



Etudes de faisabilité

Comparaison Bois Energie / Pompe à chaleur sur nappe :

- * ZAC étoile sud-ouest – Ville d'Annemasse*
- * Commune de Varcès*

Département énergies et climat



Introduction

- Comparaison entre plusieurs solutions énergétiques
 - Chaufferie bois-énergie et réseau de chaleur
 - PAC sur nappe et réseau de chaleur
 - Chaufferie gaz par bâtiment



ZAC étoile sud-ouest – Ville d'Annemasse

● CONTEXTE :

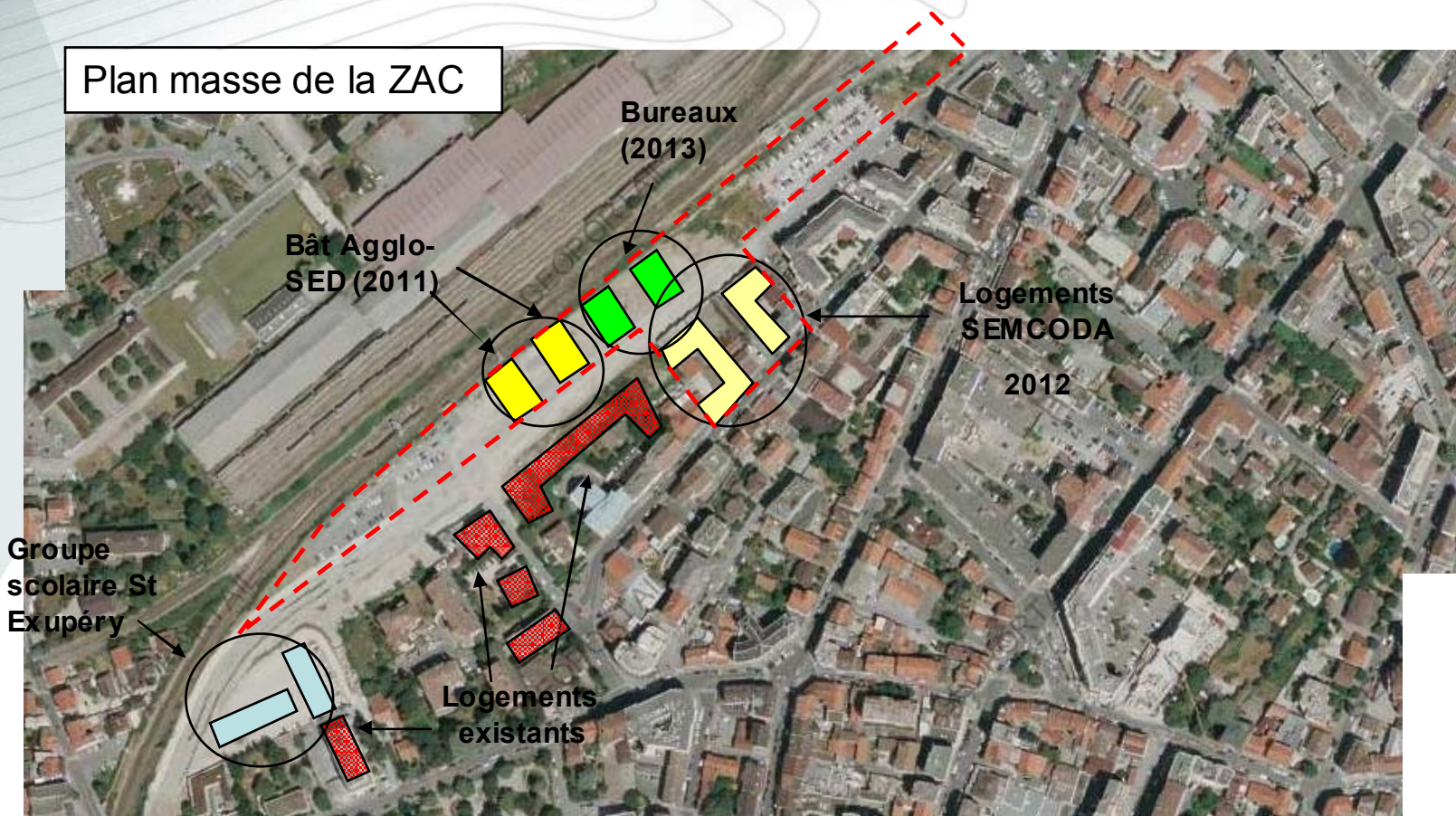
- Future ZAC devant accueillir des bâtiments à haute performance énergétique
- Souhait de la Ville d'Annemasse de créer un réseau de chaleur pour alimenter la future ZAC et les bâtiments existants à proximité
- Objectifs de consommation fixés aux promoteurs :

