

Récupération de chaleur dans les eaux usées

Etude du potentiel sur un bassin versant genevois

7 février 2018

Jad Khoury

Services Industriels de Genève (SIG)



1. Niveaux et techniques de récupération sur les eaux usées

2. Récupération d'énergie dans les réseaux d'eaux usées

- Etude de cas Cité-Jonction

- Etude de cas des Minoteries

3. Récupération d'énergie en sortie de STEP

- Exemple de la STEP d'Aïre

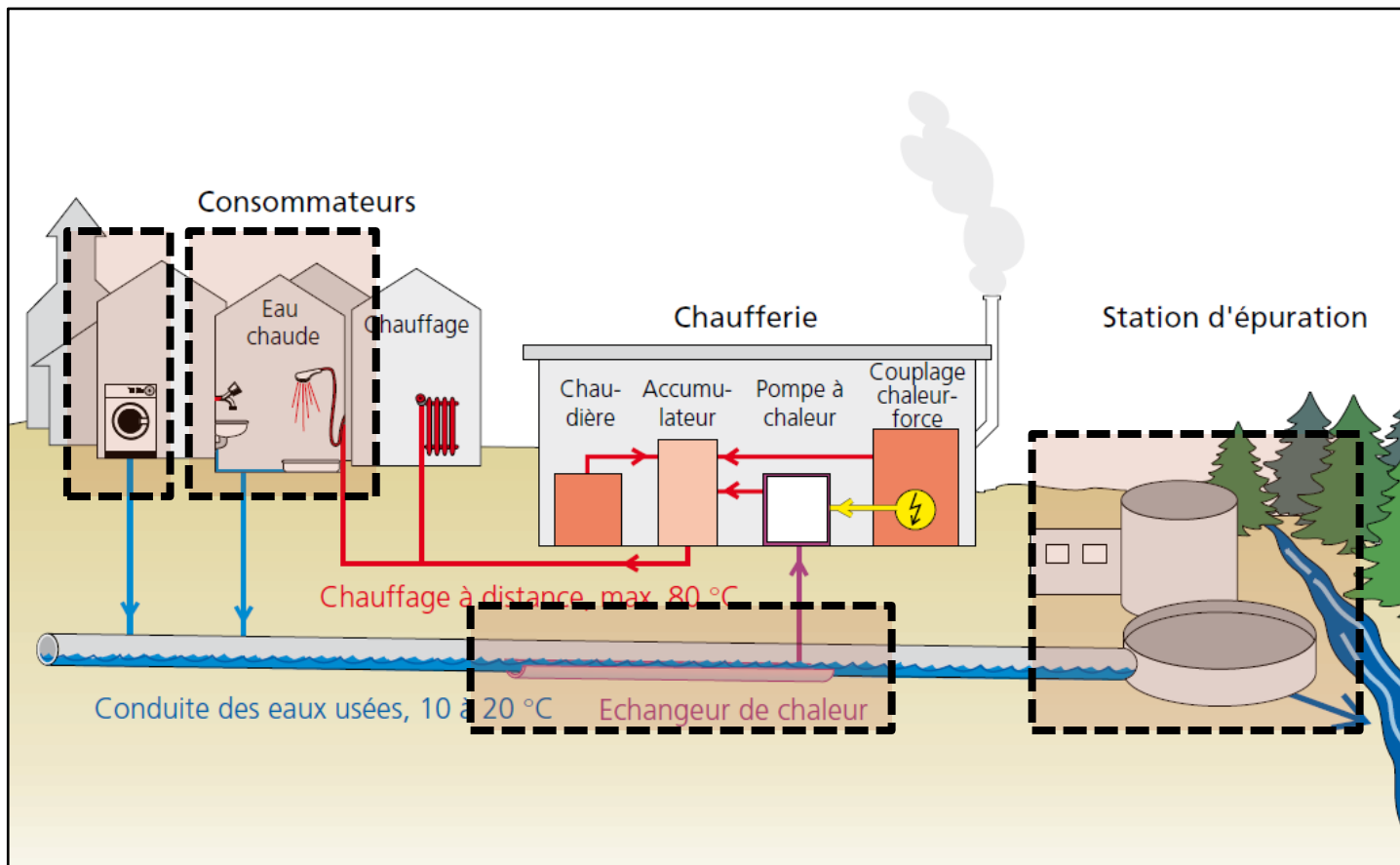


Niveaux et techniques de récupération

1

Niveaux et techniques de récupération

Les eaux usées dont les T° varient durant l'année entre 13 et 23°C recèlent une importante quantité d'énergie directement jetée dans les égouts



La récupération de la chaleur peut se faire à plusieurs niveaux:

- dans le bâtiment
- en sortie de bâtiment
- dans la conduite d'eaux usées
- en sortie de STEP

Différents types:

