

Protection des eaux



Intervenant

Eric Di Gioia

e.digioia@csd.ch

Responsable de domaine «Ressources en eaux»

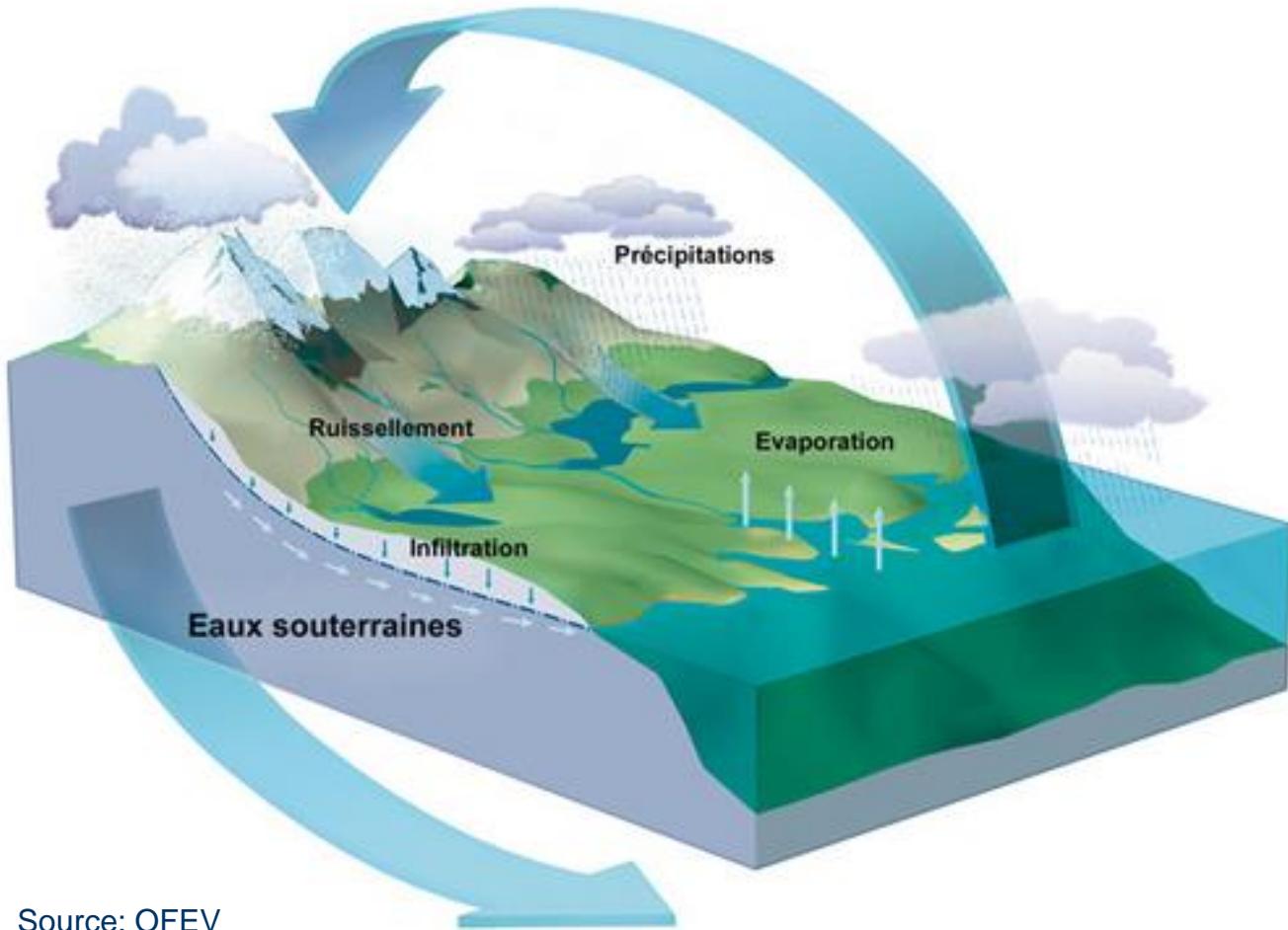
Géologue UNIFR

Hydrogéologue CHYN

Spécialités :

- Hydrogéologie appliquée (prospection)
- Protection des eaux et approvisionnement en eau
- Sites pollués
- Dangers naturels

Protection des eaux - Introduction



Protection des eaux - Introduction

Année 2023 – le nouveau standard ?

- Déficit en hiver 2022-2023 et extrême au Tessin
- Sécheresse en W-CH au printemps
- «Les stations de mesure du canton ont enregistré un cumul de pluies inférieur de 40% à la norme durant le premier semestre de 2023. Pour les trois derniers mois, ce déficit atteignait 60% il y a une semaine et pour le dernier mois, il était proche de 90%! » TDG 27.06.2023



Source: OFEV

Du 9 au 11 juillet, une première vague de chaleur a touché toute la Suisse. Une seconde a été enregistrée dans le sud des Alpes quelques jours plus tard. Le 24 juillet, des vitesses de vent extrêmes ont été mesurées lors d'un orage à La Chaux-de-Fonds. Mi-août, une nouvelle période de chaleur a concerné toute la Suisse. L'isotherme du zéro degré a atteint l'altitude record d'environ 5300 m d'altitude.

En juillet, les cumuls mensuels de précipitations ont été nettement supérieurs à la moyenne dans de nombreuses régions de Suisse. En revanche, ils sont restés largement déficitaires en Suisse romande. La fin août a connu une

Atlas hydrologique de la Suisse 2023.
OFEV

Protection des eaux - Introduction

Année 2023 – le nouveau standard ?



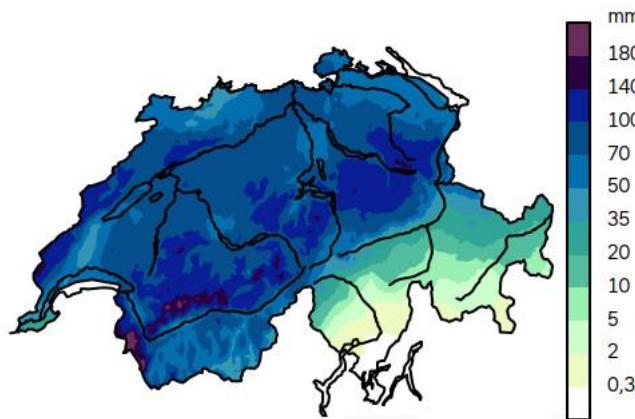
Protection des eaux - Introduction

Année 2023 – le nouveau standard ?

- Automne très pluvieux

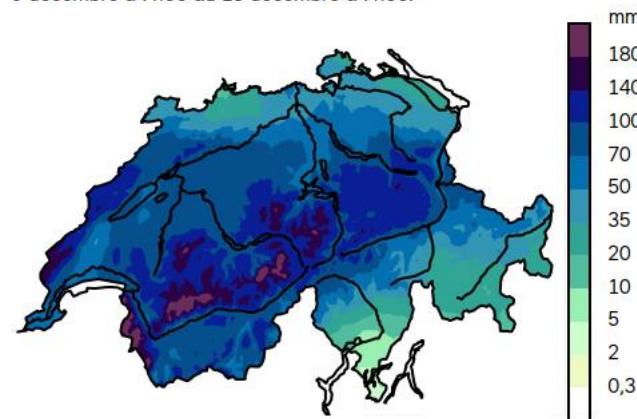
Fig. 1.2 : Cumuls de précipitations en Suisse à la mi-novembre 2023

Répartition géographique des cumuls de précipitations du
12 novembre à 7h00 au 15 novembre à 7h00.



Source : Office fédéral de météorologie et de climatologie (MétéoSuisse)

9 décembre à 7h00 au 13 décembre à 7h00.



Source : MétéoSuisse

- Automne très pluvieux

Source: OFEV

Atlas hydrologique de la Suisse 2023.
OFEV

Protection des eaux - Introduction

21.09.2018 La situation d'étiage en Suisse perdure

- La Suisse connaît la période avril-juillet la moins pluvieuse depuis près de 100 ans. Le manque de pluie s'accompagne d'une chaleur record.
- Le lac des Brenets (NE) à la station de mesure de l'OFEV: aucune mesure du niveau du lac n'a été possible le 17.09.2018.



Source: OFEV

Protection des eaux - Introduction

17/19.7.2021 Intempéries en Suisse

- Le 19 juillet le niveau du lac de Neuchâtel s'est stabilisé à 430,72 m. Soit 27 centimètres plus haut que le record de 2015. La situation reste délicate à Yverdon-les-Bains (VD), plusieurs zones ont été inondées et au moins 600 bâtiments ont été touchés.
- Le lac de Biel a atteint une hauteur historique à 430,80 m, soit 45 centimètres au-dessus du seuil de crue.



- Le niveau du lac des Quatre-Cantons s'élevait à 434,91 mètres.
- L'alerte de crue est de niveau 5 pour les lacs de Biel, Thoune et des Quatre-Cantons, de 4 pour les lacs de Neuchâtel et de Zurich, alors qu'elle est de 3 pour le Léman.

Protection des eaux - Plan du cours

- 1. Introduction**
- 2. Bases légales**
- 3. Eaux souterraines**
- 4. Eaux de surface et écosystèmes aquatiques**
- 5. Eaux à évacuer**
- 6. Synthèse**

Protection des eaux - Introduction

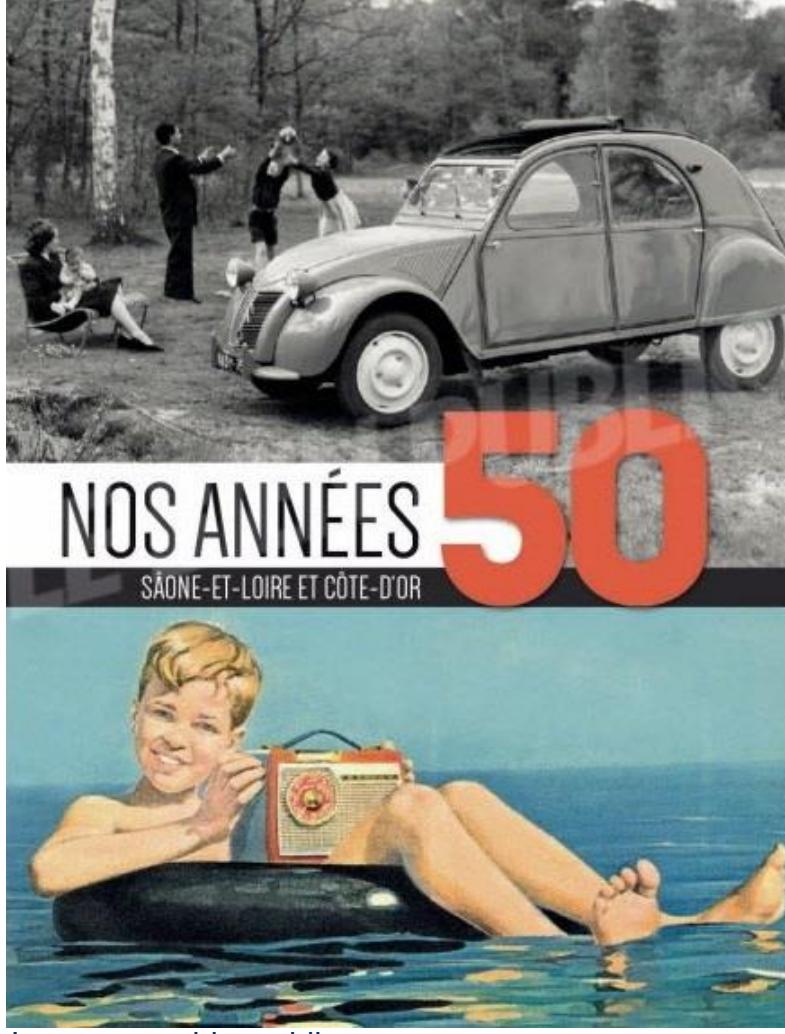
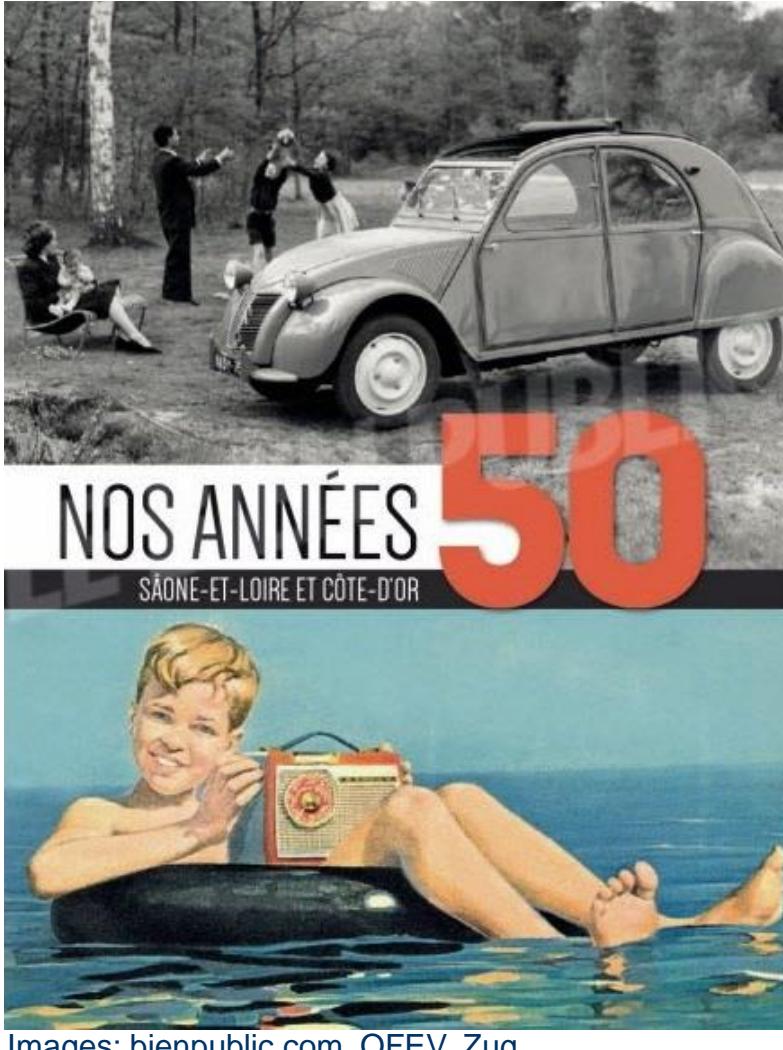


Image: www.bienpublic.com

Protection des eaux - Introduction

Etudes d'impact sur l'environnement

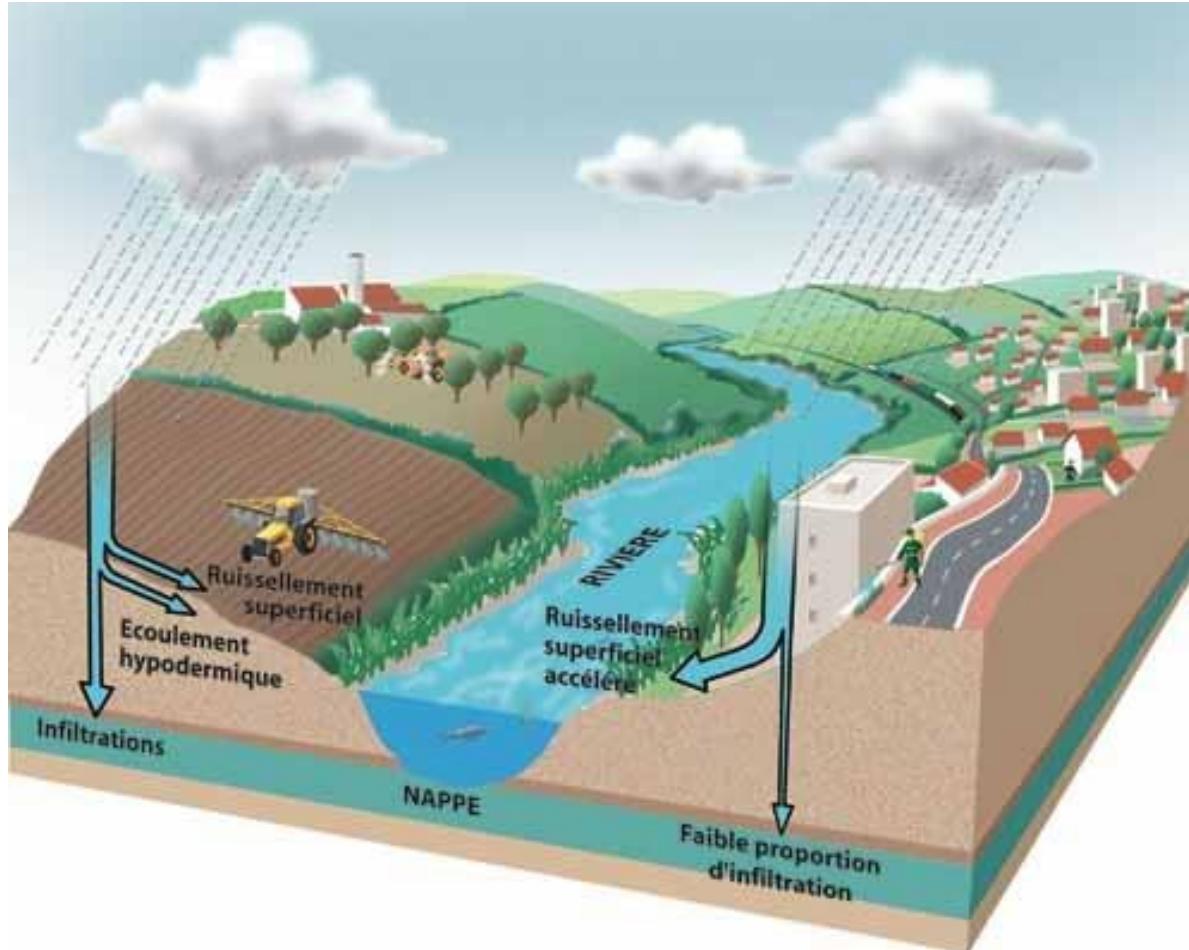


Images: bienpublic.com, OFEV, Zug



Protection des eaux - Introduction

Etudes d'impact sur l'environnement



Protection des eaux - Plan du cours

1. Introduction
2. **Bases légales**
3. Eaux souterraines
4. Eaux de surface et écosystèmes aquatiques
5. Eaux à évacuer
6. Synthèse

Protection des eaux - Plan du cours

- **Etat actuel**
- **Impact possible**
 - En phase de chantier
 - En phase définitive
- **Mesures possibles**

Protection des eaux - Bases légales

Loi sur la protection des eaux (LEaux, 1991)

Art. 1 But

La présente loi a pour but de protéger les eaux contre toute atteinte nuisible. Elle vise notamment à:

- a. préserver la santé des êtres humains, des animaux et des plantes;
- b. garantir l'approvisionnement en eau potable et en eau d'usage industriel et promouvoir un usage ménager de l'eau;
- c. sauvegarder les biotopes naturels abritant la faune et la flore indigènes;
- d. sauvegarder les eaux piscicoles;
- e. sauvegarder les eaux en tant qu'élément du paysage;
- f. assurer l'irrigation des terres agricoles;
- g. permettre l'utilisation des eaux pour les loisirs;
- h. assurer le fonctionnement naturel du régime hydrologique.

Protection des eaux - Bases légales

Loi sur la protection des eaux (LEaux, 1991)

- **Qualité des eaux:** le Conseil fédéral fixe les exigences auxquelles doit satisfaire la qualité des eaux superficielles et des eaux souterraines.
Interdiction de polluer, obligation d'évacuer, mesures d'organisation du territoire, traitement des liquides.
- **Régime des eaux:** protection quantitative des eaux en cas de prélèvements dans un cours d'eau dépassant les limites de l'usage commun (force hydraulique, irrigation, refroidissement des centrales nucléaires)
- **Structures des cours eaux:** prévention d'autres atteintes nuisibles aux eaux: interventions sur les cours d'eau, telles qu'endiguements, corrections, couverture ou mise sous terre; interdit l'introduction de substances solides dans les lacs . Règle l'exploitation du gravier, du sable ou d'autres matériaux

Protection des eaux - Bases légales

Ordonnance sur la protection des eaux (OEaux, 1998)

Concrétise les dispositions de la LEaux:

- **Objectifs écologiques et exigences de qualité pour les eaux** (annexes 1 et 2): distinction entre le eaux (souterraines et lacs) qui servent à l'approvisionnement en eau potable et les autres.
- **Évacuation des eaux:** distinction eaux usées polluées et non polluées, planification de l'évacuation des eaux. Conditions pour l'autorisation de déverser des eaux polluées (annexe 3). Conditions renforcées dans certaines circonstances. Conditions pour autoriser l'infiltration. Interdiction d'éliminer les déchets avec les eaux.
- Réglementation de la construction et de l'exploitation **d'installations d'évacuation et d'épuration des eaux**. Séparation des eaux polluées et des eaux non polluées, ainsi que des eaux météoriques (nouveaux bâtiments ou transformations importantes) (égouts en système séparatif au lieu du système collectif).

Protection des eaux - Bases légales

Ordonnance sur la protection des eaux (OEaux, 1998)

- Réglementation de l'élimination des **boues d'épuration**.
- Exigences posées aux exploitations pratiquant la **garde d'animaux de rente**
- **Mesures d'organisation du territoire** (annexe 4): secteurs de protection des eaux, délimitation des zones et des périmètres de protection des eaux souterraines; obligation d'établir des cartes de protection des eaux.
- Maintien de **débits résiduels** convenables: autorisation et conditions pour les prélèvements dans les cours d'eau; obligation d'assainissement.
- Prévention **d'autres atteintes nuisibles**: curage et vidange de bassins de retenue; exploitation de matériaux; eaux de drainage provenant d'ouvrages souterrains.

