyennes eaux

Description du dépôt

dépôt profond (>15 cm, dû à l'élargissement du canal lors du passage à ciel ouvert) de sédiments relativement fin comparé à la dominance sableuse du canal, peu anoxique, juste à l'amont (2-3m) d'un DO

Type d'échantillonneur

benne de type Ponnar

Profondeur d'eau sur l'échantillon

environ 60 cm

Profondeur de sédiment prélevée

3-6 cm (presque toute le contenu de la benne)

Quantité de sédiment prélevée

4.5 litres

Nombre de prélèvements par échantillon

5-7 bennes

Ecart par rapport au mode opératoire

-

Description du sédiment*Texture :* fine*Consistance :* pâteux-liquide*Couleur :* gris, voir noir en profondeur à certain endroit*Odeur :* peu la partie grise, forte (œuf pourri) la partie noir*Présence d'organismes vivants :*

algues, plantes aquatiques, peu d'organisme

Divers : Présence de quelques feuilles mortes et d'une serviette hygiénique! (qui provient du DO juste à l'aval)**Remarque sur le prélèvement****Température interface eau-sédiment**

12.0°C

pH interface eau-sédiment (et dans sédiment)

7.47

Potentiel Redox des sédiments (5-7 cm)**Concentration d'O2 dissous interface eau-sédiment**

6.05 mg/l

Formulaire de terrain: Prélèvement d'échantillon de sédiments pour analyses chimiques et bioessais

	Date	03.04.2008	Heure de début	10h50	Heure de fin	11h50
	Opérateur(s)	Jonas Margot				
Cours d'eau	Nom	canal Sion-Riddes	N°	SR		
Station	Lieu-dit	Châteauneuf, avant passage sous-voie	N°			
Coordonnées	X [m]	118'500	Y [m]	590'350		
Description de la station	environ 850m à l'aval du déversoir de la STEP de Sion-Châteauneuf, en rive droite, dans le virage juste avant le passage sous-voie CFF. Entouré de la route, la voie ferrée et l'aéroport de Sion. Canal et rives artificiels.					
Echantillon	N°	SR2				

Météo	Température de l'air
Beau, nuage et soleil	11°C
Débit (estimation)	Niveau de l'eau (bas, moyen, haut)
200 à 700 l/s	moyennes eaux
Description du dépôt	
dépôt épais (>20cm) dans l'extrados d'un virage, au pied de la berge en enrochement, juste avant le passage sous les voies CFF.	
Type d'échantillonneur	Profondeur d'eau sur l'échantillon
benne de type Ponnar	30 - 40 cm
Profondeur de sédiment prélevée	Quantité de sédiment prélevée
1-2 cm avant la partie anoxique (très noire)	3.5 litres
Nombre de prélèvements par échantillon	Ecart par rapport au mode opératoire
une quinzaine de bennes	-
Description du sédiment	
<i>Texture :</i> fine	<i>Consistance :</i> pâteux - liquide
<i>Couleur :</i> brun - gris dessus, noir goudron dessous	<i>Odeur :</i> peu dans la couche oxydée
<i>Présence d'organismes vivants :</i>	algues, sinon peu d'organismes
<i>Divers :</i>	Assez riche en matière organique, feuille morte
Remarque sur le prélèvement	
Difficulté de trouver une zone de dépôt fin dans ce canal rectiligne. La seule zone se trouve dans un virage d'où sort un tuyau PVC. A la fin du prélèvement, des eaux usées de couleur blanchâtre et de forte odeur sont sorties du tuyau. Ce déversement direct, qui provient des parcelles de l'école d'agriculture, peut influencer la toxicité des sédiments	
Température interface eau-sédiment	pH interface eau-sédiment (et dans sédiment)
11.4°C	7.84
Potentiel Redox des sédiments (5-7 cm)	Concentration d'O2 dissous interface eau-sédiment
	9.08 mg/l

ANNEXE 11 : PROTOCOLES**PROTOCOLE POUR L'EXTRACTION ORGANIQUE, ADAPTÉ DE (PARDOS, 1994) ET (SANTIAGO, 2002A)**

A préparer pour environ 40g de sédiments tamisés

- Tamisage à 2 mm, rinçage avec un petit peu d'eau déminéralisée, centrifugation 10 minutes à 2000 rpm et élimination du surnageant.
Matériel : tamis en métal 2mm, racloir, pipette, tube à centrifuger HDPE, centrifugeuse
- 10 g de sédiments tamisés utilisés pour déterminer la teneur en eau.
Matériel : petit récipient taré, balance, four à 105°C
- 30g de sédiments tamisés sont séchés par ajout petit à petit de 100g de sulfate de sodium dans une barquette en aluminium. (Eviter la formation de bloc blanchâtre).
Matériel : 100g de sulfate de sodium, cuillère, barquette en aluminium
- Une fois qu'on obtient une poudre fine et beige, ajout de 200 ml de dichlorométhane (DCM) dans un Erlenmeyer de 1l, et mise en agitation tangentielle.
Matériel : agitateur, Erlenmeyer pour mélange, 200ml de DCM
- Agitation pendant 12h à 280 rpm à température ambiante (17-20°C).
Matériel : agitateur
- Filtration de l'extrait organique et du DCM de rinçage du sédiment (3x30ml) sur sulfate de sodium (entonnoir avec fibres de verre).
Matériel : entonnoir, fibres de verre, sulfate de sodium, ballon pour rotavapeur (ballon cœur 250 ml), 90 ml de DCM
- Une fois bien sec (une seule phase), concentration par évaporation (40°C, 800mbar) à 3ml environ.
Matériel : rotavapeur
- Stockage dans une vial pour chromatographie (4 ml) tarée.
Matériel : vial de 4 ml
- Conservation des échantillons à 4°C pour analyse du soufre élémentaire

Pour les tests écotoxicologiques

- Prélèvement de 2 ml sur les 4 d'extrait organique et transfert dans une autre vial de 4ml
- A ces 2 ml de l'extrait de DCM, ajouter 1 ml de diméthyle sulfoxyde (DMSO), puis évaporer totalement le DCM (dans un bécher afin d'avoir une grande surface de contact avec l'air). Le résidu concentré est amené à un volume de 1.5 à 3 ml par ajout de DMSO.
- L'extrait organique peut être conservé 3 jours avant d'être soumis aux bioessais.

