

# Urban Hydrology class: Performance monitoring



Le Centre de Recherche en Hydrologie et Géomorphologie (CRH) est un laboratoire de recherche de l'EPFL. Il est dirigé par le Professeur Dr. Jean-François Roy. Le CRH est un laboratoire de recherche de l'EPFL. Il est dirigé par le Professeur Dr. Jean-François Roy.



GESTION DES EAUX URBAINES PAR TEMPS DE PLUIE  
MODULE ANALYSE DE LA QUALITÉ DES EAUX



Luca Rossi  
[luca.rossi@epfl.ch](mailto:luca.rossi@epfl.ch)

# Goals of the course



- To know how to assess the positive/negative consequences of technical solutions in urban areas on receiving waters
- To know how to characterize receiving waters
- To know an existing standardized approaches in Switzerland: **VSA Module G**
- To be able to link different disciplines

# Table of content

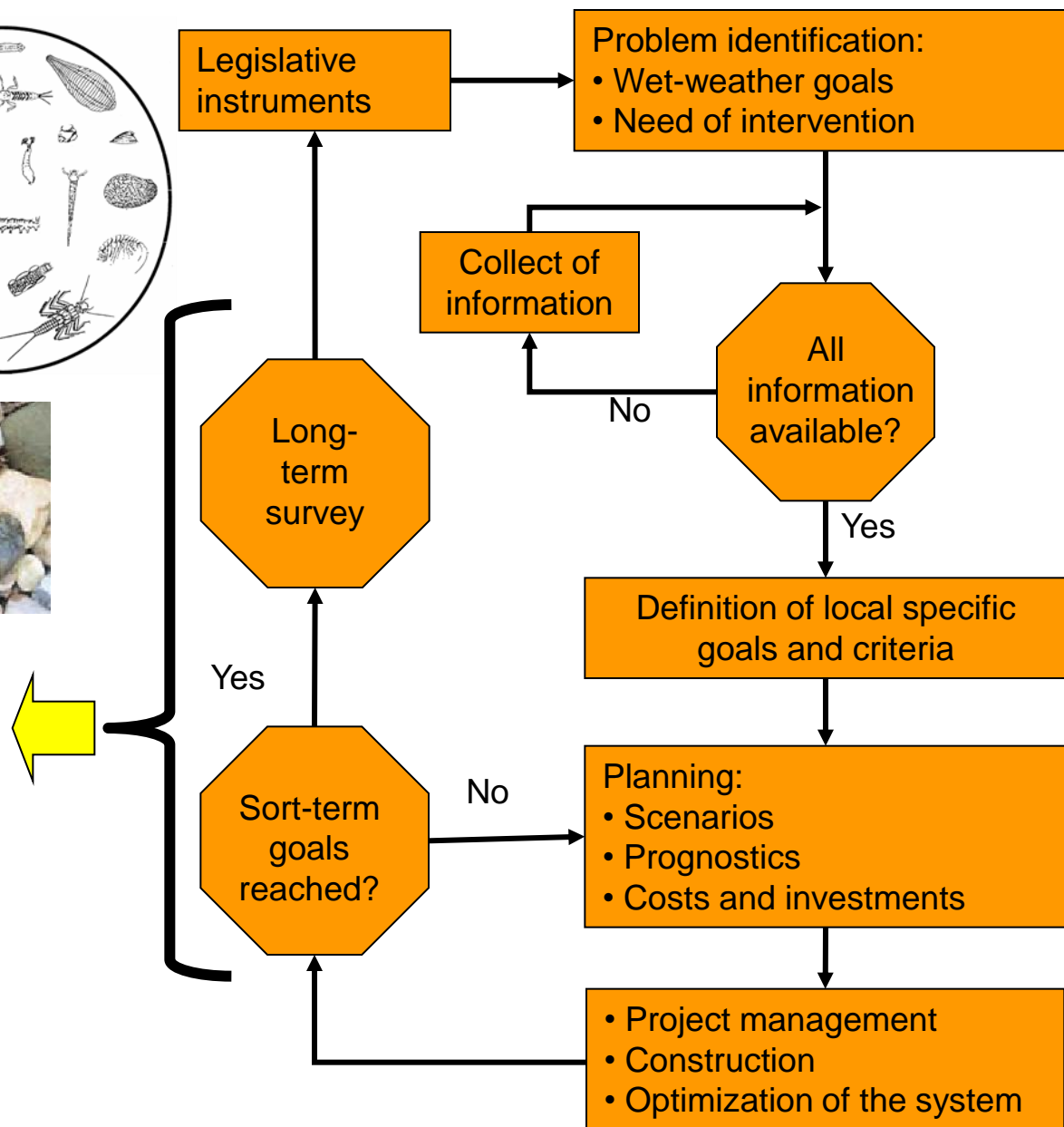


- Introduction
- VSA Procedure for performance monitoring: emissions and immissions (Module G)
- Immission controls : the Modular Stepwise Procedure (MSP)
- European approach
- Example of application – field work