Protection des eaux - Bases légales

Autres textes applicables:

Loi fédérale sur la pêche (LFSP) et

Ordonnance relative à la loi fédérale sur la pêche (OLFP)

Loi fédérale sur l'aménagement des cours d'eau (LACE) et

Ordonnance sur l'aménagement des cours d'eau (OACE)

Loi fédérale sur l'utilisation des forces hydrauliques (LFH) et

Ordonnance sur l'utilisation des forces hydrauliques (OFH)

Ordonnance sur la compensation des pertes subies dans

l'utilisation de la force hydraulique (OCFH)

Ordonnance sur les ouvrages d'accumulation (OSOA)

Ordonnance sur les accidents majeurs (OPAM)

Ordonnance sur la réduction des risques liés aux produits chimiques
(ORRChim)

Protection des eaux - Bases légales

Ordonnance sur les denrées alimentaires et les objets usuels
(ODAIOUs)

Ordonnance sur les substances étrangères et les composants
(OSEC)

Ordonnance sur la garantie de l'approvisionnement en eau
potable en temps de crise (OAEC)

Ordonnance sur la garantie de l'approvisionnement en eau
potable lors d'une pénurie grave (OAP)

Ordonnance sur la limitation et l'élimination des déchets
(OLED)

Ordonnance sur les sites contaminés (OSites)

→ L'eau est un thème transversal

Bases légales – La boîte à outils

Documents OFEV d'aide à l'exécution: pas contraignants sur le plan légal, mais concrétisent les dispositions et assurent la conformité au droit.

Généraux

- Protection de l'environnement dans l'**agriculture** 5 modules
- Explications concernant l'expression '**état de la technique**' dans l'ordonnance sur la protection des eaux (OEaux)

Eaux souterraines

- **Protection** des eaux souterraines 8 modules
- Utilisation des **traceurs artificiels** en hydrogéologie
- Instructions pour l'application de la protection des eaux souterraines aux **ouvrages souterrains**
- **Etat et évolution** des eaux souterraines en Suisse

Eaux de surface

- Méthodes d'analyse et d'appréciation des **cours d'eau** 8 modules
- **Renaturation des eaux** 7 modules

Bases légales – La boîte à outils

Documents OFEV d'aide à l'exécution (suite):

Eaux de surface (suite)

- Méthodes d'analyse et d'appréciation des **lacs** en Suisse
- **Matériaux d'excavation** non pollués: **immersion dans les lacs** autorisée par LEaux
- **Débits résiduels** dans les cours d'eau - Prélèvements d'eau destinés en particulier à **l'irrigation**
- **Débits résiduels convenables** - Comment peuvent-ils être déterminés? - Instructions
- **Prélèvements d'eau** - Rapport d'assainissement / Démarche pour l'assainissement selon la LEaux
- Conséquences écologiques des **curages dans les bassins de retenue** - Recommandations pour la planification et l'exécution
- Elaboration de stratégies cantonales de protection et d'utilisation dans le domaine des **petites centrales hydroélectriques**

Bases légales – La boîte à outils

Documents OFEV d'aide à l'exécution (suite):

Eaux de surface (suite)

- Recommandations relatives au **nettoyage de bateaux à passagers**
- **Micropolluants** dans les cours d'eau provenant d'apports diffus. Analyse de la situation
- **État des cours d'eau** suisses. Résultats de l'Observation nationale de la qualité des eaux de surface (NAWA)
- **Annuaire hydrologique** suisse - Débit, niveau et qualité des eaux

Evacuation des eaux

- Directives sur le prétraitement et l'évacuation des **eaux résiduaires** provenant des établissements de la **branche automobile**
- Eaux usées des **usines d'incinération des ordures ménagères**
- Protection des eaux lors de la construction et de l'exploitation d'**installations électriques** renfermant des liquides pouvant polluer les eaux (Recommandation de l'AES)

Bases légales – La boîte à outils

Documents OFEV d'aide à l'exécution (suite):

Evacuation des eaux (suite)

- Exigences applicables au déversement du lixiviat de décharge
- Exploitation et contrôle des stations d'épuration
- Déversements de l'industrie chimique dans les eaux ou dans les égouts
- Traitement et évacuation des eaux de chantier (norme SIA 431)
- Où évacuer l'eau de pluie? Infiltration - Rétention - Evacuation superficielle - Exemples pratiques
- Évacuation des eaux des installations ferroviaires – Directive
- Traitement des eaux de chaussée des routes nationales (OFROU)
- Gestion des eaux urbaines par temps de pluie (VSA)
- Eau en Ville, Gestion des eaux pluviales : vers un changement de pratiques ? (OCEau, GE)

Protection des eaux - Eaux souterraines

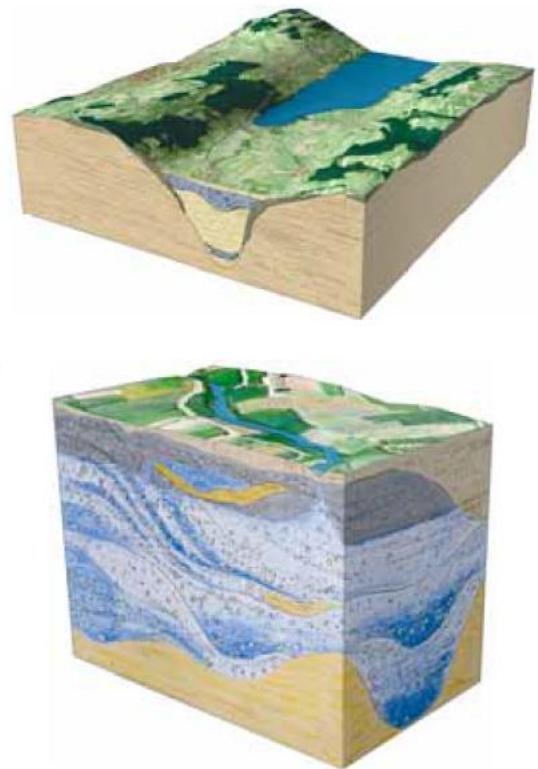
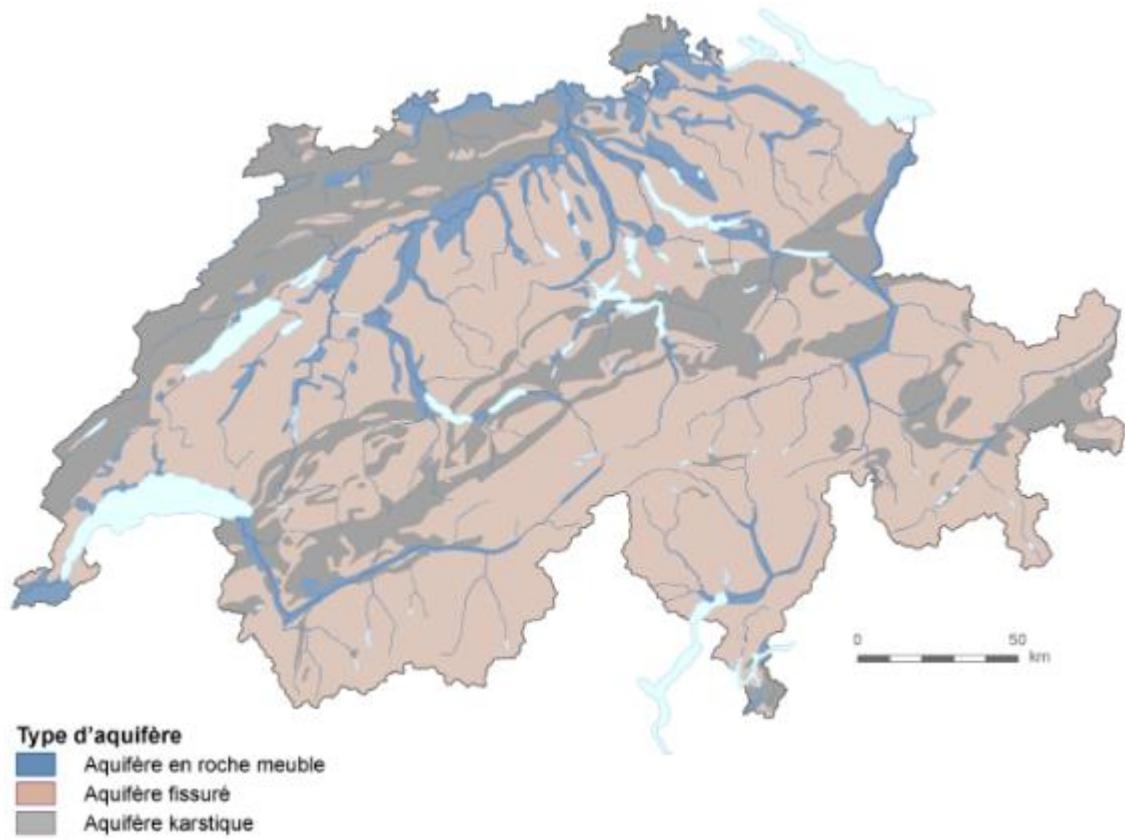


Protection des eaux - Eaux souterraines

- **Etat actuel**
- **Mesures d'organisation du territoire:**
secteurs et zones de protection des eaux
- **Evaluation des impacts**
- **Autorisations, dérogations**
- **Exemple de cas AFTP**

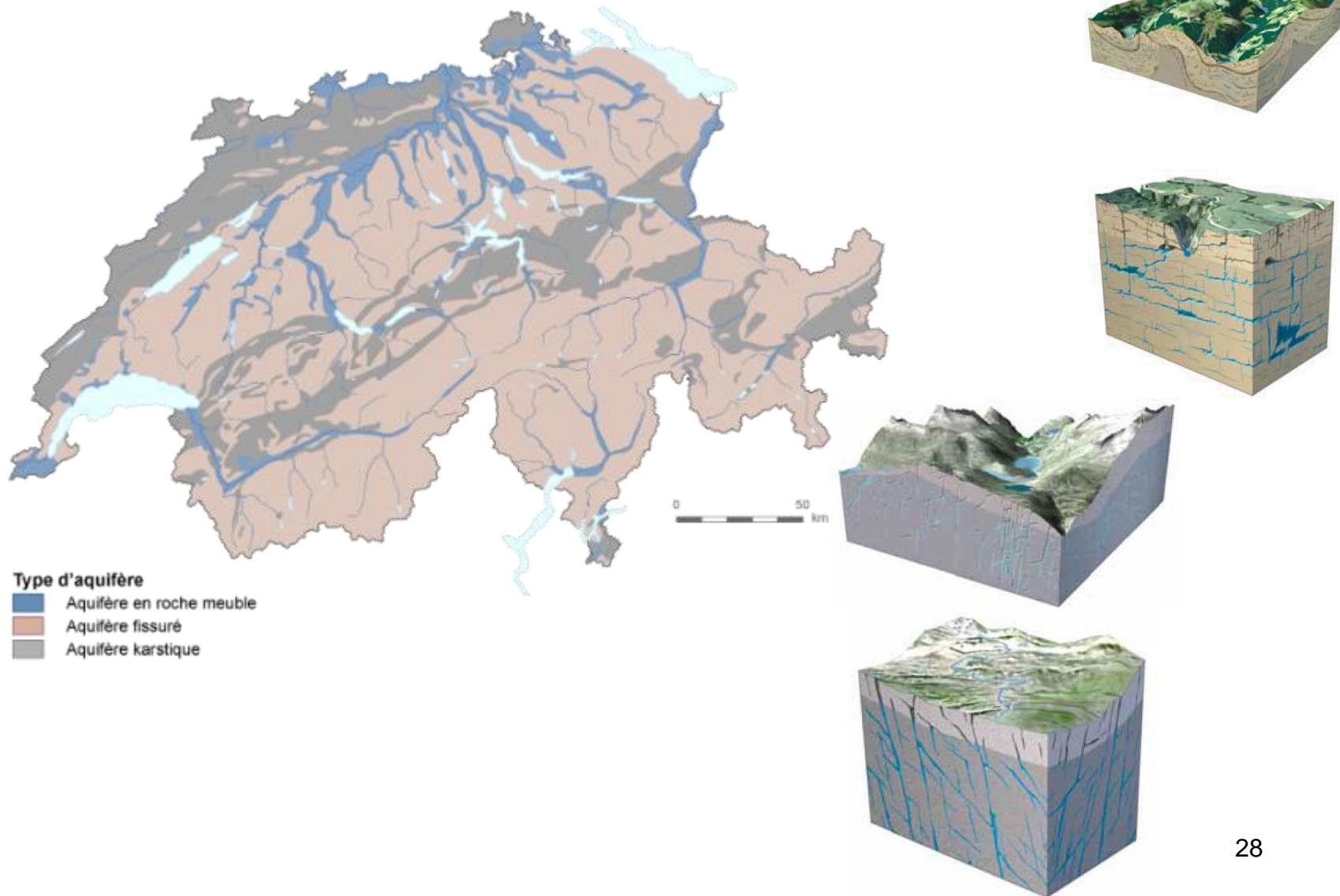
Protection des eaux - Eaux souterraines

Etudes d'impact sur l'environnement

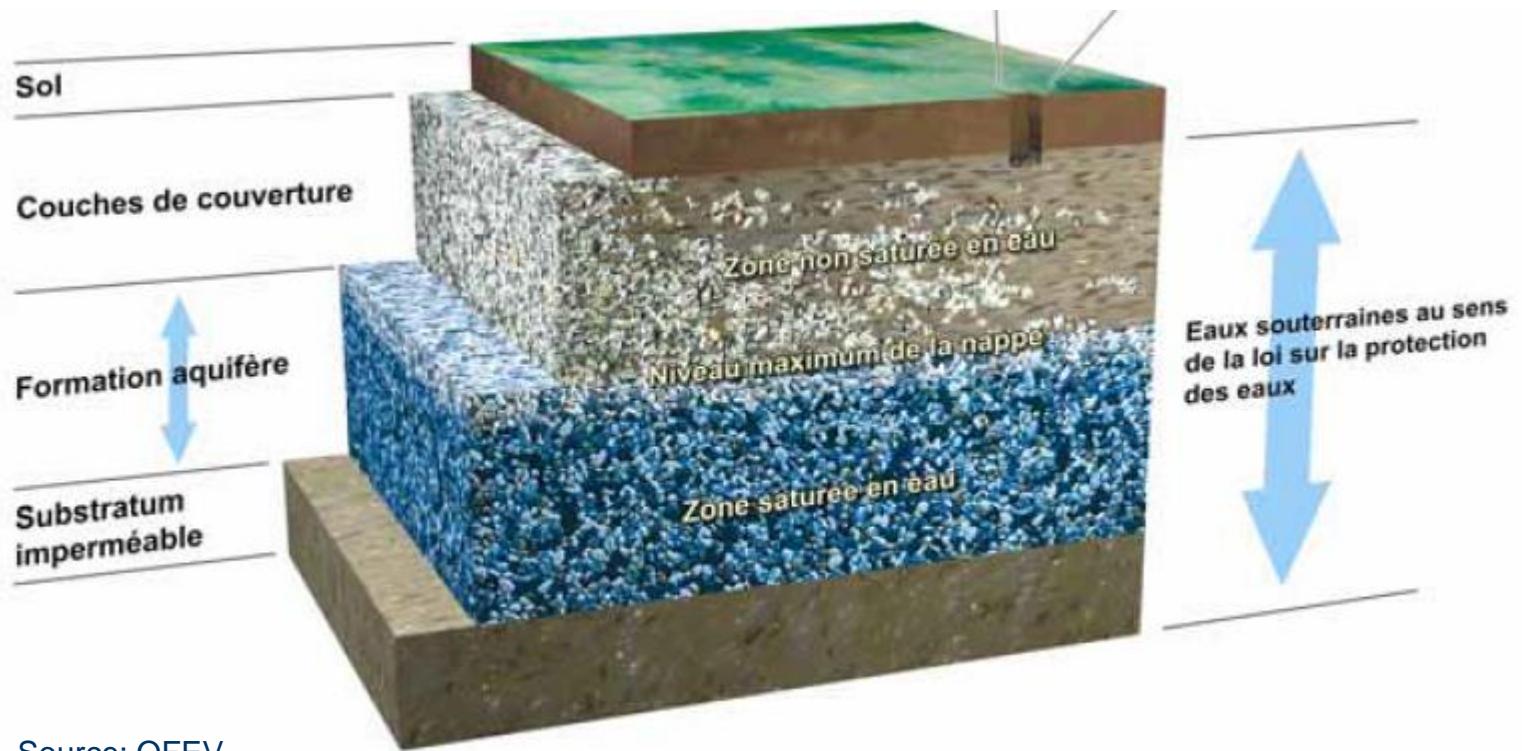


Protection des eaux - Eaux souterraines

Etudes d'impact sur l'environnement



Protection des eaux - Eaux souterraines



Source: OFEV

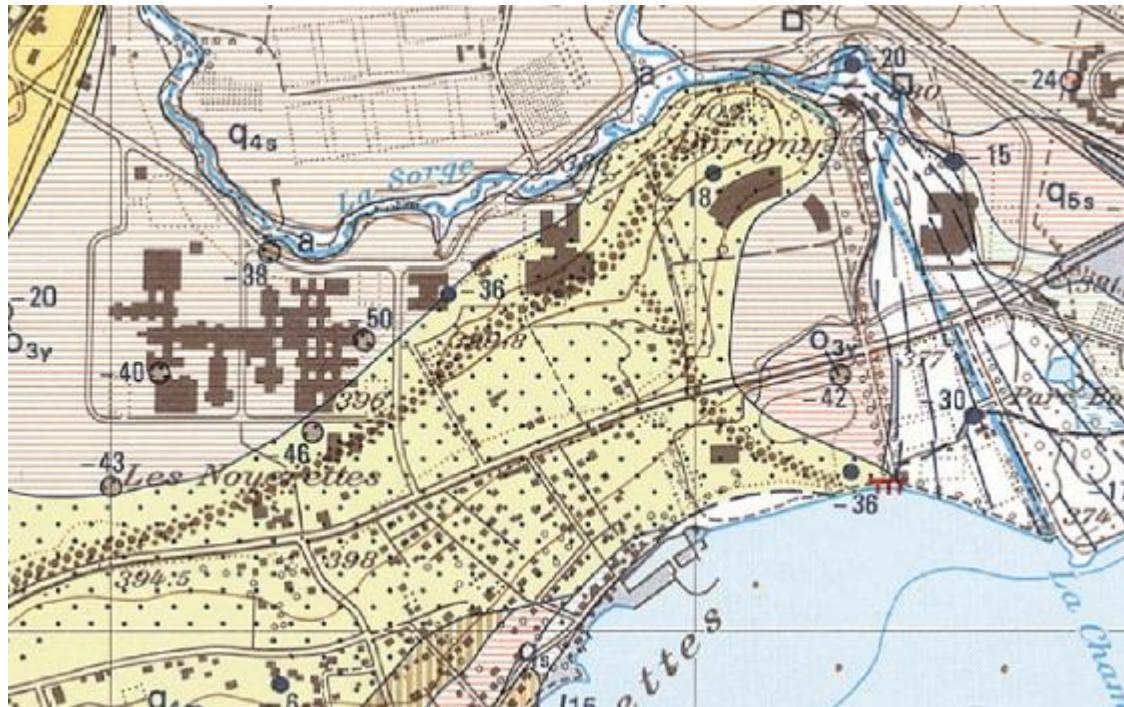
Eaux souterraines - Etat actuel

- **Description des aquifères**
 - Localisation, épaisseur
 - Écoulement
 - Niveau de la nappe (min., moy., max. en conditions d'absence de pompages)
 - Renouvellement et réserves,
 - Captages, installations d'alimentation artificielle
 - Possibilités d'infiltration, vulnérabilité
 - Interaction avec les eaux de surface (infiltration/exfiltration)

Eaux souterraines - Etat actuel

- **Recherche des données existantes**

Cartes géologiques (map.geo.admin.ch)



Source: map.geo.admin.ch

Eaux souterraines - Etat actuel

- **Recherche des données existantes**

Cartes hydrogéologiques (map.geo.admin.ch):

- Carte hydrogéologique de la Suisse 1:100'000 (OFEV)



Source: map.geo.admin.ch

Eaux souterraines - Etat actuel

Cartes hydrogéologiques:

- Carte hydrogéologique 1:100'000 de la commission géotechnique suisse SGTK (HK100)
- Cartes hydrogéologiques des cantons



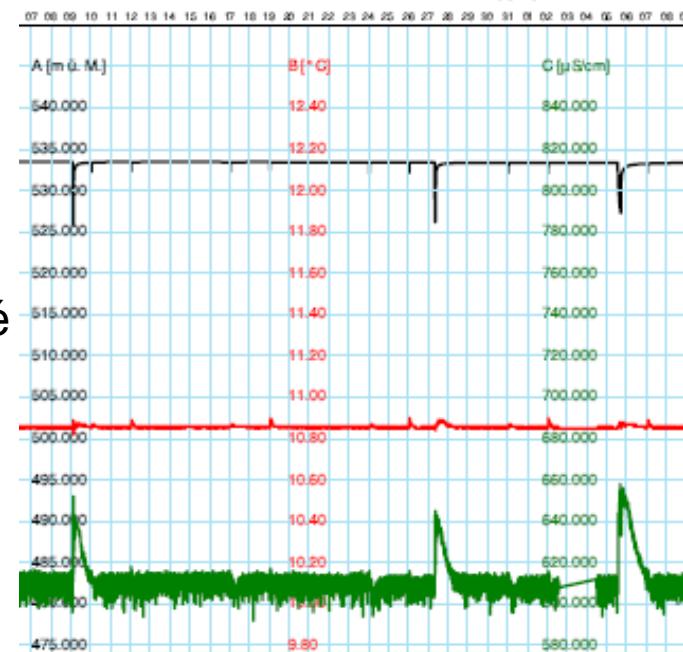
Source: map.geo.gr.ch

Eaux souterraines – Etat actuel

- Autres données :
 - Observation nationale des eaux souterraines NAQUA
 - Qualité
 - Quantité
 - Isotopes dans le cycle de l'eau (isotopes stables de deutérium et d'oxygène-18). indicateurs de l'évolution du climat.
 - Exemple:
station NAQUA/puits
à Lavigny/VD
avec mesure de niveau,
température et conductivité

