

AFTRP

---

---

ETUDE D'APPROVISIONNEMENT EN ENERGIE

**ZAC DE TRILPORT**

---



MAI 2012  
VERSION 1

## SUIVI DES MODIFICATIONS

SYNTHESE DES EVOLUTIONS DU DOCUMENT		
REV.	DATE	NATURE DE L'EVOLUTION
1	04/05/2012	RAPPORT COMPLET

*Rédigé et vérifié par : Alexandre Carré*

*Contrôlé et approuvé par : Marie Simonet  
Le 4 mai 2012*

## SOMMAIRE

<b>1</b>	<b>PRESENTATION DE L'ETUDE.....</b>	<b>4</b>
	1. Localisation .....	5
	2. Contexte et objectif de la mission .....	5
	3. Phasage des travaux.....	6
	4. Hypothèses d'étude.....	7
<b>2</b>	<b>SYNTHESE DE LA DEMANDE EN ENERGIE .....</b>	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>ANALYSE DU POTENTIEL ENERGETIQUE.....</b>	<b>10</b>
	1. Potentiel bois énergie .....	11
	2. Potentiel géothermique sur nappe .....	13
	3. Potentiel géothermique sur sol .....	15
	4. Valorisation de chaleur fatale.....	16
<b>4</b>	<b>SYNTHESE DU POTENTIEL LOCAL.....</b>	<b>17</b>

## 1 PRESENTATION DE L'ETUDE

## 1. Localisation

La commune de Trilport est située au nord-est du département de Seine et Marne, à 5 km à l'est de Meaux et à environ 45 km de Paris.

Le site de la ZAC est localisé en cœur de ville, le long de la Route Départementale 603, à proximité de la gare SNCF, des commerces, de la Mairie et des écoles. Il est constitué d'une friche industrielle, actuellement en déshérence, de parcelles cultivées en cœur d'îlot et d'un secteur de zone d'activités à reconfigurer. Il couvre environ 7,5 hectares.

La photo aérienne suivante indique le périmètre et le futur phasage du projet :



*Quartier Coeur de Ville de Trilport*

## 2. Contexte et objectif de la mission

L'opération d'aménagement prévoit la réalisation :

- SHON logements individuels : 4 946 m<sup>2</sup> SHON,
- SHON logements collectifs : 36 731m<sup>2</sup> SHON,
- SHON équipements publics : 579 m<sup>2</sup> SHON (usages futurs non définis à l'heure actuelle).

L'étude a pour objectif d'identifier les différentes solutions d'approvisionnement en énergie possible et permettant la mise en place d'un ou plusieurs réseaux de chaleur.

### 3. Phasage des travaux

Trois secteurs sont considérés pour l'étude :

- **Tranche 1 (Lots A et B) :**

Lot A, soit 12 logements individuels et 74 logements collectifs,

Lot B, soit 1 équipement, 23 logements individuels et 36 logements collectifs,

- **Tranche 2 (Lots C et D) :**

Lot C, soit 90 logements collectifs

Lot D, soit 43 logements collectifs

- **Tranche 3 (Lots E, F et G) :**

Lot E, soit 25 logements individuels et 95 logements collectifs.

Lot F, soit 48 logements collectifs.

Lot G, soit 64 logements collectifs.

DETAIL DES SURFACES PAR ILOT ET PHASES DE LIVRAISONS			
	SHON logement individuel [m <sup>2</sup> SHON]	SHON logement collectif [m <sup>2</sup> SHON]	SHON équipements [m <sup>2</sup> SHON]
<b>Phase 1</b>			
Lot A	994	6176	
Lot B	1902	2450	579
<b>Sous total</b>	<b>2897</b>	<b>8626</b>	<b>579</b>
<b>Phase 2</b>			
Lot C		7524	
Lot D		3289	
<b>Sous total</b>	<b>0</b>	<b>10813</b>	<b>0</b>
<b>Phase 3</b>			
Lot E	2049	7896	
Lot F		4034	
Lot G		5362	
<b>Sous total</b>	<b>2049</b>	<b>17291</b>	<b>0</b>
<b>Total</b>	<b>4 946</b>	<b>36 731</b>	<b>579</b>
			<b>42 256</b>