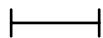
	Bâtiment Agglo/SED	Logements SEMCODA (label THPE)	Bâtiments tertiaires (label BBC)	Groupe scolaire St Exupery	Bat. Existants*
Surface	8 000 m²	10 000 m²	7 000 m²	2530 m²	4 500 m²
Année construction	2011	2012	2013	2009	
Besoins chauffage	20 kWh/m²	25 kWh/m²	15 kWh/m²	55 kWh/m²	150 kWh/m²
Besoins froid	18 kWh/m²	-	10 kWh/m²		
Besoins ECS	-	25 kWh/m²	-		

* : logements situés à proximité de la ZAC

ZAC étoile sud-ouest – Ville d'Annemasse

Plan masse de la ZAC



Echelle : 
50 m

 Périmètre ZAC



ZAC étoile sud-ouest – Ville d'Annemasse

● Chiffres clés

- Puissance souscrite : 1400 kW
- Besoins chaud : 1600 MWh/an
- Débit nécessaire : 200 m³/h
- Consommation électrique estimée : 740 MWh/an
- Longueur réseau = 700 ml



ZAC étoile sud-ouest – Ville d'Annemasse

● Le projet PAC sur nappe : études préalables

- Absence d'information sur la nappe: pas de pompage existant.
- Nécessité d'une étude hydrogéologique permettant de déterminer les principales caractéristiques de la nappe
- Création d'un forage de reconnaissance à 60 m³/h
- Principales conclusions de l'étude :
 - Profondeur : accès à la nappe vers – 20 m
 - Rabattement : -0,5 m après 72 h de pompage, retour au niveau de base après 1h
 - T°: 14°C, peu de variation, forte inertie thermique
 - Bonne perméabilité des graviers permettant de pomper des débits importants
 - Qualité de l'eau : dureté de l'eau élevée (caractère entartrant)



ZAC étoile sud-ouest – Ville d'Annemasse

- **Le projet PAC sur nappe : Eléments techniques à prévoir**
 - Une station de pompage avec pompe immergée et une station de réinjection (distances à déterminer en fonction des caractéristiques de la nappe) : 300 m préconisé
 - Un local technique au niveau du pompage contenant une ou plusieurs pompes à chaleur
 - Réseau de chaleur enterré, pré-isolé permettant d'alimenter les bâtiments
 - Sous-station à créer dans les bâtiments (échangeur, régulation, comptage)



ZAC étoile sud-ouest – Ville d'Annemasse

● Coûts de fonctionnement prévisionnels

- Energie P1 :
 - Consommation électrique des pompes immergées
 - Consommation PAC
- Entretien-maintenance P2:
 - Inspection par caméra des forages tous les 5 ans afin de vérifier les dépôts calcaire
 - Acidification éventuelle du puits sur réinjection notamment
- Gros entretien et renouvellement P3 :
 - Remplacement des pompes immergées entre 5 et 10 ans
- Redevance sur prélèvement d'eau
 - Entre 3 et 5€/1000 m3 si restitution au milieu

Commune de Varcès

● CONTEXTE :

