

formation continue universitaire

Valorisation de la géothermie :

Le rôle clé des réseaux de chaleur

**Exemple d'un réseau multi-ressources avec majoritairement
de la géothermie : 30 ans d'expérience à
Chevilly-Larue, L'Haÿ-les-Roses et Villejuif (Paris)**

J. Faessler

3 novembre 2016

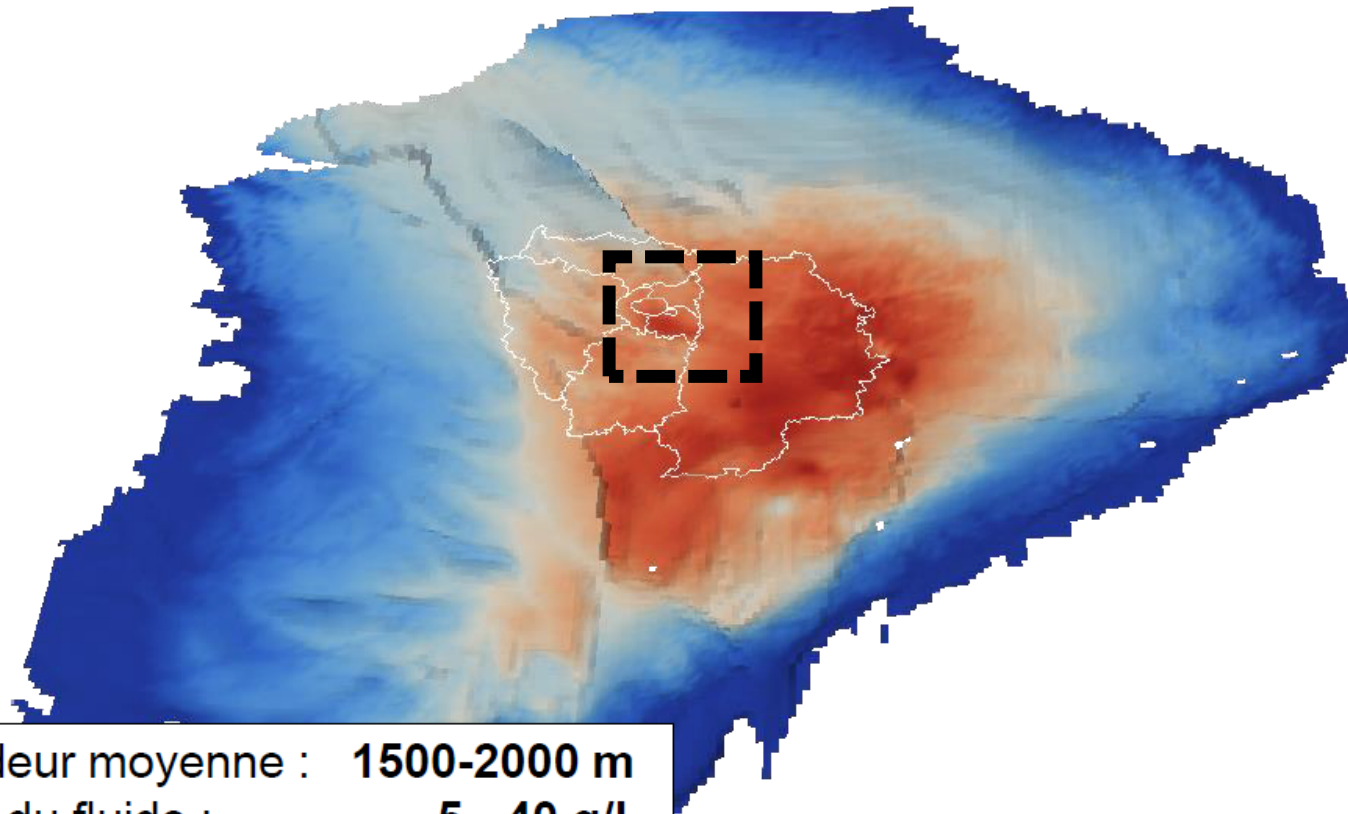
www.unige.ch/energie

www.unige.ch/formcont/geodh/

Bassin parisien : ressource

l'aquifère du « Dogger »

temperature (°C)
20.00 30.00 40.00 50.00 60.00 70.00 80.00



profondeur moyenne : **1500-2000 m**
salinité du fluide : **5 - 40 g/l**
gamme de température : **55 - 85 °C**
débits produits : **100 - 300 m³/h**