- Eaux grises domestiques
- Eaux usées brutes
- Eaux usées épurées

Niveaux et techniques de récupération

Quelques exemples



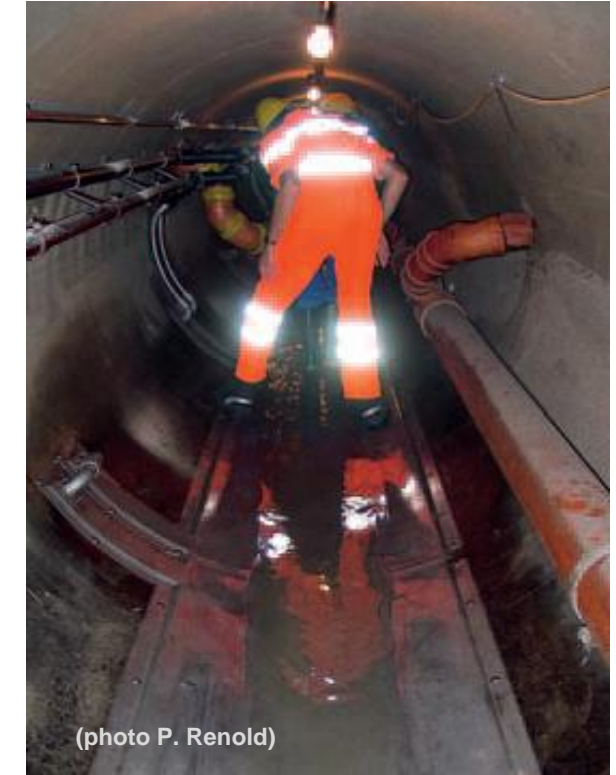
La douche à récupération de chaleur JOULIA-Inline



Système GFX Drain Water Heat Recovery System (DWHRS)



Systèmes de récupération FEKA, HUBER ThermWin, ...



Système de récupération RABTHERM
(photo P. Renold)