- Bâtiments communaux classiques dont certains vont être réhabilités ou rénovés
- Souhait de la Ville d'Annemasse de créer un réseau de chaleur pour alimenter ses bâtiments
- Contexte bois énergie local et géothermie : nécessité de comparer les 2 solutions

	Gymnase Lionel Terray	Centre Socioculturel Emile Romanet	Vestiaire Leo Lagrange	Salle Oriel	Ecole Maternelle	Ecole Primaire	La Poste
Surface	1 924 m²	1 372 m²	442 m²	1 531 m²	1 480 m²	2 400 m²	400 m²
Année construction	A réhabiliter	1987	2001	1994 A rénover	1950 A rénover	1950 A rénover	1960
Besoins chauffage	160 MWh	80 MWh	37 MWh	190 MWh	287 MWh	354 MWh	63 MWh
Besoins ECS	28 MWh	0 MWh	31 MWh	13 MWh	0 MWh	0 MWh	3 MWh

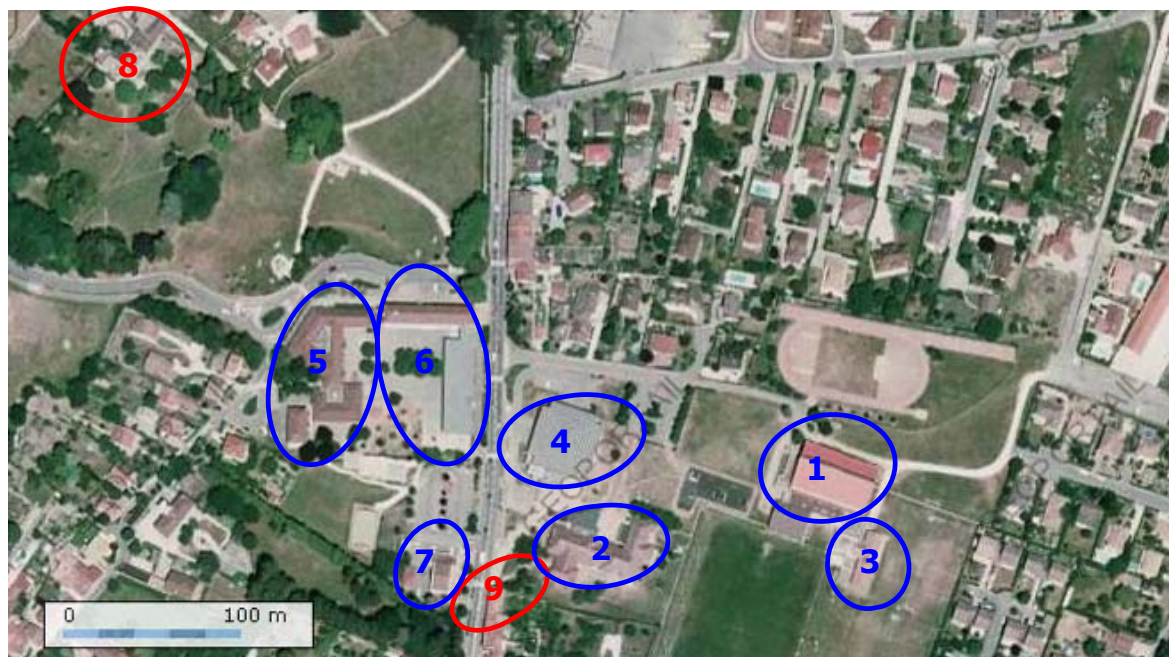
Commune de Varcès

Liste des bâtiments concernés

- 1-Gymnase Lionel Terray
- 2-Centre socioculturel Emile Romanet
- 3-Vestiaire Léo Lagrange
- 4-Salle Oriel
- 5-Ecole Maternelle
- 6-Ecole Primaire
- 7-La Poste
- 8-Maison Bourgeoise Beylier
- 9-Maison Village Failland