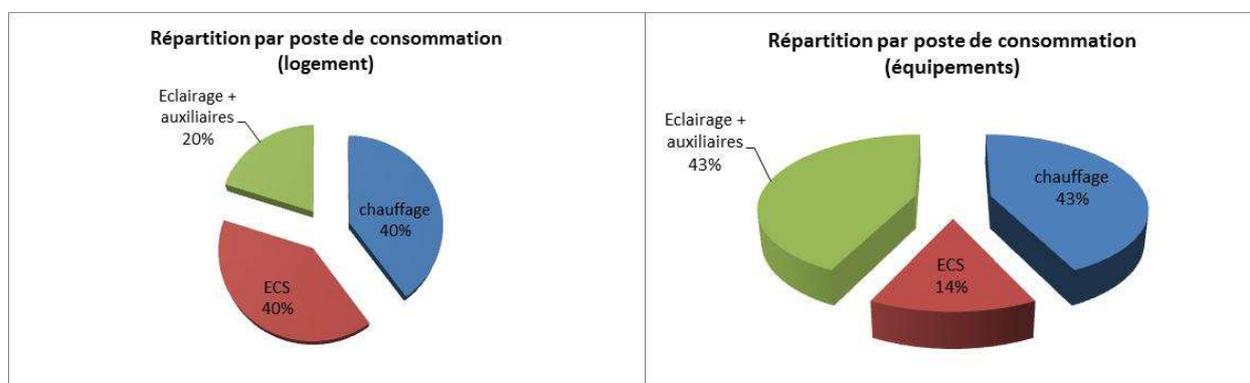
## 4. Hypothèses d'étude

Les besoins énergétiques de la ZAC sont évalués suivant une cible de performance liée aux objectifs du nouveau label « Effinergie + ». Ce label va au-delà de l'ancien label BBC et fixe une consommation maximum de 50 à 60 kWh EP/m<sup>2</sup> SHON pour les logements et de 70 kWh EP/m<sup>2</sup> SHON pour les équipements publics.

Ces niveaux de consommation prennent en compte les postes de consommation suivants :

- Chauffage,
- Production d'ECS,
- Eclairage,
- Auxiliaires électriques de chauffage et de ventilation.

Ci-dessous la répartition moyenne des consommations par postes et par typologie de bâtiment retenues pour l'étude :



Les différentes hypothèses prises en compte sont les suivantes :

Typologie	Hypothèses retenues			
	Besoins chauffage	Besoins ECS	Puissance chauffage	Puissance ECS
<b>Logements</b>	20 kWh/m <sup>2</sup> .an	20 kWh/m <sup>2</sup> .an	25 W/m <sup>2</sup>	7 W/m <sup>2</sup>
<b>Equipements</b>	30 kWh/m <sup>2</sup> .an	10 kWh/m <sup>2</sup> .an	30 W/m <sup>2</sup>	4 W/m <sup>2</sup>

## 2 SYNTHÈSE DE LA DEMANDE EN ÉNERGIE

Les besoins énergétiques de la ZAC ont été évalués suivant les hypothèses exposées dans le chapitre précédent.

- Les besoins et puissances de dimensionnement, identifiés par phase sont les suivants :

Détermination des besoins	Surfaces SHON			Puissance Utile de dimensionnement	Besoins CH + ECS kWh/an	
	Logements ind.	Logements co.	Equipements	Chaud + ECS	Chauffage	ECS
<b>Tranche 1</b>	2 897	8 626	579	390 kW	247 800	236 300
<b>Tranche 2</b>	0	10 813	0	350 kW	216 300	216 300
<b>Tranche 3</b>	2 049	17 291	0	627 kW	386 800	386 800
<b>Total</b>	<b>4 946</b>	<b>36 731</b>	<b>579</b>	<b>1 370 kW</b>	<b>850 900</b>	<b>839 400</b>
					<b>TOTAL</b>	<b>1 690 300</b>

- Les besoins identifiés par lot sont les suivants :

Phasage	Lot	Besoins totaux		
		dont chauffage	dont ECS	Total
1	A	143 400	143 400	<b>286 800</b>
	B	104 400	92 850	<b>197 250</b>
2	C	150 500	150 500	<b>301 000</b>
	D	65 800	65 800	<b>131 600</b>
3	E	198 900	198 900	<b>397 800</b>
	F	80 700	80 700	<b>161 400</b>
	G	107 200	107 200	<b>214 400</b>