# Introduction: integrated approach



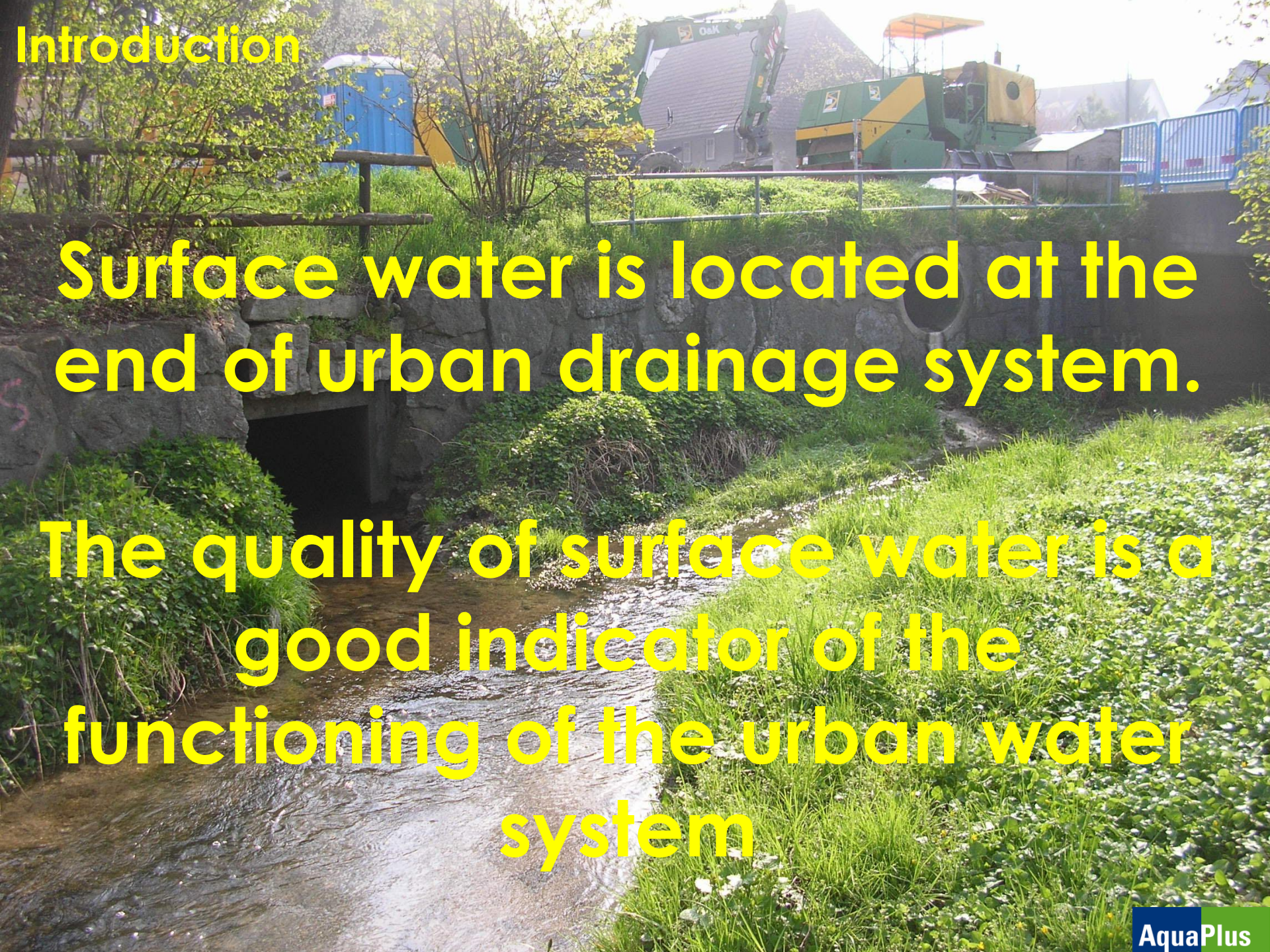
Receiving  
waters  
integrated in  
the urban  
hydrology  
discipline !



## Introduction

Surface water are part of the  
“urban drainage„system

**Optimal operation of the  
urban drainage system has  
an impact on surface water  
quality**



## Introduction

Surface water is located at the end of urban drainage system.

The quality of surface water is a good indicator of the functioning of the urban water system

## Urban hydrology = Team work

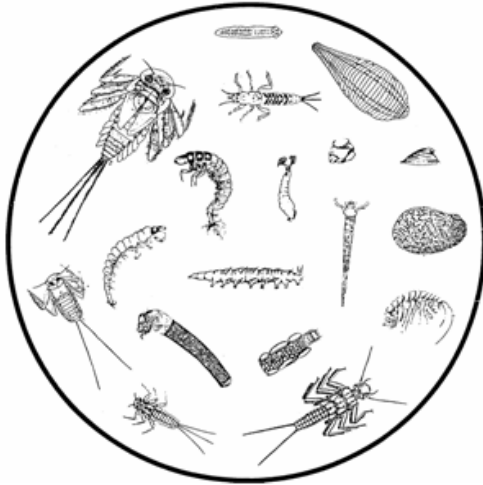


- Interdisciplinary working group:
  - Engineers PGEE, PREE...
  - Biologists / limnologists / ecotoxicologists
  - Services / administration in the water protection domain
  - Other specialists: flood protection, groundwater...



F. Elber, AQUAPLUS, STORM team







# Multiple impacts: « matrice d'évaluation »

Projet	PGEE Regio Rorschach	Date de l'examen / base	PGEE Regio Rorschach (2000), examen du 8.8.2005	Matrice d'évaluation
Cours d'eau	Dorfbach	Section / site	DO M15 – DO / BR Rietbergstrasse	

Hydrologie	Estimation (E)	Calcul (C)						
Surface BV (km²)	Longueur de la section (km)	Largeur du cours d'eau (m)	Profondeur d'eau moy. (m)	Débit estimé (l/s)	Q <sub>347</sub> (étiage) (l/s)	Altitude max.	Altitude min.	Pente moyenne (%)
	0.7	2-3	0.1	30-50	15-30	415	400	2
Remarques								

Ecomorphologie	Classification moyenne	meilleure	pire	Variabilité en largeur (moy.)	Végétation riveraine	Déficit principal
Section considérée	Fortement atteinte	Fort. atteinte	Fort. atteinte	Faible	Souvent manquante	Renforcement pied de la berge
Section en amont	Non naturel / artificiel	Non nat./ artificiel	endigué	Aucune	Souvent manquante	Renforcement pied de la berge
Remarques	nombreuses chutes artificielles, certaines > 70 cm					

Indications pour les déversements des eaux usées (installations)							
Désignation	DO M15	Volume déversé (m³/an)	18'000	Fréquence (nombre/an)	20	Durée (h/an)	10
Remarques	Durée du rejet par événement env. 20 à 30 min.						