PROTOCOLE POUR LA GRANULOMÉTRIE

Méthode analytique

GRANULOMETRIE

Principe:

Destruction de la matière organique par H_2O_2 . Dispersion des argiles avec du pyrophosphate de sodium. Mesure des fractions inférieures à $50 \mu m$ par sédimentation. Tamisage des fractions $200-2000 \mu m$ et $50-200 \mu m$.

Matériel:

- Une balance ($\pm 0.01 g$)
- Une balance ($\pm 0.0001 g$)
- Un système à reflux
- Un agitateur rotatif
- Des allonges en verre étalonnées à 500 ml
- Des capsules en verres
- Une pipette jaugée de 20 ml
- Un thermomètre

Réactifs:

- Pyrophosphate de sodium (40 g/l)
- Eau oxygénée (10% et 35%)

Mode opératoire:

- 1) Peser 10 g ($\pm 0.01 g$) de sol tamisé à 2 mm et l'introduire dans une allonge de 500 ml.
- 2) Ajouter avec précaution 100 ml d'eau oxygénée 10% et installer le système à reflux.
- 3) Chauffer 2 heures en position maximum.
- 4) Ajouter 10 ml d'eau oxygénée (35%) par le haut du réfrigérant. Attendre la fin de la réaction et répéter l'opération 2-3 fois jusqu'à complète destruction de la matière organique (plus d'effervescence).
- 5) Chauffer 4 heures puis éteindre la plaque et laisser reposer la nuit.
- 6) Soutirer le surnageant en contrôlant l'absence d'eau oxygénée résiduelle (pas de décoloration de $KMnO_4$).
- 7) Ajouter 15 ml d'une solution de pyrophosphate de sodium à 40 g/l et compléter avec de l'eau déminéralisée jusqu'au trait de jauge. Boucher l'allonge et agiter 1 heure sur l'agitateur rotatif.
- 8) Numéroter et tarer 5 capsules en verres; elles seront utilisées ultérieurement pour y recueillir les différentes fractions (utiliser la balance à 0.0001 g).
- 9) En vue du prélèvement des silts et des argiles, relever la température des solutions et déterminer sur le tableau ci-dessous les temps t_1, t_2 et t_3 de prélèvements.

T (°C)	p (cm)	18	19	20	21	22	23	24
$t_1 (<50\mu m)$	20	1'34"	1'32"	1'29"	1'27"	1'25"	1'23"	1'21"
$t_2 (<20\mu m)$	20	9'47"	9'32"	9'18"	9'05"	8'52"	8'40"	8'28"
$t_3 (<2\mu m)$	5	4h05'	3h58'	3h52'	3h47'	3h41'	3h37'	3h32'

Relation entre la température et le temps en fonction de la profondeur de prélèvement

- 10) Agiter manuellement l'allonge pendant 1 minute. Reposer le cylindre et déclencher le chronomètre (les opérations doivent se faire très rapidement mais en évitant de perturber la sédimentation. Le déclenchement du chronomètre doit se faire dès l'arrêt de l'agitation).
- 11) Au temps t_1 , aspirer 20 ml de suspension à 20 cm en dessous du niveau du liquide (correspond au haut de la marque de la pipette) et rejeter la suspension dans la capsule en verre préalablement tarée. Rincer la pipette à l'eau déminéralisée en prenant soin de recueillir tout le liquide de la capsule.

Méthode analytique

- 12) Répéter le point 9) au temps t2 et t3. *les tamis = 1000, 125, 150, 50 µm*
- 13) Superposer le tamis de 200 µm à celui de 50 µm dans une cuvette en plastique. Transvaser le contenu de l'allonge dans le tamis supérieur. Rincer abondamment sous le robinet jusqu'à ce que l'eau s'écoulant des tamis soit exempte de suspension.
- 14) Transvaser le contenu des tamis dans les capsules tarées et numérotées puis les mettre sécher dans une étuve à 105°C pendant une nuit.
- 15) Sortir les capsules de l'étuve, les laisser refroidir environ 1 heure à l'abri de l'humidité. Peser chaque capsule à ± 0.0001 g et en déduire le poids net de chaque fraction.
- 16) Calculer chaque fraction en % du total.

