



TURBINAGE DES EAUX USÉES – POTENTIEL ET EXEMPLES

AQUAPRO 2018, SÉMINAIRE ARPEA 7.2.2018

Irene Samora, Dr. Ing. génie civil EPFL

www.bg-21.com

■ INGENIOUS SOLUTIONS

INTRODUCTION

Le traitement des eaux usées est un processus qui consomme beaucoup d'énergie.

Actuellement, en Suisse, les STEP font partie des plus grands consommateurs d'électricité.

Aujourd'hui, plusieurs types de génération d'énergie sont connus dans les STEP. L'énergie produite peut être consommée localement ou être injectée dans le réseau.

INTRODUCTION

Le turbinage des eaux usées présente plusieurs avantages:

- **Impact environnemental négligeable**
- **Synergie d'infrastructures**
- **Pas besoin de dériver des cours d'eau ou d'inonder des surfaces**
- **Les débits sont en général bien documentés**
- **La production d'énergie est ajustée à la courbe de consommation**

En temps sec, des hauts et petits débits dans la STEP correspondent à hauts et faibles besoins énergétiques de la STEP.



Quand on a besoin de plus d'énergie, il y a effectivement plus de production.

INTRODUCTION

L'objectif primordial du système est le drainage des eaux usées vers la STEP, leur traitement et retour au milieu naturel.

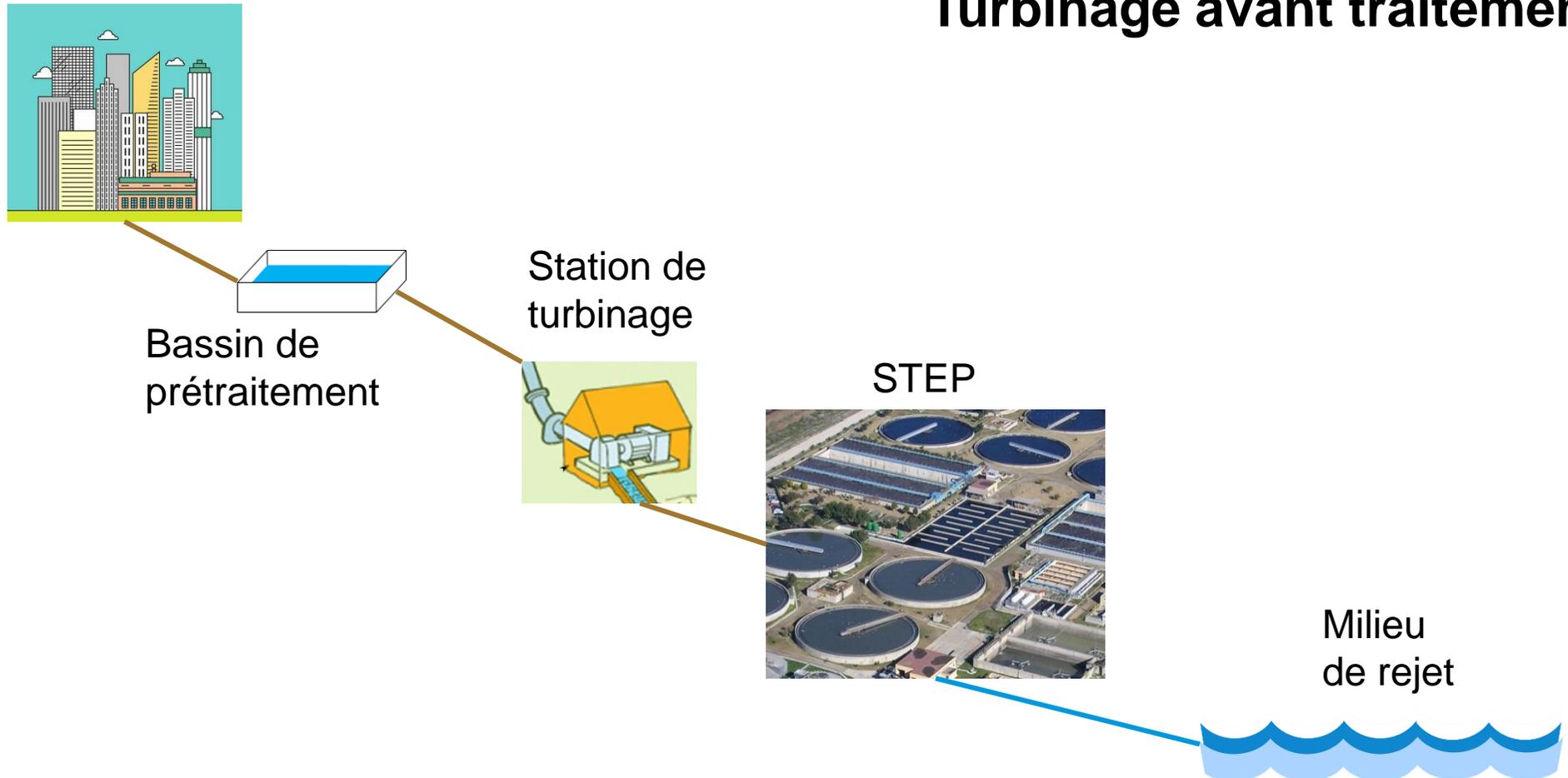


Cet objectif doit être garanti sans perte de fiabilité et en cherchant un optimum économique.