**Les besoins énergétiques de la ZAC s'élèvent à près de 1 690 MWh/an (chauffage et ECS).**

## 3 ANALYSE DU POTENTIEL ENERGETIQUE

## 1. Potentiel bois énergie

### Présentation

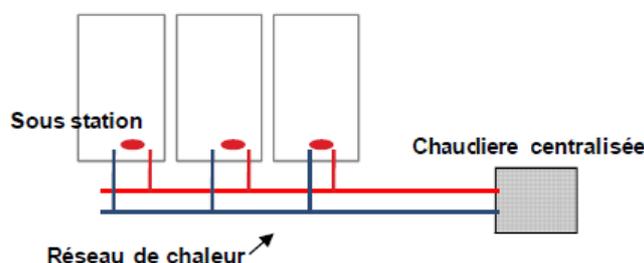
L'énergie est produite à partir de la valorisation du bois par combustion. Elle est utilisée sous forme de chaleur lors de la combustion et est utilisée directement pour produire de la chaleur pour le chauffage et/ou l'eau chaude sanitaire.

### Echelle théorique d'exploitation

Ce type de combustible peut être utilisé suivant 2 types d'installations principales :

- Collectif : chaufferie centralisée + réseau de chaleur (plaquettes forestières)
- Individuel : chaudières individuelles (granulés)

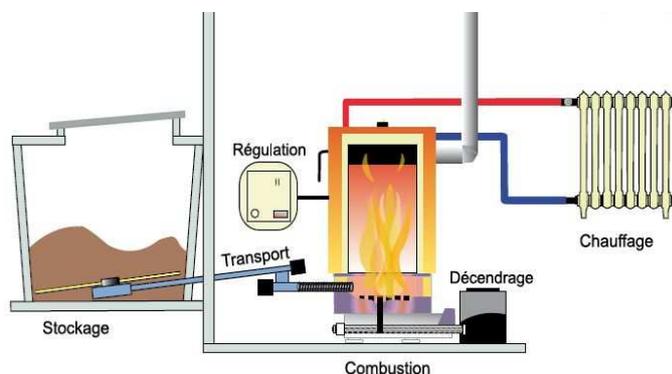
#### Principe de fonctionnement d'une chaufferie centralisée + réseau de chaleur (plaquettes forestières) :



#### Éléments constituant une installation collective :

- une chaufferie bois pour l'ensemble de la ZAC ou par lot (hors logement individuel)
- un réseau de distribution d'eau chaude
- des sous-stations, desservant un ou plusieurs bâtiments, composées d'un échangeur de chaleur. **Les logements individuels ne sont pas connectés au réseau de chaleur.**

#### Principe de fonctionnement de chaudières bois individuelles (granulés) :



#### Composition du système d'alimentation des chaudières automatiques à granulés :

Le système d'alimentation automatique équipant les chaudières se divise en trois parties :

- le stockage du combustible (capacité 1 à 30 m<sup>3</sup>),
- le transport du combustible par vis d'Archimède reliant le stockage à la chaudière,
- la chaudière où se développe la combustion. Le brûleur s'adapte à la chaudière dont la puissance peut varier de 15 à 40 kilowatts.

La chaudière gère sa combustion de manière autonome permettant une meilleure régulation de la température.

### Potentiel local

La ressource en bois mobilisable à court et moyen terme est conséquente en région Ile de France :

- 300 000 tonnes/an de bois de rebut mobilisable en chaufferie bois (déchets d'emballage, déchets de chantiers, bois d'élagage et sous-produits de l'industrie du bois)
- 230 000 tonnes provenant d'essences d'arbres à croissance rapide (cultures ligno-cellulosiques)
- 150 000 tonnes de bois issu de forêts non exploitées (étude INRA – 1997),
- 10 000 tonnes de sous-produits issus de l'exploitation forestière

Sources : étude INRA, ARENE, ADEME – 2000

Malgré le fait que l'Île de France importe 40% de sa consommation de bois énergie depuis d'autres régions française, la capacité totale de production couvre largement les besoins théoriques nécessaires au fonctionnement de l'ensemble du parc régional (ARENE – 2004). Cependant, la filière bois-énergie n'est pas encore correctement structurée. Elle est en cours de structuration notamment par l'intermédiaire du réseau FRANCILBOIS, de l'ARENE et de l'ADEME.