Calculs:

V_t: volume de la solution (ml)

P_i: poids net (après déduction de la tare) de la fraction prélevée au temps t_i
(ex : P₁ pour la fraction prélevée au temps t₁)

V_p: volume du prélèvement (ml)

V_d: volume du dispersant (pyrophosphate de Na) (ml)

C_d: concentration de pyrophosphate de Na (g/l)

Le poids de chaque fraction se calcule par les relations:

SF= poids de la fraction retenue sur le tamis de 50 µm
SG= poids de la fraction retenue sur le tamis de 200 µm

$$\frac{P_3}{20 \cdot V_p} \times 500 - 0.6 \quad \text{OK}$$

$$LG = \frac{(P_1 - P_2) \cdot V_t}{V_p} \quad LF = \frac{(P_2 - P_3) \cdot V_t}{V_p} \quad A = \frac{P_3 \cdot V_t}{V_p} - (C_d \cdot V_d)$$

Le pourcentage de chaque fraction se calcule sachant que : $A + LF + LG + SF + SG = 100\%$

PROTOCOLE POUR L'EXTRACTION DES MÉTAUX (EAU RÉGALE)

EPF-LAUSANNE LABORATOIRE DE PÉDOLOGIE

Méthode analytique

EXTRACTION TOTALE DES ÉLÉMENTS MAJEURS ET DES TRACES DANS LES SOLS (méthode à l'eau régale)

Source* : *COTTENIE et al. (1982) "Chemical analysis
of Plants and Soils" 63p. Ghent 1982.*

1. Introduire 1g d'échantillon sec dans un erlenmeyer de 100 ml.
2. Ajouter 2-3 ml d'eau pour obtenir une pâte puis 7,5 ml HCl p.a (d=1,19) et 2,5ml HNO₃^{65%} suprapur (ev. conc. p.a.) *suprapur*
- 3) Boucher et laisser reposer une nuit à température ambiante
- 4) Bouillir gentiment à reflux pendant 2 h. sur une plaque chauffante
- 5) Laisser refroidir puis rincer avec 30 ml H₂O en collectant le tout dans l'erlenmeyer.
- 6) Filtrer la solution à travers un filtre résistant à l'acide.
- (7) Rincer le filtre environ 5 fois avec quelques ml d'acide nitrique 2M ~~chaud~~ (env. 50°C)
- 8) Après refroidissement, jaugeer à 50 ml avec HNO₃ 2M
- 9) Calcul : soit P : poids en gramme du solide
V : volume final (ml)
R : résultat de l'analyse en mg/l
% :
$$\frac{R \cdot V}{1000 \cdot P \cdot 10}$$

dans notre cas : % élément : 0.005 * R (ppm = 50 * R)

Remarque

- a) l'erlenmeyer et la plaque chauffante peuvent être remplacés par un ballon rond et une calotte.
- b) le réfrigérant doit être du type à boules ou à serpentins intérieurs (c'est-à-dire que la vapeur doit circuler dans les serpentins et l'eau à l'extérieur !)
- c)* dans la méthode originale de Cottenie, on jauge à 100 ml (point 8)
- d) composition de la matrice : 78ml HNO₃ + 150ml HCl par litre de matrice.

JPD 1.sept.1984 / *rev. 1987*

PROTOCOLE POUR L'EXTRACTION ET LA PURIFICATION DES PAHS ET DES PCBS

Analyses des PCBs, pesticides organochlorés, PBDE et PAHs dans des échantillons de sédiments et poissons (CIL interlabo juin-juillet 2006)**Extraction par soxhlet****Matériel**

- 1 système de chauffage à 6 positions
- x Soxhlet 100ml
- x cartouche Soxhlet 100 ml
- x ballon rond rodé de 250ml
- 1 cylindre gradué de 250ml
- 1 Erlen 1L
- x robavis de 30ml

Réactifs

- n-hexane Romil SPS
- acétone Romil SPS
- sulfate de sodium Merck
- cuivre activé Merck à activer selon méthode jointe

Procédure

Dans la cartouche Soxhlet, mettre 1cm de sulfate de sodium puis ¹⁰g d'échantillons de sédiment ou 5g de poisson (sous forme d'extrait). Placer la cartouche dans l'extracteur.

Placer au-dessous, un ballon rond avec 150 ml d'un mélange n-hexane : acétone 75 :25 (v/v) et 5g de cuivre activé (uniquement pour les sédiments). On fait bouillir légèrement ce mélange à reflux pendant une nuit (pos.50). Le lendemain on laisse refroidir le tout et on vide le reste de solvant de la cartouche dans le ballon.

L'extrait est concentré au Rotavapor à environ 5ml (40°C, 500mbar puis 330mbar) puis filtré sur un entonnoir de sulfate de sodium. Laver le ballon et récupérer l'extrait dans un robavis de 30ml. Laver l'entonnoir avec 5ml de n-hexane. Concentrer sous flux d'azote jusqu'à environ 3ml et purifier sur GPC.

CECOTOX-CAL-CIL INTERLABO-2006

Méthode de purification et de séparation des PCBs et des PAHs

Produits et réactifs

Silica gel 40 (70-230 mesh)	Merck 10180
Oxyde d'aluminium (70-230mesh)	Merck 101077
Cyclohexane	Romil SPS
Dichloromethane	Romil SPS
Isopropanol	Romil SPS
Sulfate de sodium anhydre	Merck
Eau MQ	

Préparation des adsorbants

L'alumine (70-230 mesh) est activée à 300°C pendant 12h (1 nuit). Le silicagel 40 (70-230 mesh) est activé 12h à 180°C (1 nuit). Puis les poudres sont désactivées avec 5% poids/poids avec de l'eau MQ. Elles sont agitées 20min à l'agitateur tangentiel (intensité maximum) puis les laissées reposer au minimum 4h00 avant utilisation. Les poudres sont utilisables 24h.