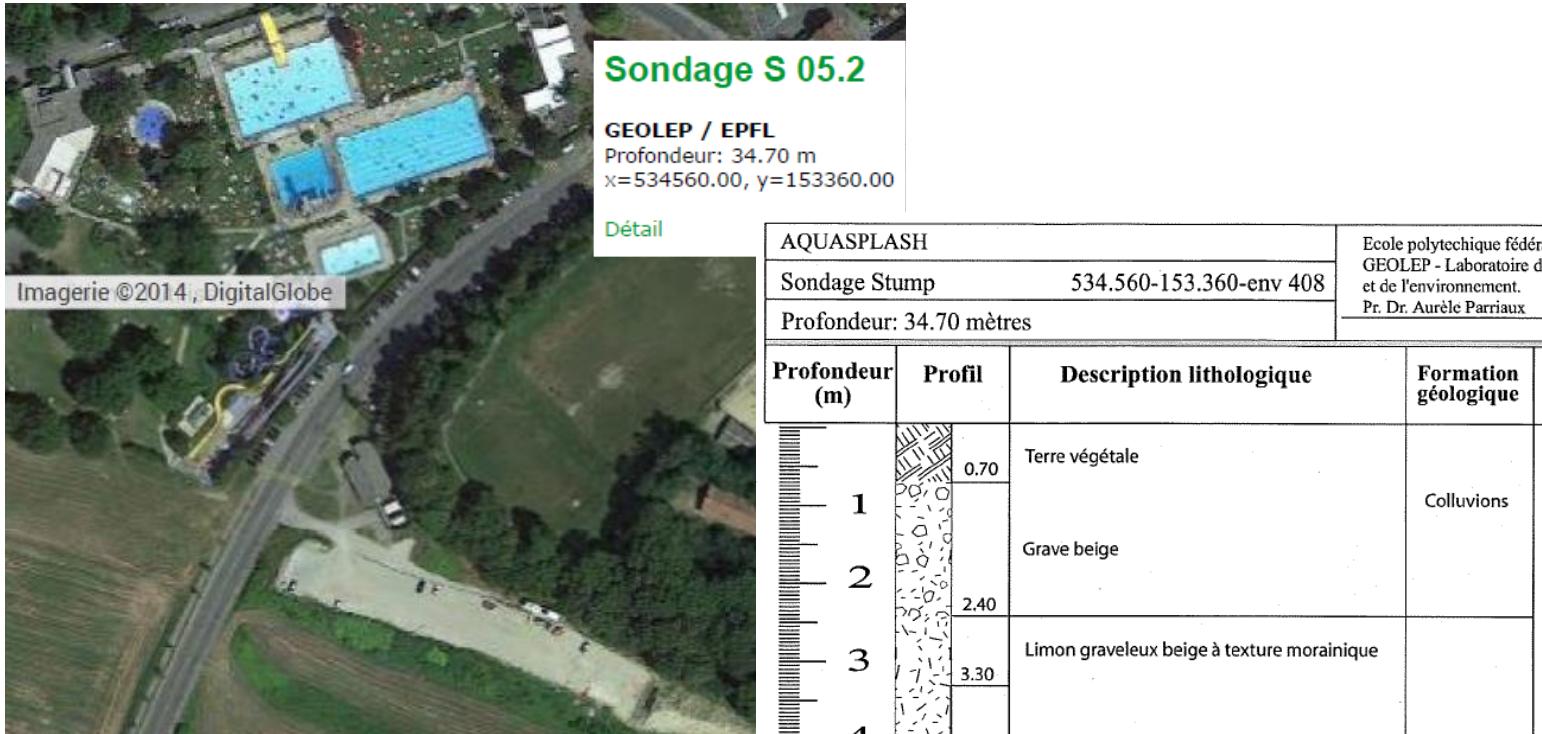
A ————— 6590 02 00 Pegel/Lavigny
B ————— 6590 03 00 Temperatur/Lavigny
C ————— 6590 06 00 Leitfähigkeit/Lavigny

Source: OFEV



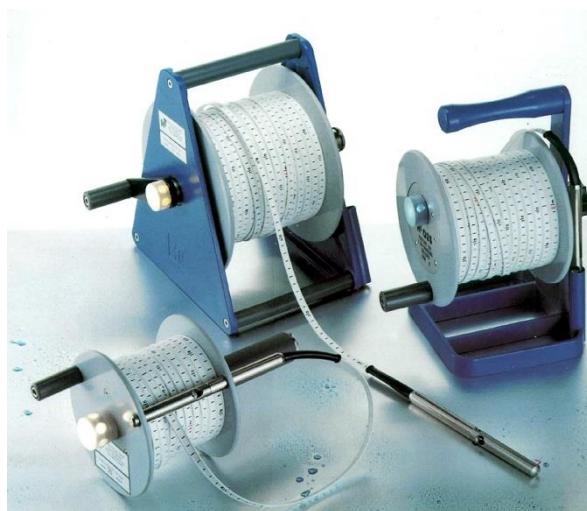
Eaux souterraines - Etat actuel

- **Autres données :**
 - **Cadastres géologiques cantonaux:** données sur les captages (sources/puits), les sondages (profils) et leurs équipements (piézomètres)
 - **Rapports hydrogéologiques** (zones de protection notamment)



Eaux souterraines - Etat actuel

- **Relevés de terrain complémentaires:**
 - Observations (mouilles, suintements, captages,...)
 - Mesures de débit de sources; mesures de niveau des nappes d'eaux souterraines
 - Réalisation de sondages,
pose de piézomètres (coût!)



Eaux souterraines – Etat actuel

- **Mesures d'organisation du territoire**
(LEaux art. 19-21)

Section 4 Mesures d'organisation du territoire

Art. 19 Secteurs de protection des eaux

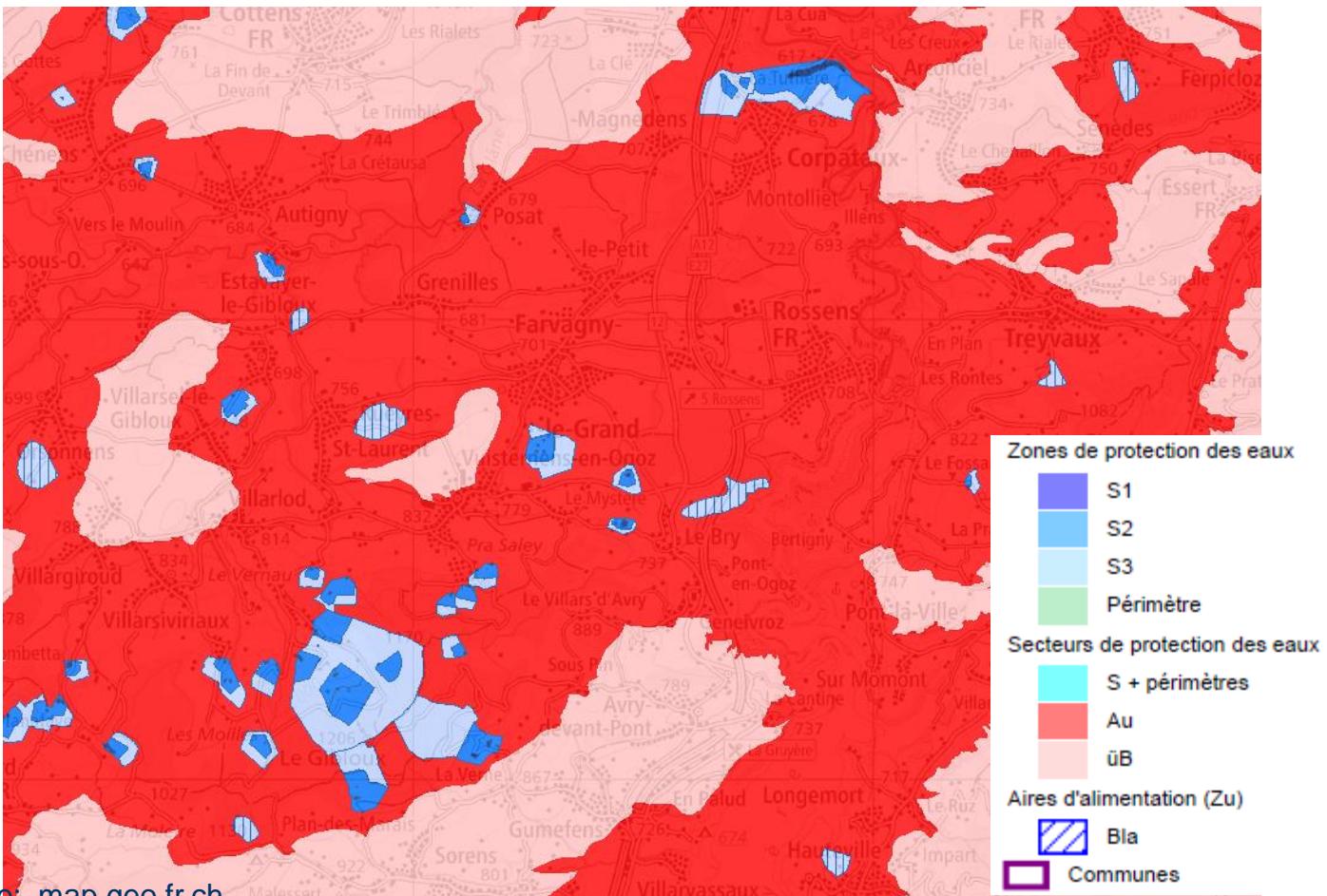
¹ Les cantons subdivisent leur territoire en secteurs de protection en fonction des risques auxquels sont exposées les eaux superficielles et les eaux souterraines. Le Conseil fédéral édicte les prescriptions nécessaires.

² La construction et la transformation de bâtiments et d'installations, ainsi que les fouilles, les terrassements et autres travaux analogues dans les secteurs particulièrement menacés sont soumis à autorisation cantonale s'ils peuvent mettre en danger les eaux.¹⁷

→ Dans les secteurs particulièrement menacés, **régime d'autorisation** → important pour EIE

Eaux souterraines – Secteurs et zones

- Mesures d'organisation du territoire (LEaux art. 19-21)
Secteurs et zones de protection (OEaux art. 29, 31 et Annexe 4)



Eaux souterraines – Secteurs

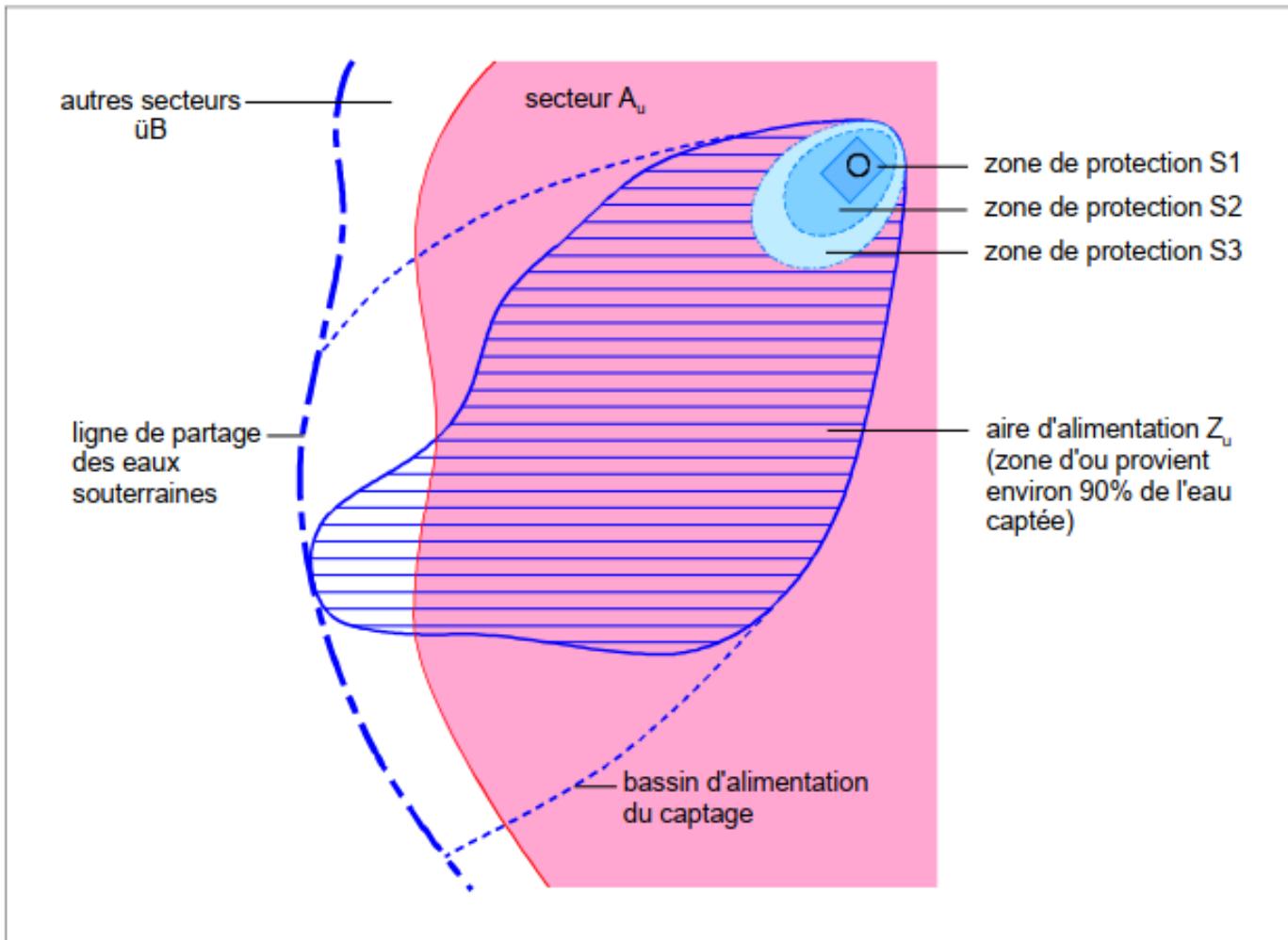
- **Secteurs Au** (u=unter, souterraine) **de protection: aquifères exploitables** (indépendamment des captages et des besoins actuels)
 - Préservent toutes les aquifères exploitables pour qu'ils puissent remplir à long terme leurs fonctions: écosystème et réserve d'eau potable
 - Restrictions: construction de réservoirs pour liquides pouvant polluer les eaux; ouvrages atteignant les eaux souterraines; toute extraction de matériaux en dessous du niveau de la nappe phréatique est interdite, une couche protectrice de 2 m d'épaisseur doit être préservée.
- **Secteurs Üb** (übrige=autres secteurs): **pas de ressources exploitables**

Eaux souterraines – Aires et périmètres

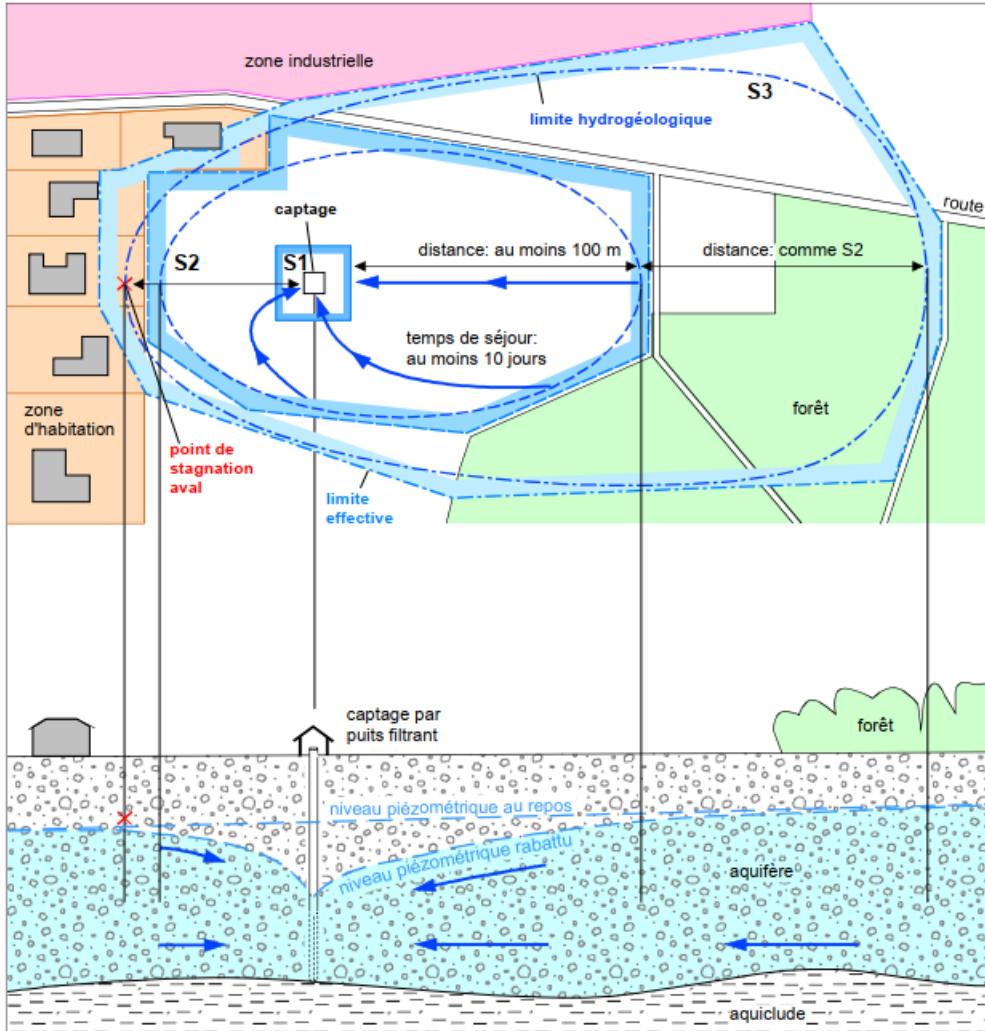
- **Aires d'alimentation Zu:** aire d'où provient la majeure partie des eaux captées par un captage
 - Mesures spécifiques en fonction de la pollution ou du risque de pollution existant.
 - Le canton les délimite lorsque l'eau d'un captage d'intérêt public est polluée (ou risque de l'être) par des substances difficilement dégradables ou très mobiles: phytosanitaires, solvants, et surtout les nitrates.
- **Les périmètres de protection des eaux souterraines:** les eaux souterraines qui, à l'avenir, seront captées (localisation et quantités à prélever fixées).
 - Empêcher la construction de bâtiments dont l'affectation s'opposerait aux objectifs de la future zone de protection.
 - Restrictions en principe identiques à celles en vigueur dans la zone de protection S2.

Eaux souterraines – Aires et périmètres

Etudes d'impact sur l'environnement



Eaux souterraines – Zones de protection

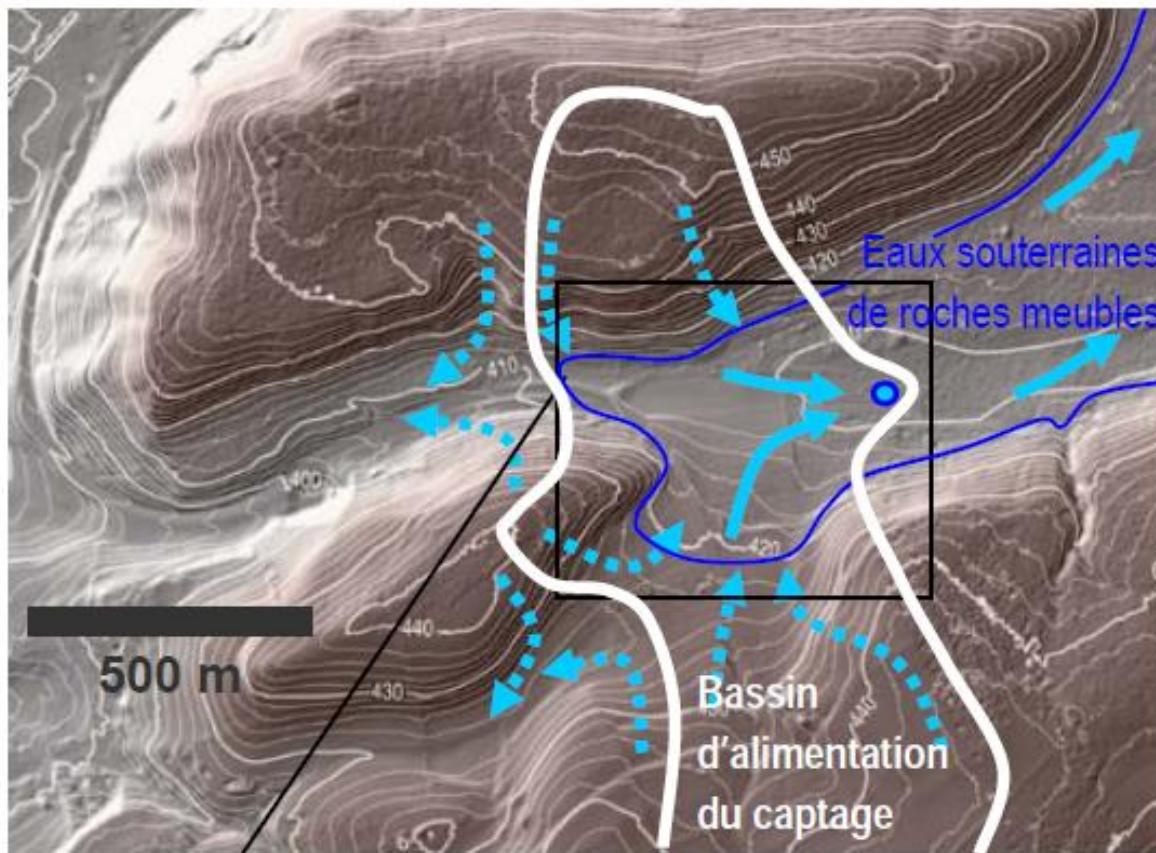


Eaux souterraines – Zones de protection

Zone de protection	Délimitation	But, precautions, restrictions
Zone S1 Zone de captage, à proximité immédiate	f (géométrie du captage): 10 m au moins autour du captage et des drains	Doit éviter des dégâts aux installations de captage ou une pollution directe de l'eau. <ul style="list-style-type: none"> • Aucune activité ni construction • Terrain doit appartenir au service des eaux et être clôturé.
Zone S2 Zone de protection rapprochée	< 10 jours de temps d'écoulement des eaux (pour les aquifères karstiques ou fissurés: en fonction de la vulnérabilité)	Doit garantir qu'aucun microorganisme pathogène ne parvienne à la captation. <ul style="list-style-type: none"> • Aucune construction ni installation • Aucun épandage de purin ou de produits phytosanitaires. • Aucune infiltration d'eaux usées
Zone S3 Zone de protection éloignée	Distance double par rapport à la zone S2	Doit garantir que l'on dispose, en cas d'accident, de suffisamment de temps et d'espace pour écarter tout danger. <ul style="list-style-type: none"> • Aucune entreprise qui représente une menace pour les eaux souterraines • Aucune infiltration d'eaux usées • Aucune extraction de gravier.