Aspect général		Hygiène		Physique		Chimie				Matières en suspension				Biologie			
Matières grossières	Autres éléments	Baignade, jeux	Eau potable	Impacts hydraulique	Température	NH <sub>3</sub>	Oxygène	Substances nutritives	Autres substances, pesticides, micropolluants	Colmatage	Turbidité	Sédiment toxique	Fond en anaérobiose	Diatomée	Couverture végétale	Invertébrés aquatiques	Poissons
Aucune	Peu de mousse			Problématique		dépassement des limites sur 1 et 2	aucun problème présumé, surfaçage de turbulences	valeurs limites de nitrite classées, nitrate élevé		Indéniable	Aucune		FeS isolé	contamination modérée	présence sporadique de charrière (algue jaune-verte)	contamination faible à modérée	peu de poissons, probablement en raison du stress hydraulique lors des événements de rejets pluviaux

MGDM confédération, Modèle de géodonnées (ID 129.1) pour la planification communale de l'évacuation des eaux → 5 classes de rejets

Remarques															
Effets des rejets essentiellement reconnaissables au colmatage. Facteur principal du problème : MES.															
Légende	Paramètre déterminant	oui	non		Problèmes avec	Situation en temps de pluie	Fort	moyen	faible	aucun	Situation par temps sec	fort	moyen	faible	aucun



# VSA guidelines

## Urban wet-weather management

Module G:

« Analyse de la qualité de l'eau »

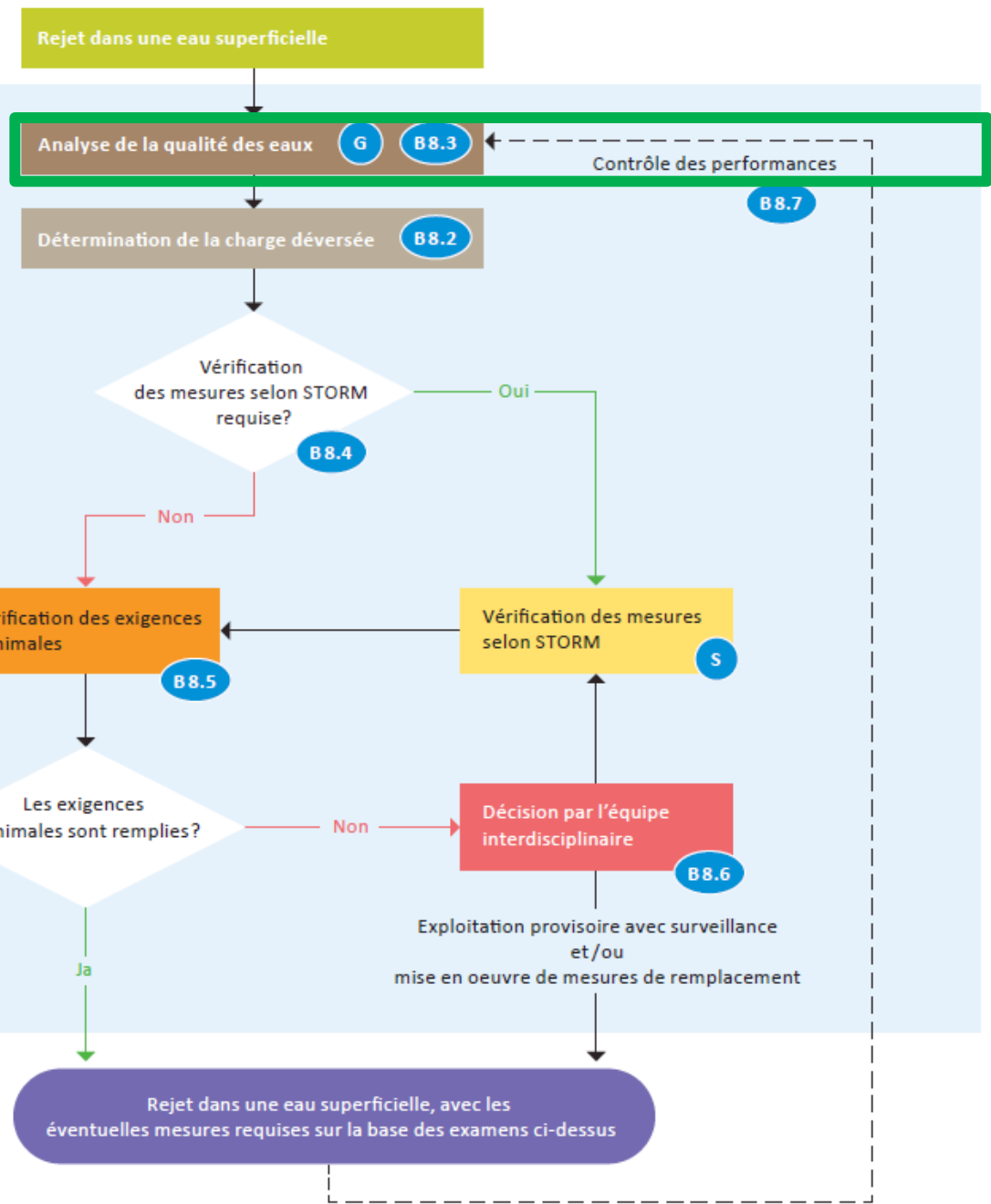
Abreviation pour les renvois	Titre des différents modules		
B	Module de base		
G	Module Analyse de la qualité de l'eau		
S	Module STORM		
D	Module Dimensionnement et conception		
	A	Partie A: Gestion des eaux pluviales	B Partie B: Installations de traitement et de déversement des eaux unitaires
E	Module Systemes d'evacuation des eaux		
L	Index et listes de l'ensemble de la directive <ul style="list-style-type: none"> <li>Liste des abreviations</li> <li>Bibliographie</li> </ul>		

Renvoi au chapitre 9.9.9  
du module XX.  
Les abréviations des  
modules (XX) sont  
indiquées dans  
le chapitre 1.5



Admissibilité

Légende:  
**XX9.9.9**  
Renvoi au chapitre 9.9.9  
du module XX.  
Les abréviations des  
modules (XX) sont  
indiquées dans  
le chapitre 1.5.