Matériel

- x colonne pour chromatographie: 40 cm de long, 10mm de diamètre munie d'un robinet
- x ballons coeur de 50 ml avec bouchon
- x ballon coeur de 100ml avec bouchon
- 1 cylindre gradué de 50 ml
- 1 support de laboratoire
- 1 pince et une double noix
- x réservoir pour colonne de chromatographie à solvant de 100ml
- 2 cylindres gradués de 100ml avec bouchon de verre

Mode opératoire

Une colonne de verre de 40 cm de long 10 mm de diamètre équipée d'un robinet et munie d'un morceau de laine de verre est préparée sous forme « slurry » avec 8g de silicagel 40 désactivé et 8g d'alumine désactivé (préparées comme ci-dessus), puis 2g de sulfate de sodium anhydre sont ajoutés au sommet de la colonne. L'addition de l'échantillon 0,5 à 1ml est réalisée comme suit:

- 1) Le solvant se trouvant au sommet de la colonne est élué goutte à goutte (débit approx: 1ml/min) jusqu'à ce que le haut du sulfate de sodium soit sans solvant.
- 2) L'échantillon est ajouté au moyen d'une pipette pasteur (pipette longue), puis le ballon est rincé 2* avec 1ml de cyclohexane. Avant chaque ajout de rinçage sur la colonne il faut laisser le précédent s'éluer sur la colonne, le sommet de la colonne doit être à chaque fois exempt de solvant.
- 3) Puis l'échantillon est élué comme ci-dessous:

Elution:

- a: 20 ml de cyclohexane (fraction hydrocarbures) à jeter
- b: 20 ml de cyclohexane:dichlorométhane 90:10 (fraction PCB) ballon cœur 50ml
- c: 40 ml de cyclohexane:dichlorométhane 80:20 (fraction PAH) ballon cœur 100ml

Evaporer les fractions b et c au Rotavap jusqu'à 1 ml. Transvaser quantitativement l'extrait, à l'aide d'une pipette Pasteur, dans une petite fiole en verre préalablement pesée. Rincer le ballon avec 2 x 1ml d'isooctane pour la fraction b et 2 x 1ml d'isopropanol pour la fraction c. Concentrer sous flux d'azote à 0.5 ml. Peser les fioles et les fermer avec un septum puis injecter sur un chromatographe en phase gazeuse équipé d'un détecteur à capture d'électron (GC-ECD) pour la fraction b et sur un chromatographe en phase liquide couplé à un détecteur par fluorescence (HPLC-FLUORESCENCE) pour la fraction c.

CECOTOX-19.10.2005 -TP 2ème cycle

ANNEXE 12 : RÉSULTATS DE LA GRANULOMÉTRIE DES SÉDIMENTS

Analyse granulométrique complète sur les sédiments

Site	Argiles ($< 2 \mu m$)	Limons fins ($2-20 \mu m$)	Limons grossiers ($20-50 \mu m$)	Sables fins ($50-200 \mu m$)	Sables grossiers ($200-2000 \mu m$)	Sédiments fins ($< 63 \mu m$)
All0	22%	26%	29%	20%	3%	82%
All1	15%	15%	15%	29%	26%	50%
All2	29%	27%	23%	16%	5%	83%
Urt1	10%	9%	11%	50%	20%	36%
Urt2	16%	23%	8%	27%	26%	49%
SR1	7%	17%	29%	43%	3%	64%
SR2	8%	14%	14%	51%	12%	42%

ANNEXE 13 : RÉSULTATS DES CONCENTRATIONS EN MÉTAUX

Résultats bruts des concentrations mesurées dans les deux répliquas A et B pour chaque site, ainsi que pour deux sols dont la contamination est connue (921 et 964).

[mg/kg MS]	Cu	Co	Cr	Cd	Ni	Pb	Zn
All0A	10.02	8.41	30.32	3.56	22.58	4.83	58.70
All0B	7.73	5.51	28.12	1.82	21.07	2.94	54.85
All1A	19.34	5.32	30.09	1.51	25.47	26.99	60.08
All1B	20.01	5.42	28.45	1.54	20.33	23.18	62.40
All2A	33.59	8.81	40.24	2.40	31.31	19.90	96.93
All2B	34.41	8.89	41.01	2.49	33.11	24.79	101.90
Urt1A	13.71	2.46	12.81	0.55	14.68	14.35	41.80
Urt1B	15.07	2.52	13.32	0.70	16.49	15.47	44.98
Urt2A	53.98	3.17	24.19	1.10	15.79	36.21	284.64
Urt2B	76.33	3.36	31.40	1.17	16.21	47.39	317.89
SR1A	83.58	5.82	30.22	1.46	32.27	32.25	113.28
SR1B	86.55	5.92	32.39	1.54	33.09	39.73	109.30
SR2A	97.53	5.45	37.64	1.52	31.70	27.90	123.51
SR2B	104.04	5.17	33.81	1.71	30.61	29.28	130.64
921A	92.01	12.45	77.58	4.90	36.97	136.30	449.66
921B	92.71	12.55	78.42	4.82	36.63	134.80	449.74
964A	83.19	10.31	52.25	3.34	38.01	281.00	280.26
964B	86.04	10.45	51.38	3.35	38.36	277.39	287.63

ANNEXE 14 : RÉSULTATS DES BIOESSAIS SUR SÉDIMENT

<i>Bioessais de toxicité</i>	
Identification	Récapitulation des résultats
Origine : Porrentruy, Berne, Sion	Plan d'analyse(s) : - <i>Daphnia magna</i>
Type d'échantillon : Eaux interstitielles de sédiments	- <i>Microtox</i>
Prélèvement : <input checked="" type="checkbox"/> instantané <input type="checkbox"/> composite	- <i>Rotifère</i>
Date : 02-03 / 04 / 2008	Date de réception : 08 / 04 / 2008
Effectué par : Jonas Margot, Serge Santiago	Responsable : J. Margot
Echantillons n° : All0, All1, All2: rivière Allaine Urt1, Urt2: rivière Urtenen SR1, SR2: canal Sion-Riddes	
Remarque : éch. Urt1,2 et SR2 : jaunâtre	