**Granulés** : ils sont obtenus par la compression de sciure de bois de feuillus et des résineux (sciure compressée sans agents de liaison), et se présentent sous la forme de petits cylindres de 6 à 10 mm de diamètre et de 10 à 30 mm de longueur. La masse volumique est de l'ordre de 0,7 tonne par m<sup>3</sup>, ce qui facilite le transport et le stockage.

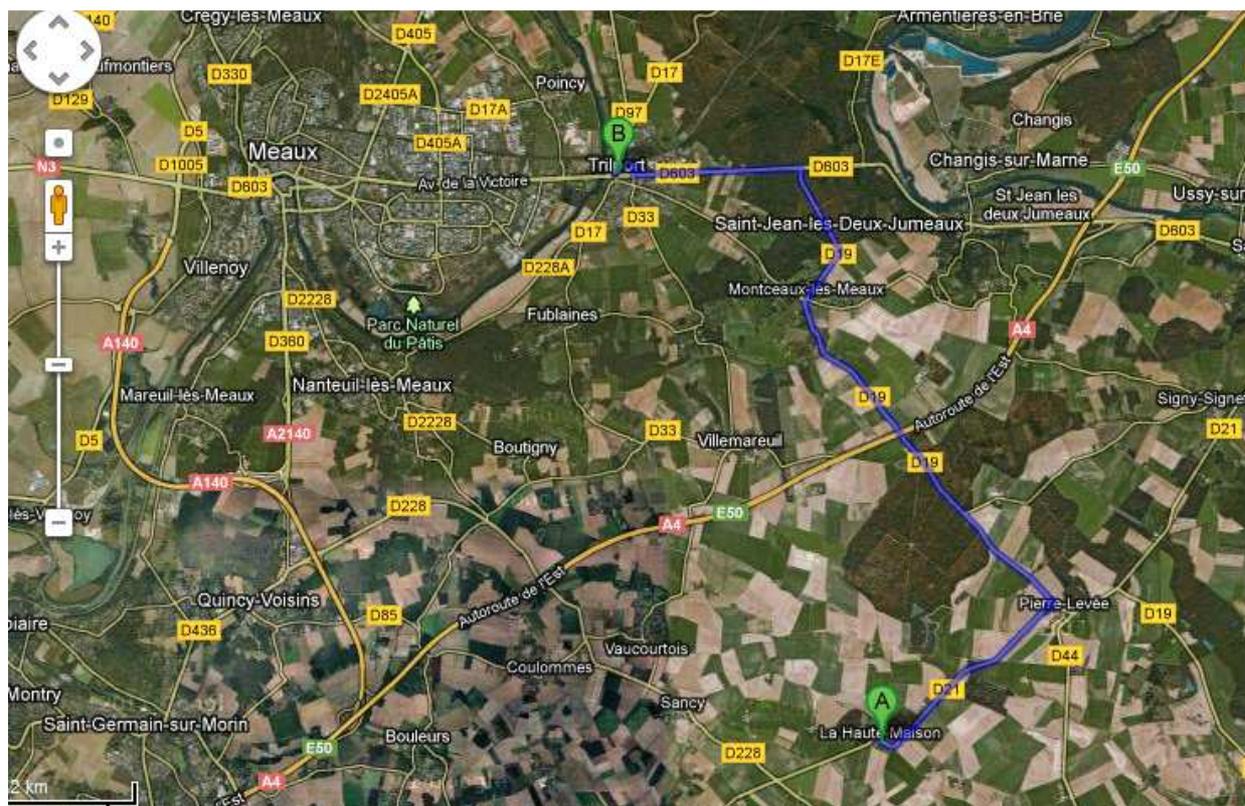


**Plaquettes forestières** : les plaquettes proviennent des forêts, elles sont issues du déchetage des petits bois et des rémanents.

**Tarifs indicatifs** (issus de « l'enquête sur le prix des combustibles bois en 2008 – 2009 » - source ADEME) :  
Tarif granulés : 55 € TTC /MWh  
Tarif plaquettes forestières : 27 € TTC / MWh

#### Fournisseurs actuels les plus proches :

VALFRANCE Energie, fournisseur de bois énergie, possède un centre de stockage à La Haute Maison :



#### Autres centres de stockage :

- Lagny sur Marne (VALFRANCE Energie)
- Vulaines-lès-Provins (TERRENERGIE)

## Synthèse

Les tableaux suivants présentent les caractéristiques des installations théoriques de bois énergie à différentes échelles et ce conformément aux hypothèses définies dans la partie « 2. Synthèse de la demande en énergie ». Les résultats ne représentent qu'un ordre de grandeur qui devra être affiné en fonction des données fournies concernant les surfaces bâties.