**Figure B4**  
Démarche pour  
l'évaluation  
des rejets des  
systèmes unitaires  
dans  
des eaux superficielles.

# Table of content



- Introduction
- **VSA Procedure for performance monitoring: emissions and immissions**
- Immission controls : the Modular Stepwise Procedure (MSP)
- European approach
- Example of application



# Performance monitoring - goals

Evaluation des rejets	Cours d'eau	Plans d'eau
<b>Niveau 1</b> Monitoring du point de rejet	<ul style="list-style-type: none"><li>• Identification grossière des lacunes évidentes par l'exploitation</li><li>• Vérification simplifiée de l'efficacité des mesures</li><li>• Étude préliminaire dans le cadre du PGEE</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Etude préliminaire afin de déterminer si une analyse de niveau 2 est nécessaire</li></ul>
<b>Niveau 2</b> Analyse de la qualité des eaux au point de rejet	<ul style="list-style-type: none"><li>• Planification de mesures techniques</li><li>• Priorisation des mesures, par exemple dans le cadre d'un PGEE</li><li>• Vérification de l'efficacité des mesures</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Planification de mesures techniques</li><li>• Priorisation des mesures, par exemple dans le cadre d'un PGEE</li><li>• Vérification de l'efficacité des mesures</li></ul>

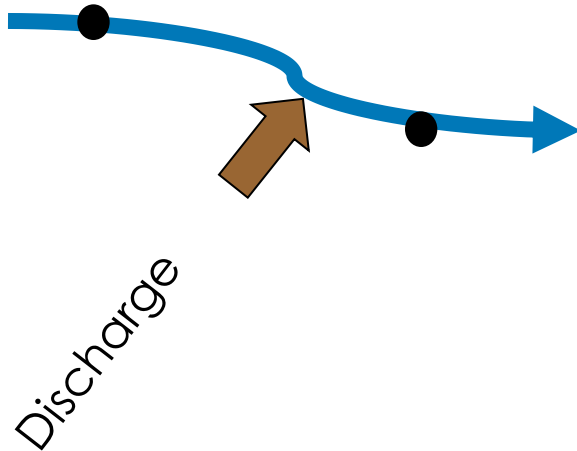


# Performance monitoring - principles

“Comparison of an impacted station with a reference station”

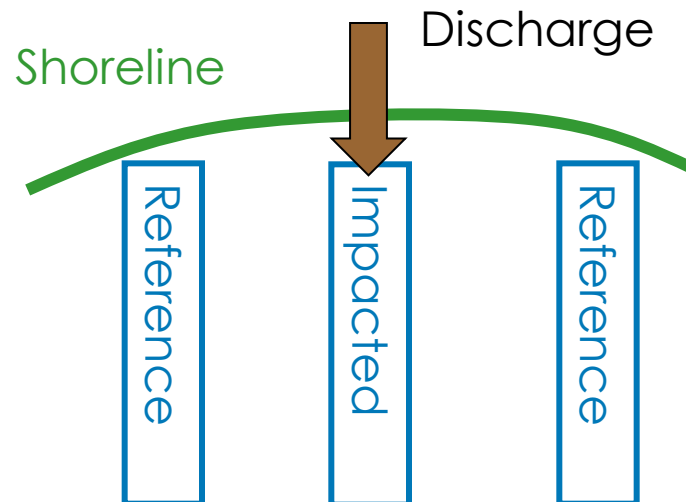
## Watercourses

Upstream - downstream



## Water bodies (Level 2):

Transect influenced by discharge relative to reference transects





# Performance monitoring

Example:

Amont	
Boues	peu / moyen
Sulfure de fer	peu / moyen
Déchets (évacuation des eaux)	aucun
Organismes hétérotrophes	aucun
Algues	moyen

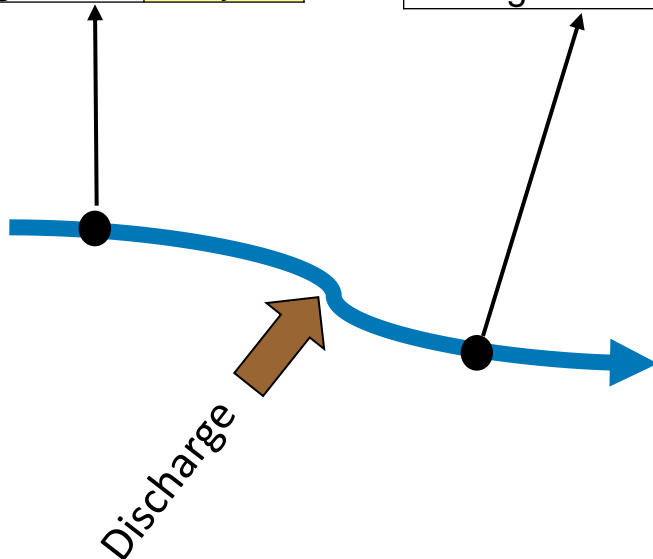
Aval	
Boues	peu / moyen
Sulfure de fer	beaucoup
Déchets (évacuation des eaux)	nombreux
Organismes hétérotrophes	beaucoup
Algues	moyen

Effets du point de rejet	
Boues	aucun
Sulfure de fer	Faible / moyen
Déchets	important
Organismes hétérotrophes	important
Algues	aucun

Worst-case

Effet du point de rejet	important
Planification de mesures	Oui, à brève échéance

Evaluation par un expert afin de mettre en place les mesures adéquates, p.ex. dégrilleurs...





# Performance monitoring

	Objectif	Axé sur les émissions	Axé sur les immissions
Examen simple, contrôle d'exploitation (niveau 1)	Permet une première estimation des effets de l'installation sur le milieu récepteur ainsi que du bon fonctionnement, du dimensionnement et du réglage de l'installation. Il s'agit enfin de sensibiliser le personnel d'exploitation à l'importance des impacts sur les eaux.	Surveillance périodique du bon fonctionnement des installations directement par l'exploitant.	Relevés de paramètres simples dans le milieu récepteur, qui peuvent être le plus souvent effectués directement par l'exploitant de l'installation (monitoring du point de rejet – niveau 1 selon le module Analyse de la qualité des eaux)
Examen approfondi (niveau 2)	<p>Vérification ciblée d'une mesure particulière après sa mise en œuvre. Cette vérification peut porter aussi bien sur une installation isolée que sur un sous-système, voire le système complet de l'assainissement urbain considéré.</p> <p>La vérification s'appuie sur une analyse de la qualité des eaux effectuée avant la mise en œuvre de la mesure afin de définir un état de référence.</p>	Évaluation de la mesure prise, par exemple en mesurant le débit rejeté ou la charge déversée dans le milieu récepteur.	Évaluation de l'effet de la mesure prise sur le milieu récepteur à l'aide d'une <u>analyse de la qualité des eaux</u> pour l'évaluation des points de rejet effectuée par un hydrobiologiste (niveau 2 selon le module Analyse de la qualité des eaux).