<i>Daphnia magna</i> (selon OCDE 202)		Organisme : <i>Daphnia magna</i> IPL-96, < 24 h.						Début : 08-09/04/2008					
		Ind./répl. = 6-7; répl./concent. = 2-5; vol./répl. = 10 ml.						Effectué par : J. Margot					
		Eau de dilution : milieu daphnies ISO 6341						Contrôlé par :					
Echantillon n°	Concentration	Immobilisation - mortalité						Paramètres physico-chimiques					
		à 24 h.		à 48 h.		à 72 h.		T (°C)		pH		O ₂ (mg/l)	
Contrôle		nbre total	%	nbre total	%	nbre total	%	0 h.	120h	0 h.	120h	0 h.	120h
All0	100%	0 / 32	0%	0 / 32	0%	1 / 32	3%		19.7		8.0		4.38
<i>Eau interstitielle</i>	80%	0 / 20	0%	0 / 20	0%	0 / 20	0%						
	70%	0 / 12	0%	0 / 12	0%	0 / 12	0%						
All1	100%	0 / 33	0%	0 / 33	0%	0 / 33	0%				7.9		2.81
<i>Eau interstitielle</i>	80%	0 / 20	0%	0 / 20	0%	0 / 20	0%						
	70%	0 / 12	0%	0 / 12	0%	0 / 12	0%						
All2	100%	1 / 32	3%	1 / 32	3%	1 / 32	3%				8.0		3.3
<i>Eau interstitielle</i>	80%	0 / 20	0%	0 / 20	0%	0 / 20	0%						
	70%	0 / 12	0%	0 / 12	0%	0 / 12	0%						
Urt1	100%	0 / 31	0%	0 / 31	0%	0 / 31	0%				8.2		2.63
<i>Eau interstitielle</i>	80%	0 / 20	0%	0 / 20	0%	0 / 20	0%						
	70%	0 / 11	0%	0 / 11	0%	0 / 11	0%						
Urt2	100%	0 / 32	0%	5 / 32	16%	5 / 32	16%				8.1		3
<i>Eau interstitielle</i>	80%	0 / 20	0%	0 / 20	0%	0 / 20	0%						
	70%	0 / 12	0%	0 / 12	0%	0 / 12	0%						
SR1	100%	0 / 32	0%	0 / 32	0%	0 / 32	0%				8.2		6.58
<i>Eau interstitielle</i>	80%	0 / 20	0%	0 / 20	0%	0 / 20	0%						
	70%	0 / 12	0%	0 / 12	0%	0 / 12	0%						
SR2	100%	0 / 33	0%	0 / 33	0%	0 / 33	0%				8.3		7.01
<i>Eau interstitielle</i>	80%	0 / 20	0%	0 / 20	0%	0 / 20	0%						
	70%	0 / 12	0%	0 / 12	0%	0 / 12	0%						

Remarques : Urt2: bonne croissance SR1 et contrôle: faible croissance

Conclusions - Commentaires	Essai valide <input checked="" type="checkbox"/> oui - <input type="checkbox"/> non
<i>Stimulation de la croissance dans tous les échantillons (sauf le contrôle), due à la présence de nutriments</i>	Contrôle : < 10% immobilisés <input checked="" type="checkbox"/>
Contrôle : <i>probablement blessé les organismes lors des manipulations</i>	Température : 20 ± 2 °C <input checked="" type="checkbox"/>
Urt2 : <i>début de toxicité?</i>	pH : entre 6,8 et 8,5 <input checked="" type="checkbox"/> Oxygène : > 5,0 mg/l <input type="checkbox"/>
Autres : <i>aucun effet de toxicité aiguë</i>	Oxygène : > 2,0 mg/l <input checked="" type="checkbox"/>
	Réf. K ₂ Cr ₂ O ₇ [0,9 - 1,5 mg/l] Date : 10/04/2008
	CE ₅₀ -24h = 1,52 mg/l [1,418 - 1,637 mg/l] <input checked="" type="checkbox"/>