Valorisation directe

Valorisation via une PAC

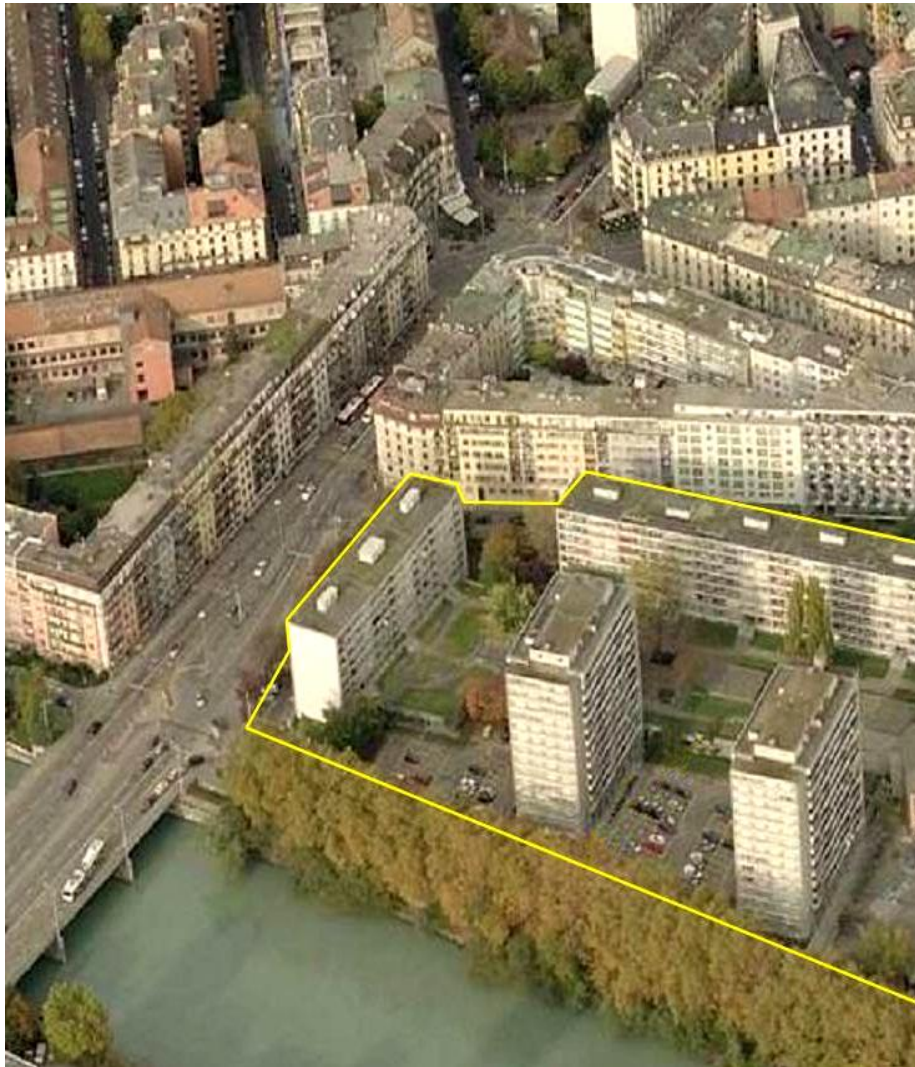


Valorisation dans les conduites d'eaux usées

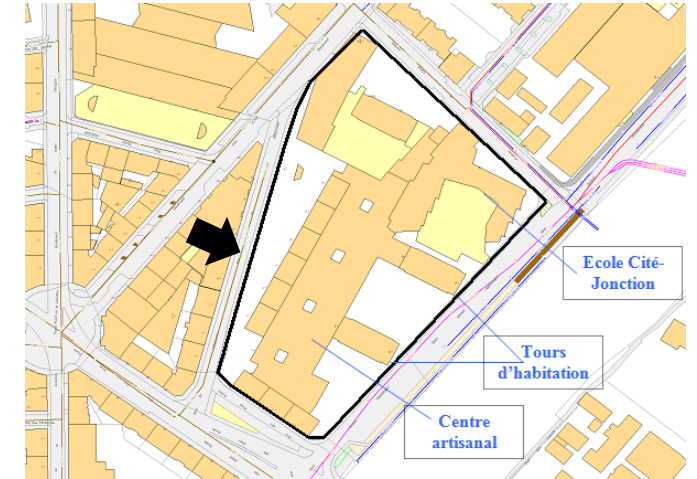
2

Rénovation de la Cité-Jonction (GE)

Présentation du projet



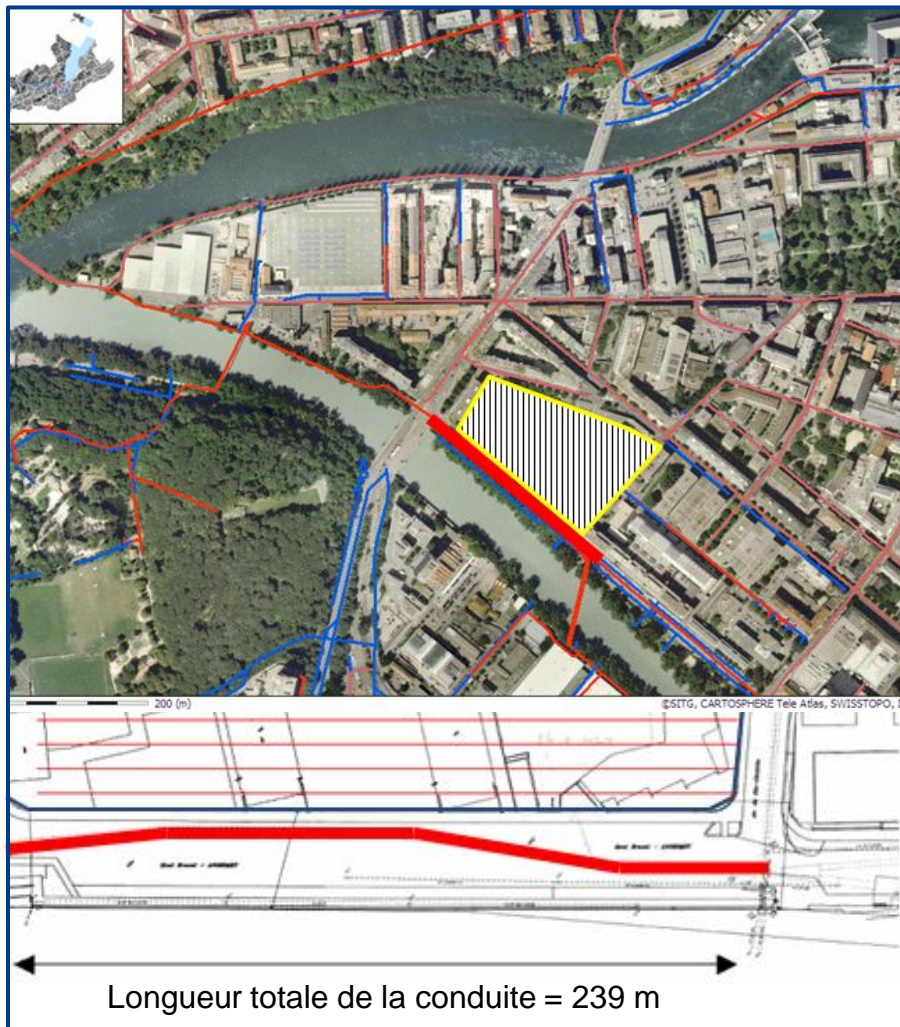
UNIGE (Khoury, 2009) <https://archive-ouverte.unige.ch/unige:55670>



- ▣ Ensemble résidentiel 60', appartenant à la Ville de Genève
- ▣ 8 bâtiments situés dans le quartier de la Jonction (GE)
- ▣ SRE = 57'000 m²
- ▣ Chaufferie centralisée de 9MW (800'000 l.maz/an; 133 kWh/m²)
- ▣ Projet de rénovation complète de l'enveloppe et de la production de chaleur, 2008-2009
- ▣ Etude d'opportunité pour récupérer la chaleur dans le réseau d'EU (collaboration SIG, UNIGE et VdG - Service de l'énergie)

Rénovation de la Cité-Jonction (GE)