Implications: by-pass; transport de débits supérieurs au maximum admis par la turbine;

LE TURBINAGE DES EAUX USÉES

Turbinage avant traitement



LE TURBINAGE DES EAUX USÉES

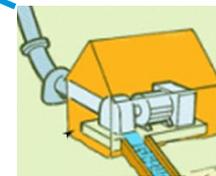
Turbinage après traitement



STEP



Station de
turbinage

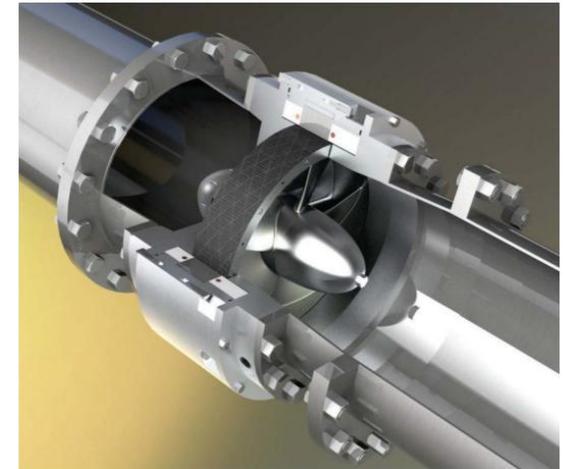
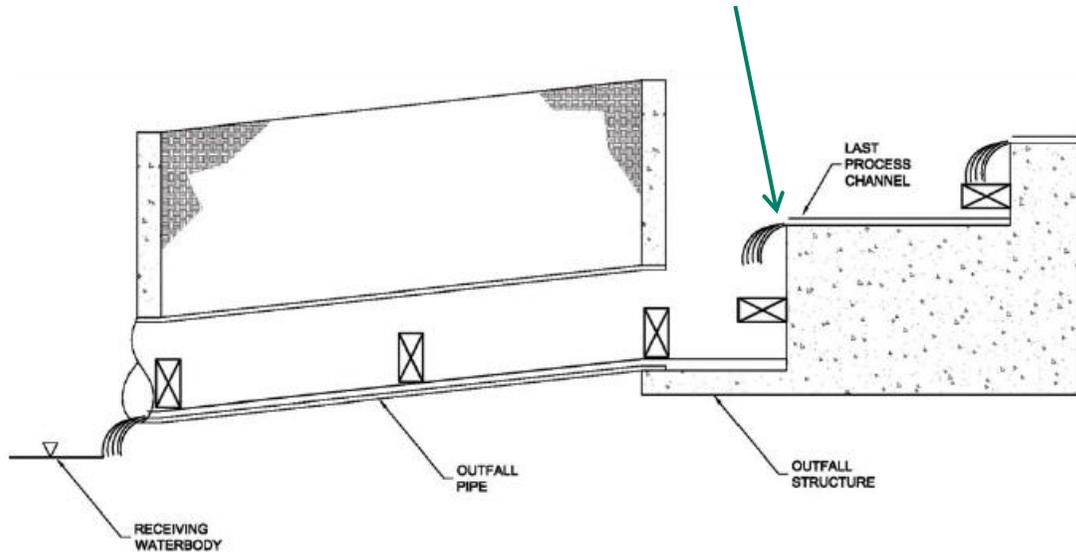


Milieu
de rejet



LE TURBINAGE DES EAUX USÉES

Turbinage dans le dernier élément de la STEP



Cette solution est possible seulement: avec une **micro-turbine**; existence de **chute ou vitesse** suffisante; et pas d'impact dans le processus de la STEP.

C'est une solution encore dans le domaine de la recherche.

source: NYSERDA, 2011. "Hydropower from Wastewater" Final Report, No. 12-04, New York.

QUELQUES EXEMPLES EN SUISSE ET DANS LE MONDE

En Suisse (inventaire non exhaustif)

Nom de la station	Canton	Type d'opération	Équipement	Puissance installée (kW)	Chute (m)	Débit (m ³ /s)
Aïre, Genève	GE	Après traitement	Kaplan	200	5	3.2
Engelberg	OW	Après traitement	Pelton	50	54.4	0.16
Grächen	VS	Après traitement	Pelton	262	365	0.09
L'Asse, Nyon	VD	Après traitement	Pompe inversée	220	94.25	0.293
La Douve I, Leysin	VD	Après traitement	Pelton	430	545	0.08
La Douve II, Leysin	VD	Après traitement	Pelton	75	83	0.108
Terre-Sainte	VD	Après traitement	Pelton		90	
Morgental	SG	Après traitement	Pelton	1350	190	0.84
Profay, Le Châble	VS	Avant traitement	Pelton	350	449	0.1
La Saunerie, Colombier	NE	Après traitement	Steffturbine	12	4	4

QUELQUES EXEMPLES EN SUISSE ET DANS LE MONDE

En Suisse



Équipement	Puissance installée (kW)	Chute (m)	Débit (m ³ /s)
Kaplan	200	5	3.2
Pelton	50	54.4	0.16
Pelton	262	365	0.09
Pompe inversée	220	94.25	0.293
Pelton	430	545	0.08
Pelton	75	83	0.108
Pelton		90	
Pelton	1350	190	0.84
Pelton	350	449	0.1
Steffturbine	12	4	4