Microtox® <i>Vibrio fischeri</i> (selon AFNOR NF T90-320)		Organisme : <i>V. fischeri</i> Microtox® (lot: 6J1041) Conditions : T = 15 °C; expositions 5, 15 ou 30 min. Dilution : <i>Microtox Diluent</i> (2% NaCl; pH=7,0)					Date : 10/04/2008 Effectué par : J. Margot Contrôlé par :		
Echantillon n° Concentration	Luminescence (I) à T= 5 m.			Luminescence à T= 15 m.			Luminescence à T= 30 m.		
	I_0	I_T	Lumin. (%)	I_0	I_T	Lumin. (%)	I_0	I_T	Lumin. (%)
Contrôle				98.0	98.7	100%	98.0	99.2	100%
AII0 83.3%				88.5	107.7	121.1%	88.5	112.4	125.9%
<i>Eau interstitielle</i> 66.7%				92.9	109.2	119.1%	92.9	112.9	122.8%
<i>pH = 8,18</i>									
Contrôle				98.0	98.7	100%	98.0	99.2	100%
AIII 83.3%				96.0	115.7	119.8%	96.0	118.5	122.3%
<i>Eau interstitielle</i> 66.7%				95.9	110.6	114.7%	95.9	116.5	120.1%
<i>pH = 8.21</i>									
Contrôle				98.0	98.7	100%	98.0	99.2	100%
AII2 83.3%				93.6	107.3	114.5%	93.6	110.5	117.2%
<i>Eau interstitielle</i> 66.7%				93.4	108.1	114.9%	93.4	110.8	117.1%
<i>pH = 8.08</i>									
Contrôle				98.0	98.7	100%	98.0	99.2	100%
Urt1 83.3%				92.1	107.6	116.0%	92.1	111.2	119.2%
<i>Eau interstitielle</i> 66.7%				92.4	107.3	115.3%	92.4	111.7	119.4%
<i>pH = 8.20</i> <i>coloré jaunâtre</i>									
Contrôle				92.7	96.2	100%	92.7	93.5	100%
Urt2 83.3%				84.6	107.4	122.3%	84.6	104.6	122.6%
<i>Eau interstitielle</i> 66.7%				83.8	106.2	122.4%	83.8	103.5	122.6%
<i>pH = 8.10</i> <i>coloré jaunâtre</i>									
Contrôle				92.7	96.2	100%	92.7	93.5	100%
SR1 83.3%				83.2	112.5	130.9%	83.2	113.7	136.2%
<i>Eau interstitielle</i> 66.7%				85.3	102.7	117.5%	85.3	104.6	123.3%
<i>pH = 8.06</i>									
Contrôle				92.7	96.2	100%	92.7	93.5	100%
SR2 83.3%				78.7	109.0	133.7%	78.7	111.9	141.1%
<i>Eau interstitielle</i> 66.7%				82.2	107.3	125.8%	82.2	111.7	134.8%
<i>pH = 8.07</i> <i>coloré jaunâtre</i>									
Remarques :									
Conclusions - Commentaires					Essai valide <input checked="" type="checkbox"/> oui - <input type="checkbox"/> non				
<i>Tous les échantillons non toxiques (stimulation de la luminescence, de manière prononcée pour le canal Sion-Riddes SR)</i>					Contrôle : (I_T / I_0) \geq 0,70 <input checked="" type="checkbox"/>				
					pH : entre 5,0 et 9,0 <input checked="" type="checkbox"/>				
					Réf. Zn [0.5 - 2.5 mg Zn ²⁺ /l] Date : 10/04/2008 CE ₅₀ -15m. = 0.67 mg Zn ²⁺ /l [0.586 - 0.771 mg/l] <input checked="" type="checkbox"/>				

Brachionus calyciflorus (selon ISO TC 147/SC 5 N 332) Test de reproduction		Organisme : <i>Brachionus calyciflorus</i> sous forme de kystes Eau de dilution : milieu rotifère			Début : 09/04/2008 Effectué par : J. Margot Contrôlé par :		
Echantillon n° Concentration	Inhibition de la croissance				Coefficient de variation (4 répliquats)	T(°C) 48 h.	pH 48 h.
	nbre de mère à 0 h.	nbre de femelles à 48 h.	nbre de femelles/mère	% de croissance			
<i>Contrôle</i>	6	21	3.5	100%	16%		
<i>All0</i> 90%	4	16	4.0	114%	20%		
<i>Eau interstitielle</i> 50%	-						
<i>All1</i> 90%	4	16	4.0	114%	20%		
<i>Eau interstitielle</i> 50%	4	17	4.3	121%	23%		
<i>All2</i> 90%	5	13	2.6	74%	44%		
<i>Eau interstitielle</i> 50%	4	20	5.0	143%	16%		
<i>Urt1</i> 90%	4	9	2.3	64%	43%		
<i>Eau interstitielle</i> 50%	-						
<i>Urt2</i> 90%	4	7	1.8	50%	72%		
<i>Eau interstitielle</i> 50%	4	14	3.5	100%	37%		
<i>SR1</i> 90%	4	15	3.8	107%	26%		
<i>Eau interstitielle</i> 50%	4	15	3.8	107%	26%		
<i>SR2</i> 90%	4	16	4.0	114%	20%		
<i>Eau interstitielle</i> 50%	4	12	3.0	86%	27%		
Remarques : <i>Prétest sur seulement 4 répliquats. Nécessite un test complet pour confirmer les résultats. Urt2: présence d'un biofilm bactérien en surface et au fond, lequel peut influencer positivement (source de nourriture) mais aussi négativement (consommation d'O2). ->refaire avec filtration à 0.45 um</i>							
Conclusions - Commentaires				Essai valide <input type="checkbox"/> oui - <input checked="" type="checkbox"/> non			
<i>Stimulation de la croissance (reproduction) dans la plupart des échantillons.</i>				Contrôle : min. 85% reproductrices <input checked="" type="checkbox"/>			
				reproduction moy.: min. 3 femelles/puit <input checked="" type="checkbox"/>			
				Température : 25 ± 1 °C <input checked="" type="checkbox"/>			
				pH : entre 6,8 et 8,5 <input checked="" type="checkbox"/>			
				Réf. CuSO ₄ .H ₂ O [80 - 340 µg/l] Date :			
				CE ₅₀ -48h = µg/l [- µg/l] <input type="checkbox"/>			
<i>All2, Urt1, Urt2: inhibition de la croissance soit due à une toxicité, soit à un manque d'O2 dissous. Forte variabilité. Nécessite un test complet pour confirmer.</i>							