Caractéristiques physiques du réseau



- Collecteur primaire
- Diamètre de 2.5 m
- Ecoulement par gravité
- Distance à la STEP = 3.5 km
- Débit moy. ~ 40'000 m³/j
- Temp. moy. entre 17 et 23°C

Check-list

- ✓ Bâtiments HPE – THPE (faible nivT°)
- ✓ P thermique >200kW (>60 ap.)
- ✓ Proximité d'une canalisation exploitable
- ✓ Diamètre de conduite > 80 cm et tracé rectiligne
- ✓ Débit moyen en temps sec > 15 l/s
- ? Potentiel impact sur la STEP

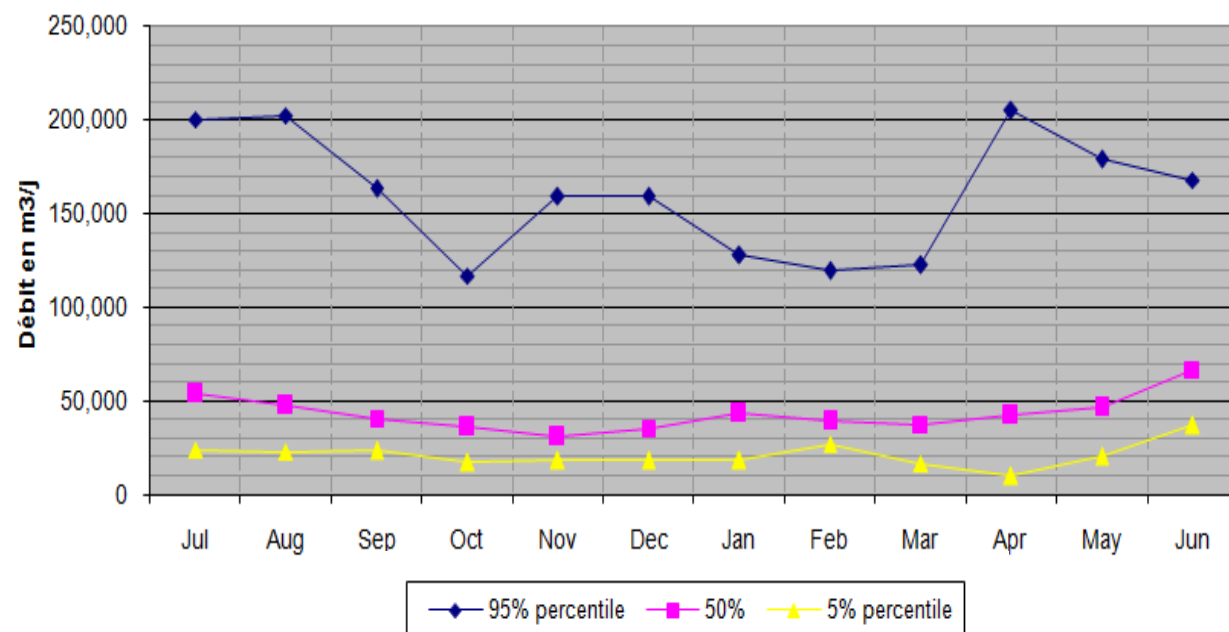
Réseau d'eaux usées dans le quartier de la Jonction

Rénovation de la Cité-Jonction (GE)