### A l'échelle collective (chaufferie bois énergie et réseau de chaleur)

Echelle	Surface chauffée [m <sup>2</sup> ]	Puissance utile totale [kW]	Puissance absorbée bois [kW]	Linéaire maximum de réseau [m]	Densité thermique [MWh/m]
Lot A	6 176	200 kW	115 kW	132	1,5 MWh/m
Lot B	3 030	100 kW	60 kW	65	
Lot C	7 524	245 kW	140 kW	161	
Lot D	3 289	110 kW	60 kW	70	
Lot E	7 896	255 kW	150 kW	168	
Lot F	4 034	130 kW	75 kW	86	
Lot G	5 362	175 kW	100 kW	114	
<b>ZAC</b>	<b>37 310</b>	<b>1 215 kW</b>	<b>700 kW</b>	<b>800</b>	

Hypothèses retenues :

- Chaque chaufferie dessert les bâtiments de logement collectif + équipements d'un lot,
- Puissance chauffage bois = 50% de la puissance utile totale (chauffage + ECS),
- Taux de couverture bois = 80% des consommations annuelles.

### A l'échelle des bâtiments (chaudières bois individuelles)

Echelle	Surface chauffée [m <sup>2</sup> ]	Puissance utile totale [kW]	Puissance absorbée bois [kW]
<b>individuelle</b>	<b>37 310</b>	<b>1 215 kW</b>	<b>700 kW</b>

Hypothèses retenues :

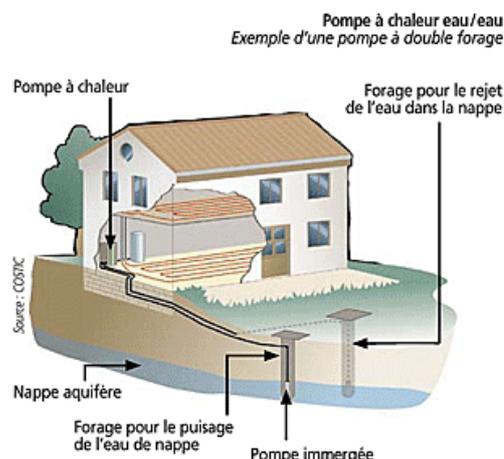
- Chaque chaudière dessert un logement (la puissance est fonction de la surface chauffée),
- Taux de couverture bois = 100% des consommations annuelles.

## 2. Potentiel géothermique sur nappe

### Présentation

L'énergie des aquifères superficiels (température inférieure à 30°C – profondeur de nappe inférieure à 100 m) est utilisée, grâce à une PAC, sous forme de chaleur pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire ou le rafraîchissement de locaux (PAC réversibles).

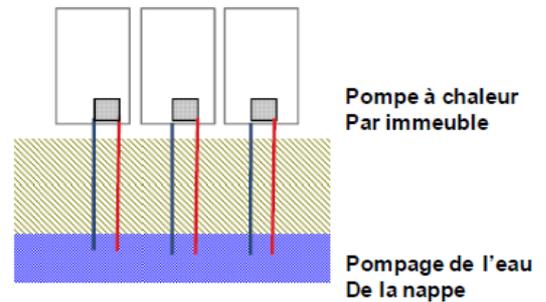
Cette énergie est rendue exploitable par l'intermédiaire de pompes à chaleur (PAC à compression sur aquifère). On distingue trois éléments clés : le forage et ses équipements, la ou les pompes à chaleur (PAC) et les émetteurs de chaleur (planchers chauffants basse température, ventilo-convecteurs, ...). La géothermie très basse énergie peut nécessiter un puits unique (avec un rejet en surface : rivière, plan d'eau...) ou un doublet géothermique (double forage, permet de réinjecter l'eau dans la nappe ; c'est un procédé plus coûteux mais qui évite le rejet en surface de l'eau prélevée).