Bassin parisien : réalisations en 2010



Bref historique Semhach

- 1983 : création du syndicat intercommunal
- 1985-1986 : réalisation de la centrale géothermique et du réseau de chaleur en multi-tubes
 - 2 doublets à 2'000 m
 - 20 km de fouille (60 km de tubes)
 - Investissement d'environ 50-60 millions d'euros
- 1988 : création de la société d'économie mixte SEMHACH pour gérer les installations
- 1997 : Réalisation de deux centrales de cogénération à gaz (CCF)
- 2012 : La commune de Villejuif intègre le syndicat intercommunal
- 2013 : transformation de la Semhach en Société publique locale (100% public)
- 2014-2016 : nouvelle centrale géothermique à Villejuif + rechemisage des deux doublet existants

➤ Le plus grand réseau de chauffage géothermique de France

Installation à Chevilly-Larue



2 doublets

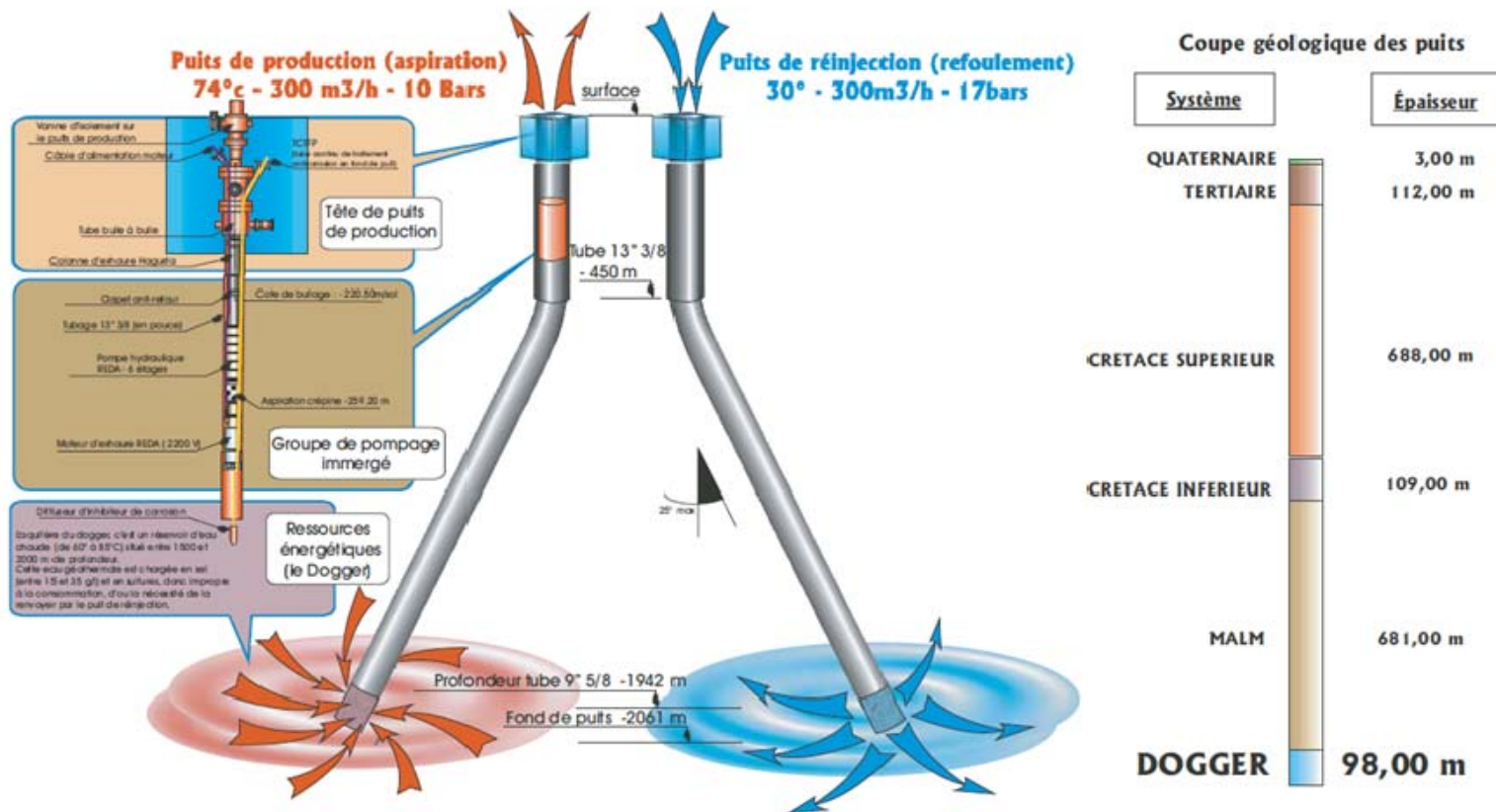
L'Haÿ-les-Roses = 73°C et 80 l/s

Chevilly-Larue = 75°C et 80 l/s

Et un 3^{ème} (Villejuif) sera mis en service fin 2016

Semhach: principe de fonctionnement

Principe de fonctionnement des doublets de géothermie de L'Hay les Roses et Chevilly Larue