Tableau B4

# Performance monitoring : emissions



	Contrôle d'exploitation simple	Examen approfondi
Objectif	Surveillance périodique du bon fonctionnement de l'installation	Évaluation de la mesure prévue ou entreprise, c'est-à-dire des installations sur lesquelles une modification est prévue ou a déjà été apportée.
Quoi ?	Examen régulier conformément à une checklist (p. ex. vérification des vannes, des dégrilleurs, des réglages, etc.)	Choix des paramètres en fonction de la mesure prise. Paramètres les plus simples et les plus significatifs possible. Des informations concernant les quantités déversées, la durée, la fréquence et, le cas échéant, la charge et la concentration de certains polluants devraient être acquises.
Comment ?	Conformément à la checklist à définir (par exemple, le dégrilleur fonctionne-t-il pendant les épisodes pluvieux ou est-il obstrué ou régulièrement submergé)	Mesures de débit (éventuellement de façon permanente au moyen d'un logger ou d'un dispositif de mesure fixe), détermination des constituants par une mesure permanente (p. ex. sonde de turbidité, de conductivité ou de pH) ou ponctuelle (prélèvement d'échantillons et analyse)
Où ?	Conformément à la checklist à définir (normalement, à l'emplacement du composant de l'ouvrage à vérifier, par exemple dans le bassin d'eaux pluviales ou avant la sortie)	Selon la situation, avant le déversement dans le milieu récepteur et/ou au plus près du déversement, avant un mélange éventuel avec d'autres eaux.
Quand ?	En fonction de l'importance et de la sensibilité aux pannes de l'installation (à peu près chaque mois) et notamment après des précipitations avec déversements de l'installation dans le milieu naturel	Avant et après la mise en place de la mesure.
Qui ?	Personnel d'exploitation	Ingénieur PGEE

Tableau B17

Suite Tableau B17 voir page suivante

# Performance monitoring : emissions

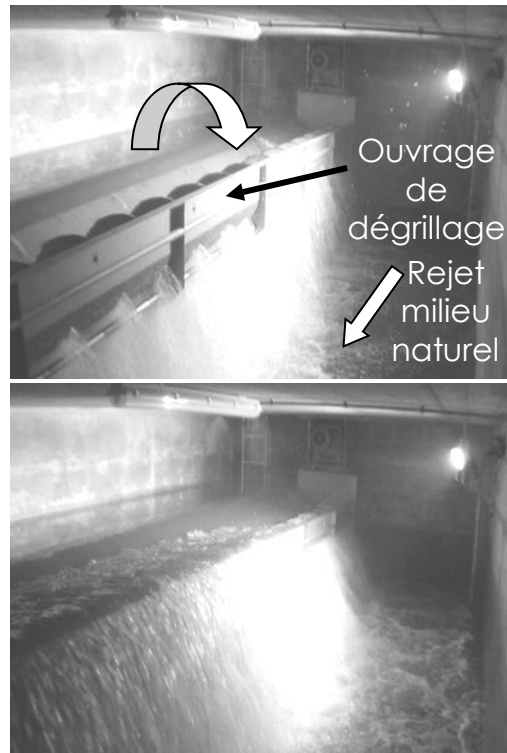


	Contrôle d'exploitation simple	Examen approfondi
Évaluation	Comparaison des exigences selon la checklist avec l'état effectif	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Respect des conditions de déversement selon les dispositions légales, le module de base, le module STORM</li> <li>• Respect des émissions acceptables</li> <li>• Comparaison avant/après</li> </ul>
Actions à réaliser	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si en ordre : aucune action à réaliser</li> <li>• En cas de défauts : éliminer immédiatement le défaut ou procéder à la réparation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si en ordre : aucune action à réaliser</li> <li>• En cas de défauts : évaluation de l'urgence des éventuelles mesures ou autres investigations</li> </ul>
Étapes suivantes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Classement de la checklist conformément aux exigences de la commune, du syndicat, etc.</li> <li>• Vérification des checklists pour identifier des problèmes récurrents et planification éventuelle de mesures</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Classement des résultats de l'analyse conformément aux exigences de la commune, du syndicat, etc.</li> <li>• En cas de défauts : information à tous les participants (exploitant, service de la protection des eaux, ingénieur PGEE, hydrobiologistes) et planification de nouvelles mesures selon le module de base</li> </ul>

Tableau B17



# Performance monitoring: Emissions



# Performance monitoring : Immissions



	Monitoring du point de rejet dans le milieu récepteur (niveau 1)	Analyse de la qualité des eaux au point de rejet (niveau 2)
<b>Objectif</b>	Surveillance périodique du bon fonctionnement de l'installation afin d'identifier les problèmes évidents.	Évaluation de la mesure prévue ou entreprise, c'est-à-dire de l'installation sur laquelle une modification est prévue ou a déjà été apportée ainsi que des endroits pouvant en subir des répercussions (p. ex. zones de sédimentation).
<b>Quoi ?</b>	Paramètres selon module Analyse de la qualité des eaux, niveau 1	Paramètres selon module Analyse de la qualité des eaux, niveau 2
<b>Comment ?</b>	Selon module Analyse de la qualité des eaux, niveau 1	Selon module Analyse de la qualité des eaux, niveau 2
<b>Où ?</b>	Aux exutoires de l'assainissement urbain, conformément aux exigences des chapitres 2.7 et 8.7 du module de base.	Aux exutoires des installations sur lesquelles des mesures sont prévues ou entreprises ainsi qu'aux endroits critiques (p. ex. sites de sédimentation)