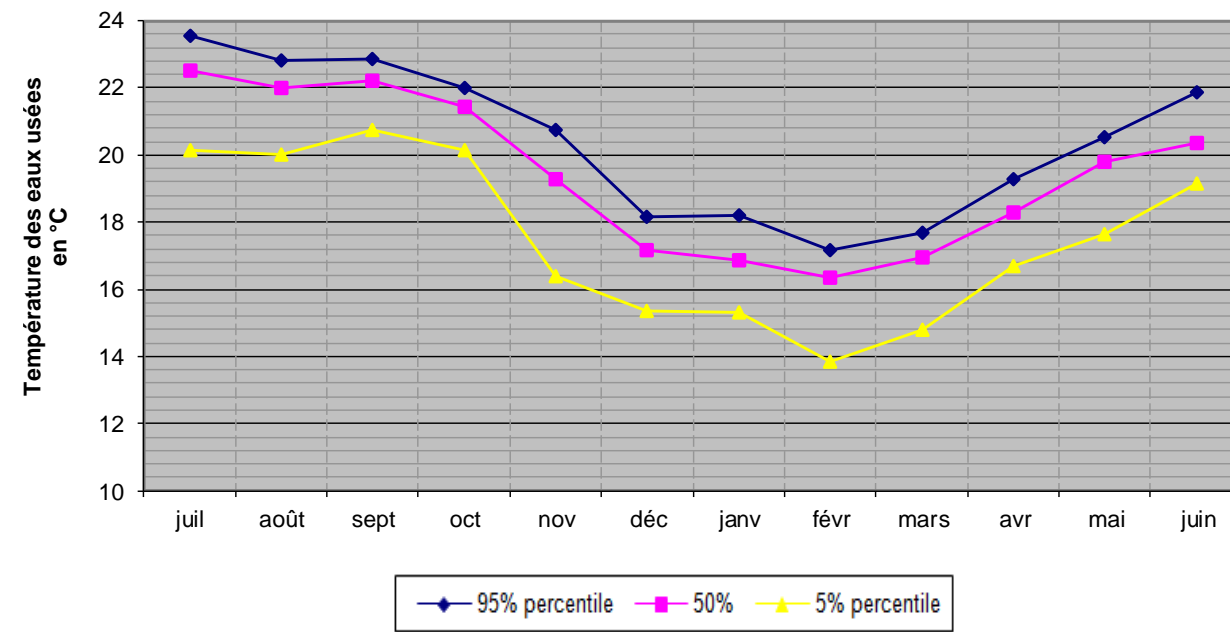
Caractéristiques de la ressource



Distribution des **débits** des effluents
(extrapolés sur une année)



Distribution des **températures** des effluents
(extrapolées sur une année)



☑ Avec une T° moyenne oscillant durant l'année **entre 17 et 23°C** et un débit moyen journalier en hiver de l'ordre de **40'000 m3/j**, les eaux usées à la Jonction constituent une source d'énergie renouvelable intéressante à valoriser en milieu urbain.

Paramètres influençant le potentiel de récupération de la chaleur dans les réseaux



Composition: eaux noires / eaux grises

Quantité et temp.d'eau froide consommée

Quantité et temp.d'eau chaude consommée

Facteur d'encrassement



Température du milieu (profondeur de la canalisation)

Quantité et température d'eau de pluie infiltrée dans le réseau

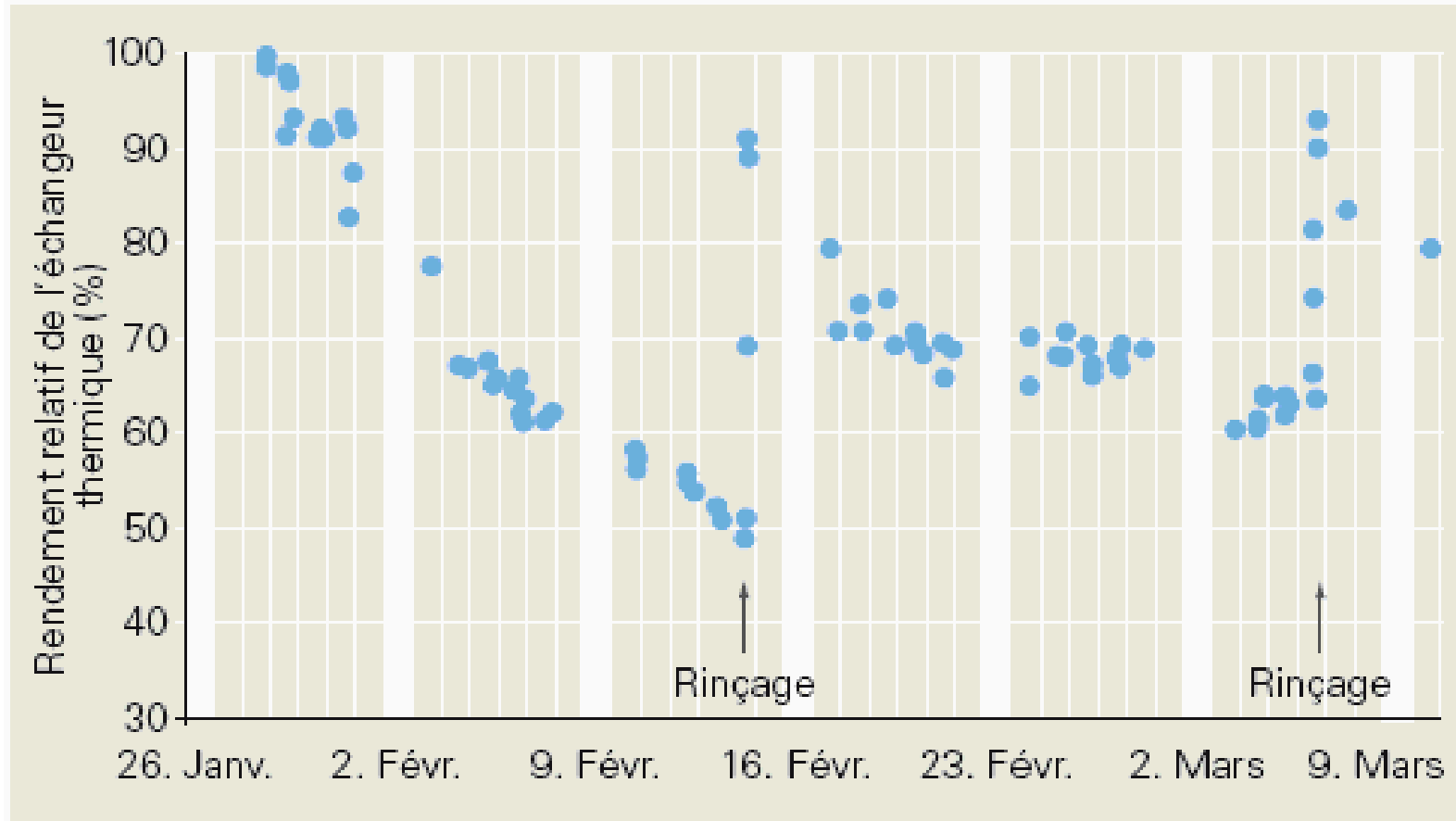
Facteur anthropogène : Exploitation de la step, et la stap.