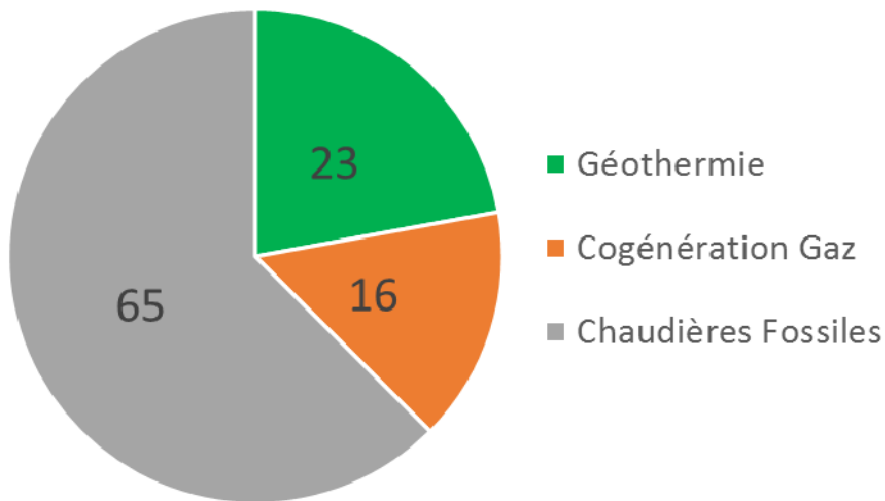


Source : Semhach;
<http://semhach.fr/>

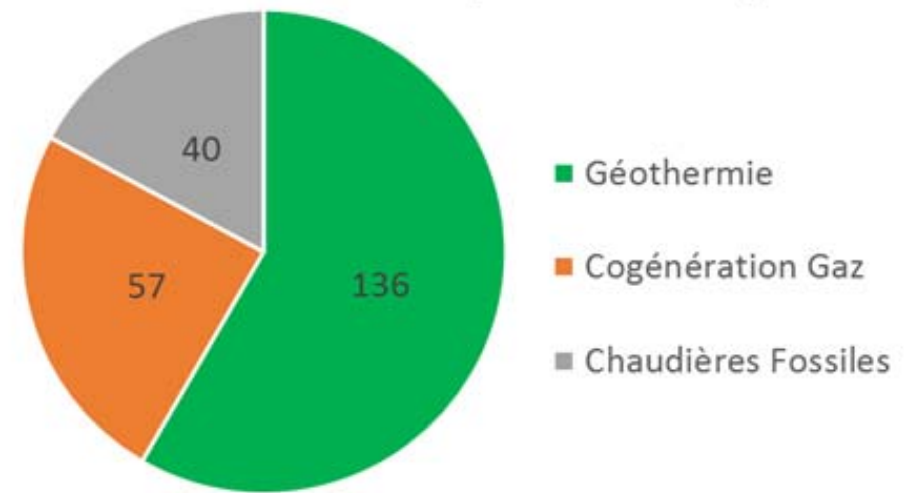
- puit de Chevilly-Larue est productif (bonne perméabilité) sur toute l'épaisseur du Dogger
- puit de L'Hay-les-Roses n'est productif que sur le haut et le bas de la couche du Dogger
- 2 puits relativement proches (environ 2 km) → différences impossibles à anticiper avant forage