Microtox® <i>Vibrio fischeri</i> (selon AFNOR NF T90-320)			Organisme : <i>V. fischeri</i> Microtox® (lot: 6J1041) Conditions : T = 15 °C; expositions 5 et 15 min. Dilution : <i>Microtox Diluent</i> (2% NaCl; pH=7,0)					Date : 22/04/2008 Effectué par : J. Margot Contrôlé par :			
Echantillon n°			Luminescence (I) à T= 5 m.			Luminescence à T= 15 m.			Luminescence à T= 30 m.		
Concentration	%DMSO	g eq-séd/l	I_0	I_T	Lumin. (%)	I_0	I_T	Lumin. (%)	I_0	I_T	Lumin. (%)
Contrôle						94.1	128.9				
Blanc	0.362%	0.0				92.4	114.3	90.3%			
<i>Extrait organique</i>	0.181%	0.0				94.0	107.2	89.5%			
	0.090%	0.0				95.3	121.8	99.5%			
	0.045%	0.0				93.5	108.5	85.2%			
Contrôle			95.9	101.3		95.9	91.7				
All0	0.409%	27.6	84.3	37.2	41.8%	84.3	31.8	39.5%			
<i>Extrait organique</i>	0.205%	13.8	85.0	56.6	63.1%	85.0	50.7	62.4%			
	0.102%	6.9	87.8	70.7	76.3%	87.8	62.3	74.3%			
	0.051%	3.5	87.7	76.8	83.0%	87.7	68.5	81.8%			
Contrôle			90.4	93.2		90.4	86.5				
All1	0.205%	15.5	82.6	16.9	19.8%	82.6	10.3	13.0%			
<i>Extrait organique</i>	0.102%	7.8	86.9	36.5	40.8%	86.9	28.7	34.5%			
	0.051%	3.9	89.1	55.4	60.4%	89.1	48.5	56.9%			
	0.026%	1.9	89.7	68.2	73.8%	89.7	59.6	69.5%			
Contrôle			98.7	94.1		98.7	97.2				
All2	0.082%	6.6	88.6	29.1	34.4%	88.6	23.3	26.7%			
<i>Extrait organique</i>	0.041%	3.3	91.1	51.2	58.9%	91.1	48.4	53.9%			
	0.020%	1.6	90.3	72.3	84.0%	90.3	72.7	81.7%			
	0.010%	0.8	92.0	81.9	93.4%	92.0	83.1	91.7%			
Contrôle			97.8	94.0		97.8	94.7				
Urt1	0.205%	14.3	90.3	9.3	10.7%	90.3	4.7	5.3%			
<i>Extrait organique</i>	0.102%	7.1	89.7	21.3	24.7%	89.7	15.8	18.2%			
	0.051%	3.6	89.2	45.0	52.5%	89.2	41.5	48.1%			
	0.026%	1.8	92.3	64.5	72.7%	92.3	63.7	71.3%			
Contrôle			96.0	91.9		96.0	96.9				
Urt2	0.082%	5.1	86.6	40.9	49.3%	86.6	29.8	34.1%			
<i>Extrait organique</i>	0.041%	2.6	86.4	51.3	62.1%	86.4	44.2	50.8%			
	0.020%	1.3	90.1	59.6	69.1%	90.1	56.6	62.2%			
	0.010%	0.6	90.9	66.8	76.7%	90.9	65.3	71.2%			
Contrôle			104.7	96.9		104.7	97.8				
SRI	0.205%	18.5	99.4	43.3	47.2%	99.4	29.6	31.8%			
<i>Extrait organique</i>	0.102%	9.2	99.6	56.8	61.7%	99.6	43.0	46.2%			
	0.051%	4.6	95.2	70.7	80.3%	95.2	58.6	65.9%			
	0.026%	2.3	96.6	81.4	91.1%	96.6	73.6	81.5%			
Contrôle			95.2	89.3		95.2	94.7				
SR2	0.205%	15.9	88.9	14.6	17.5%	88.9	10.5	11.9%			
<i>Extrait organique</i>	0.102%	7.9	91.2	30.1	35.2%	91.2	28.7	31.6%			
	0.051%	4.0	92.2	52.3	60.5%	92.2	54.6	59.5%			
	0.026%	2.0	94.8	68.8	77.5%	94.8	71.4	75.8%			

Remarques : All: Allaine(Jura) Urt: Urtenen (Berne) SR: canal Sion-Riddes (Valais)

Conclusions - Commentaires		Essai valide <input checked="" type="checkbox"/> oui - <input type="checkbox"/> non	
<i>CE50 - 15 min.(en g eq.sédiment/l)</i>			
Blanc - ext. org :	<i>non toxique aux concentrations testées</i>	Contrôle : (I_T / I_0) $\geq 0,70$ <input checked="" type="checkbox"/>	
All0 - ext. org :	<i>19.37 g-eq/l [15.26 - 24.57]</i>	pH : entre 5,0 et 9,0 <input checked="" type="checkbox"/>	
All1 - ext. org :	<i>4.21 g-eq/l [3.63 - 4.88]</i>	Réf. Zn [0.5 - 2.5 mg Zn ²⁺ /l] Date : 10/04/2008	
All2 - ext. org :	<i>3.61 g-eq/l [3.08 - 4.25]</i>	CE ₅₀ -15m. = 0.67 mg Zn ²⁺ /l [0.586 - 0.771 mg/l] <input checked="" type="checkbox"/>	
Urt1 - ext. org :	<i>3.13 g-eq/l [2.89 - 3.38]</i>	Réf. phénol [13 - 40 mg/l] Date : 17/04/2008	
Urt2 - ext. org :	<i>2.32 g-eq/l [2.02 - 2.66]</i>	CE ₅₀ -15m. = 59.3 mg/l [44.8 - 78.4 mg/l] <input type="checkbox"/>	
SRI - ext. org :	<i>8.63 g-eq/l [7.85 - 9.49]</i>		
SR2 - ext. org :	<i>4.59 g-eq/l [4.19 - 5.02]</i>		
entre [], l'intervalle de confiance à 95%			

Bioessais de toxicité

Récapitulation des résultats

Identification

Origine : Porrentruy, Berne, Sion Type d'échantillon : Extrait aqueux (éluatriat) Prélèvement : <input checked="" type="checkbox"/> instantané <input type="checkbox"/> <i>composite</i> Date : 02-03 / 04 / 2008 Effectué par : Jonas Margot Echantillons n° : All0, All1, All2: rivière Allaine Urt1, Urt2: rivière Urtenen SR1, SR2: canal Sion-Riddes Remarque : Urt2 très coloré	Plan d'analyse(s) : - Microtox Date de réception : 08 / 04 / 2008 Responsable : J. Margot
--	--

