

TECHNOLOGIE UTILISEE OU GENERIQUE	POMPE A CHALEUR SUR EAUX USEES
Type d'usage Collectif Individuel	Les pompes à chaleur (PAC) utilisant comme source de calories les eaux usées, sont utilisées avec accumulation pour le chauffage et le rafraîchissement des bâtiments. Ce système est encore appelé hydrothermie et est installé sur des réseaux d'assainissement de ville ou dans des bâtiments collectifs. En usage individuel (maison ou logement seul) ou collectif (bâtiment collectif résidentiel), il peut y avoir différentes solutions améliorant par systèmes statiques (passif) la température d'eau froide, ou par systèmes mécaniques (actif) la production d'eau chaude (chauffage ou/et ECS).

Schéma de principe : Figure 1. Schéma de fonctionnement (Source SuisseEnergie) de récupération des calories des eaux usées sur la voie publique, dans la bouche du tout-à-l'égout.

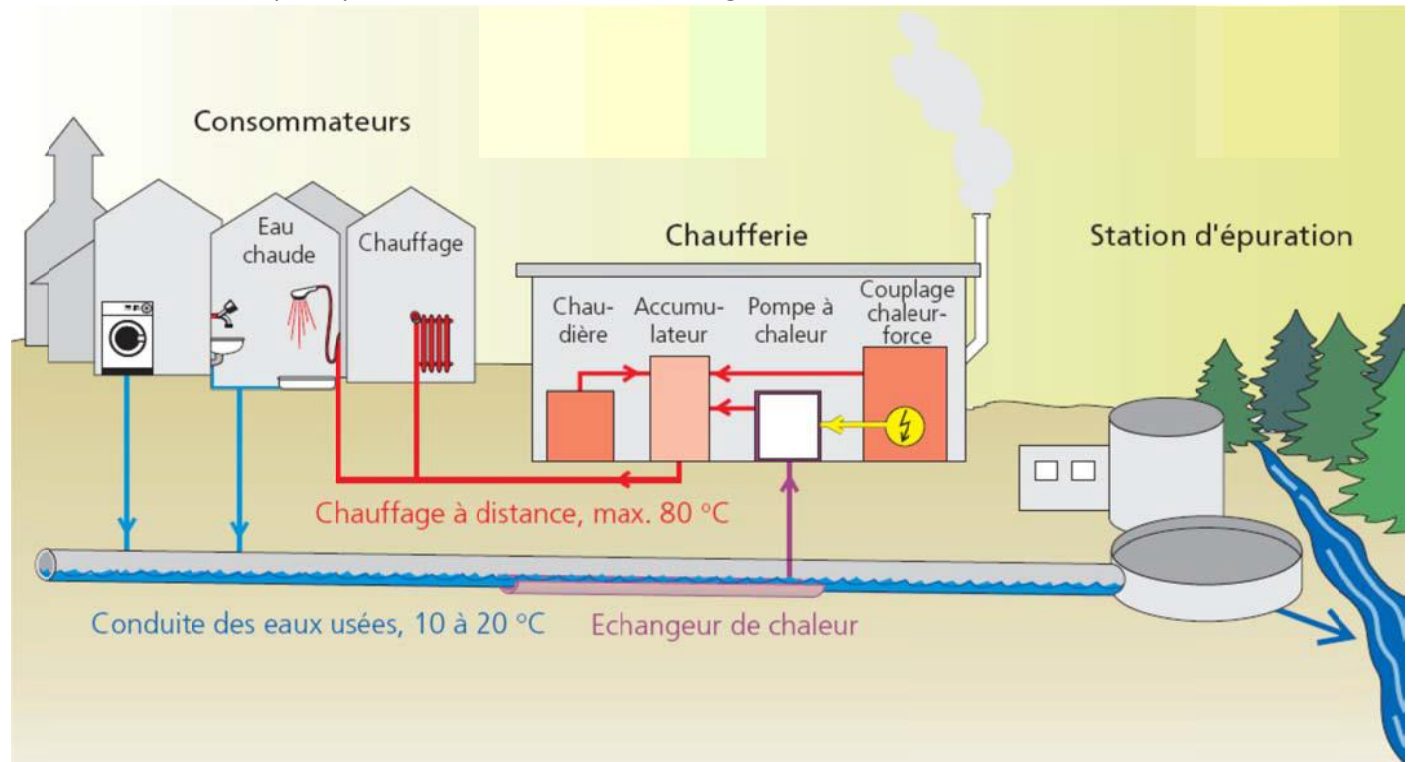
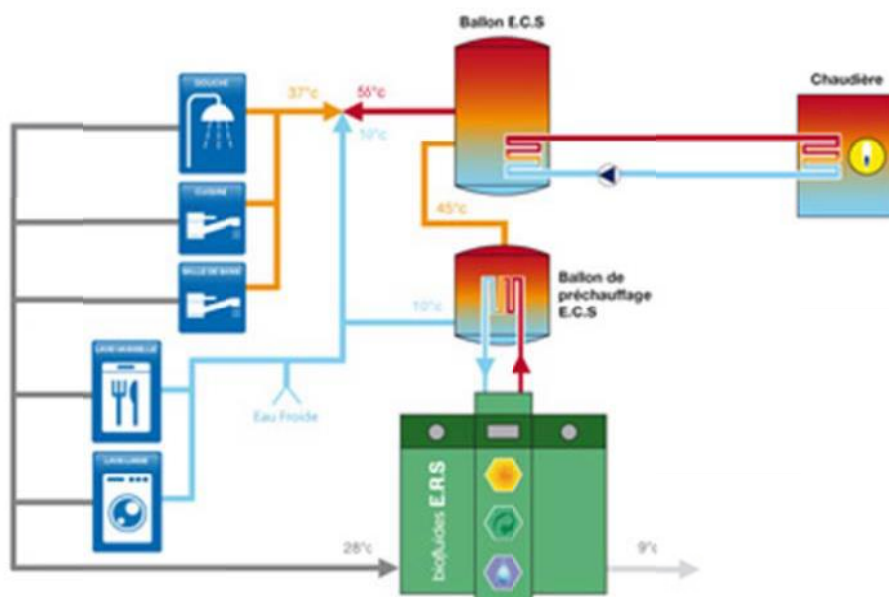