QUELQUES EXEMPLES EN SUISSE ET DANS LE MONDE

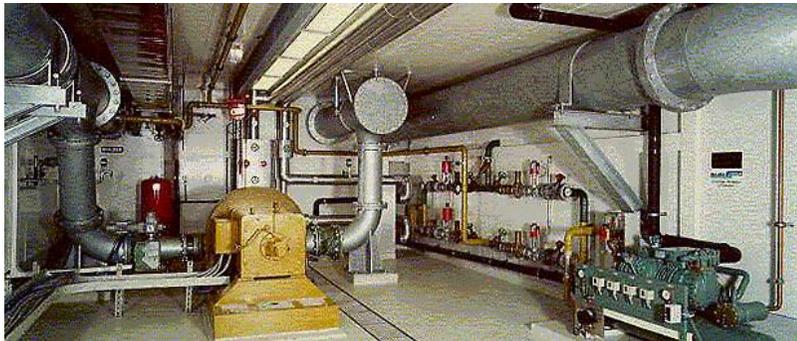
En Suisse



Équipement	Puissance installée (kW)	Chute (m)	Débit (m ³ /s)
Kaplan	200	5	3.2
Pelton	50	54.4	0.16
Pelton	262	365	0.09
Pompe inversée	220	94.25	0.293
Pelton	430	545	0.08
Pelton	75	83	0.108
Pelton		90	
Pelton	1350	190	0.84
Pelton	350	449	0.1
Steffturbine	12	4	4

QUELQUES EXEMPLES EN SUISSE ET DANS LE MONDE

En Suisse



Équipement	Puissance installée (kW)	Chute (m)	Débit (m ³ /s)
Kaplan	200	5	3.2
Pelton	50	54.4	0.16
Pelton	262	365	0.09
Pompe inversée	220	94.25	0.293
Pelton	430	545	0.08
Pelton	75	83	0.108
Pelton		90	
Pelton	1350	190	0.84
Pelton	350	449	0.1
Steffturbine	12	4	4

QUELQUES EXEMPLES EN SUISSE ET DANS LE MONDE

En Suisse



Équipement	Puissance installée (kW)	Chute (m)	Débit (m ³ /s)
Kaplan	200	5	3.2
Pelton	50	54.4	0.16
Pelton	262	365	0.09
Pompe inversée	220	94.25	0.293
Pelton	430	545	0.08
Pelton	75	83	0.108
Pelton		90	
Pelton	1350	190	0.84
Pelton	350	449	0.1
Steffturbine	12	4	4

QUELQUES EXEMPLES EN SUISSE ET DANS LE MONDE

Elshot, Royaume-Uni



2 vis d'Archimède de 2.6 m de diamètre en série, chacun avec plus de 20 tonnes.

Débit de 2.7 m³/s et chute de 10 m.
180 kW de puissance totale installée.



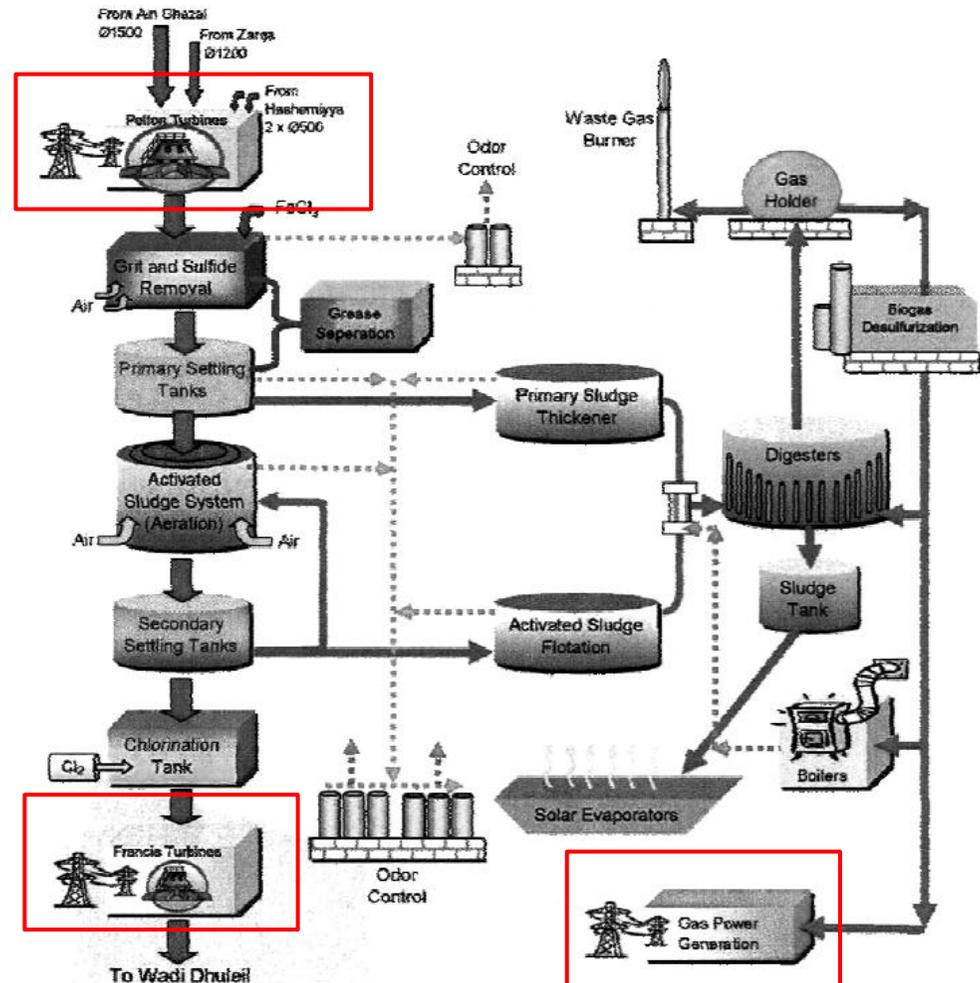
source: <https://www.buildingservicesindex.co.uk/entry/106652/Spaans-Babcock/Hydropower-screw-generator-Esholt-WwTW/#>