Suite Tableau B18 voir page suivante

Tableau B18

# Performance monitoring : Immissions



Suite Tableau B18

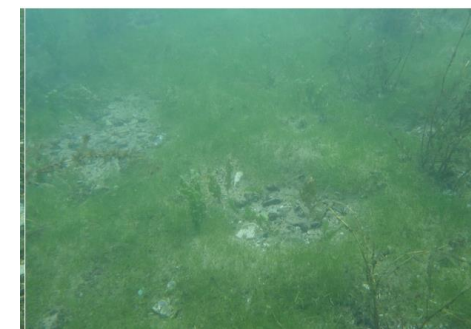
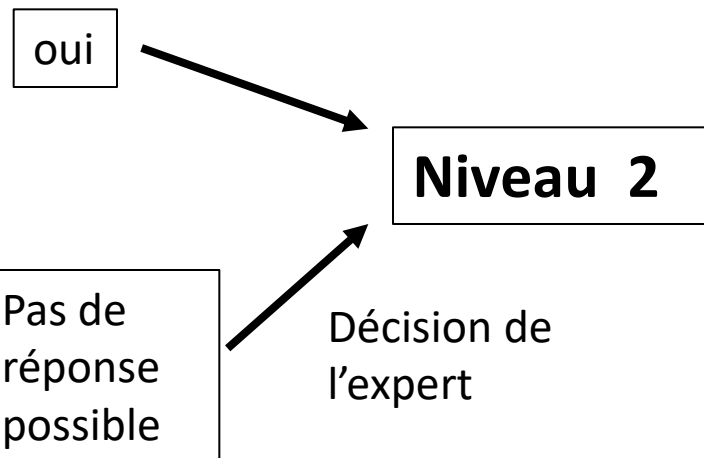
	Monitoring du point de rejet dans le milieu récepteur (niveau 1)	Analyse de la qualité des eaux au point de rejet (niveau 2)
Quand ?	En même temps que le contrôle normal de l'exploitation de l'installation et spécialement après des précipitations avec déversements de l'installation dans le milieu récepteur	<p>Une fois avant et après la mise en œuvre de la mesure. Période de l'année selon le module Analyse de la qualité des eaux, niveau 2</p> <p>Dans certains cas, l'analyse avant la mise en œuvre de la mesure peut être déjà couverte par les investigations menées dans le cadre d'une planification de niveau supérieur (p. ex. PGEE).</p>
Qui ?	En général, le personnel d'exploitation (si possible toujours la même personne), à l'exception des contrôles nécessitant des interventions spéciales (p. ex. plongées). Dans de tels cas, le contrôle est effectué par l'hydrobiologiste.	Spécialiste ayant de l'expérience en écologie des eaux
Évaluation	Selon module Analyse de la qualité des eaux, niveau 1	Selon module Analyse de la qualité des eaux, niveau 2
Actions à réaliser	Selon module Analyse de la qualité des eaux, niveau 1	Selon module Analyse de la qualité des eaux, niveau 2
Étapes suivantes	<ul style="list-style-type: none"> <li>Classement des résultats des études conformément aux exigences de la commune, du syndicat, etc.</li> <li>En cas de défauts : réalisation d'une analyse approfondie et éventuellement planification de mesures</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Classement des résultats des études conformément aux exigences de la commune, du syndicat, etc.</li> <li>Information du service de protection des eaux, de l'exploitant et de l'ingénieur PGEE</li> <li>En cas de défauts : planification de nouvelles mesures selon le module de base</li> </ul>

Tableau B18

# Performance monitoring : Immissions, lakes



Paramètres	Questions	non	oui	Pas de réponse possible
Aspect général et stress hydraulique	▪ Envasement plus important dans le périmètre du rejet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	▪ Apport de sédiments provenant d'eaux de chaussée dans le périmètre du rejet (boues noires, odeur d'hydrocarbures)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	▪ Augmentation des déchets provenant de l'évacuation des eaux des zones habitées dans le périmètre du rejet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	▪ Augmentation de l'occurrence d'organismes hétérotrophes dans le périmètre du rejet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	▪ Augmentation de l'occurrence des algues dans le périmètre du rejet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	▪ Traces de perturbations mécaniques/hydrauliques (dépôts, affouillements) dans le périmètre du rejet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	▪ Augmentation de l'occurrence des Tubificidae et Chironomidae dans le périmètre du rejet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Végétation aquatique	▪ Variation des limites de profondeur de la végétation (limite supérieure et inférieure) entre le périmètre du rejet en comparaison à une zone de référence/ zone voisine non impactée	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	▪ Modification de la densité de la végétation dans le périmètre du rejet en comparaison à une zone de référence/ zone voisine non impactée	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	▪ Diminution de l'abondance des characées dans le périmètre du rejet en comparaison à une zone de référence/ zone voisine non impactée	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	▪ Augmentation des espèces eutraphes et tolérantes aux perturbations (p.ex. <i>Zanichella</i> , <i>Elodea</i> , <i>Potamogetons</i> à feuilles filiformes, <i>Myriophyllum</i> , <i>Ceratophyllum</i> ) dans le périmètre du rejet en comparaison à une zone de référence/ zone voisine non impactée	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Cas spéciaux	▪ Ports, quais, exutoires de STEP, embouchures de rivières, etc.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



# Table of content



- Introduction
- VSA Procedure for performance monitoring: emissions and immissions
- **Immission controls : the Modular Stepwise Procedure (MSP)**
- European approach
- Example of application

# Performance monitoring: receiving waters



« Modular Stepwise Procedure »

Characterization of receiving waters  
based on standardized methods



	Fonction et utilité
<b>Evaluation du point de rejet</b>	
<b>Niveau 1 :</b> <b>Monitoring du point de rejet</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identification grossière des lacunes évidentes par l'exploitation</li> <li>• Vérification simplifiée de l'efficacité des mesures</li> </ul>
<b>Niveau 2 :</b> <b>Analyse de la qualité des eaux au point de rejet</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Étude préliminaire dans le cadre du PGEE</li> <li>• Planification de mesures techniques</li> <li>• Priorisation des mesures, par exemple dans le cadre d'un PGEE</li> <li>• Vérification de l'efficacité des mesures</li> </ul>
<b>Evaluation de l'état du milieu récepteur (Ne fait pas partie du module sur l'analyse de la qualité des eaux)</b>	
<b>Méthodes selon SMG</b>	Appréciation de l'état des milieux récepteurs par les cantons et les autorités fédérales

Tableau B3

# Legal basis of the MSP



Basis: LEaux (RS 814.29) and OEaux (RS 814.201)



*Annexe 1*  
(art. 1)

## Objectifs écologiques pour les eaux

### 1 Eaux superficielles

<sup>1</sup> Les communautés animales, végétales et de micro-organismes (biocénoses) des eaux superficielles et de l'environnement qu'elles influencent doivent:

- a. être d'aspect naturel et typiques de la station, et pouvoir se reproduire et se réguler d'elles-mêmes;
- b. présenter une composition et une diversité d'espèces spécifiques à chaque type d'eau peu ou non polluée.