Surface d'échange, ...

qui influencent le potentiel de récupération

Développement de biofilm

Contrainte spécifique aux eaux usées brutes



Evolution dans le temps du rendement de l'échangeur sous l'effet du développement du biofilm (source: Eawag News 60f/Juillet 2006)

- ❑ Au bout d'une certaine durée de fonctionnement, la surface d'échange est recouverte d'un **film d'encrassement**.
- ❑ Réduction de l'efficacité de l'échange thermique → double conséquence technique et économique
 - Surdimensionner l'échangeur pour assurer le bon fonctionnement de la PAC
 - Procéder au nettoyage et entretien régulier

Principaux résultats de l'étude

- ☒ Par rapport aux besoins en chaleur du projet, **la ressource est suffisante** et le **réseau est bien positionné**.
- ☒ La partie la plus **critique** est l'extraction de la chaleur grâce à un échangeur intégré.
- ☒ Pour la **PAC**, nous préconisons un dimensionnement faible, environ **25%** de la puissance nominale de la chaufferie (**~ 300 kW**), permettant de couvrir **près des 2/3 de la chaleur**.
- ☒ Avec cette limite, la PAC devrait tourner entre **3'500 et 4'000h** à pleine puissance. Le complément est assuré par une chaudière à gaz.
- ☒ **Les contraintes sur le refroidissement des rejets parvenant à la STEP** (limitée à 0.5K et à une $T^{\circ} > 10^{\circ}\text{C}$) laissent une marge plus que suffisante, et **sont respectées dans ce projet même dans les moments les plus critiques**.
- ☒ En revanche, si **plusieurs installations** de récupération de la chaleur sont conçues sur le même réseau alors la diminution des températures **pourrait être mesurable**.

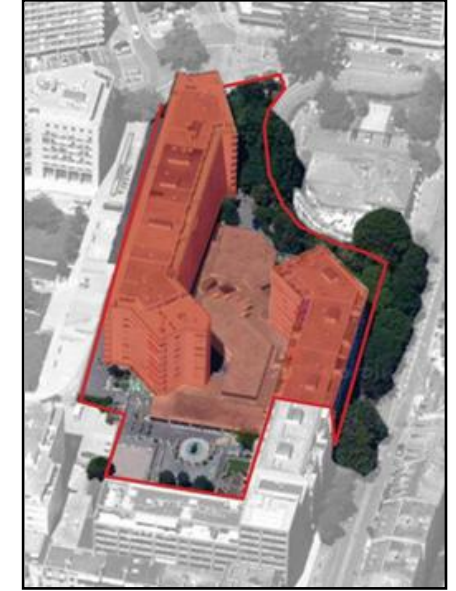
→ Ce concept énergétique a été finalement réalisé sur une autre étude de cas

Rénovation de l'Ensemble des Minoteries-Carouge (GE)

Présentation du projet



© Itten & Brechbühl



- ▣ Ensemble résidentiel 60', (7 immeubles) appartenant à la Ville de Genève
- ▣ Chaufferie centralisée au mazout (Conso: 490'000 l.maz/an, IDC = 159 kWh/m²)
- ▣ Projet de rénovation complète de l'enveloppe et de la production de chaleur
- ▣ Concept énergétique: PAC sur eaux usées du réseau + Compensation de 100% des besoins en électricité de la PAC sur le site
- ▣ Solution 100% renouvelable – zéro émission