QUELQUES EXEMPLES EN SUISSE ET DANS LE MONDE

As Samra, Jordanie

2 turbines Pelton 1.7 MW
+
2 turbines Francis 2.5 MW
+
Biogaz 9.5 MW
=
Total 13.7 MW

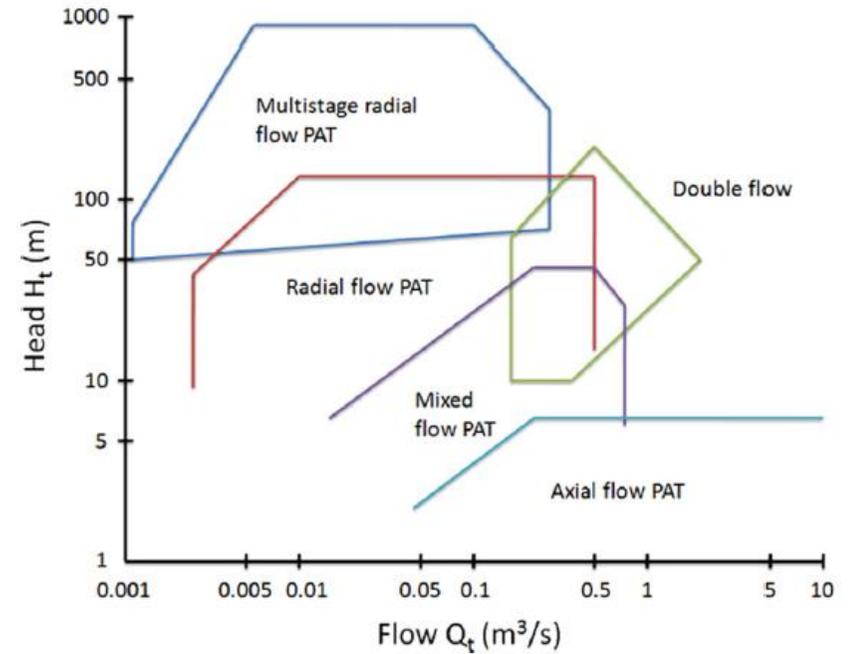
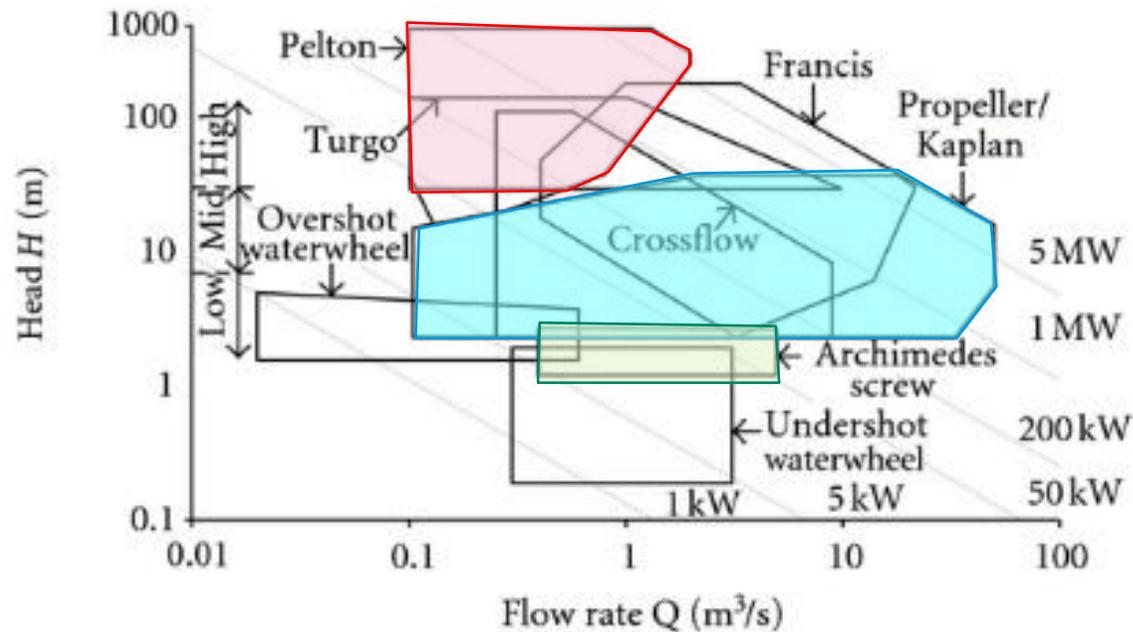
Ce serait la "1^{ère} STEP à être auto-suffisante du point de vue de l'énergie"



Source: I. Myszograj, O. Qteishat. Operate of As-Samra Wastewater Treatment Plant in Jordan and Suitability for Water Reuse. in Inżynieria i Ochrona Środowiska, 2011, t. 14, nr 1, s. 29-40