<sup>2</sup> Le régime hydrologique (débits de charriage, régime des niveaux et des débits) et la morphologie doivent présenter des caractéristiques proches de l'état naturel. Ils doivent en particulier garantir sans restriction l'auto-épuration par des processus naturels, les échanges naturels entre l'eau et le lit ainsi que les interactions avec l'environnement.



# Legal basis of the MSP

## Importance of having recognized and standardized tools:

- To set up measures in case of nonfulfillment of the requirements;
- To allow to compare different situations;
- To facilitates communication with the public.



### **Art. 47** Marche à suivre en cas de pollution des eaux

<sup>1</sup> Si l'autorité constate que les eaux ne satisfont pas aux exigences fixées dans l'annexe 2 ou que l'utilisation spécifique des eaux n'est pas garantie, elle:

- a. détermine et évalue la nature et l'ampleur de la pollution;
- b. détermine les causes de la pollution;
- c. évalue l'efficacité des mesures possibles, et
- d. veille à ce que les mesures requises soient prises en vertu des prescriptions correspondantes.

<sup>2</sup> Si plusieurs sources de pollution sont impliquées, les mesures à prendre par les responsables doivent être harmonisées.

# Performance monitoring: receiving waters

[www.modul-stufen-konzept.ch](http://www.modul-stufen-konzept.ch)

## Modular Stepwise Procedure (infos in EN/FR/DE)

3 levels of study:  
*Regional (R), Local (C), Reach (T)*

Niveau	R	C	T
<b>Territoire</b>	Région / Canton	Réseau hydrographique	Tronçon de cours d'eau moyen à court
<b>Objectif</b>	Description grossière, analyse des déficits écologiques des cours d'eau	Description détaillée, analyse des déficits, élaboration des mesures à prendre	Analyse ciblée de problèmes spécifiques
<b>Effort</b>	Faible	Moyen	Elevé
<b>Evaluation</b>	Notation à points	Notation à points/verbale	Verbale

[BUWAL 1998]



**Ecomorphologie**



**Hydrologie**



**Aspects généraux**



**Macroinvertébrés**



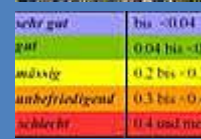
**Poissons**



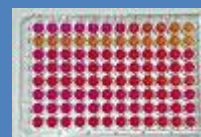
**Diatomées**



**Plantes aquatiques**

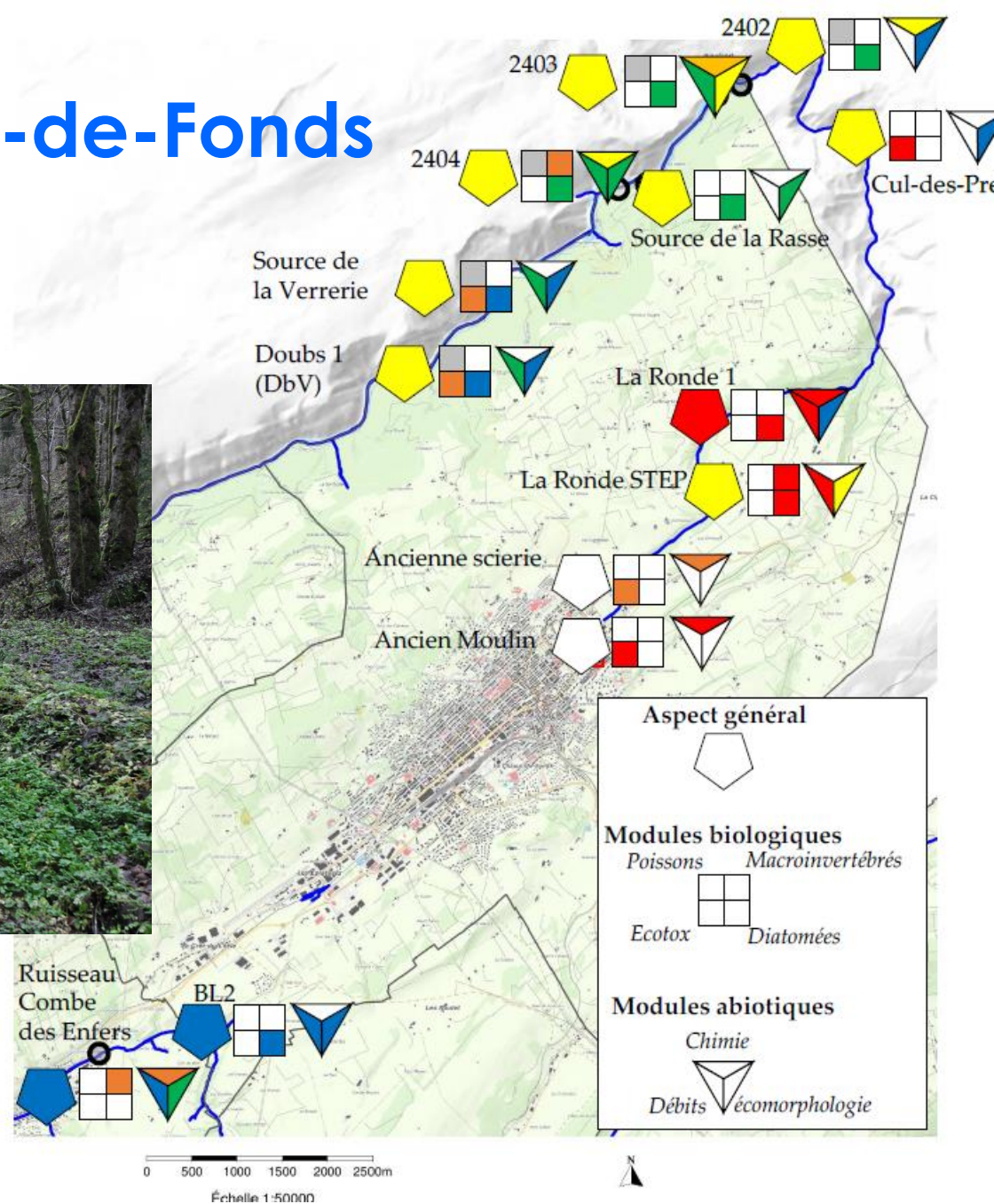


**Chimie**



**Ecotoxicologie**

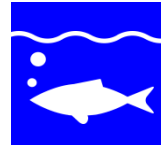
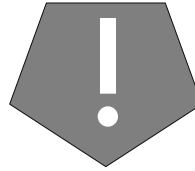
# PGEE and MSP: example La Chaux-de-Fonds