Source

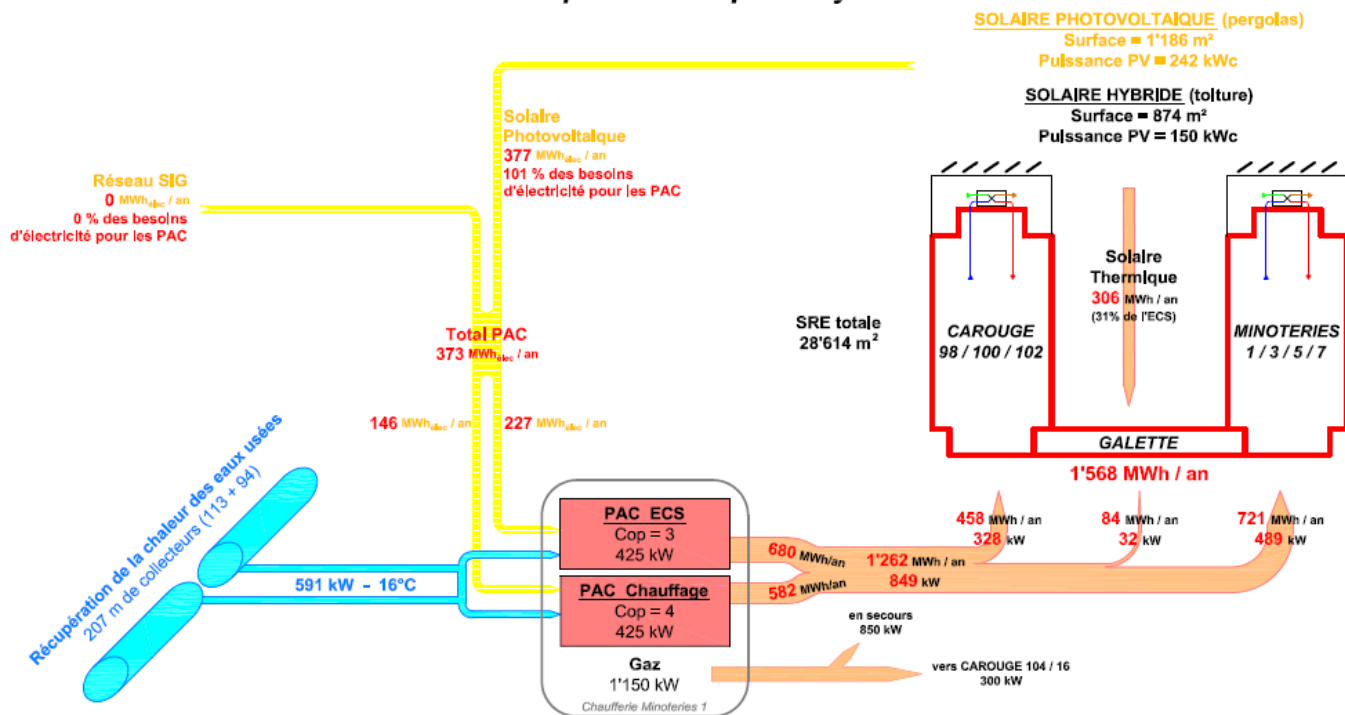


Rénovation de l'Ensemble des Minoteries-Carouge (GE)

Performances attendues



LES MINOTERIES BILAN ENERGETIQUE APRES TRAVAUX variante solaire photovoltaïque et hybride

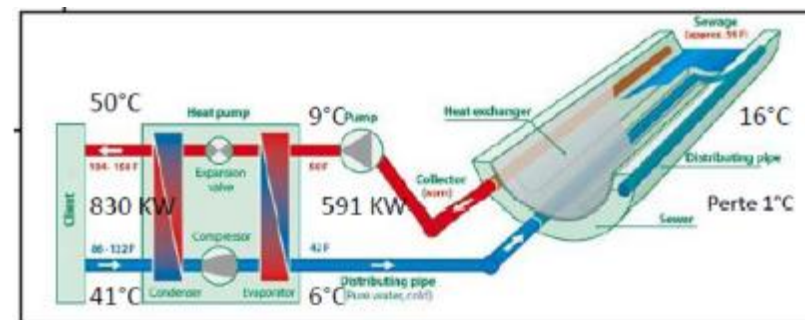
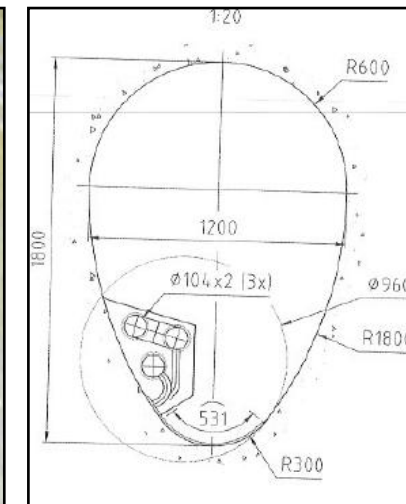


CHAUFFAGE
Besoins de chaleur totaux - Q_{ch} = 582 MWh / an
Besoins de chaleur totaux - Q_{ch} = 73 MJ / m².an
Puissance totale - P_{ch} = 430 kW

PRODUCTION ECS
Besoins de chaleur totaux - Q_{esc} = 986 MWh / an
Besoins de chaleur totaux - Q_{esc} = 124 MJ / m².an
Puissance totale - P_{esc} = 420 kW

TOTAL CHAUFFAGE + PRODUCTION ECS
Besoins de chaleur totaux - Q_{tot} = 1'568 MWh / an
Besoins de chaleur totaux - Q_{tot} = 197 MJ / m².an
Puissance totale - P_{tot} = 850 kW

**INDICE DE DÉPENSE D'ÉNERGIES NON ISSUES DU SITE
POUR LA PRODUCTION DE CHALEUR**
0 MJ_{élec} / m².an



Source





Valorisation en sortie de STEP

3

Valorisation de la chaleur des eaux épurées en sortie de la STEP d'Aïre (GE)