LES TECHNOLOGIES

$$P = \eta g Q H$$



et d'autres turbines de développement plus récent

LES TECHNOLOGIES

$$P = \eta g Q H$$



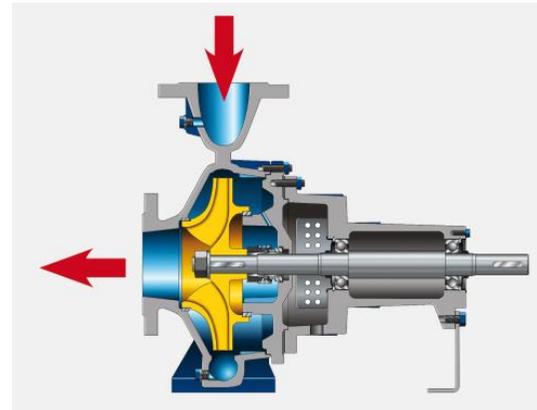
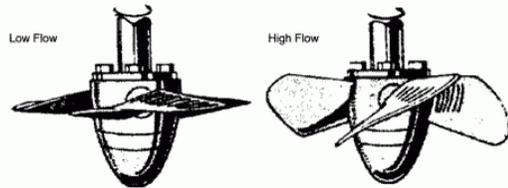
Turbine	Comportement face à la variabilité des débits	Investissement
Pelton	Très bonne	Élevé
Kaplan	Très bonne	Élevé
Pompe inversée	Généralement mauvais	Faible
Vis d'Archimède	Bonne	Moyen

Connaître les courbes de débits classés est essentiel à l'optimisation du choix et dimensionnement de la turbine → prise en compte des variations journalières, variations saisonnières et évolutions attendues dans le futur. Des relations entre débit annuel moyen et débit de dimensionnement sont difficiles à généraliser.

LE POTENTIEL EN SUISSE

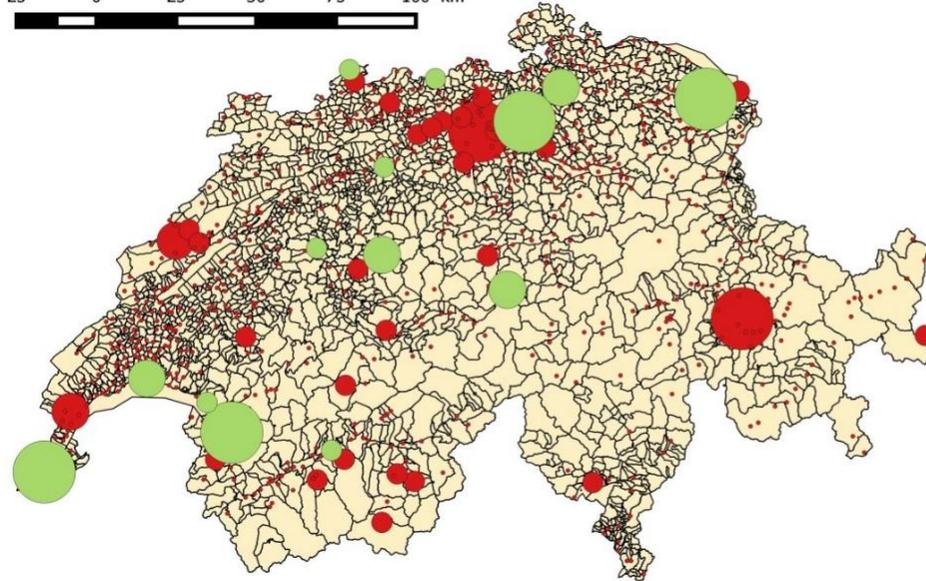
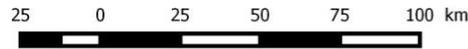
Une étude de potentiel a été faite pour la Suisse dans le cadre d'un projet de Master à l'EPFL.

source: Bousquet, C. (2015). Évaluation du potentiel hydroélectrique des eaux usées en Suisse. Lausanne: EPFL



LE POTENTIEL EN SUISSE

Source: C. Bousquet, I. Almeida Samora, P. Manso, L. Rossi, P. Heller and A. Schleiss. Assessment of hydropower potential in wastewater systems and application to Switzerland. in Renewable Energy, vol. 113, p. 64-73, 2017