Chiffres clés

- Puissance nécessaire : 1000 kW
- Besoins chaud : 1200 MWh/an
- Longueur réseau = 660 ml



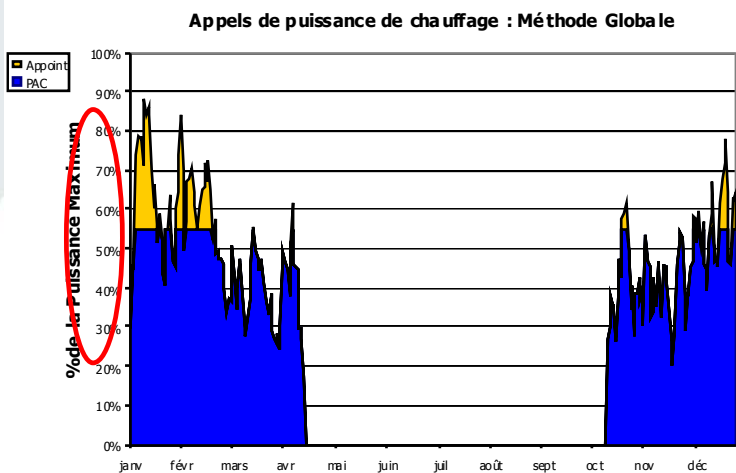
● Le projet PAC sur nappe : études préalables

- Choix délibéré de réaliser l'étude technico économique PAC/Bois avant d'aller plus loin sur les études de sol
- Absence d'information sur la nappe: pas de pompage existant
- Nécessité d'une étude hydrogéologique permettant de déterminer les principales caractéristiques de la nappe
- Etude bibliographique sur <http://infoterre.brgm.fr/> : 3 études de sol proches (triangle)
- Principales conclusions de l'étude :
 - Profondeur : accès à la nappe vers – 20 m
 - Type de nappe : captive
 - Débit théorique possible : entre 100 m³/h et 250 m³/h
 - T°: 13°C, peu de variation, forte inertie thermique
 - Bonne perméabilité des graviers permettant de pomper des débits importants
 - Qualité de l'eau : aucune information

Commune de Varcès

● Dimensionnement de la PAC

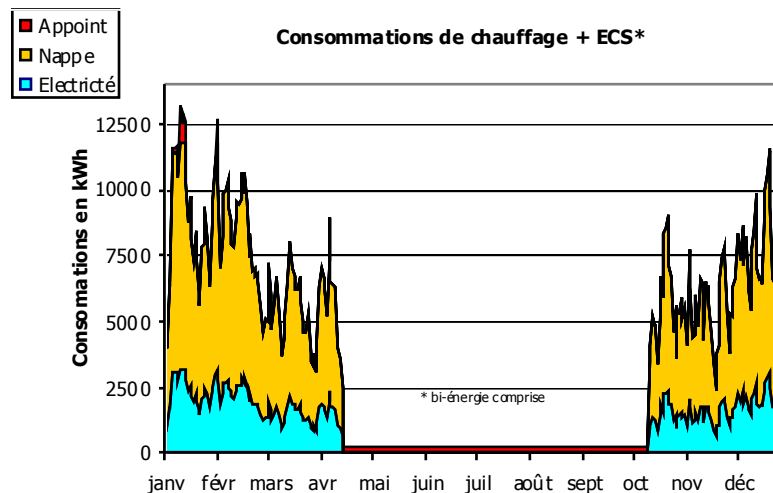
- Même principe qu'une chaudière bois : 50% de la puissance pour couvrir 90% des besoins
- Puissance PAC : 480 kW
- Energie d'appoint gaz : 740 kW
- Taux de couverture énergie nappe : 70%



50% de la puissance appelée



Règle de dimensionnement
d'une chaufferie bois
(Scénario 1 en 2007)