La STEP d'Aïre



2'000 litres

d'eaux usées pénètrent chaque seconde dans la station

+ de 80%

des eaux usées de la région genevoise traitées à Aïre

1'100

échantillons d'eau prélevés chaque année

30'000

paramètres analysés en laboratoire

Potentiel de valorisation de la chaleur des eaux épurées

Caractéristiques des eaux épurées

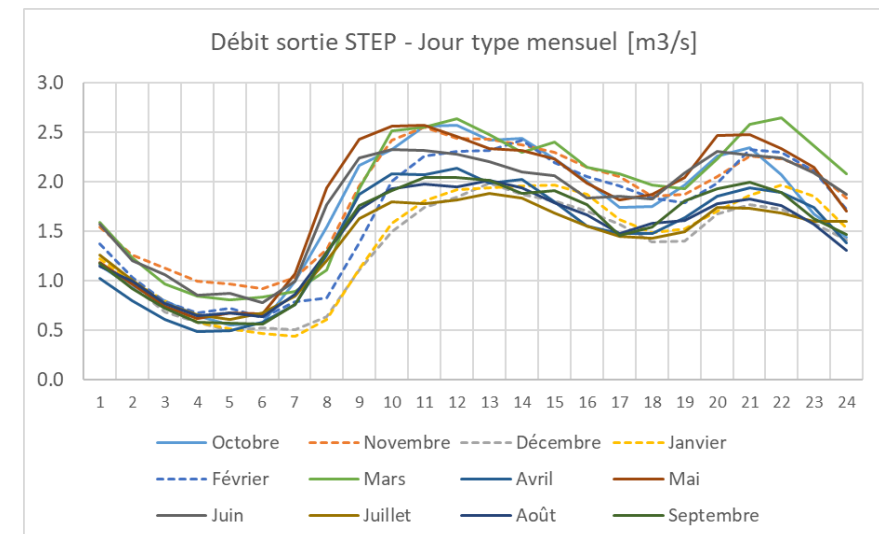
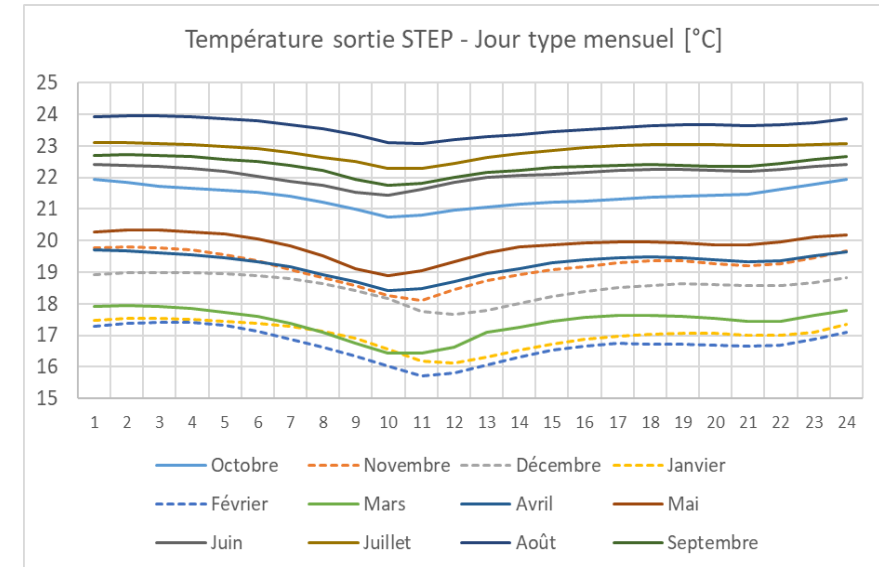
- Température annuelle moyenne = 20°C
- Débit annuel moyen = 1.67 m³/s

Variation annuelle

- les **températures** sont globalement plus basses en hiver (16 à 20°C) qu'en été (20 à 24°C), avec un abaissement observé en matinée.
- les **débits** les plus faibles ont lieu essentiellement pendant la nuit.

Gisement important d'énergie

- Gisement **mobilisable** estimé à ≈ 300-400 GWh/an
- Pas de contrainte liée au développement du biofilm



Contraintes et avantages de valorisation de la chaleur des eaux épurées



☒ Demande thermique en aval

- Un réseau thermique conséquent doit être développé pour pouvoir consommer cette énergie
→ raccordement possible au réseau CADIOM et/ou CAD Rive Gauche en développement.
- Preneurs de chaleur: Bâtiments existants + quartiers en développement à Bernex, GP Cherpines, ...

☒ Grosses Pompes à chaleur

- 5 à 30 MW électrique selon les scénarios → Electricité moyenne/haute tension

☒ Aspects environnementaux

- Pas d'impacts sur le fonctionnement des STEP
- Diminution du rejet thermique dans le Rhône
- Bénéfique en terme de CO₂

☒ Plus globalement,

- le succès de la mise en place de ces projets nécessite d'élaborer une planification énergétique territoriale et d'intégrer en amont les différents acteurs et porteurs d'enjeux impliqués.



Merci