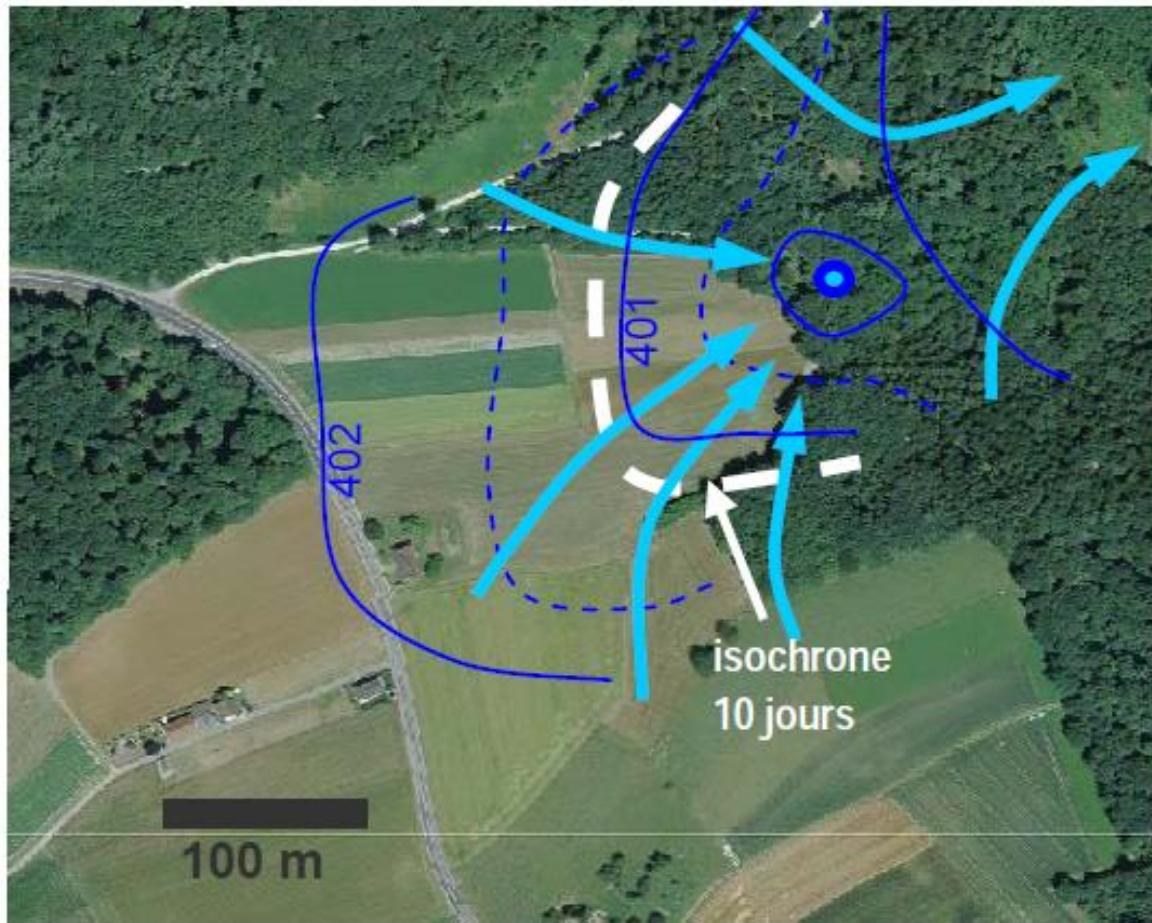
Eaux souterraines – Zones de protection

- Délimitation hydrogéologique



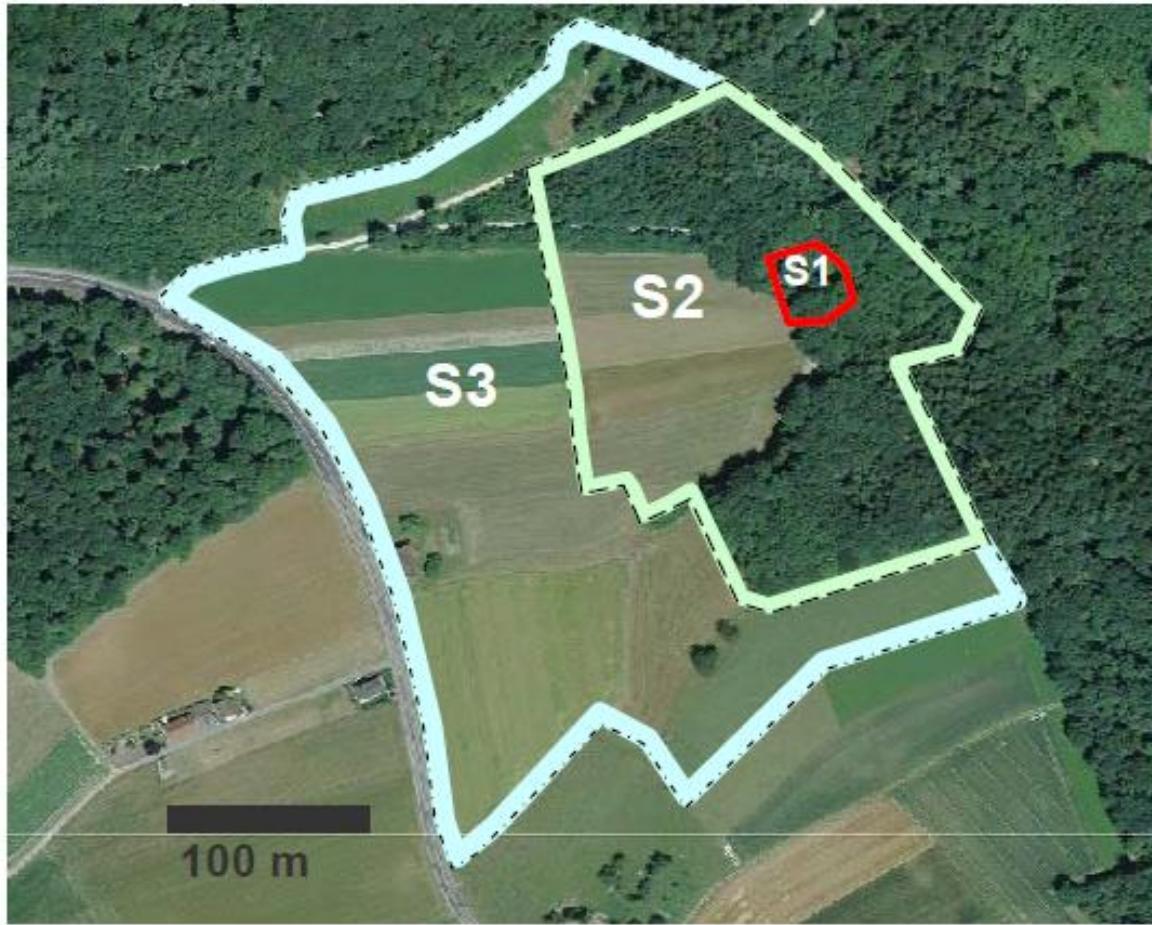
Eaux souterraines – Zones de protection

- Délimitation hydrogéologique



Eaux souterraines – Zones de protection

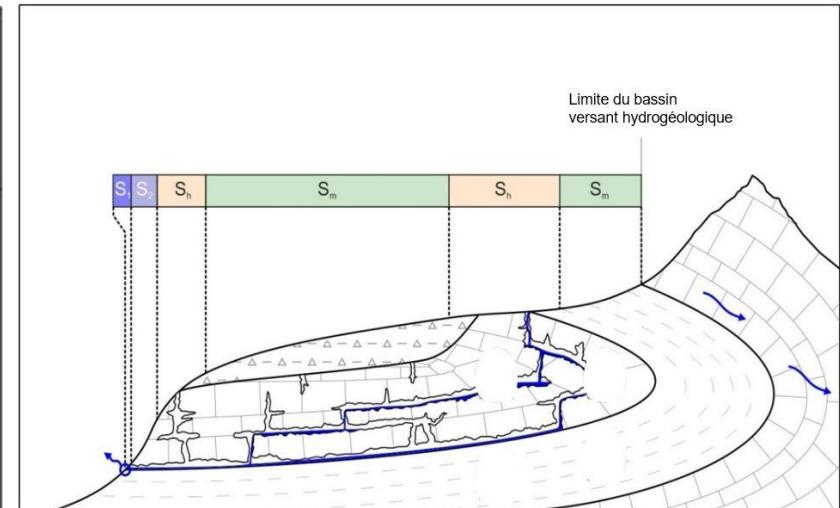
- Délimitation pratique (effective)



Eaux souterraines – Zones de protection

- **Cas particulier: les aquifères karstiques ou fissurés fortement hétérogènes**
 - En lieu et place des zones S3 on délimite des **zones de protection spécifiques Sm et Sh** (OEaux annexe 4, ch. 125).
 - Situées à l'intérieur du bassin d'alimentation du captage, ces zones englobent les portions de terrains à **vulnérabilité moyenne (Sm)** ou **haute (Sh)**

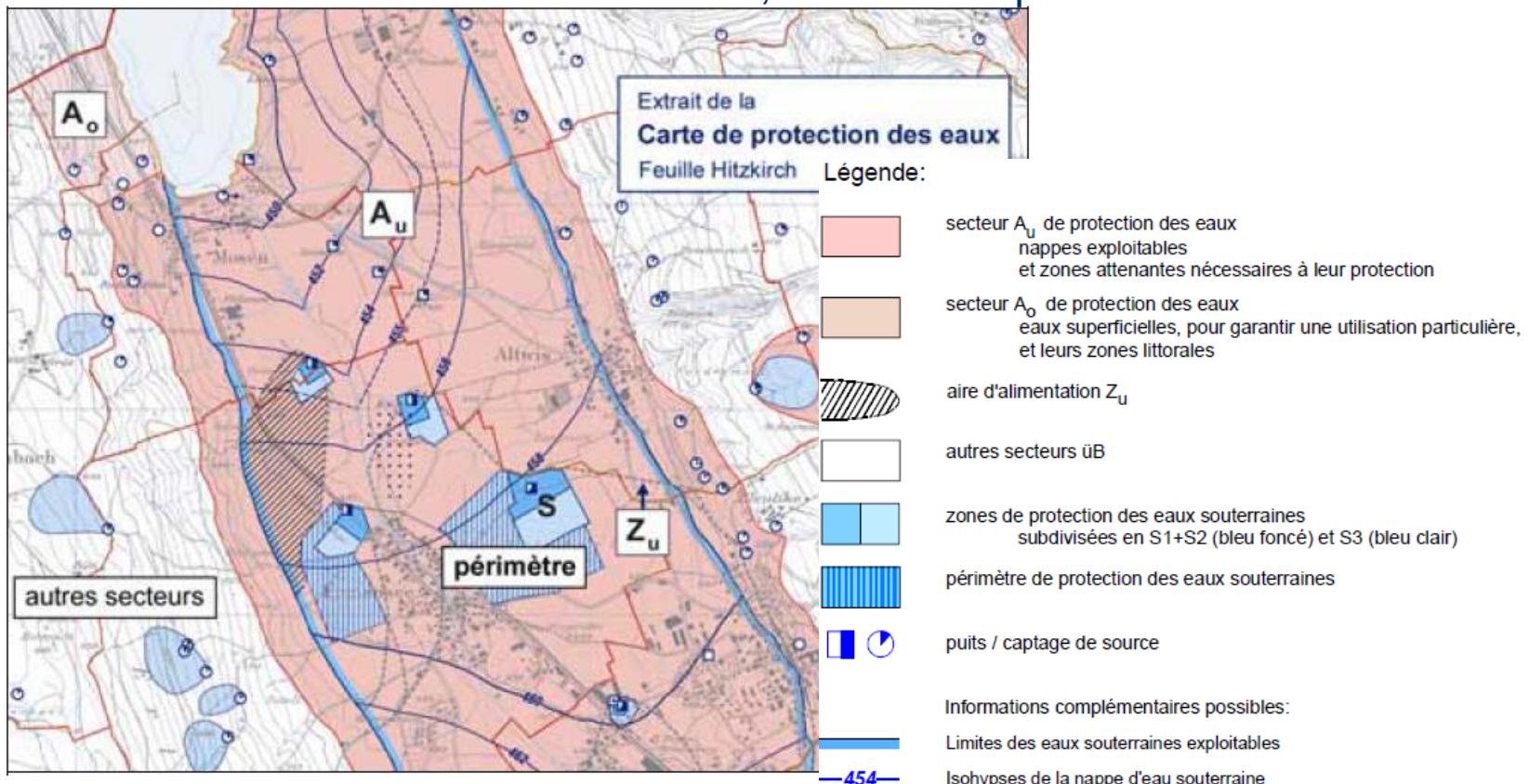
Type d'aquifère	Roches meubles	Karstique / Fissuré		Prescriptions
		faiblement hétérogène	fortement hétérogène	
Zones de protection des eaux souterraines	S1	S1	S1	
	S2	S2	S2	
	S3	S3	Sh Sm	



Eaux souterraines – Carte de protection

Cartes de protection des eaux des cantons (1:25'000):

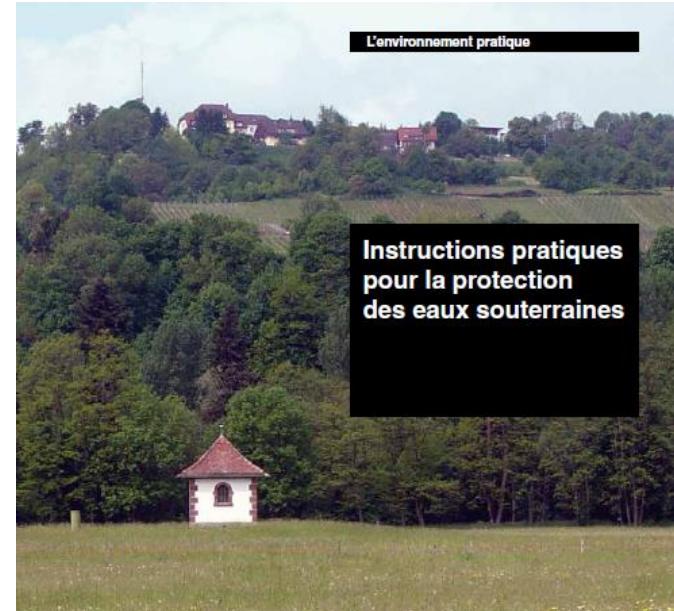
- Les liens vers les guichets cartographiques cantonaux se trouvent sur le site OFEV, «Cartes de protection des eaux»



Eaux souterraines – Prescriptions

- **Instructions pratiques OFEV:**

- Base pour la **délimitation** des zones de protection autour des captations
- Base pour l'établissement des **règlements des zones de protection**
- Tableaux des prescriptions, restrictions et assujettissement à autorisation dans les différents secteurs et zones



	üB	Au ⁷	Zu ¹	Péri	S3 ³	S2	S1
Tunnels	+	+ ^b		- ²	- ^b	-	-
Cavernes-réservoirs pour liquides pouvant altérer les eaux	- ³³	-		-	-	-	-
Galeries à écoulement libre ou en charge, cheminées d'équilibre, centrales souterraines sans transformateurs	+	+ ^b		- ²	- ^b	-	-

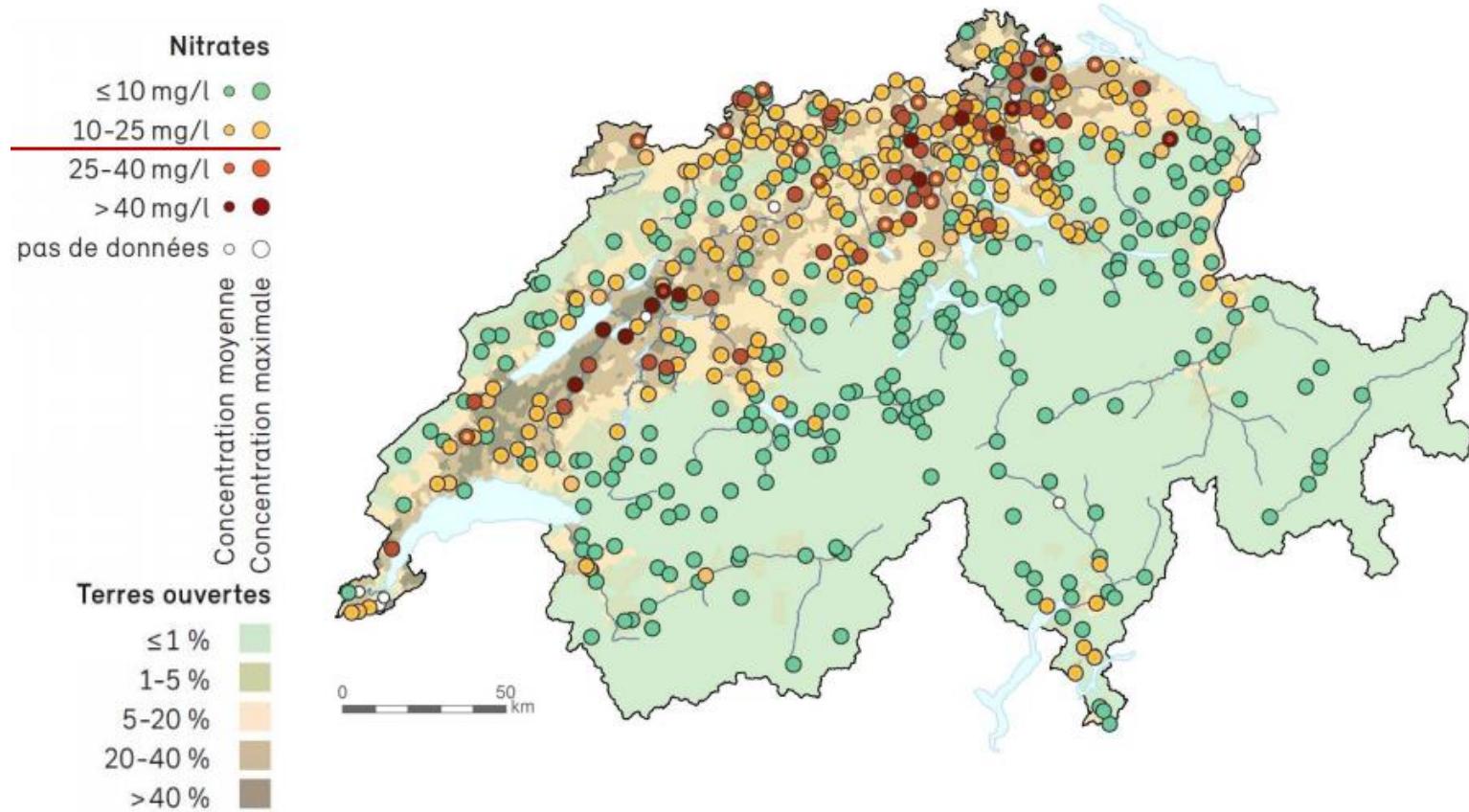
Eaux souterraines – Qualité

- En Suisse, les eaux souterraines sont en général de **bonne qualité**. Il arrive cependant qu'elles contiennent des traces de composés indésirables, en particulier dans les zones fortement urbanisées et les régions à agriculture intensive.
- Les **nitrates**, les **produits phytosanitaires**, divers **composés organiques volatils** et d'autres **éléments traces organiques** (ex.: médicaments), ne sont pas naturellement présents dans les eaux souterraines (les nitrates seulement en concentrations minimes). Leur présence témoigne de l'influence des activités humaines.



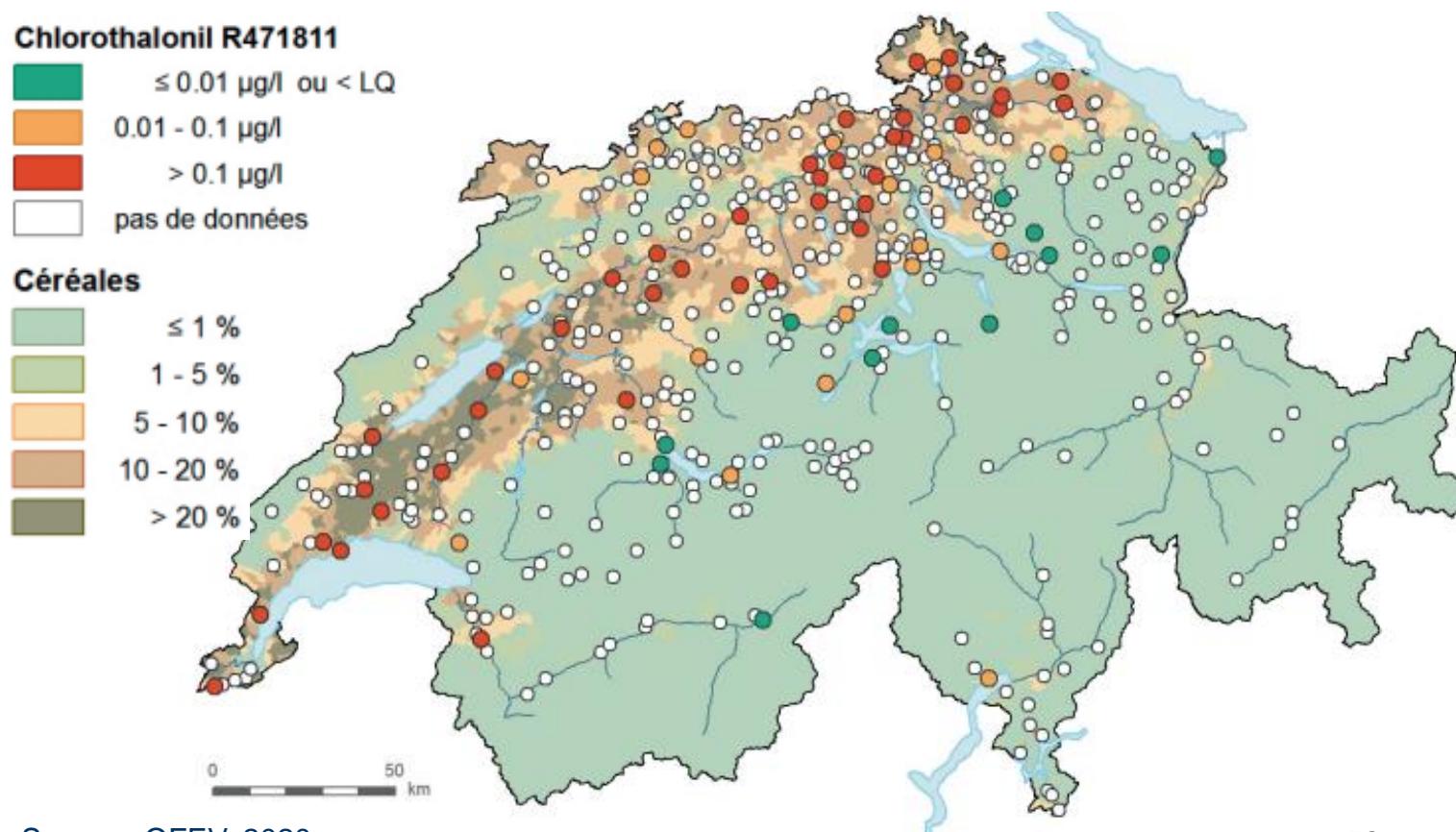
Eaux souterraines – Qualité

- **Nitrates:** En 2017 la concentration de nitrates dépasse l'exigence de l'ordonnance sur la protection des eaux (OEaux), 25 mg/l, dans 12% des stations NAQUA échantillonnées.