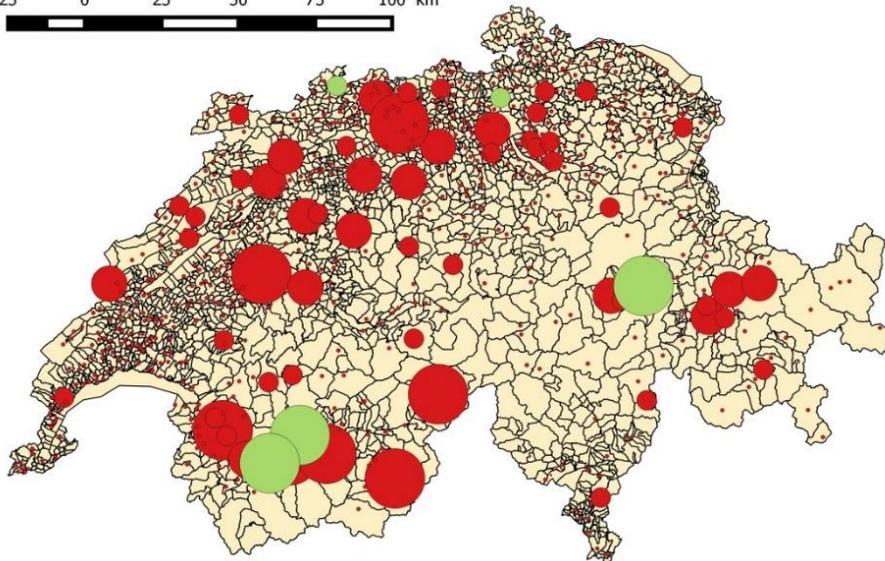
Legend

Energy potential

- > 500 MWh/yr
- 200-500 MWh/yr
- 50-200 MWh/yr
- < 50 MWh/yr

- Communes
- Site profitability
- Not profitable
- Profitable

Turbinage avant traitement



Legend

Energy potential

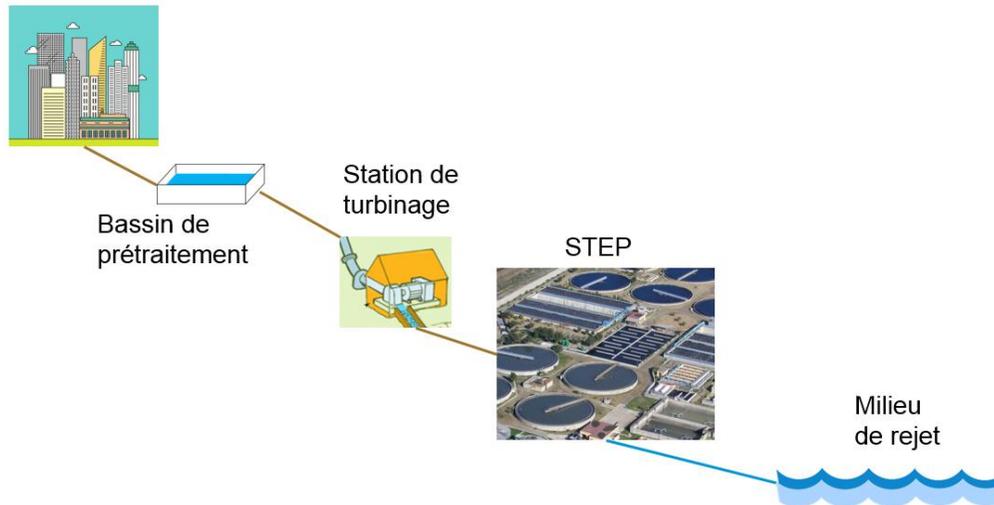
- > 500 MWh/yr
- 200-500 MWh/yr
- 50-200 MWh/yr
- < 50 MWh/yr

- Communes
- Site profitability
- Not profitable
- Profitable

Turbinage après traitement

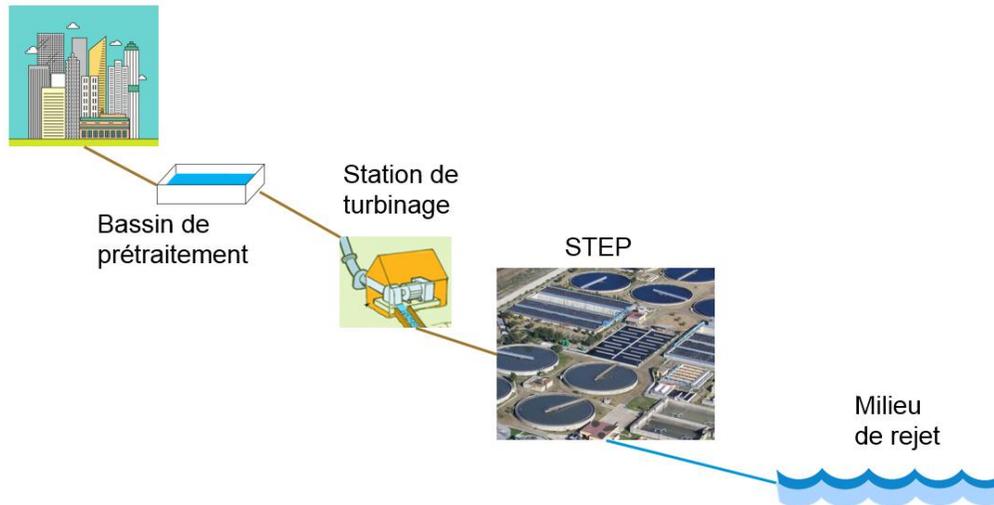
TURBINAGE AVANT TRAITEMENT

Des difficultés



- Un bassin de prétraitement est nécessaire et peut avoir un coût important.
 - Dégrilleur et dessableur pour graviers, pierres et sable, à régler selon la sensibilité de la turbine choisie à l'abrasion. Connaître le réseau en amont et sa proportion de séparatif et unitaire donne des informations sur la présence des sables.

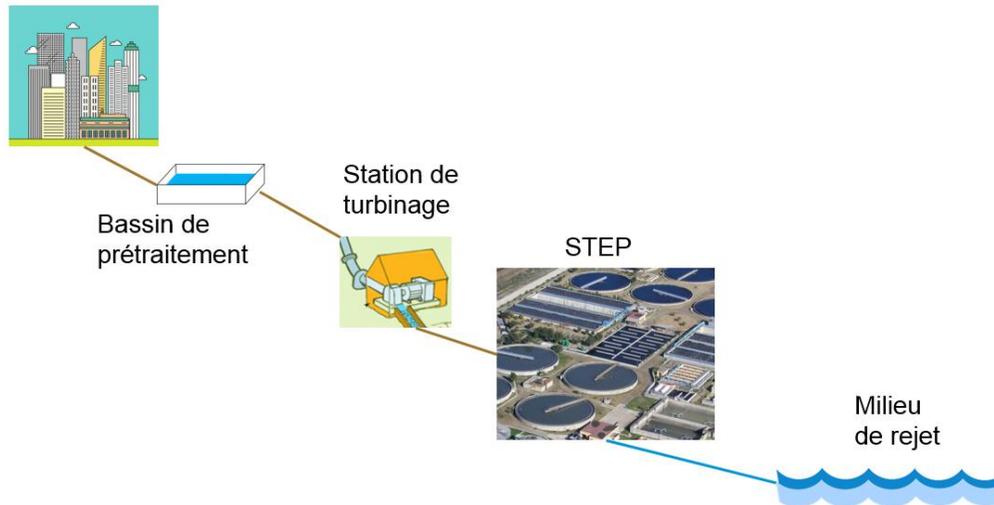
TURBINAGE AVANT TRAITEMENT



Des difficultés

- Pelton: l'injecteur est très sensible à l'abrasion par des sables et limite le passage des particules plus grossières; les pales peuvent être endommagées par l'impact des particules plus grossières et abrasées par les plus fines.
 D_{\max} à Profay \rightarrow 6 mm
- Pompes inversées: des pompes existent actuellement qui laissent passer des gros diamètres (souvent en pénalisant le rendement)
- Vis d'Archimède: haute résistance à l'abrasion