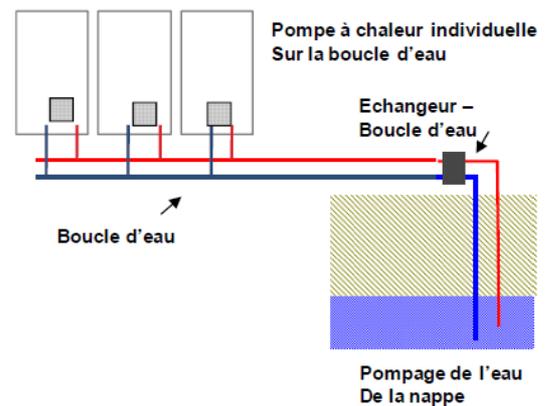
### Potentiel local – PAC sur nappe

Ce type de technologie peut être utilisé à l'échelle du bâtiment ou d'un groupe de bâtiment :

- Solution décentralisée pour laquelle chaque lot/bâtiment crée son propre forage et installe sa propre pompe à chaleur.

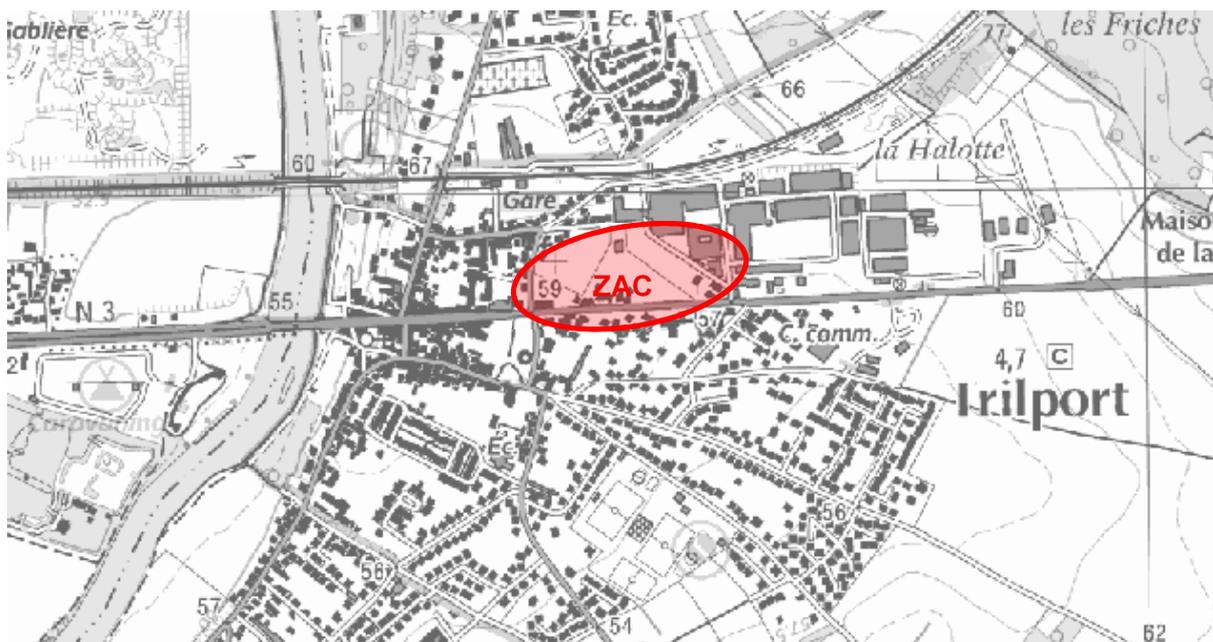


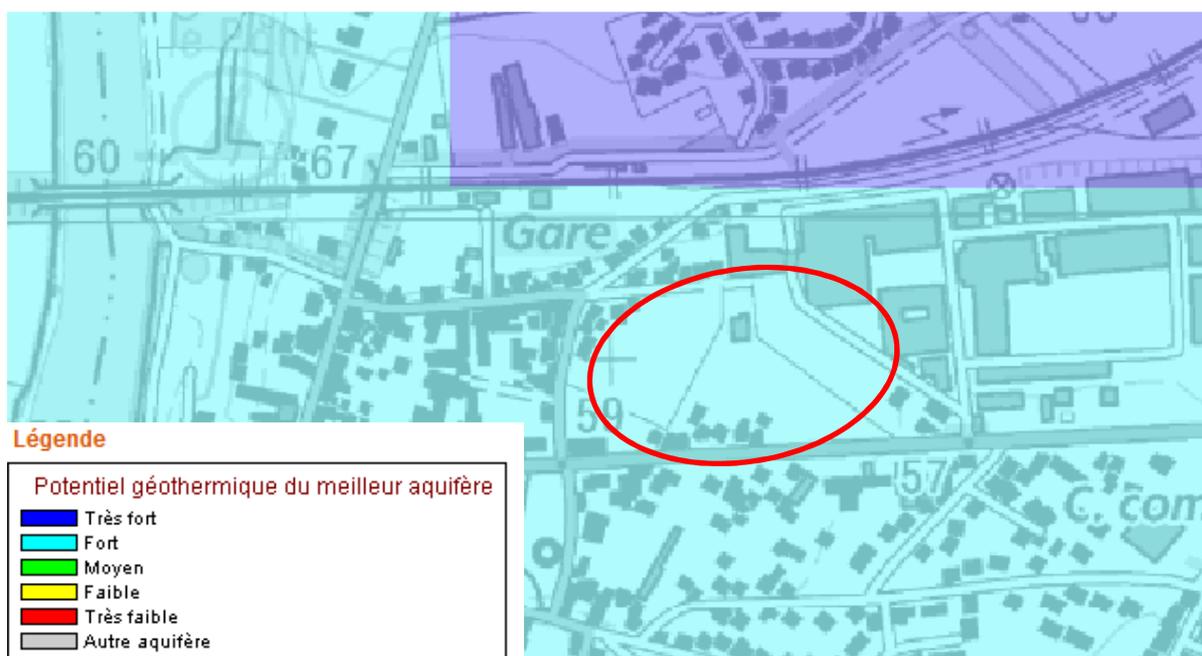
- Solution centralisée dans laquelle chaque lot connecte une pompe à chaleur sur une boucle d'eau circulant à température identique à celle de la nappe. Cette solution permet de ne réaliser qu'un seul forage.



Le site de la future ZAC se situe dans des terrains sédimentaires récents sablo-argileux. De telles formations présentent un contexte hydrogéologique favorable à la présence d'une nappe d'eau de faible profondeur au niveau de la ZAC.

Les figures suivantes présentent les caractéristiques locales de la nappe (source BRGM et Géothermie-Perspectives).





Potentiel géothermique en un point de la ZAC :

Aquifère de l'éocène moyen et inférieur	
Gamme de température des eaux (moyenne en IDF)	12°C en hiver - 16°C en été
Valorisation possible de température	COP optimal - la géothermie est intéressante