Eaux souterraines – Qualité

- **Métabolites du chlorothalonil:** En 2017-2018 le chlorothalonil R471811 dépasse la valeur limite de 0.1 ug/l dans les eaux souterraines du Plateau.



Source: OFEV, 2020

Eaux souterraines – Impacts potentiels

- **Atteintes qualitatives**
 - risque de pollution en phase de chantier
 - risque de pollution en phase d'exploitation



Source: OFEV

Eaux souterraines – Impacts potentiels

- **Atteintes quantitatives**
 - réduction du volume d'emmagasinement ou de la section d'écoulement
 - rabattement des niveaux piézométriques
 - réduction de l'alimentation par l'imperméabilisation des sols

Exemples:

- construction au-dessous du niveau des nappes d'eaux;
- surexploitation par suite de prélèvements
- extraction de sable ou de gravier
- drainage de zones agricoles;
- compactage des sols;
- urbanisation et imperméabilisation
- étanchement ou colmatage du lit d'un cours d'eau alimentant des nappes



Eaux souterraines – Autorisations

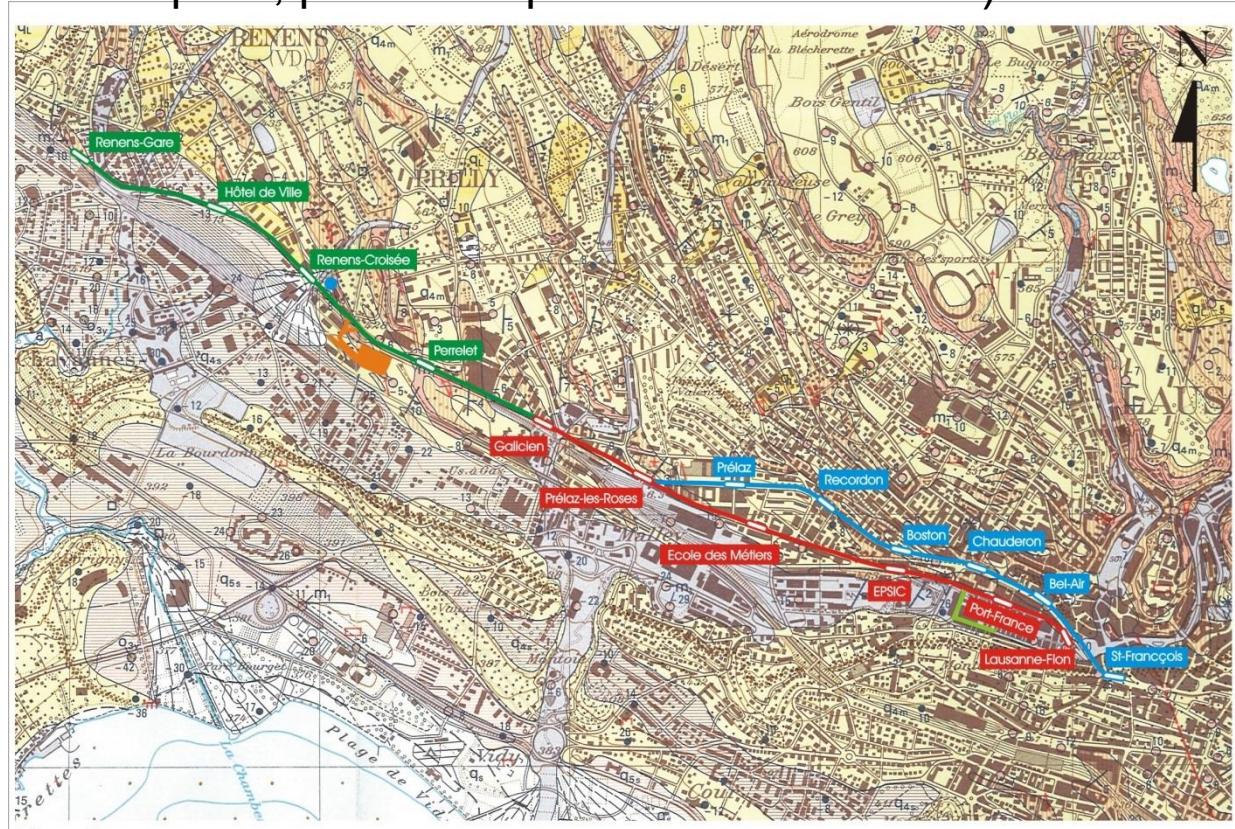
- **Autorisations** pour des installations et activités dans les secteurs particulièrement menacés
 - Notamment pour:
 - les installations avec liquides pouvant polluer les eaux;
 - les installations situées sous le niveau de la nappe phréatique;
 - des conditions relatives à l'extraction de matériaux dans le secteur Au de protection des eaux.
- **Dérogations** pour les installations dans la zone de protection rapprochée S2 ou dans le périmètre de protection des eaux souterraines

Cas pratique AFTPU – eaux souterraines



Cas pratique AFTPU – eaux souterraines

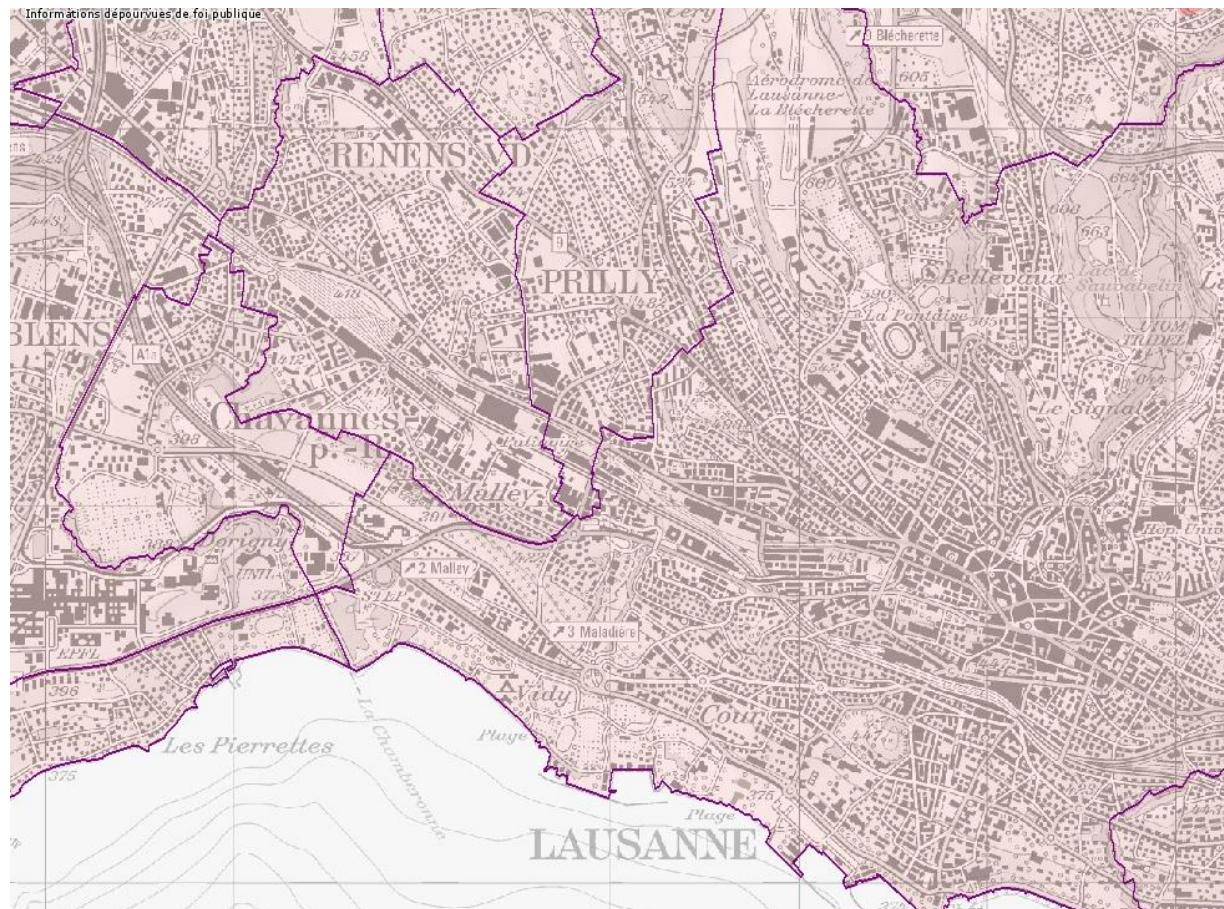
- **Contexte géologique** avec indication des captages (un seul puits, pas utilisé pour l'eau de boisson)



Cas pratique AFTPU – eaux souterraines

Etudes d'impact sur l'environnement

- Secteur de protection des eaux : üB (autres)



Source: CSD INGENIEURS

Cas pratique AFTPU – eaux souterraines

- **Pas de captages**
 - **Pas d'eaux souterraines à protéger**
 - **Pas de construction en souterrain**
 - **Pas d'infiltration des eaux**
-
- **Pas d'impacts, pas de mesures**
- **Aucune autorisation nécessaire**

Protection des eaux - Eaux de surface

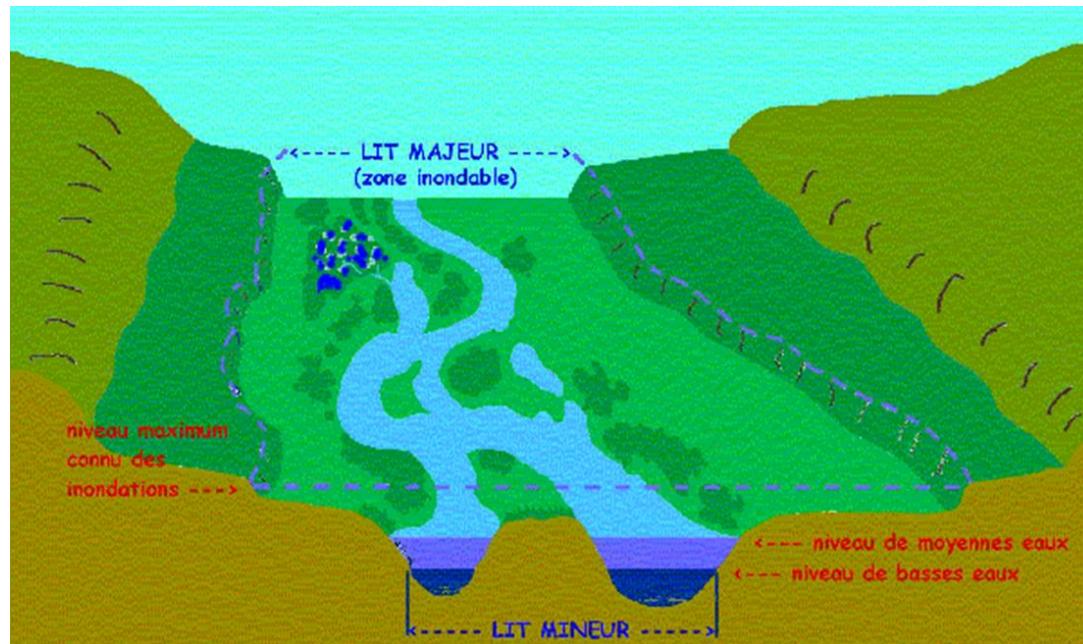


Protection des eaux - Eaux de surface

- **Etat actuel**
- **Evaluation des impacts**
- **Autorisations, exceptions**
- **Cas pratique AFTPU**

Eaux de surface – Etat actuel

- **Conditions hydrologiques locales**
 - Bassin versant (surface, périmètre, topographie, pluviométrie et géologie);
 - Cours d'eau (tracé naturel/actuel et typologie, morphologie et structure du lit, superficie et variations du niveau d'eau, pentes, continuité et mise en réseau);



Source: CPEPESC

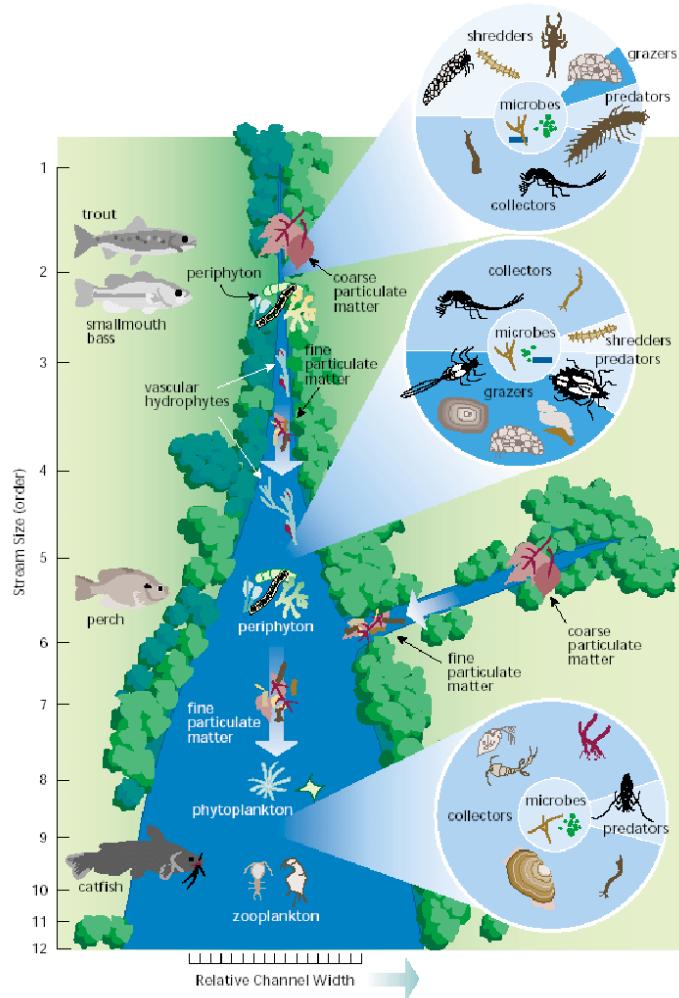
Eaux de surface – Etat actuel

- **Conditions hydrologiques locales (suite)**
 - **Hydrologie** (débits permanents et extrêmes naturels/modifiés, méthode de détermination);
 - **Utilisation** (régime hydrologique, localisation des captages et restitutions, débits équipés/captés, débits de dotation, débits résiduels, type d'exploitation);
 - **Charriage** (régime, érosion, sédimentation);
 - **Relations** avec les eaux souterraines (infiltration/exfiltration)



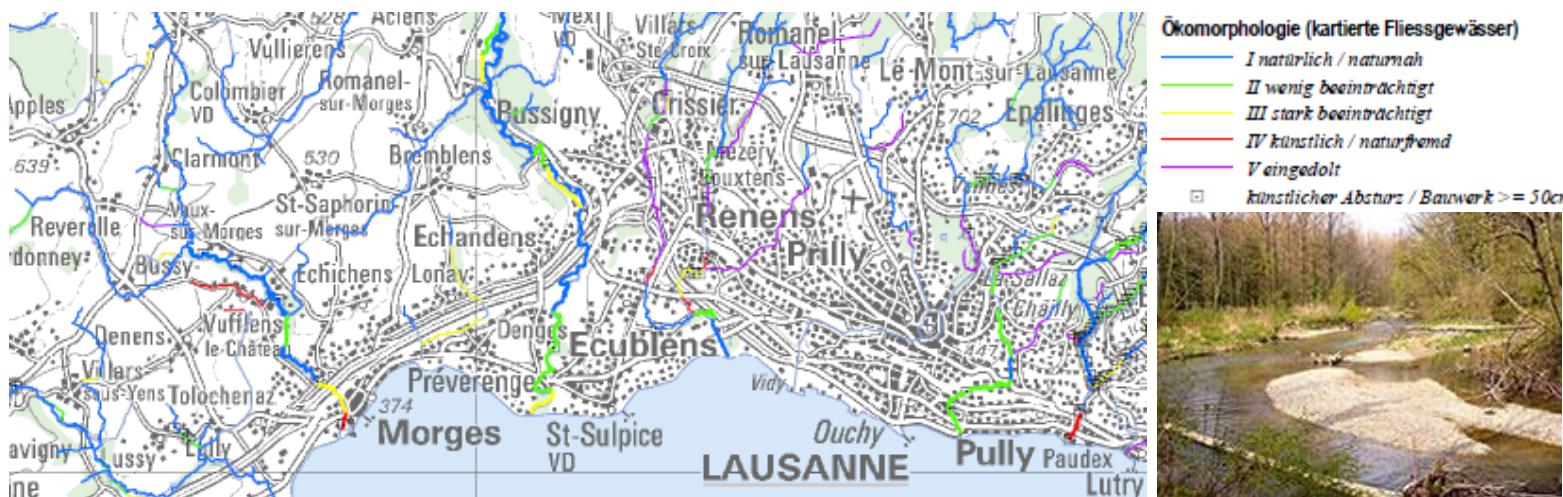
Eaux de surface – Etat actuel

- **Conditions hydrobiologiques et piscicoles**
 - Qualités des eaux (respect des objectifs écologiques et des exigences de qualité, mise en évidence des atteintes)
 - Pêche (espèces de poissons et d'écrevisses, populations d'importance nationale, habitats, profondeur et température de l'eau, nourriture disponible, circulation des poissons; importance pour la pêche sportive, captures et repeuplement).



Eaux de surface – Etat actuel

- **Condition des milieux aquatiques et riverains**
 - contribution des eaux à satisfaire aux objectifs de protection des **milieux naturels** dignes de protection;
 - caractéristiques éco-morphologiques et fonctionnelles, potentiel de revitalisation, espace réservé aux cours d'eau, déficits existants;
 - flore aquatique et faune.



→ Impacts sur les milieux naturels dans le cours « Nature »

Eaux de surface – Etat actuel

- **Le système modulaire gradué** (OFEV, Eawag)
 - Analyse et appréciation systématiques des **cours d'eau**.
 - Composé de méthodes partielles (modules) dans les domaines:
 - **Hydrologie**;
 - **Structure** des cours d'eau (écomorphologie);
 - **Chimie** des eaux et **écotoxicologie**;
 - **Biocénoses** animales, végétales et microorganiques (biologie)
 - Subdivisé en trois niveaux d'investigation d'intensité différente:
 - **R Région**: tous les cours d'eau d'une région; quelques paramètres clés, analyse peu approfondie, faibles moyens;
 - **C Cours d'eau**: cours d'eau avec affluents; nb. plus élevé de paramètres, analyse plus poussée, moyens intermédiaires;
 - **T Tronçons**: certains tronçons d'un cours d'eau; analyses ciblées pour répondre à des questions de détail, moyens importants mis en jeu ponctuellement.