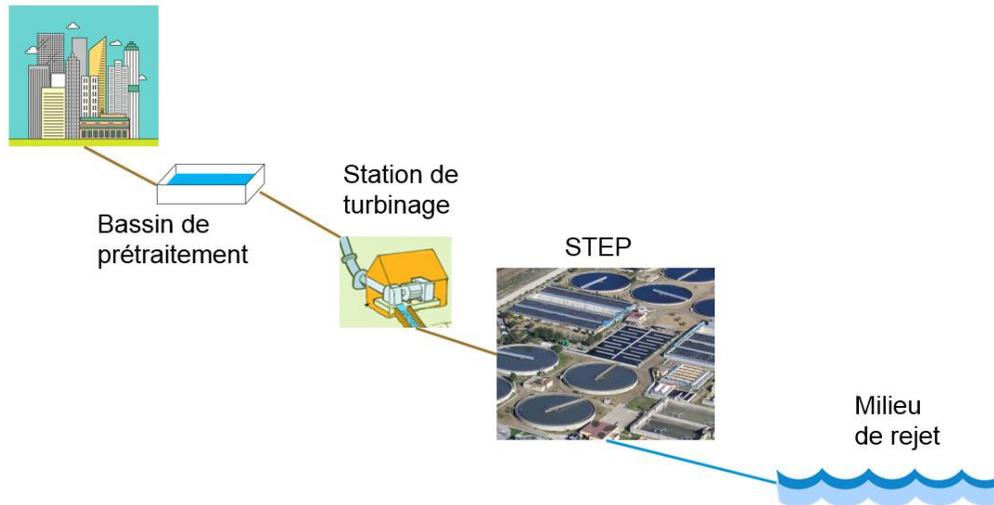
TURBINAGE AVANT TRAITEMENT



Des difficultés

- Malgré le bassin de prétraitement, cette configuration implique une maintenance/entretien importante de la turbine
 - Éléments fibreux, exigent un nettoyage
 - Abrasion par des granulométries pas filtrées
 - Présence d'éléments corrosifs

TURBINAGE AVANT TRAITEMENT

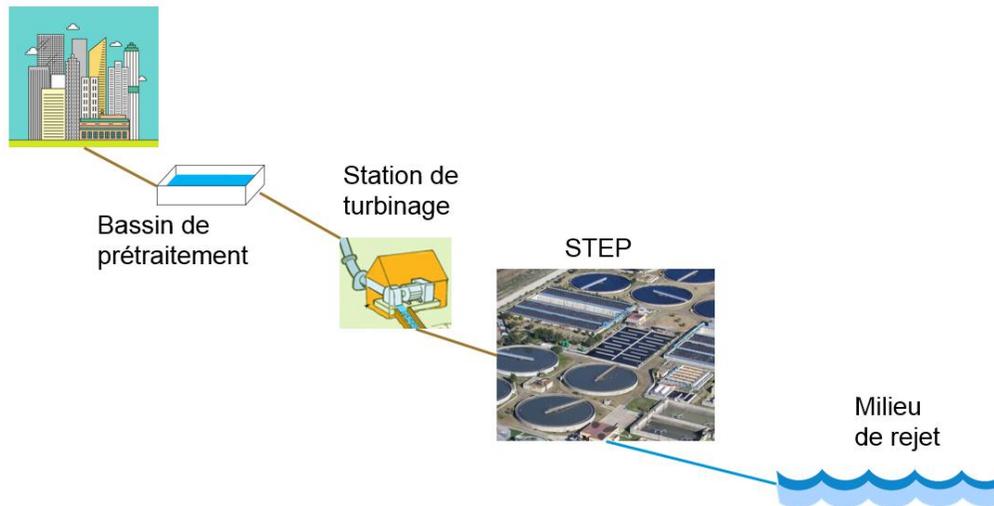


Des difficultés

- Les pics de débit suite a des tempêtes ajoutent des difficultés pour le dimensionnement de la turbine et impliquent des conduites de by-pass
- Déposition de matériaux dans la conduite