Gamme de débits	50 < Q < 100 m <sup>3</sup> /h
Valorisation possible des débits	Puissance disponible pour une application à l'échelle de la ZAC

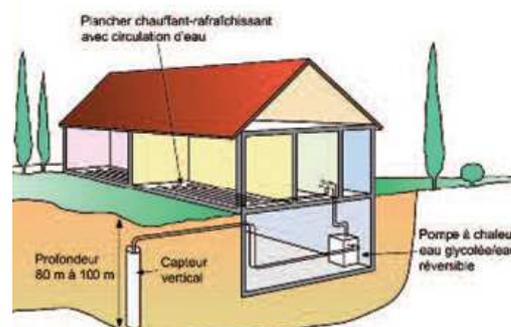
*Source : sites internet du BRGM et de Géothermie-Perspectives*

Avec une pompe à chaleur performante (COP de 5), la puissance thermique disponible pour le chauffage et/ou l'ECS varie de **500 à 1 000 kW en fonction du débit de la nappe d'eau**.

### 3. Potentiel géothermique sur sol

#### Présentation

La chaleur du sous-sol est extraite par l'intermédiaire de capteurs enterrés et d'une pompe à chaleur, qui augmente la température du fluide frigorigène et transfère la chaleur dans le circuit de chauffage. Il est possible d'inverser le fonctionnement du système et de produire du froid en période estivale en utilisant une pompe à chaleur réversible.



#### Potentiel local – capteurs verticaux

Le tableau suivant présente les résultats d'une estimation faite, pour les capteurs verticaux, en fonction de données géologiques moyennes en Ile de France (IDF). Les résultats ne représentent donc qu'un ordre de grandeur qui devra être affiné par des études de sol approfondies.