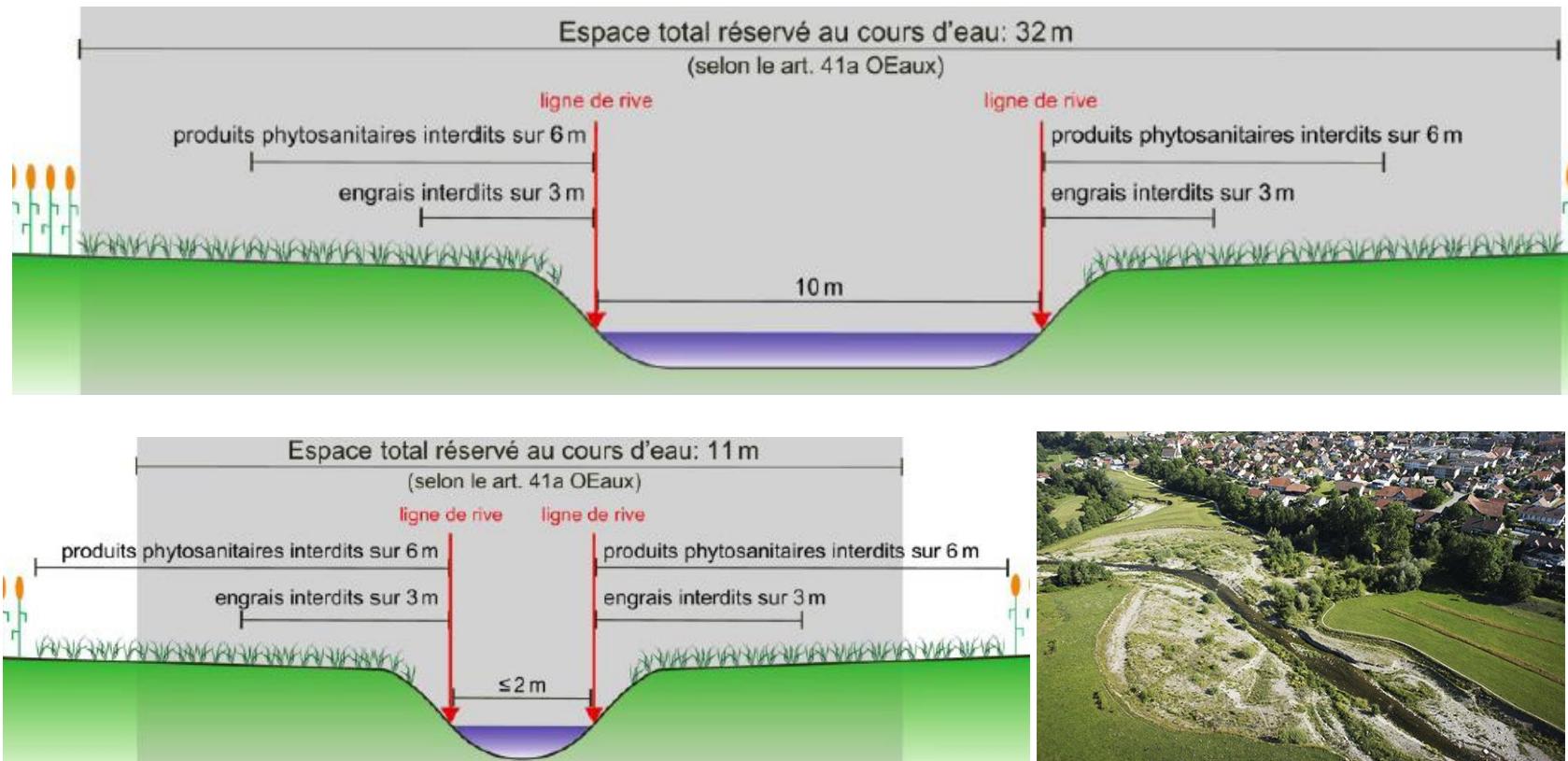
Eaux de surface – Etat actuel

- **Le système modulaire gradué** (OFEV, Eawag)
 - En 2013 publication du premier document concernant l'analyse et l'appréciation des **lacs**.
 - Elle se composera de méthodes partielles (modules) dans les trois domaines d'analyse:
 - **Physique**;
 - **Chimie des eaux et écotoxicologie**;
 - **Biologie** animales, végétales et microorganiques
 - Les méthodes d'analyse s'appliqueront aux divers sous-habitats lacustres: zones pélagiques, littorale et profonde
 - La méthode d'**évaluation écomorphologique** a été publiée à fin 2016
 - Site web du SMG:
www.modul-stufen-konzept.ch



Eaux de surface – Etat actuel

- **Condition des milieux aquatiques et riverains:**
l'espace réservé aux cours d'eau et aux étendues d'eau (art. 41a et 41b Oeaux)



Source: OFEV/OFAG/ARE

Eaux de surface – Etat actuel

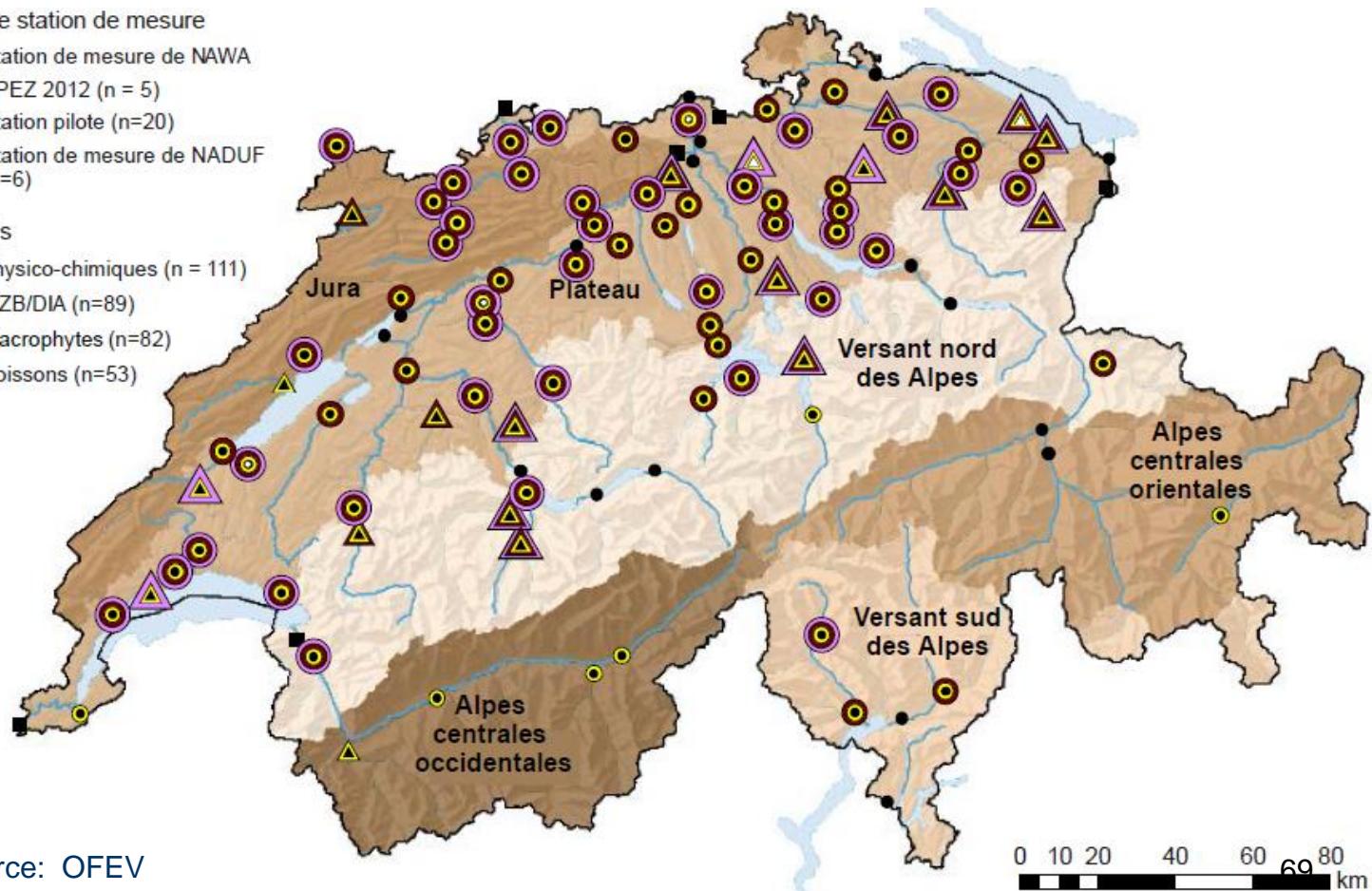
- **Observation nationale de la qualité des eaux de surface NAWA (Cantons, OFEV)**

Type de station de mesure

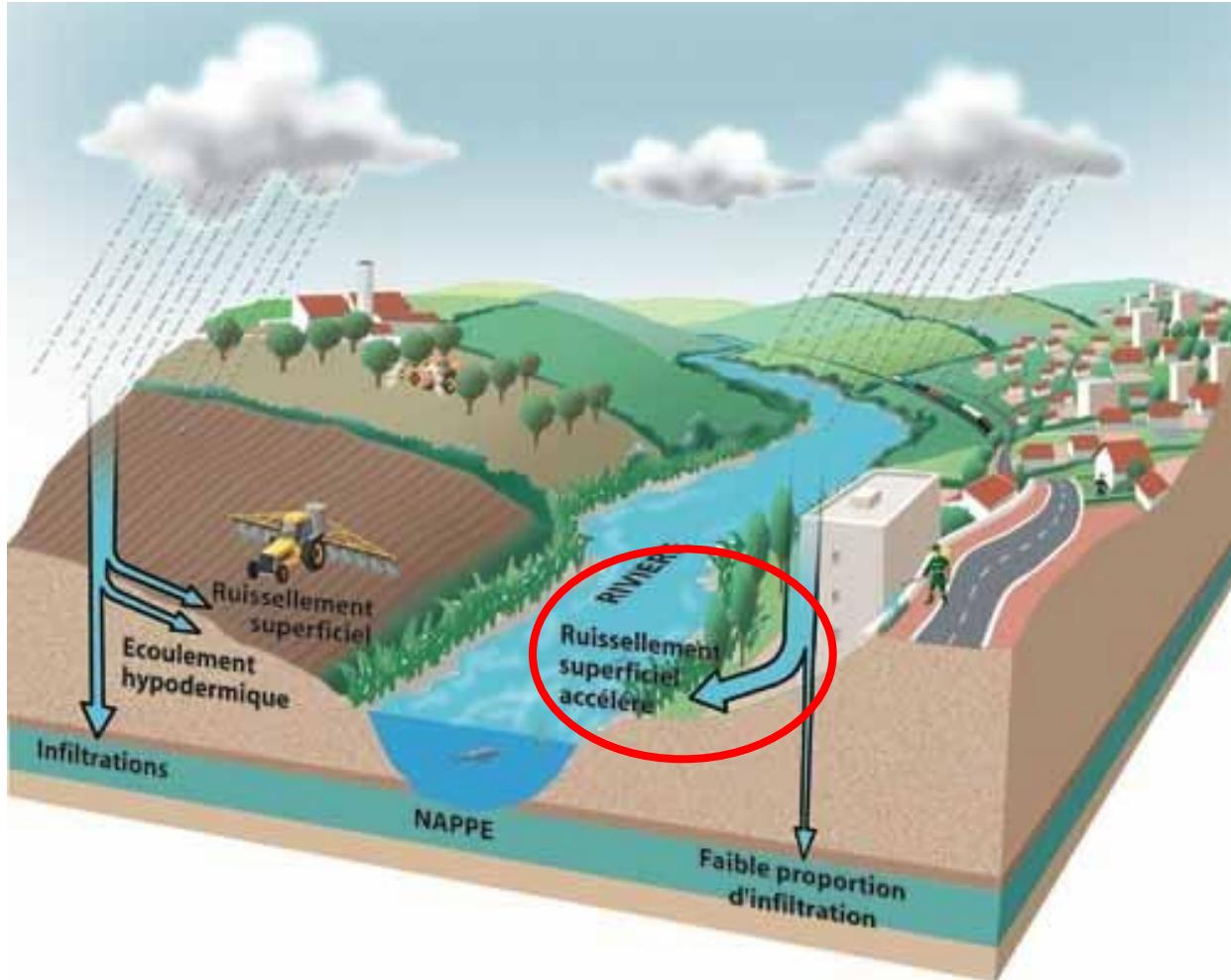
- Station de mesure de NAWA
- △ SPEZ 2012 (n = 5)
- ▲ Station pilote (n=20)
- Station de mesure de NADUF (n=6)

Relevés

- physico-chimiques (n = 111)
- MZB/DIA (n=89)
- Macrophytes (n=82)
- Poissons (n=53)

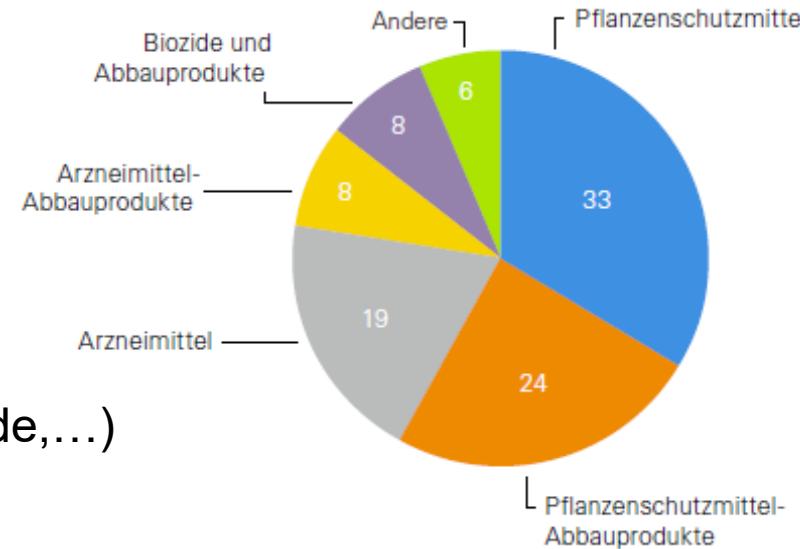


Eaux de surface – Impacts



Eaux de surface - Micropolluants

- Le terme micropolluants désigne des **composés traces organiques**, mais aussi des **métaux lourds**, présents dans les eaux à des concentrations très faibles (de l'ordre du microgramme ou du nanogramme par litre), mais capables d'exercer un effet nocif sur les organismes aquatiques ou de contaminer les ressources en eau potable.
- En Suisse, plus de 30'000 micropolluants entrent dans la composition d'une multitude de produits d'usage courant:
 - médicaments,
 - produits de soins,
 - détergents,
 - contrastants radiologiques,
 - produits phytosanitaires
 - agents de protection
(bois, revêtements de façade,...)



Eaux de surface - Micropolluants

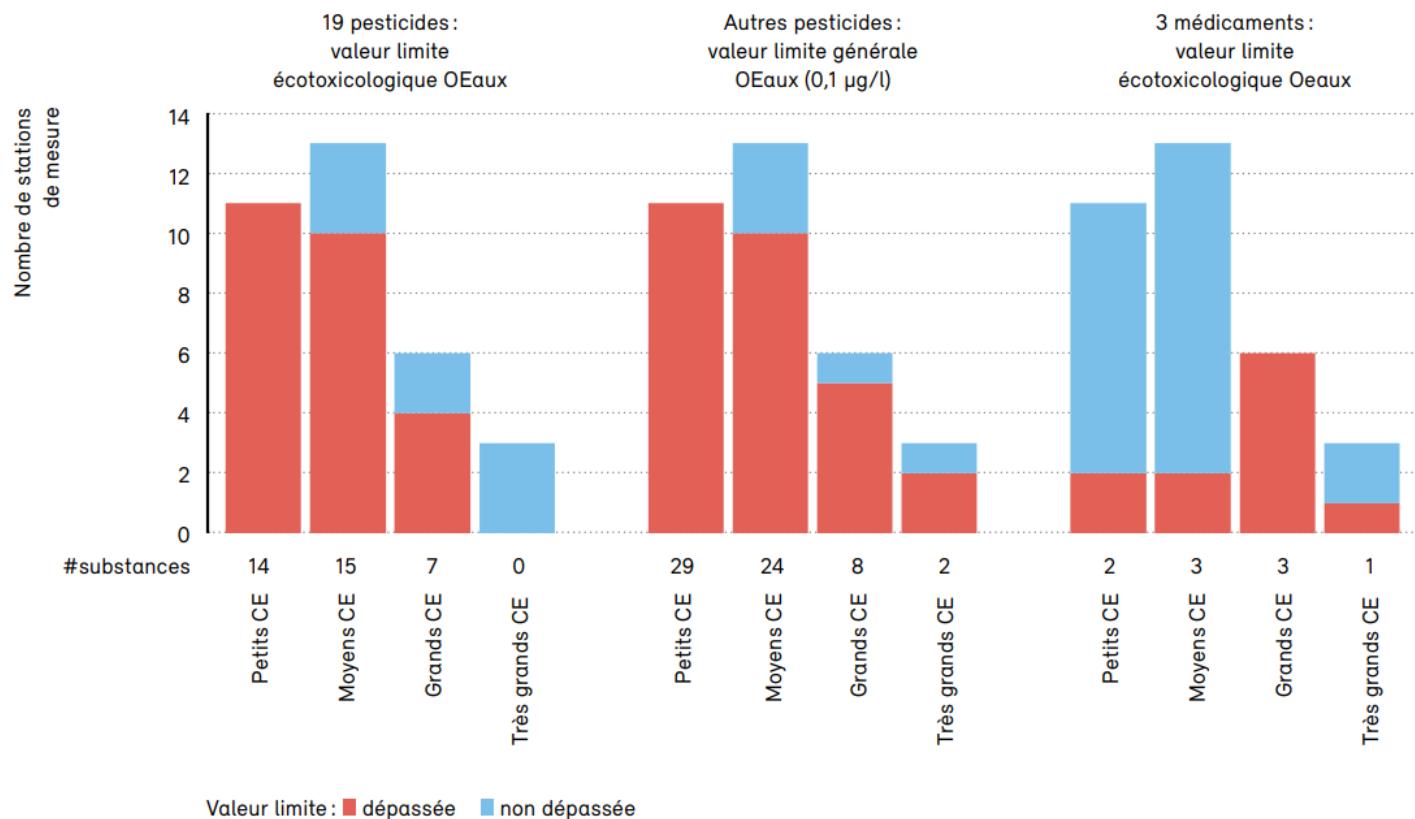
- Les substances **persistantes** sont particulièrement problématiques. Elles parviennent dans les eaux sous forme diluée ou de matières en suspension, avec les **eaux usées urbaines** ou de **sources diffuses**: eaux pluviales, ruissellement sur des surfaces agricoles.



Etudes d'impact sur l'environnement

Eaux de surface - Micropolluants

- Dans les **cours d'eaux** suisses, les valeurs limites (générale et écotoxicologique) sont souvent dépassés, surtout en ce qui concerne les **pesticides**



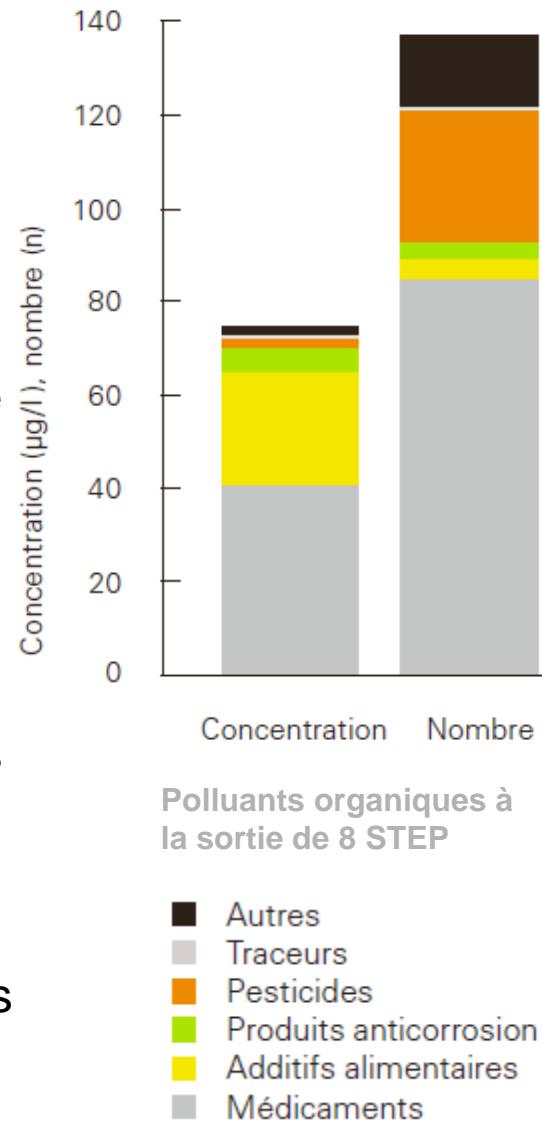
Source: OFEV, NAWA

Eaux de surface - Micropolluants

Mesures

- La LEaux prévoit un financement pour équiper sur les 20 prochaines ans env. 100 **stations d'épuration (STEP)** d'une étape de traitement supplémentaire pour l'élimination des micropolluants. À partir de juin 2016 une taxe annuelle de 9 Fr. par habitant raccordé sera prélevée auprès des 800 STEP suisses (principe du pollueur-payeur).
- Selon les connaissances actuelles, l'ozonation ou bien l'adsorption sur du charbon actif en poudre sont des traitements particulièrement efficaces.
- Dans le cas de routes très fréquentées, une **installation de traitement des eaux de chaussée** peut également réduire les apports de substances nocives dans les eaux.

Sources: OFEV, Eawag



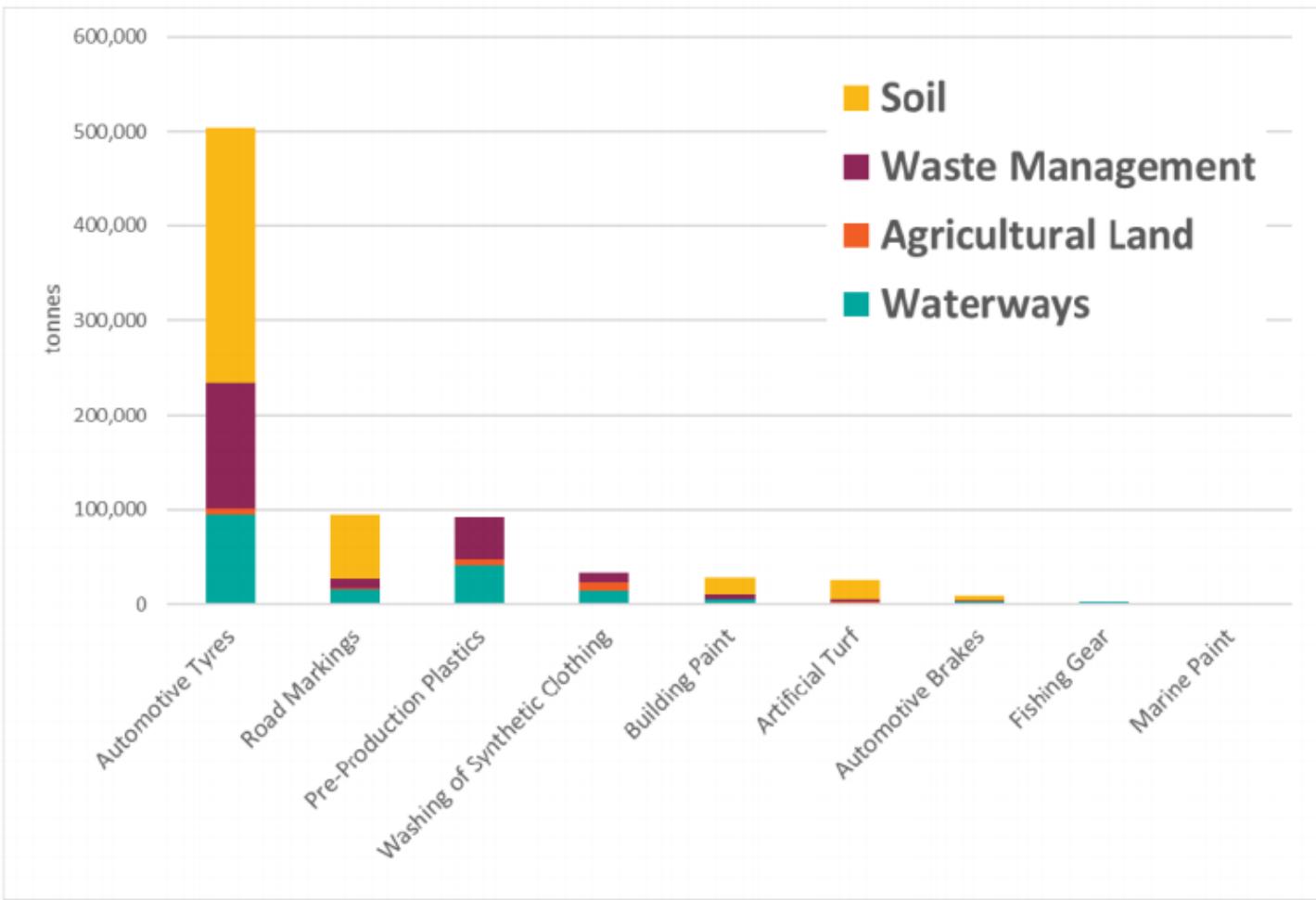
Eaux de surface – Micro-plastiques

- En 2017 les chercheurs de l'Empa (Dübendorf) ont commencé à étudier la genèse des **micro-plastiques**, minuscules particules de matière plastique qu'on retrouve dans les eaux.
- Le micro-plastique dans nos eaux usées provient principalement:
 - de nombreux **produits cosmétiques** (dentifrice, crèmes, gels douche, peelings) où les minuscules particules de plastique génèrent un effet de nettoyage mécanique.
 - du lavage des **vêtements en textile polymère**.