# Urban hydrology and the MSP

Only a few modules can be directly related to urban wet-weather discharges, most give comprehensive information to assess the impact of engineering solutions in receiving waters

Module "**general aspects**" and "**ecomorphology**" in priority  
Biotic aspects:  
**macroinvertebrates** and **diatoms**



**Ecomorphologie**



**Hydrologie**



**Aspects généraux**



**Macroinvertébrés**



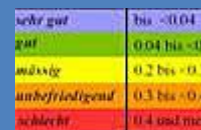
**Poissons**



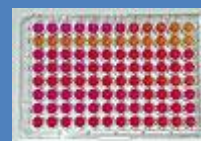
**Diatomées**



**Plantes aquatiques**



**Chimie**

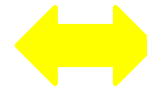


**Ecotoxicologie**

# Advantages and disadvantages of the SMP ?



- Average values only for representative sections: lack of urban wet-weather dynamic aspects
- Reference stations, if upstream conditions already degraded?
- Bacteriology?
- Multi factorial approach
- Need specialists → you !

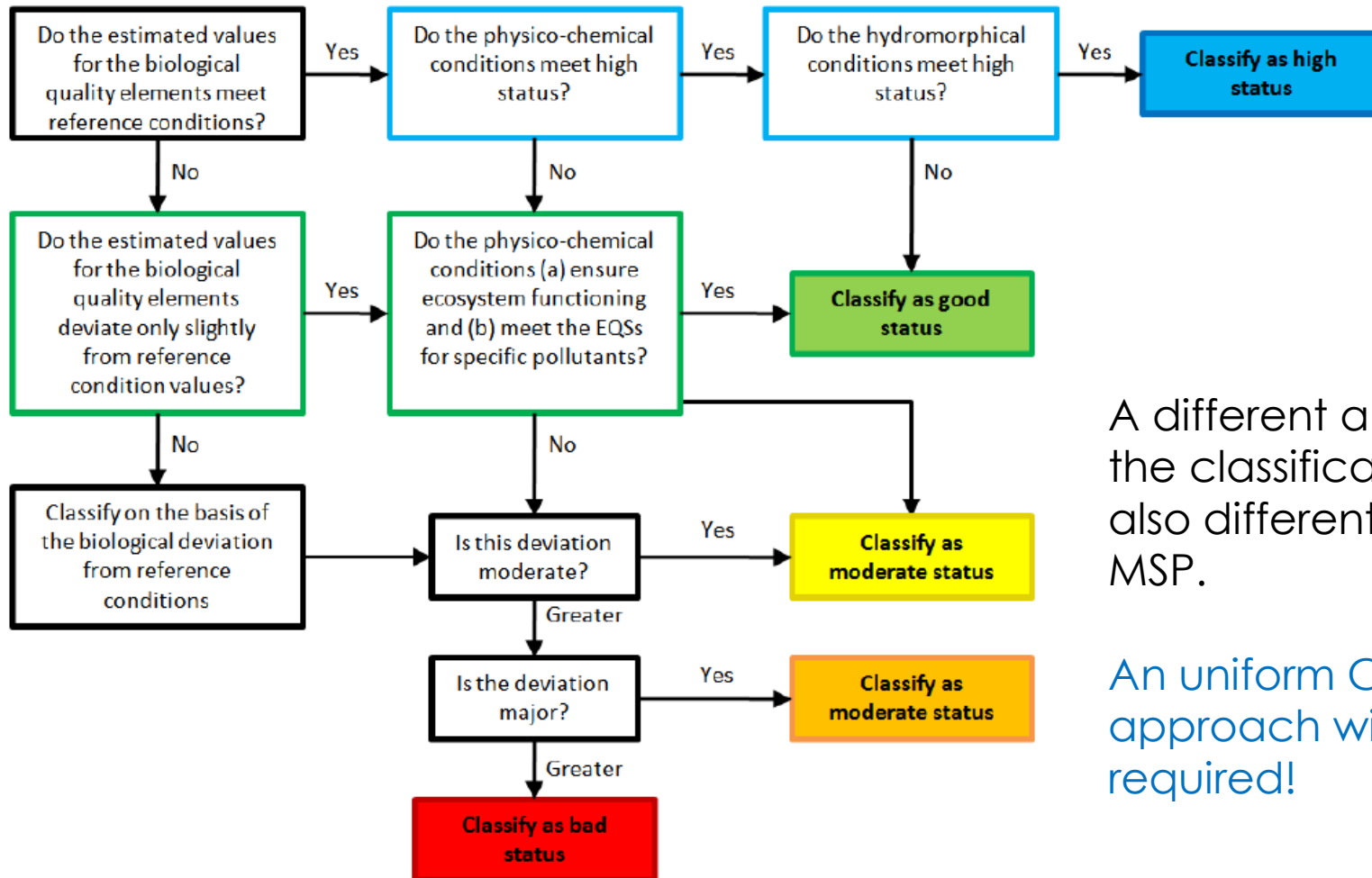


# Table of content



- Introduction
- VSA Procedure for performance monitoring: emissions and immissions
- Immission controls : the Modular Stepwise Procedure (MSP)
- **European approach**
- Example of application

# European approach, based on the Water Framework Directive (WFD)



A different approach, the classification is also different from MSP.

An uniform CH/EU approach will be required!

Adapted from:

EU: Commission Staff Working Document, Report on Programs for Monitoring of Water Status.

# Table of content



- Introduction
- VSA Procedure for performance monitoring: emissions and immissions
- Immission controls : the Modular Stepwise Procedure (MSP)
- European approach
- **Example of application**