Echelle	Surface chauffée [m <sup>2</sup> ]	Puissance utile totale [kW]	Longueur totale de sonde (m)	Nombre de sondes de 99 mètres
Lot A	6 176	200 kW	4 000	40
Lot B	3 030	100 kW	2 000	20
Lot C	7 524	245 kW	4 900	49
Lot D	3 289	110 kW	2 200	22
Lot E	7 896	255 kW	5 100	51
Lot F	4 034	130 kW	2 600	26
Lot G	5 362	175 kW	3 500	35

Hypothèses :

- dimensionnement du projet à 100 % de la puissance maximale de chauffage et/ou ECS
- conductivité thermique du sol : 50 W/mètre linéaire

#### 4. Valorisation de chaleur fatale

La chaleur fatale est la chaleur produite par un processus dont l'objet n'est pas la production de celle-ci. C'est par exemple la vapeur d'eau rejetée par l'industrie présente au nord-est de la ZAC, processus dont l'objet principal est le moulage plastique et non la production d'énergie.

La mise en place d'un réseau de chaleur est un excellent moyen de valoriser cette chaleur fatale.

Afin d'estimer le potentiel de valorisation thermique et la cohérence économique de ce projet, il est indispensable de recueillir des informations sur les activités de cette industrie :

- Faisabilité technique pour récupérer la vapeur
- Précision sur les rejets de vapeurs (T°C, quantité, débit, pression, ...)
- Constance des rejets sur l'année (permanent, intermittent, ...)
- Possibilité de rachat de la vapeur à l'industriel

## 4 SYNTHÈSE DU POTENTIEL LOCAL



Type d'énergie	Echelle théorique d'exploitation	Critère déterminant	Solution adaptée
Bois énergie	Création d'un réseau de chaleur	<p>La solution de chaufferie bois centralisée couplée avec la création d'un réseau de chaleur à l'échelle de la ZAC complète est écarté pour les raisons suivantes :</p> <p>Phasage des travaux : difficile de mettre en œuvre une chaufferie centralisée et un réseau qui comporterait des attentes et donc une réserve de puissance pour anticiper le raccordement futur des nouveaux usagers. Cette disposition générerait :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- un mauvais rendement des installations</li> <li>- un surdimensionnement du réseau</li> <li>- si le programme est modifié au fil des années une installation qui ne serait pas dimensionnée au plus juste (soucis d'optimisation).</li> </ul> <p>En revanche, la création de réseau de chaleur à l'échelle d'un lot est envisageable et doit tenir compte des critères de distance maximale par rapport à la chaufferie présentés dans le tableau p.14.</p>	Oui, à l'échelle d'un lot
	Chaudières individuelles	<p>La solution de chaudières bois individuelles est également possible. Même si la filière est en cours de structuration, le gisement théorique et les fournisseurs sont présents à l'échelle locale.</p> <p>Le coût des combustibles reste avantageux et évolue moins vite que les prix du fioul ou du gaz. Une solution de mutualisation de l'approvisionnement en bois permettrait de faire baisser le coût du combustible.</p>	Oui
Géothermie sur nappe	Solution centralisée à l'échelle d'un îlot	<p>D'après les éléments du BRGM, on suppose la présence d'une nappe phréatique proche et exploitable. La gamme de débit espérée permet de desservir largement les surfaces chauffées de chaque îlot. Au vu des données actuelles, cette solution semble adaptée. Les longueurs de chaque boucle d'eau devront tenir compte des critères de distance maximale par rapport à la chaufferie présentés dans le tableau p.14.</p> <p>Des données complémentaires par la mise en œuvre de forages avec essais de pompage sur la ZAC permettraient de caractériser et confirmer précisément le niveau de la ressource disponible localement. Les facteurs déterminants pour la mise en œuvre d'installations de PAC sur aquifère sont la profondeur de l'aquifère, la nature des formations géologiques traversées et le débit d'eau disponible dans la nappe.</p>	Oui, à l'échelle d'un lot
Géothermie sur sol	Capteurs horizontaux	Compte tenu des surfaces d'échange nécessaires, l'exploitation de la chaleur du sol par capteurs horizontaux ne semble pas envisageable en raison des surfaces des parcelles du projet (surface d'échange nécessaire = 1,5 à 2 fois la surface chauffée du bâtiment).	Non
	Capteurs verticaux	Compte tenu des caractéristiques du sol, il existe un potentiel fort pour exploiter la géothermie sur sol par le biais de capteurs verticaux. Le nombre de sondes par lot est présenté dans le tableau de la page 17.	Oui