Eaux de surface – Micro-plastiques

Figure 1 - Source Generation and Fate of Microplastics from Wear and Tear in the EU (midpoint)



Eaux de surface – Mesures

- En vue de l'**adaptation au changement climatique**, la présence de l'eau devient essentielle, tout particulièrement en ville
- Le rôle de l'ingénieur en environnement est de proposer et introduire des mesures dans les projets

*Sion, concours
d'urbanisme
RONQUOZ21*



Source: L. Tudisco, Ville de Sion

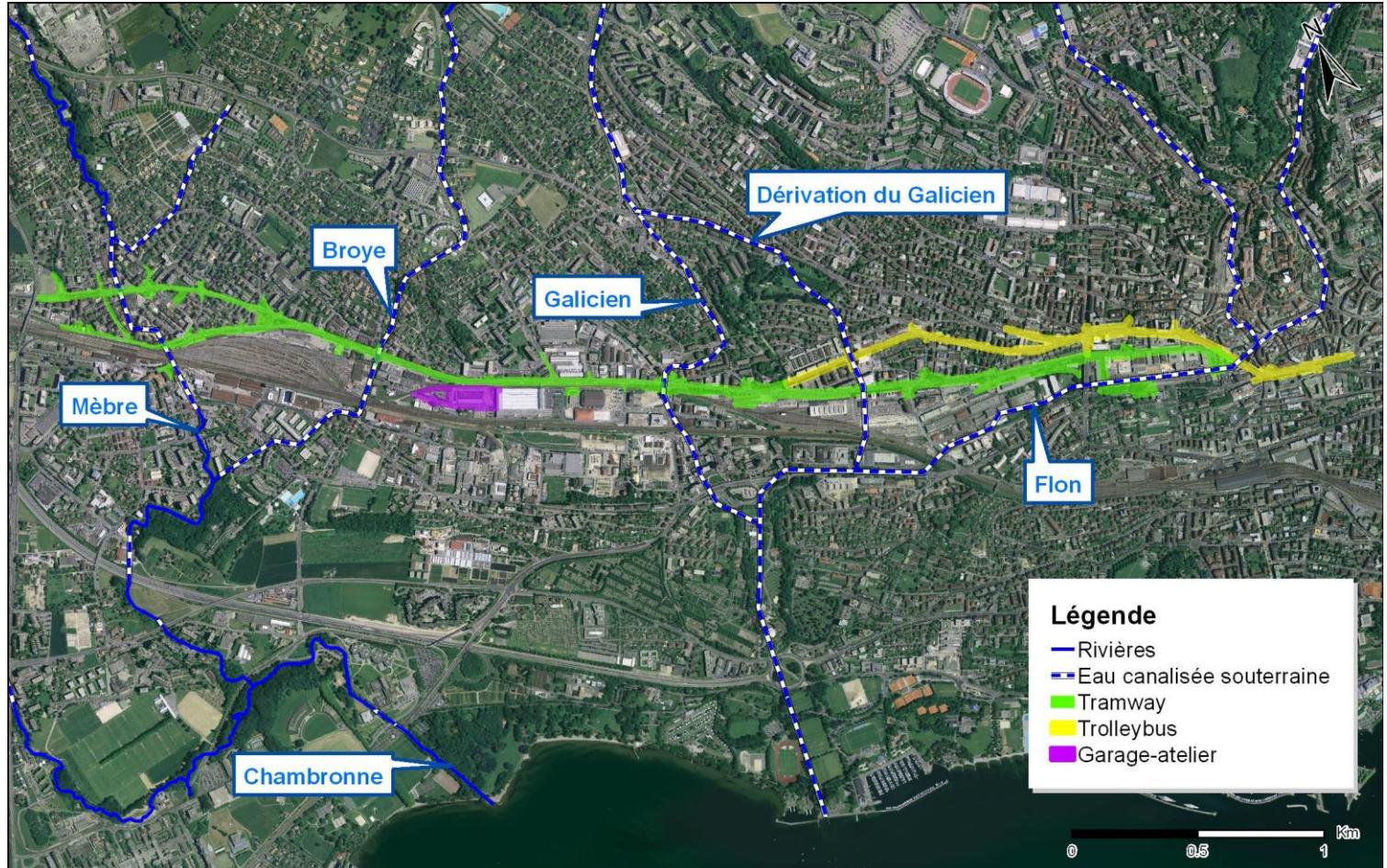
Eaux de surface – Autorisations

- **Autorisations**, notamment pour:
 - les interventions techniques dans des eaux piscicoles;
 - l'introduction de substances solides dans des lacs;
 - l'extraction de matériaux des cours d'eau;
 - le curage ou la vidange de bassins de retenue;
 - les prélèvements dans des cours d'eau à débit permanent, ou dans des lacs et des eaux souterraines pouvant influencer un cours d'eau à débit permanent.
- **Exceptions** pour la couverture ou la mise sous terre de cours d'eau;

Cas pratique AFTPU – Eaux de surface



Cas pratique AFTPU – Eaux de surface



Protection des eaux - Eaux à évacuer

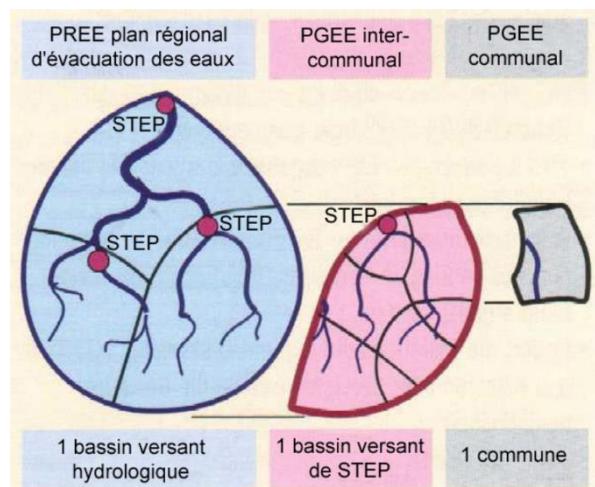


Protection des eaux - Eaux à évacuer

- **Etat actuel**
- **Exigences**
- **Evaluation des impacts**
- **Eaux non polluées**
- **Eaux polluées**
- **Cas pratique AFTP**

Eaux à évacuer – Etat actuel

- Plan général d'évacuation des eaux PGEE communal/intercommunal PREE régional (art. 4 et 5 Oeaux)
- Réseau (séparatif/unitaire)
- STEP



Source: OFEV

Eaux à évacuer - Exigences

Eaux non polluées

- Les eaux à évacuer non polluées doivent être infiltrées.
- Un déversement dans des eaux superficielles n'est autorisé que lorsque les conditions locales ne permettent pas d'infiltration (art. 7, al. 2, LEaux)

Eaux polluées

- Les eaux à évacuer polluées doivent être traitées conformément à l'art. 7, al. 1, LEaux avant d'être infiltrées ou déversées dans des eaux superficielles.
- L'infiltration ou le déversement dans des eaux superficielles requiert une autorisation.
- Les exigences de l'annexe 3 OEaux doivent être respectées (Annexe 3.1 Eaux polluées communales; 3.2. Eaux polluées industrielles; 3.3. Autres eaux polluées)

Eaux à évacuer - Exigences

Polluées ou pas?

- Les eaux polluées sont des eaux à évacuer qui sont **de nature à contaminer l'eau dans laquelle elles sont déversées** (art. 4 LEaux)
- L'autorité détermine si, en cas de déversement dans les eaux ou en cas d'infiltration, les eaux à évacuer sont considérées comme polluées ou non, en fonction:
 - **du type, de la quantité, des propriétés et des périodes de déversement** des substances susceptibles de polluer les eaux et présentes dans les eaux à évacuer;
 - **de l'état des eaux réceptrices.**
- En cas d'infiltration, l'autorité examine également si:
 - les eaux à évacuer peuvent être polluées en raison des atteintes existantes au sol ou au sous-sol non saturé;
 - les eaux à évacuer sont suffisamment épurées dans le sol;
 - les valeurs indicatives fixées dans l'OSol peuvent être respectées à long terme.

Eaux à évacuer – Evaluation des impacts

- **Qualité des eaux à évacuer :**
→ Eaux polluées ?
→ Milieux récepteurs?
- **Quantité d'eaux à évacuer :**
→ Milieux récepteurs ?

Eaux à évacuer – Evaluation des impacts

- Inventaire des sources d'eaux à évacuer
 - Qualité physico-chimique des eaux
 - Ouvrage de prétraitement (qualité)?
 - Ouvrage de rétention (quantité)?
- ➔ Milieux récepteurs des eaux à évacuer :
- ➔ Cours d'eau / Lac
 - ➔ Réseau eaux claires
 - ➔ Réseau eaux usées

Eaux à évacuer – Evaluation des impacts

- Impacts selon le milieu récepteur
- Impacts qualitatifs
- Impacts quantitatifs

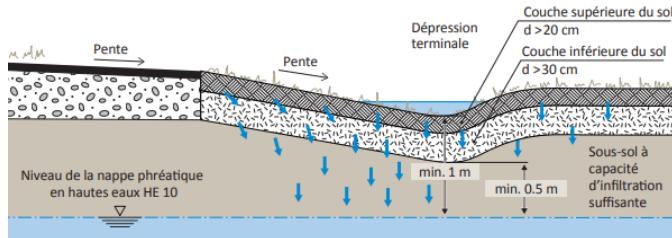
Eaux à évacuer – Eaux non polluées

Evacuation des eaux météoriques, priorités :

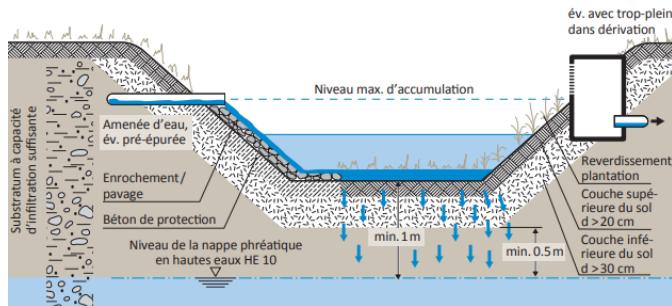
1. Infiltration
2. Rétention (\rightarrow débit <20l/s/ha)
3. Eaux superficielles
4. Réseau des eaux claires
5. Réseau des eaux usées

Eaux à évacuer – Eaux non polluées

INFILTRATION



Infiltration dans les bas-côtés



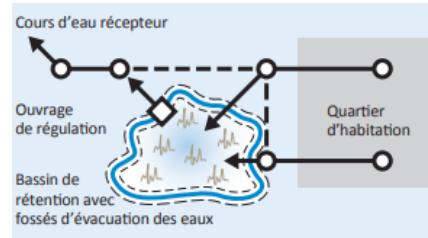
Bassin d'infiltration



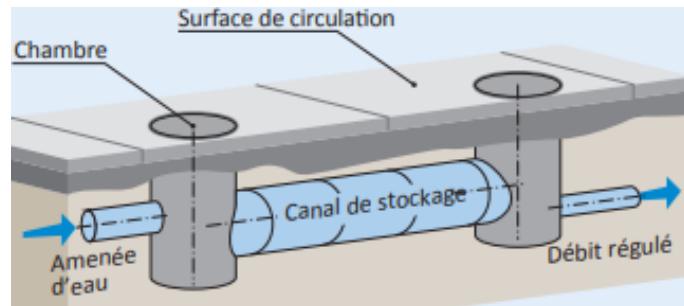
Pavés gazon

Source: VSA, OFEV

RETENTION



Bassin de rétention avec fossé d'évacuation



Canal de stockage



Rétention sur parking



Toiture végétalisée

Eaux à évacuer – Eaux polluées

- Séparation des processus industriels et des rejets :
 - Eaux propres
 - Eaux usées
 - Traitements internes des eaux usées pour le respect des normes de rejet
- 
- Solution of pollution is dilution ?**

Eaux à évacuer – Eaux polluées

2 Exigences générales

No	Paramètres	Colonne 1: exigences applicables au déversement dans les eaux	Colonne 2: exigences applicables au déversement dans les égouts publics
1	Valeur pH	6,5 à 9,0	6,5 à 9,0; des écarts sont autorisés si le mélange avec les autres eaux dans les égouts est suffisant.
2	Température	maximum 30° C. L'autorité peut autoriser des dépassements minimes, de courte durée, en été.	maximum 60° C. La température de l'eau dans les égouts ne dépassera pas 40° C après mélange.
3	Transparence (d'après la méthode de Snellen)	30 cm	—
4	Substances non dissoutes totales	20 mg/l	—
5	Arsenic (<i>As</i>)	0,1 mg/l As (total)	0,1 mg/l As (total)
6	Plomb (<i>Pb</i>)	0,5 mg/l Pb (total)	0,5 mg/l Pb (total)
7	Cadmium (<i>Cd</i>)	0,1 mg/l Cd (total)	0,1 mg/l Cd (total)
8	Chrome (<i>Cr</i>)	2 mg/l Cr (total); 0,1 mg/l Cr-VI	2 mg/l Cr (total)
9	Cobalt (<i>Co</i>)	0,5 mg/l Co (total)	0,5 mg/l Co (total)
10	Cuivre (<i>Cu</i>)	0,5 mg/l Cu (total)	1 mg/l Cu (total)
11	Molybdène (<i>Mo</i>)	—	1 mg/l Mo (total)
12	Nickel (<i>Ni</i>)	2 mg/l Ni (total)	2 mg/l Ni (total)
13	Zinc (<i>Zn</i>)	2 mg/l Zn (total)	2 mg/l Zn (total)
14	Cyanures (<i>CN</i>)	0,1 mg/l CN ⁻ (cyanure libre et facilement libérable)	0,5 mg/l CN ⁻ (cyanure libre et facilement libérable)
15	Hydrocarbures totaux	10 mg/l	20 mg/l
16	Hydrocarbures chlorés volatils <i>ou</i> hydrocarbures halogénés volatils	0,1 mg/l Cl <i>ou</i> 0,1 mg/l X	0,1 mg/l Cl <i>ou</i> 0,1 mg/l X

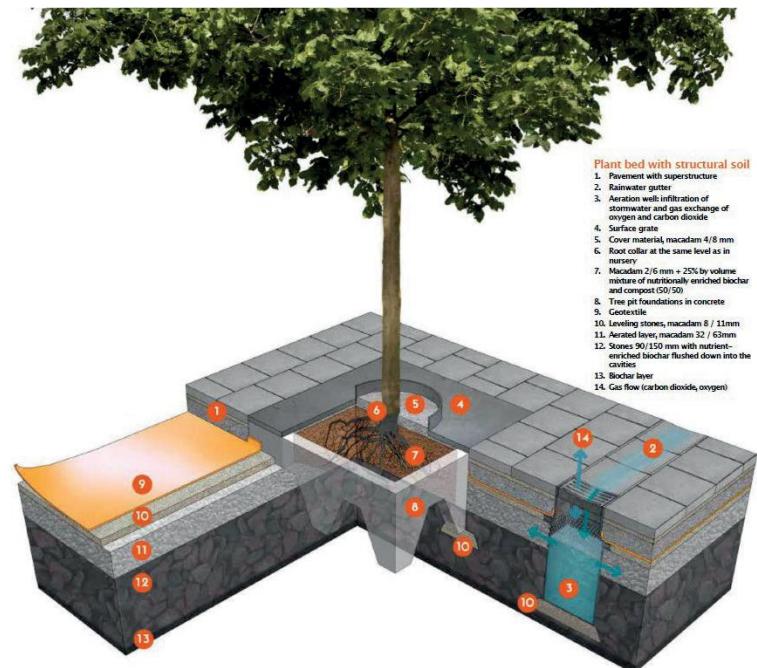
Annexe 3.2 O
Eaux polluées industrielles

Eaux à évacuer – Mesures

- En vue de l'**adaptation au changement climatique**, la pratique est en train de changer:
 - accepter l'eau dans l'espace public et lui laisser le temps
 - rendre l'eau de pluie au sol, à l'arbre et à la végétation

*Genève, démarche
Eau en Ville:
Tranchée de
Stockholm*

Source: F. Bachmann, O'Céau



Eaux à évacuer – Mesures

- L'eau de pluie
 - est une ressource, pas un déchet
 - ce n'est pas qu'une affaire de dimensionnement, ni un formulaire de plus à remplir, ni une contrainte
 - «disparaît» si on lui en laisse le temps

*Genève,
démarche Eau en
Ville:
Le «réseau vert»,
un nouveau
réseau essentiel*

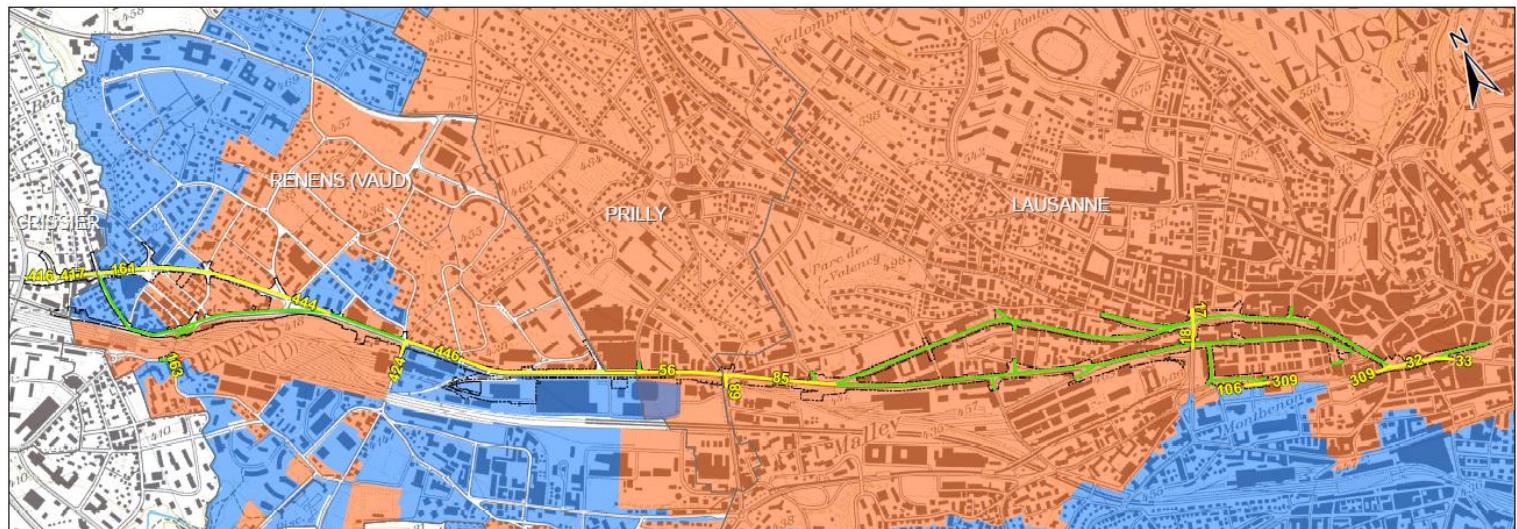
Source: F. Bachmann, O'Céau



Cas pratique AFTPU - Eaux à évacuer



Cas pratique AFTPU - Eaux à évacuer



Etat initial → synthèse des réseaux
(en rouge: unitaire; en bleu: séparatif)

Cas pratique AFTPU - Eaux à évacuer

- Eaux de ruissellement (toit, cour, voies de circulation, etc)
- Eaux polluées
 - Eaux polluées de la station de lavage des rames ;
 - Eaux polluées de la station de service (contrôle et remplissage des sablières, lavage manuel des véhicules) ;
 - Eaux polluées des ateliers spécialisés (atelier mécaniques, local huilerie, etc.) ;
 - Eaux usées provenant des sanitaires.

Eaux industrielles

Cas pratique AFTPU - Eaux à évacuer

- Le garage atelier GAT



Source: CSD INGENIEURS

Cas pratique AFTPU - Eaux à évacuer

Polluées ou pas? Cas particulier des eaux de ruissellement

- Les eaux de ruissellement qui s'écoulent des surfaces construites ou imperméabilisées sont **en règle générale** classées parmi les eaux **non polluées** si elles s'écoulent: (cf. art. 3, al. 3, OEaux)
 - a) des toits ;
 - b) des routes, des chemins et des places sur lesquels ne sont pas transvasées, traitées ni stockées des quantités considérables de substances pouvant polluer les eaux, et si, en cas d'infiltration, ces eaux sont suffisamment épurées dans le sol ; en évaluant si les quantités de substances sont considérables, on tiendra compte du risque d'accident ;
 - c) des voies ferrées, s'il est garanti à long terme que l'on renonce à y utiliser des produits phytosanitaires, ou si, en cas d'infiltration, une couche de sol biologiquement active permet une rétention et une dégradation suffisantes des produits phytosanitaires.