Puissance et mix énergétique 2013

Puissance = 104 MW



Energie 2013 = 233 GWh



GEOOTHERMIE

22% de puissance = 58% d'énergie

ENERGIE DE
RUBAN



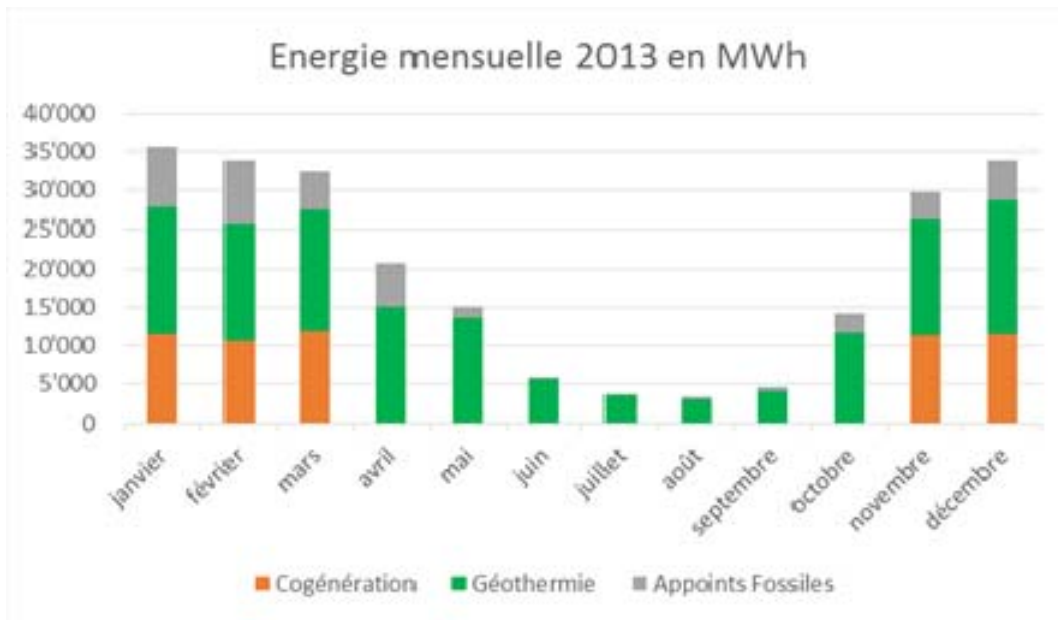
CHAUDIERES FOSSILES

62% de puissance = 17% d'énergie

ENERGIE DE
POINTE

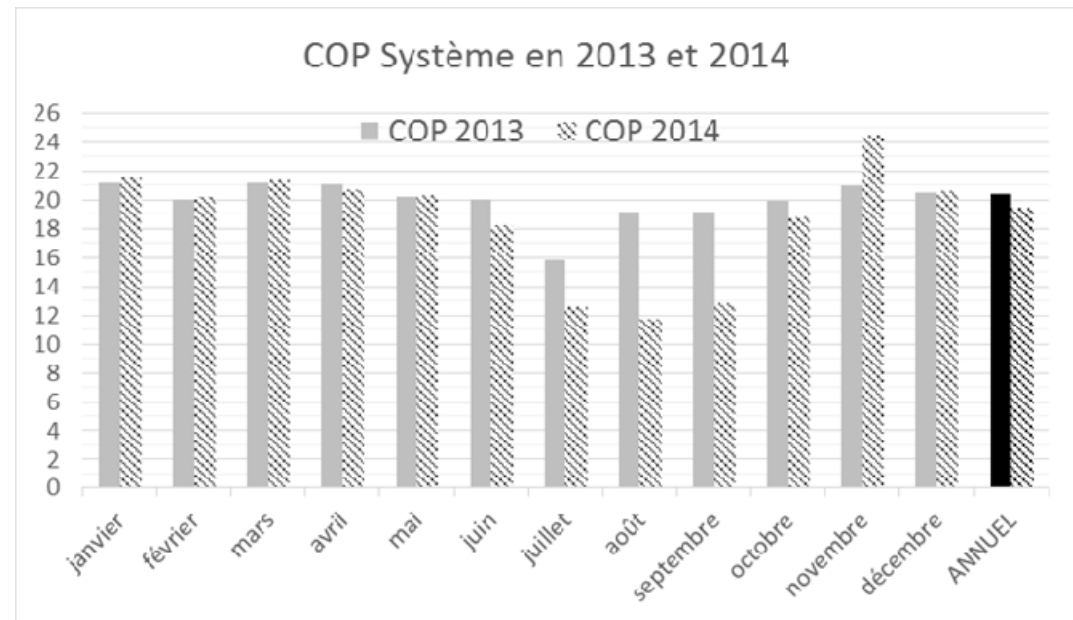


Energie mensuelle



- CCF gaz : tarification EDF électrique en ruban (1^{er} novembre au 31 mars)
- 2 énergies thermiques de ruban complémentaires en hiver

Coefficient de performance (COP)



COP Système ≈ 20

(Electricité totale → pompes géothermique + pompes réseaux, centrales, bureaux, etc...)