Microtox® <i>Vibrio fischeri</i> (selon AFNOR NF T90-320)	Organisme : <i>V. fischeri</i> Microtox® (lot: 6J1041) Conditions : T = 15 °C; expositions 5, 15 et 30 min. Dilution : <i>Microtox Diluent</i> (3.5% NaCl; pH=7,0)	Date : 23/04/2008 Effectué par : J. Margot Contrôlé par :	
Echantillon n°	Luminescence (I) à T= 5 m.	Luminescence à T= 15 m.	Luminescence à T= 30 m.
Concentration	<i>I</i> ₀ <i>I</i> _T Lumin. (%)	<i>I</i> ₀ <i>I</i> _T Lumin. (%)	<i>I</i> ₀ <i>I</i> _T Lumin. (%)
Contrôle	0% 0.0	97.1 96.9 100%	97.1 95.9 100%
<i>Blanc</i> <i>extrait aqueux</i>	82% 110.7	88.1 101.0 114.9%	88.1 114.5 131.6%
<i>All0</i>	82% 63.6	85.7 87.3 102.2%	85.7 108.0 127.6%
<i>All1</i>	82% 79.6	84.6 70.3 83.2%	84.6 83.1 99.4%
<i>All2</i>	82% 66.8	82.6 41.8 50.7%	82.6 46.5 57.1%
Contrôle	0% 0.0	91.6 91.8 100%	91.6 95.9 100%
<i>Urt1</i> <i>extrait aqueux</i>	82% 72.6	89.8 61.6 68.5%	89.8 68.7 75.4%
<i>Urt2</i>	82% 57.6	87.8 19.7 22.4%	87.8 14.6 15.9%
<i>SR1</i>	82% 86.5	84.9 82.7 97.4%	84.9 100.1 116.3%
<i>SR2</i>	82% 76.4	82.8 68.6 82.9%	82.8 81.0 96.6%
Remarques : All0, All1, All2, SR1 et SR2 très légèrement coloré. Urt1 jaune pâle. Urt2 brun. La couleur de Urt1 et Urt2 peut influencer la luminescence.			
Conclusions - Commentaires	Essai valide <input checked="" type="checkbox"/> oui - <input type="checkbox"/> non		
<i>Blanc, All0, SR1: forte stimulation</i>	Contrôle : (<i>I</i> _T / <i>I</i> ₀) ≥ 0,70 <input checked="" type="checkbox"/>		
<i>All1 et SR2: la stimulation semble masquée par un début de toxicité</i>	pH : entre 5,0 et 9,0 <input checked="" type="checkbox"/>		
<i>Urt1: inhibition due à la couleur et/ou à un début de toxicité</i>	Réf. Zn [0.5 - 2.5 mg Zn ²⁺ /l] Date : 10/04/2008		
<i>All2 et Urt2: forte inhibition (en partie due à la couleur pour Urt2), toxicité très probable</i>	CE ₅₀ -15m. = 0.67 mg Zn ²⁺ /l [0.586 - 0.771 mg/l] <input checked="" type="checkbox"/>		
	Réf. phénol [13 - 40 mg/l] Date : 17/04/2008		
	CE ₅₀ -15m. = 59.3 mg/l [44.8 - 78.4 mg/l] <input type="checkbox"/>		

TABLE DES ANNEXES

Annexe 1 : Données et calage de la modélisation de l'Allaine	I
Données nécessaires pour la simulation à Porrentruy	I
Calage du modèle à Porrentruy	IV
Données nécessaires pour la simulation à Alle.....	IX
Calage du modèle à Alle.....	X
Annexe 2 : Détermination des paramètres du bassin versant de l'Allaine.....	XIII
Annexe 3 : Détermination des paramètres du milieu récepteur : l'Allaine	XVIII
Tronçon 1 : autour du kilomètre 17, à l'aval de la STEP du Porrentruy.....	XVIII
Tronçon 2 : autour du kilomètre 10, à l'aval du village de Alle	XXI
Annexe 4 : Données et calage de la modélisation du canal Sion-Riddes.....	XXIII
Données nécessaires pour la simulation	XXIII
Calage du modèle	XXVI
Annexe 5 : Détermination des paramètres du milieu récepteur : le canal Sion-Riddes.....	XXIX
Annexe 6 : Données et calage de la modélisation de l'Urtenen.....	XXXIII
Données nécessaires pour la simulation	XXXIII
Calage du modèle	XXXV
Validation du modèle par certaines grandeurs connues.....	XL
Annexe 7 : Détermination des paramètres du milieu récepteur : l'Urtenen.....	XL
Annexe 8 : Valeurs indicatives d'immission pour le canal Sion-Riddes et l'Urtenen.....	XLIII
Annexe 9 : Plan d'échantillonnage.....	XLVI
Annexe 10 : formulaires de terrain (échantillonnage).....	XLIX
Annexe 11 : Protocoles	LVI
Protocole pour l'extraction organique, adapté de (Pardos, 1994) et (Santiago, 2002a).....	LVI
Protocole pour la granulométrie	LVII
Protocole pour l'extraction des métaux (Eau régale)	LIX
Protocole pour l'extraction et la purification des PAHs et des PCBs	LX
Annexe 12 : Résultats de la granulométrie des sédiments.....	LXII
Annexe 13 : Résultats des concentrations en métaux.....	LXII
Annexe 14 : Résultats des bioessais sur sédiment.....	LXIII