Cas pratique AFTPU - Eaux à évacuer

Annexe 3.3 OEaux:

- Les **eaux météoriques polluées** qui s'écoulent des surfaces bâties ou imperméabilisées = «autres eaux polluées».
- L'autorité fixe **cas par cas** les exigences applicables au déversement

➔ Nécessité de **critères d'évaluation**

- Fonction du milieu récepteur
- Fonction de la charge de trafic

Cas pratique AFTPUs - Eaux à évacuer

- La nouvelle directive VSA 2019 s'applique également aux **voies de communication**, sauf les **routes nationales** (réglées par la directive OFROU) et les **installations ferroviaires** (réglées par la directive OFT/OFEV 2014)

Weltweiter Schutzrat
Abrisuisse.ch
Gesamtverband
Hochwasser
Association suisse
des producteurs
d'eau en Suisse
Association suisse
des professionnels
de l'eau en Suisse
Suisse Bleue
AquaSwiss



GESTION DES EAUX URBAINES PAR TEMPS DE PLUIE
ENVOI COMPLET



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra
Département fédéral de l'environnement,
des transports, de l'énergie et de la communication DETEC
Office fédéral des routes OFROU

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'environnement, des transports,
de l'énergie et de la communication DETEC
Office fédéral des transports OFT
Office fédéral de l'environnement OFEV

Directive

Traitement des eaux de chaussées
routes nationales

ASTRA 18005

ASTRA OFROU USTRA UVIAS

Jullet 2014



Directive

Évacuation des eaux des installations ferroviaires

Cas pratique AFTPU - Eaux à évacuer

Évacuation des eaux pluviales

Mode d'évacuation

B2.3 E

Vérifier ce que préconisent le plan général d'évacuation des eaux (PGEE) et les autres planifications d'ordre supérieur à propos de la gestion des eaux pluviales

Vérifier s'il est possible d'éviter ou de réduire le ruissellement des eaux pluviales

Si toutes les mesures visant à réduire le ruissellement sont épuisées, examiner les priorités suivantes pour la gestion des eaux de ruissellement résiduelles

Priorité

1^{ère} INFILTRATION

2^e DEVERSEMENT EAU SUP.

3^e RACCORDEMENT RESEAU UNITAIRE

Faisabilité

faisable sur place?

Oui

Non

B2.4

faisable sur place?

Oui

B2.4

Non

Admissibilité

Examen de l'admissibilité simplifié pour les eaux de ruissellement

non admissible

admissible avec traitement

admissible

Compilation des mesures

DA

admissible

Examen de l'admissibilité simplifié pour les eaux de ruissellement

non admissible

admissible avec traitement/rétention

admissible

Compilation des mesures

DA

admissible

Analyse de la qualité des eaux requise?

B2.5.3

Analyse de la qualité des eaux

G

Contrôle des performances

B2.7

Vérification des mesures selon STORM requise?

B2.5.4

Comparaison des variantes

B2.6

Vérification des mesures selon STORM (comprend la comparaison des variantes)

S

Vérification des conditions de raccordement avec les autorités compétentes notamment:

- capacité hydraulique des canalisations
- nécessité d'un prétraitement des eaux de ruissellement de surfaces très polluées

B6

Légende:

XX9.9.9

Renvoi au chapitre 9.9.9 du module XX.

Les abbreviations des modules (XX) sont indiquées dans le chapitre 1.5

Source: VSA

Infiltration

Inscription de l'installation dans le cadastre des installations d'infiltration

Déversement dans une eau superficielle

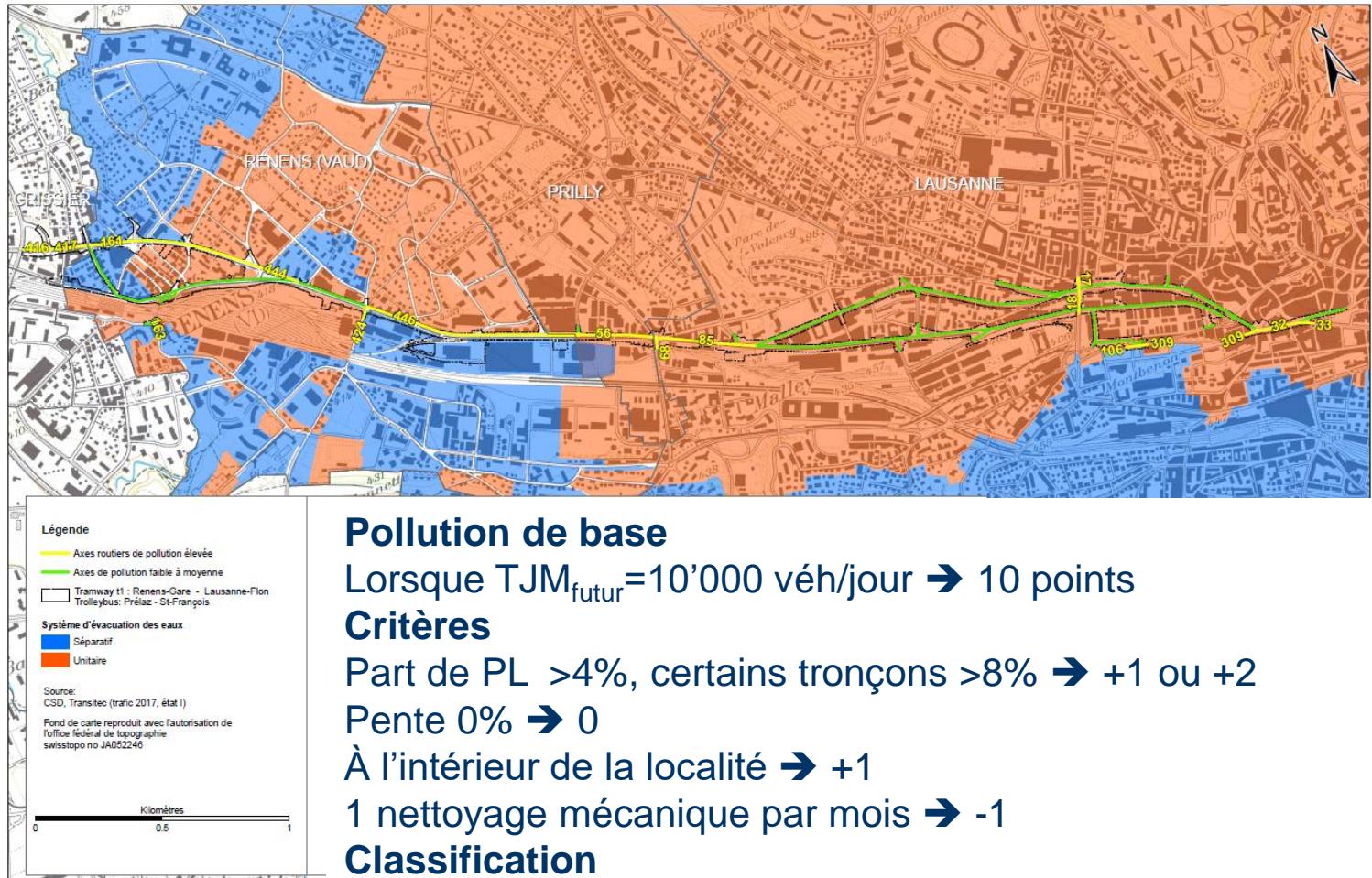
Raccordement à une canalisation unitaire

102

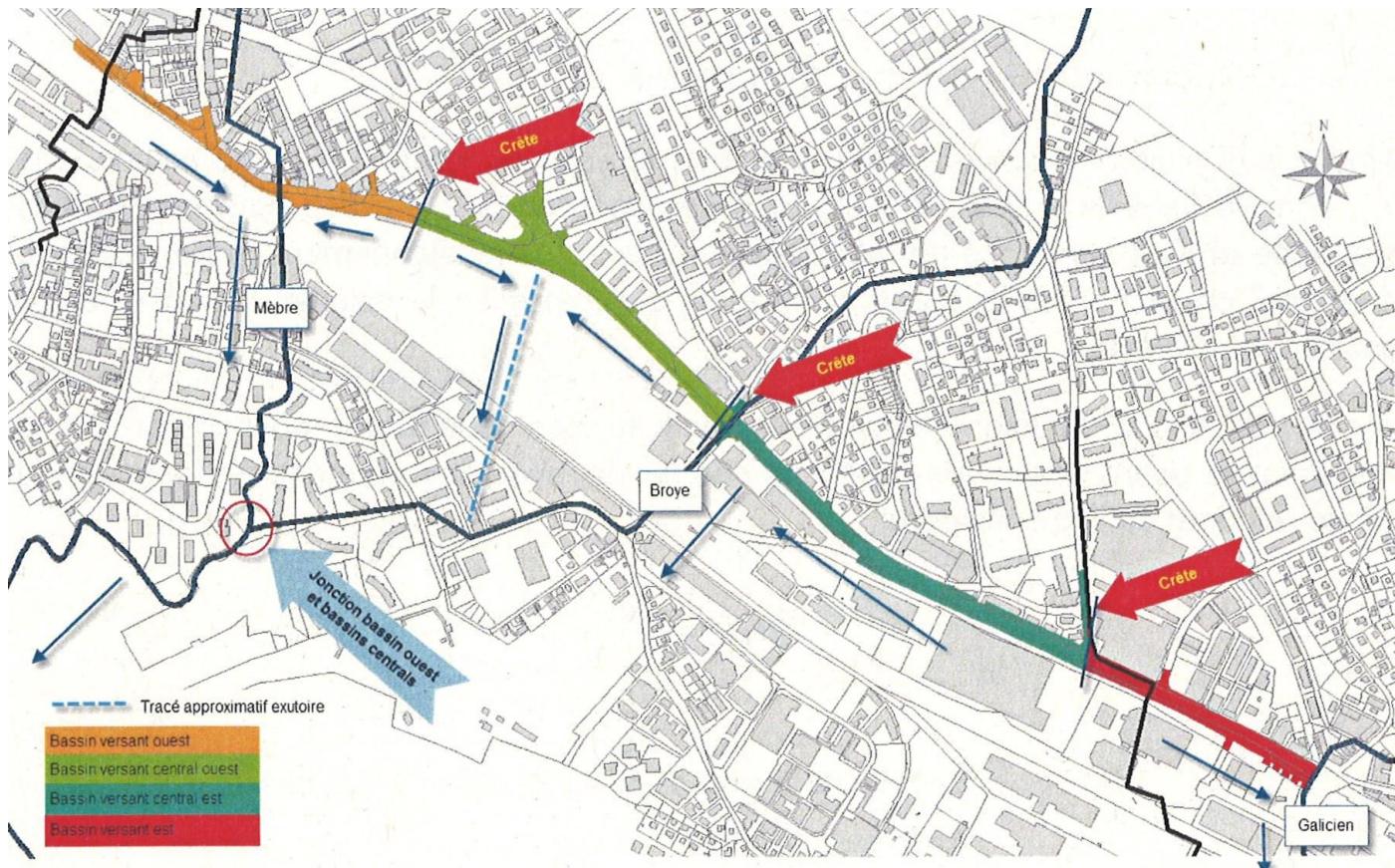
Cas pratique AFTP - Eaux à évacuer

Classification	Somme des points	Classe de pollution
Pour les routes, le nombre de points de pollution est traduit par les classes de pollution suivantes	<5 points 5–14 points >14 points	faible moyenne élevée
Pollution des eaux de ruissellement de chaussées		
Se compose des éléments suivants	Pollution de base + \sum (PP critères)	Points de pollution [PP]
1. Pollution de base	Points de pollution (PP)	Remarques
Fréquence du trafic	Pollution de base = $TJM/1000$	Pour l'horizon de planification (TJM = trafic journalier moyen)
2. Critères	Points de pollution (PP)	Remarques
Part de trafic lourd	1 pour part 4–8% 2 pour part >8%	Pour l'horizon de planification
Pente	1, si pente >8%	Pour l'horizon de planification
Tronçon de route à l'intérieur d'une localité	1	
Nettoyage des routes	Nombre de nettoyages mécaniques par mois	

Cas pratique AFTPU - Eaux à évacuer



Cas pratique AFTPU - Eaux à évacuer



Aspects quantitatifs → Définition des bassins versants et des bassins de rétentions pour garantir un débit max. de 20 l/s/ha:
3 m³ pour la Mèbre, 70 m³ pour le Galicien

Source: CSD INGENIEURS

Cas pratique AFTPU - Eaux à évacuer

- Infiltration **pas faisable** sur place
- 2^e priorité: déversement dans une eau superficielle
- Admissibilité à calculer f (classe de pollution)
→ niveau d'exigence de l'installation de traitement

Cas pratique AFTPU - Eaux à évacuer

Admissibilité du déversement

Déversement dans des eaux superficielles – charge en polluants (traitement)								
Type de milieu récepteur	Quotient de déversement spécifique $V_s = V \cdot f_G$ selon tab. B12	Type de surface à drainer						
		Toitures et façades		Places et surfaces de circulation				
Classe de pollution des eaux de ruissellement								
		selon tableau B6		selon tableaux B7+B8				
		faible	moyenne	élevée	faible	moyenne	élevée	
Cours d'eau	$V_s > 1$	+	+	B_{standard}	+	+	B_{standard}^1	
	$V_s \leq 1$	+	+	$B_{\text{élevé}}$	+	B_{standard}^2	$B_{\text{élevé}}$	
Eaux stagnantes	non défini	+	+	B_{standard}	+	+	B_{standard}	

Legende

+	Déversement admissible
B_{standard}	Déversement admissible avec traitement dans une installation du niveau d'exigences «standard» ou «élevé»
$B_{\text{élevé}}$	Déversement admissible avec traitement dans une installation du niveau d'exigences «élevé»

Cas pratique AFTPU - Eaux à évacuer

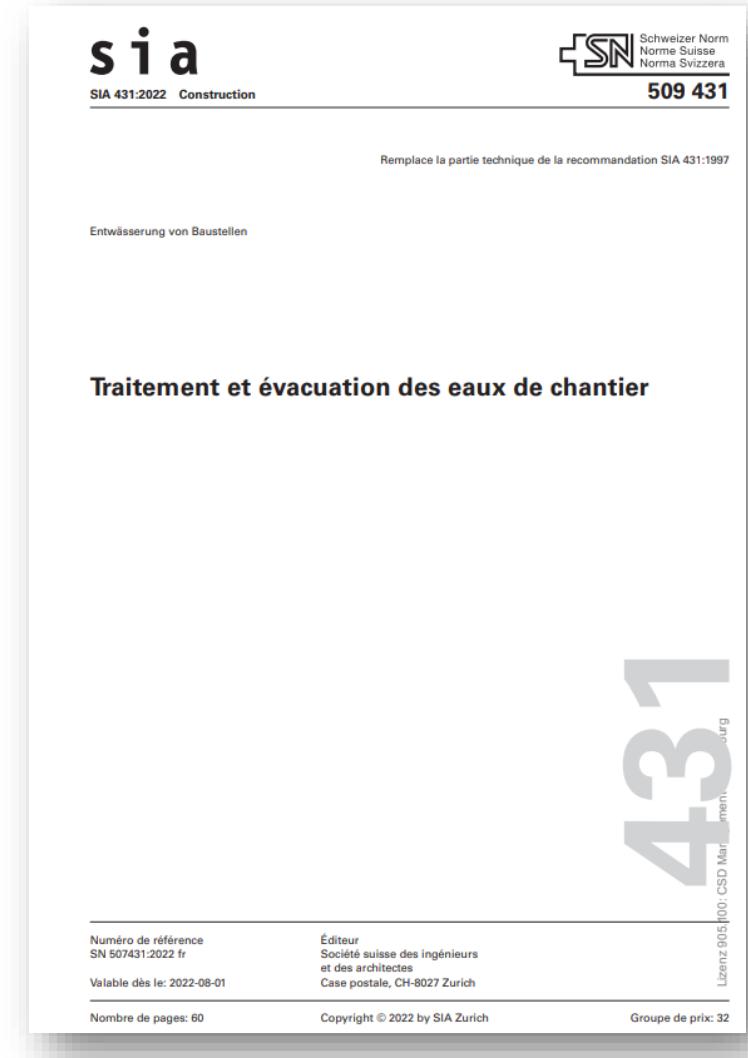
Mesures

1. Rétention des eaux
2. Traitement des eaux de chaussées polluées
dans installation du niveau d'exigence standard
3. Validation par le SESA de l'installation de
traitement des eaux industrielles du GAT

Cas pratique AFTPU - Eaux à évacuer

Chantier

- Application de la norme SIA 431 *Treatment et évacuation et des eaux de chantier* et des éventuelles directives cantonales (par ex. VD: DCPE 872 – Gestion des eaux et des déchets de chantier)
- Etablir une procédure d'alarme et de secours en cas de déversement accidentel



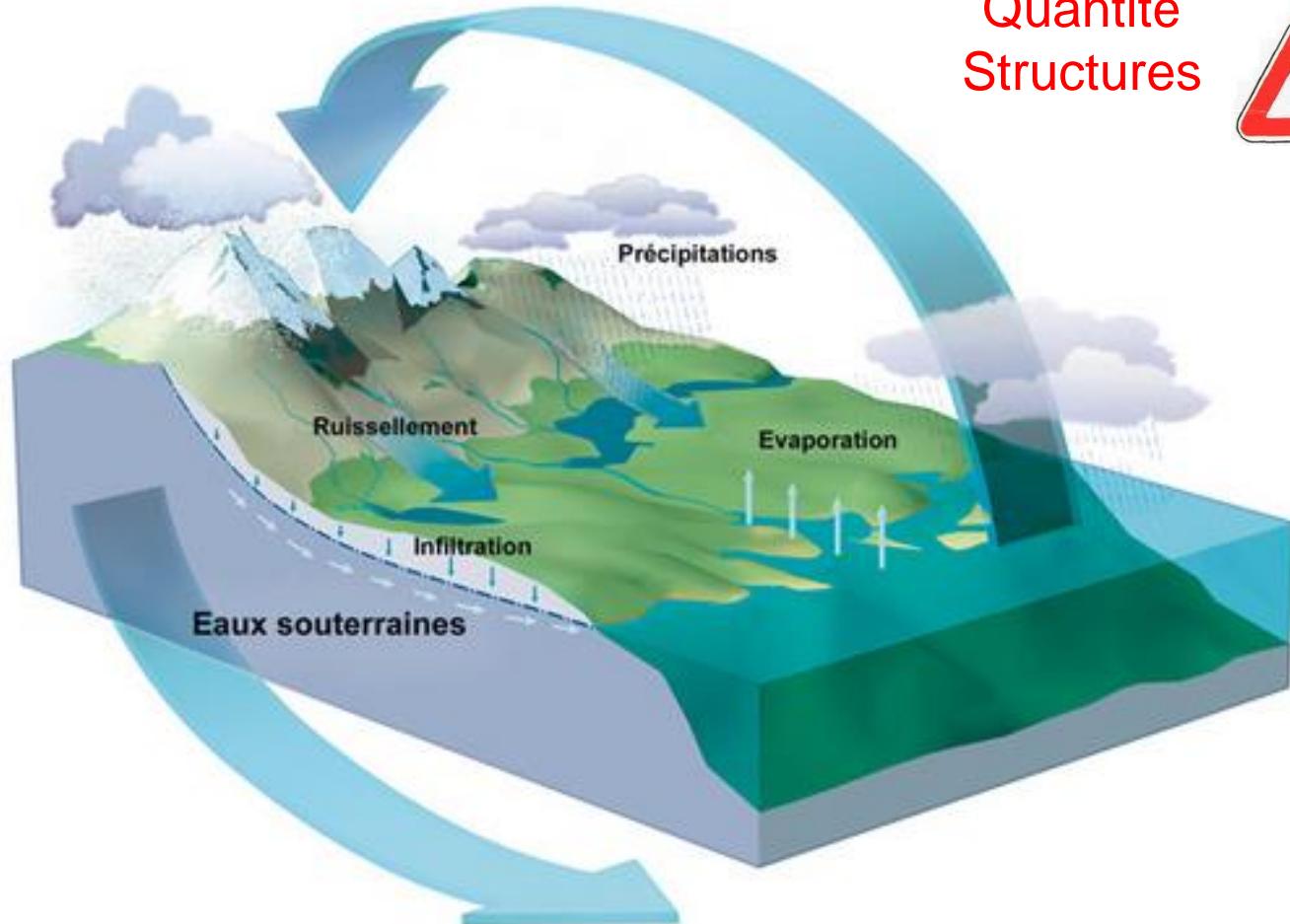
Protection des eaux - Plan du cours

- 1. Introduction**
- 2. Bases légales**
- 3. Eaux souterraines**
- 4. Eaux de surface et écosystèmes aquatiques**
- 5. Eaux à évacuer**
- 6. Synthèse**

Protection des eaux - Synthèse

Vision globale de l'impact sur les eaux

Qualité
Quantité
Structures



Eaux souterraines - Synthèse

1. Secteur/zone de protection
2. Projet conforme?
3. Impact sur les écoulements souterrains
4. Impact sur la qualité des eaux
5. Mesures à intégrer au projet

Eaux de surface - Synthèse

1. Eaux superficielles à proximité ?
2. Valeur, qualité de ces eaux, problèmes ?
3. Impact quantitatif/qualitatif sur les eaux
4. Mesures à intégrer au projet

Eaux à évacuer - Synthèse

1. Sources et qualité des eaux à évacuer
2. Milieux récepteurs → Capacité ? Etat?
3. Eaux à évacuer polluées ou pas?
4. Infiltration des eaux non polluées
5. Déversement des eaux polluées: application annexe 3 OEaux
6. Mesures (rétention, traitement, «eau en ville») à intégrer au projet

Merci de votre attention