COP géothermique ≈ 25

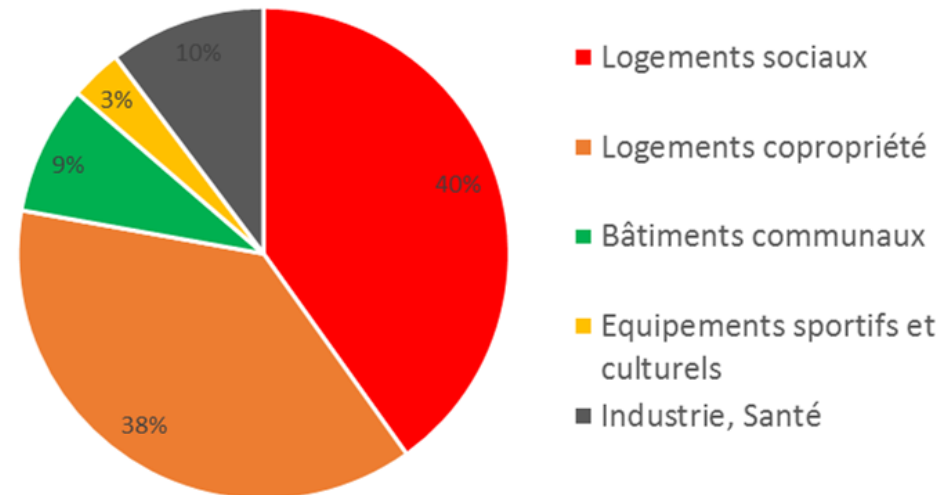
(1 kWh électricité pompe immergée → 25 kWh de chaleur)

Réseau de chaleur à distance (CAD)

- $P_{\text{souscrit}} \approx 100 \text{ MW}$
- Environ 160 sous-stations (SST)
- Densité $\approx 7.4 \text{ MWh/m/an}$
- 27 km de réseau
 - 75 km de canalisations
- Pertes annuelles réseaux = 6%
- 28'000 équivalent-logement