TURBINAGE AVANT TRAITEMENT

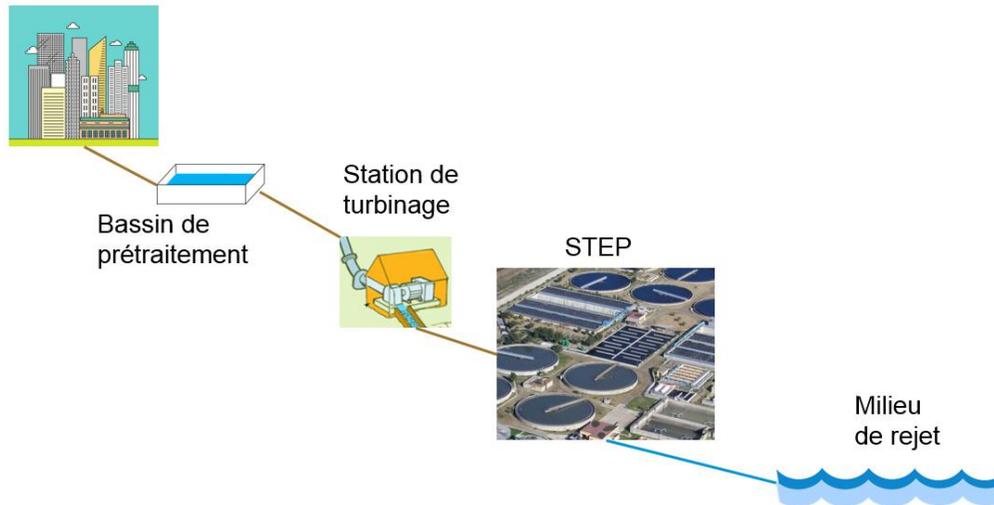
Des solutions



- Les communes de montagne et stations de ski.
- Groupement de communes.
- Trouver l'emplacement de ce bassin est le principal élément de dimensionnement, il conditionne le débit collecté et la chute vers la turbine.

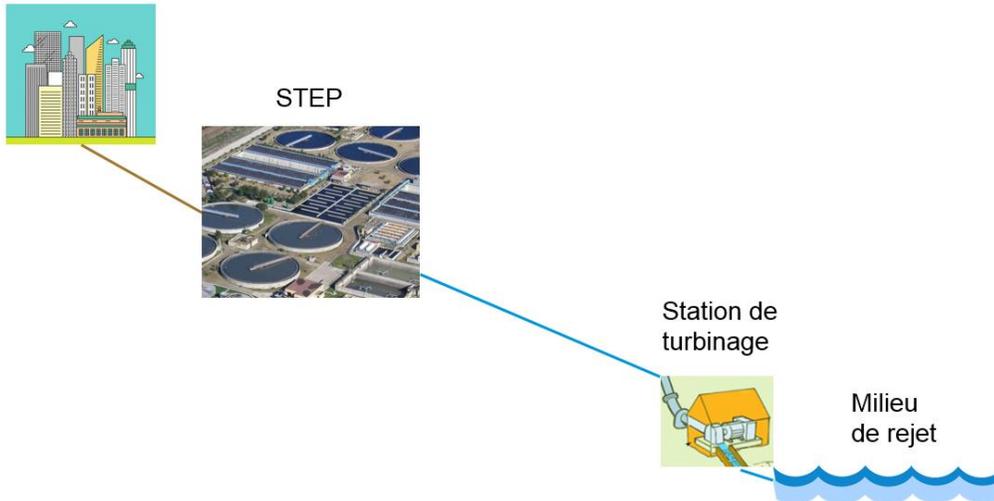
TURBINAGE AVANT TRAITEMENT

Des solutions



- Optimiser le choix de la turbine.
- Éviter des obstacles (coudes, déflecteurs)
- Faciliter l'accès à la machine pour maintenance.
- Placer des diamètres plus grands pour prendre en compte la déposition à l'intérieur des conduites

TURBINAGE APRÈS TRAITEMENT

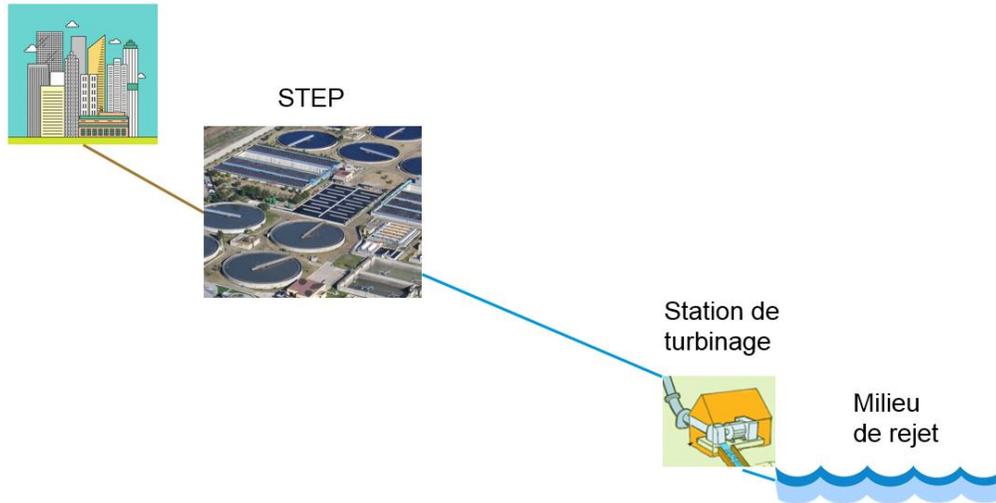


Des difficultés

- Les STEP sont souvent placées à proximité ou à des cotes proches du milieu de rejet. Ainsi, un débit élevé est nécessaire pour compenser les petites chutes.

TURBINAGE APRÈS TRAITEMENT

Des solutions



- Les situations de très haut débits. Groupement de communes.
- Les emplacements avec un dénivelé entre la STEP et le point de rejet
- La possibilité de déplacer le point de rejet à une cote inférieure peut faire gagner de la chute

CONCLUSION

Le turbinage des eaux usées profite d'une connaissance mature de la force hydraulique et des synergies avec les structures nécessaires au fonctionnement de STEP.

Des solutions existent pour du turbinage avant et après traitement.

Des opportunités existent dans les choix de turbine, dans le groupement des communes et exploitation des dénivelés.

Merci pour votre attention!

irene.samora@bg-21.com