85% des consommations



● Le projet PAC sur nappe : Éléments techniques à prévoir

- Une (ou 2 selon préconisation étude hydro géologique) station de pompage avec pompe immergée de 11 kW (70 m³/h, 40 mCE) et une (ou 2 selon préconisation étude hydro géologique) station de réinjection (distances à déterminer en fonction des caractéristiques de la nappe) : 100 m préconisé
- Echangeur intermédiaire de 360 kW pour dissocier l'eau de nappe et le circuit de chauffage
- Une chaufferie centrale au niveau du pompage contenant une pompe à chaleur eau/eau de 480 kW chaud avec un COP constant de 4 (donnée constructeur), puissance électrique 120 kW
- Réseau de chaleur BASSE TEMPERATURE enterré, pré-isolé permettant d'alimenter les bâtiments
- Sous-station à créer dans les bâtiments (échangeur, régulation, comptage) comme sur le projet bois-énergie

Coûts de fonctionnement prévisionnels

Le coût combustible P1 est moins cher mais le coût des P2 et P3 est bien plus important pour une chaudière bois qui nécessite plus d'intervention humaine et de changements de pièces que la solution de référence

- Le résonnement est identique pour la PAC mais avec un P2 moins élevé que le bois (moins de visite chaudière, pas de remplissage silo, ...) mais un P3 supérieur car il est proportionnel au coût de l'investissement (Remplacements des pompes sur les forages...)
- Le coût de l'investissement P4 est lié aux subventions. Celles-ci sont plus élevées sur le projet bois énergie que sur le projet PAC
- Le coût actuel du prix du gaz naturel reste faible malgré la constante augmentation

	Scénario Base Référence	Scénario Base Bois	Scénario Base PAC	Scénario Variante Référence	Scénario Variante Bois
P1 : Combustible en € HT/an	72 373 €	42 549 €	27 751 €	81 698 €	49 348 €
P2 : Frais de personnel et maintenance en € HT/an	9 200 €	14 726 €	11 213 €	11 000 €	15 509 €
P3 : Gros entretien en € HT/an	2 634 €	7 092 €	9 015 €	3 135 €	9 187 €
P4 : Annuités d'emprunt en € HT/an	9 185 €	39 431 €	53 768 €	10 929 €	51 123 €
Taux de subvention	0%	45,4%	30,0%	0%	43,8%
Coût total annuel (€HT)	93 392 €	103 798 €	101 747 €	106 762 €	125 167 €
Prix de revient de l'énergie (€HT/MWh)	75,21 €	84,12 €	81,94 €	74,96 €	88,40 €
Taux de TVA	P1 : 19,6% P2 : 19,6% P3 : 19,6% P4 : 19,6%	P1 : 5,5% P2 : 19,6% P3 : 19,6% P4 : 0%	P1 : 19,6% P2 : 19,6% P3 : 19,6% P4 : 0%	P1 : 19,6% P2 : 19,6% P3 : 19,6% P4 : 19,6%	P1 : 5,5% P2 : 19,6% P3 : 19,6% P4 : 0%
Prix de revient de l'énergie (€TTC/MWh)	89,95 €	90,25 €	89,51 €	89,65 €	94,41 €
R1 consommation (€TTC/MWh)	69,71 €	36,85 €	26,73 €	68,61 €	37,15 €
R2 abonnement (€TTC/kW)	23,96 €	63,19 €	74,29 €	25,06 €	68,16 €
% Ecart	-	0,33%	-0,49%	-	5,30%

CONCLUSION

● **Limites du projet PAC sur ces 2 études de faisabilité**

- Le régime de température d'une PAC est peu compatible avec les régimes de chauffage des bâtiments existants (80/60°C) : nécessite de modifier les émetteurs
- Importance du débit pompé et limite pour étendre le réseau de chaleur (extension possible future de la ZAC)
- Nécessité de réaliser des tests de pompage au débit souhaité sur une longue période : incompatibilité avec le planning de la ZAC
- Au-delà de 200 000 m³/an : procédure d'autorisation au titre des ICPE