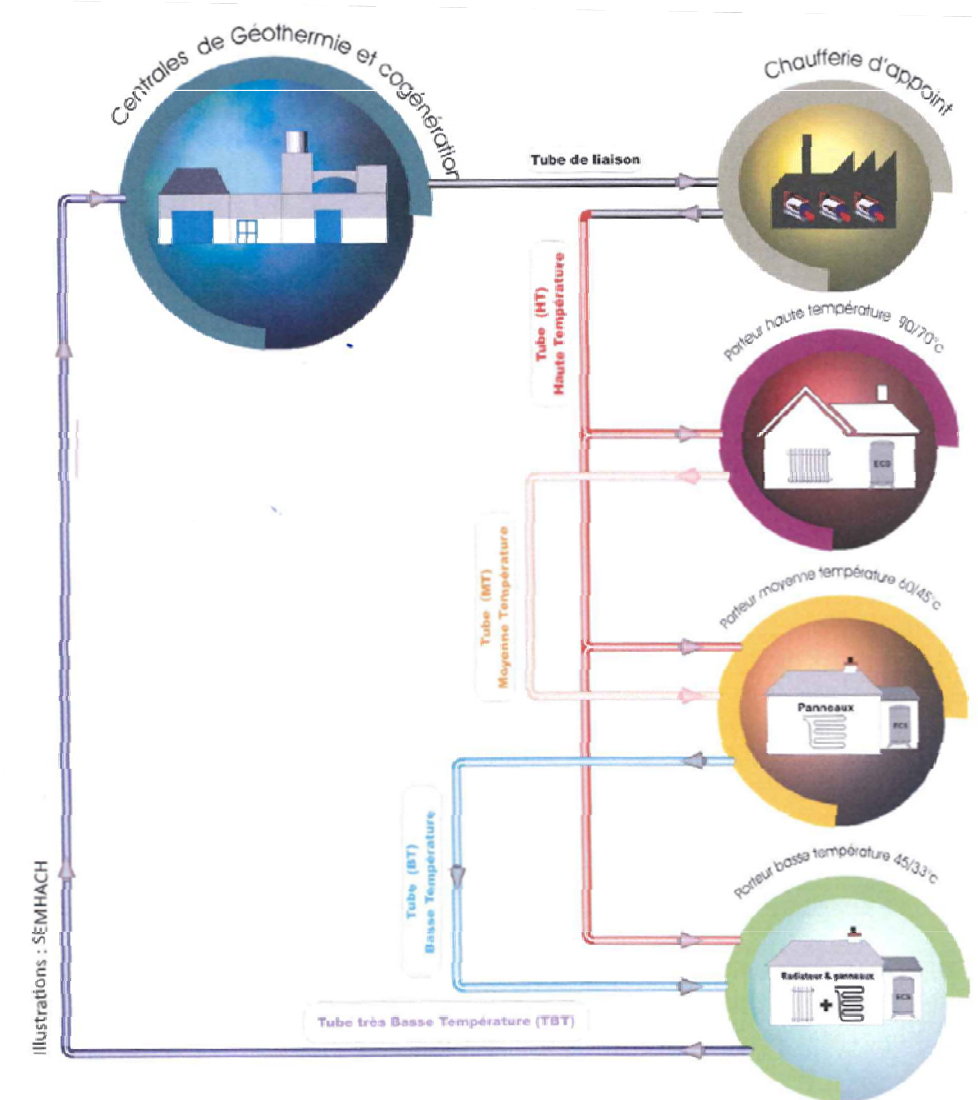


Répartition des Equivalents-logements



Températures réseau

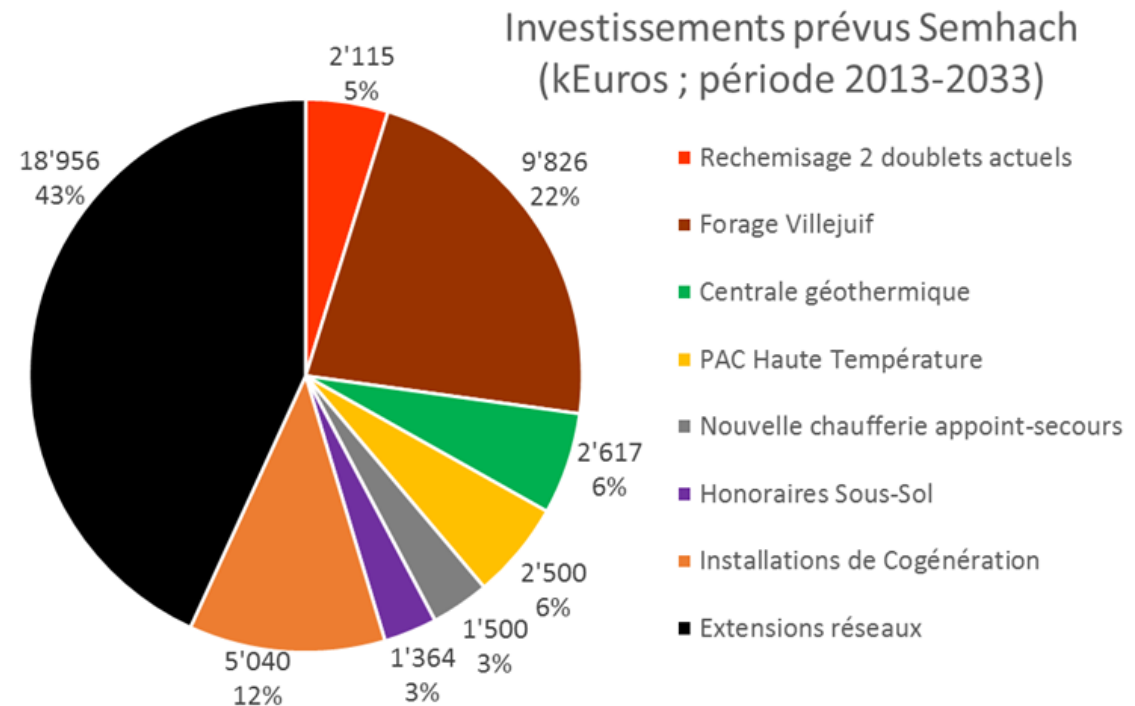
- Réseau multi-tube (2 à 4)
 - Système en cascade (Haute Température, Moyenne T, Basse T, Très Basse T)
 - Objectif : grand Delta Température ($\Delta T = 30^\circ$ à 70°) pour augmenter ΔT fluide géothermique
 - $T_{\text{aller}} \text{ réseau} = 103^\circ\text{C}$ (pour $T_{\text{ext}} < -3^\circ\text{C}$) à 68°C ($T_{\text{ext}} > 7^\circ\text{C}$)
 - En hiver, $T_{\text{aller}} \text{ réseau} > T_{\text{GEO}}$: nécessité de l'appoint aussi pour la température
 - $T_{\text{retour}} \text{ réseau moyen} = 35\text{-}40^\circ\text{C}$
 - $T_{\text{retour hiver}} = 32^\circ\text{C}$ (à $T_{\text{ext}} = -7^\circ\text{C}$)
 - $T_{\text{retour été}} = 52^\circ\text{C}$
 - Gestion à distance des SST par l'opérateur réseau (Semhach)
 - Pas de système de bonus/malus



- Semhach :
 - Société publique locale (SPL) 100% publique
 - Env. 15 personnes
 - Chiffres d'affaires $\approx$ 15 millions Euros
 - Bénéfices Semhach sont reversés aux collectivités
- Investissements 1984 à 2013 $\approx$ 50 à 60 millions d'euros, entièrement remboursé avant 2013
- Surinvestissements système multi-tubes environ 20 à 25%
→ permet aujourd'hui une valorisation optimale de la géothermie
- Garantie de risque forage non utilisée

Nouveaux Investissements

- Nouveaux investissements de 44 millions Euros*
 - Nouveau doublet à Villejuif avec une pompe à chaleur (PAC)
 - Rechemisage des anciens doublets
 - Développement du réseau



*subventionné à hauteur d'env. 15 millions par fonds chaleur ADEME et région île-de-France (moitié réseau, moitié géothermie)

Source : inspiré de Sermet, 2013, *Schéma directeur du réseau de chaleur à base de géothermie de Chevilly-Larue, L'Haÿ-les-Roses et Villejuif*

Système de tarification

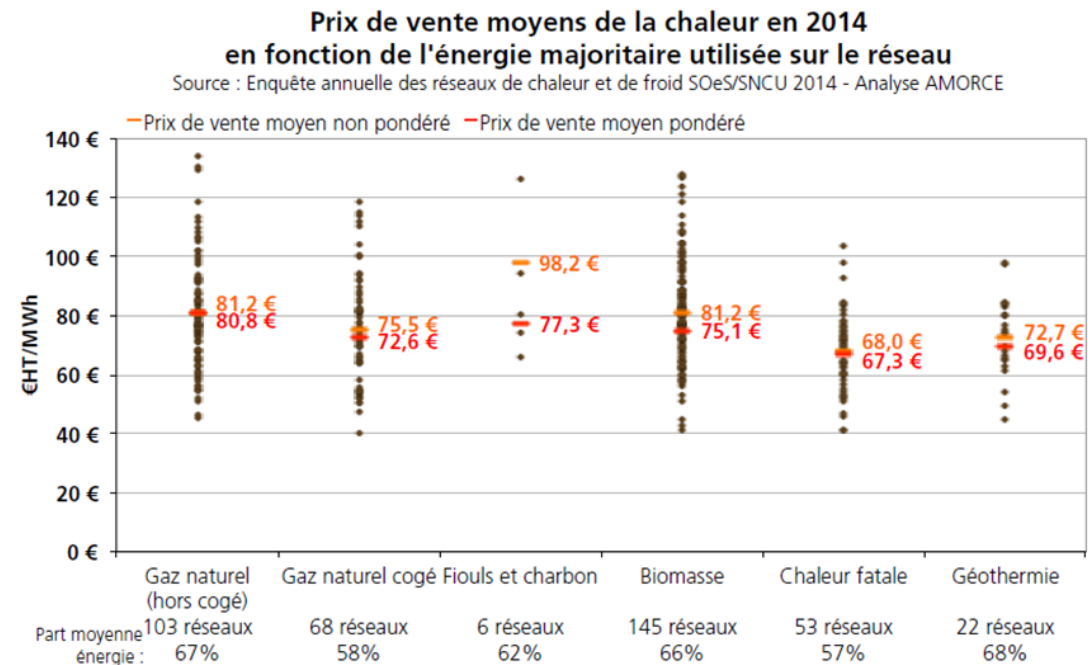
- Système français avec une part variable R1 et une part fixe R2 :

- Part variable R1 < 2 cts Euros/kWh
- Part fixe R2 $\approx$ 50-60 Euros/kW

- Prix de vente HT

- Moyenne = 5 cts Euros/kWh °
- Nouveaux = 6 cts Euros/kWh
- Anciens = 4.5 cts Euros/kWh

- Contrats actuels «type» = 5 ans



Source : AMORCE, 2016

° TVA réduite de 5.5% car >50% d'EnR&R

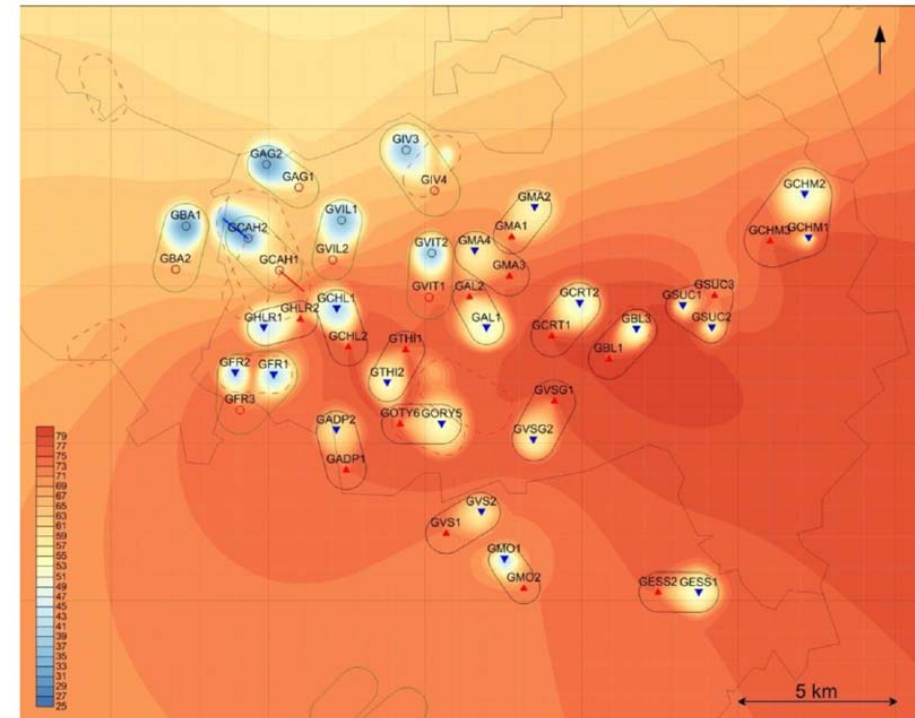
Aspects environnementaux

- Évolution physico-chimique

- Traitement anti-corrosion dès le début des années 90 (3.5 ppm % débit Géo)
 - Résultat → env. 20% de dégradation après 30 ans d'exploitation
 - Rechemisage avec matériaux composites permettra de diminuer quantité de l'inhibiteur
- Augmentation des sulfures et du fer dissous depuis les années 2000 (lié à la corrosion)
- Légère acidification du puit HLR (0.2 pt en moins sur 20 ans)

- Percée thermique («bulle froide»)

- Puit producteur Chevilly-Larue a gagné 0.2°C
- Puit producteur Haÿ-les-Roses a perdu 1°C
- Tendance dans 30 ans :
 - stabilisation pour Chevilly-Larue
 - perte de l'ordre de 6°C à 8°C pour Haÿ-les-Roses
 - diminution de 3°C à 4.5°C pour Villejuif



Champ thermique en 2046 (Source : Hamm, 2014)

Bilan CO₂ du réseau

- CO₂ moyen du réseau ≈ 100 g CO₂/kWh *
- En comparaison,
 - Gaz naturel ≈ 205 g CO₂/kWh
 - Charbon ≈ 350 g CO₂/kWh
 - Bois / Géothermie / Solaire ≈ 0
- Bonus réglementation thermique française (RT2012) :
 - +30% pour les réseaux dont le contenu CO₂ est inférieur ou égal à 50 g CO₂ /kWh
 - +20% pour les réseaux dont le contenu CO₂ est compris entre 50 et 100 g CO₂ /kWh
 - +10% pour les réseaux dont le contenu CO₂ est compris entre 100 et 150 g CO₂ /kWh

* méthode standard avec gaz + électricité consommés moins électricité produite par CCF

Éléments clés de la Semhach

- 30 ans de réussite technique, économique et d'acceptabilité sociale
- Forte implication des collectivités
 - Vision politique et soutien financier
- Garantie des risques a permis de sécuriser l'investissement
 - garantie forage (court terme) + garantie exploitation (long terme)
- Une ressource abondante à plus de 70°C
- Réflexions techniques initiales poussées
 - Importance des pré-études
 - Multi-tube pour augmenter le delta T du réseau, donc la valorisation géothermique
 - Développement du réseau (zone urbaine)
- Prix pour les clients très concurrentiels (5 cts/kWh HT)
- Impact de la corrosion maîtrisée
- Percée thermique moins rapide qu'initialement prévue