Figure 2. Schéma de fonctionnement du système baptisé « energy recycling system » (ERS) de la société Biofluides de récupération des calories des eaux usées directement dans le bâtiment.



Description synthétique :**Pour les PAC sur les eaux usées des égouts sur la voie publique :**

Le système de récupération des calories des eaux usées sur la voie publique, basé sur un brevet Suisse, est commercialisé en France sous l'offre « Degrés Bleus » de Lyonnaise des Eaux, filiale de Suez Environnement. Ce dispositif s'appuie sur un échangeur thermique au fond des canalisations d'eaux usées. Il va permettre de récupérer les calories des eaux usées et les transférer à un fluide caloporteur. Composé d'eau glycolée (dont la température passe de 4°C à 8°C au contact de l'échangeur), ce fluide alimente une pompe à chaleur qui assure le chauffage du bâtiment. Il circule en boucle fermée de l'intérieur des échangeurs à la chaufferie du bâtiment. Constitué de plaques en inox, l'échangeur garantit la séparation du réseau de chauffage de celui des eaux usées. Quant à la pompe à chaleur, elle va démultiplier les calories prélevées et élever la température jusqu'à ce qu'elle soit suffisante (entre 50°C et 63°C) pour le chauffage du bâtiment et l'eau chaude sanitaire. La PAC étant réversible, l'été elle peut servir pour rafraîchir les bâtiments.



Photo 1 : Exemple de canalisations équipées d'échangeurs thermiques (source Saunier associés)

Pour les PAC sur les eaux usées d'un bâtiment :

Dans un bâtiment, les canalisations d'évacuation séparent les eaux grises (cuisine, salle de bain, buanderie), de celles des eaux vannes (toilettes). C'est aux eaux grises que l'« energy recycling system » (ERS) s'intéresse. Ne sont donc concernées que les eaux usées d'usage domestique : douche, baignoire, lave-linge, lave-vaisselle et cuisine. Lors de leur évacuation, les eaux grises domestiques ont une température moyenne comprise entre 10° et 25°, selon le lieu et la saison. C'est cette chaleur que le dispositif ERS récupère. La chaleur prélevée et recyclée sert ensuite à l'alimentation du chauffage et/ou de l'eau chaude sanitaire.

La récupération de ces calories énergétiques se fait sans perturber l'évacuation des eaux usées.

En Autriche, il est fabriqué le ThermoCycle®WRG qui est un système d'échangeur servant à préchauffer l'ECS en amont d'un ballon d'eau chaude. Cet échangeur est couplé à un ballon accumulateur à stratification de la gamme FORSTNER. Pour les bâtiments plus importants, un couplage avec une pompe à chaleur ou autre moyen de production est possible : cf. Figure 3 ci-après.

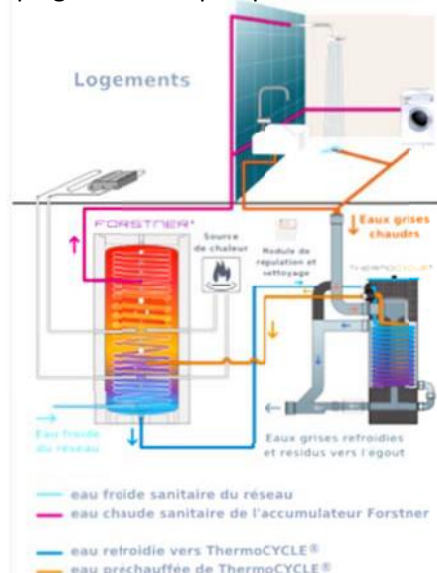


Figure 3. Association du ThermoCycle®WRG avec un ballon accumulateur à stratification de la gamme FORSTNER (source énergie efficace)

Cette fiche détaillée d'une technologie énergétique, s'appuie sur la description faite sur les Pompes à Chaleur (PAC)

CEA INES – DTS/LEB/Patrice Schneuwly **Fiche détaillée technologie – Récupération de chaleur des eaux usées**
de la fiche « Pompe à chaleur aquifère ».

Il reste des technologies utilisant les calories des eaux usées, mais n'utilisant pas de système mécanique (de type PAC ou chauffe-eau). Ces technologies sont les suivantes :

- Les systèmes de récupération d'énergie RECO distribués en France par GAIA GREEN, mais développés et produits aux Pays-Bas par la société HEI TECH.

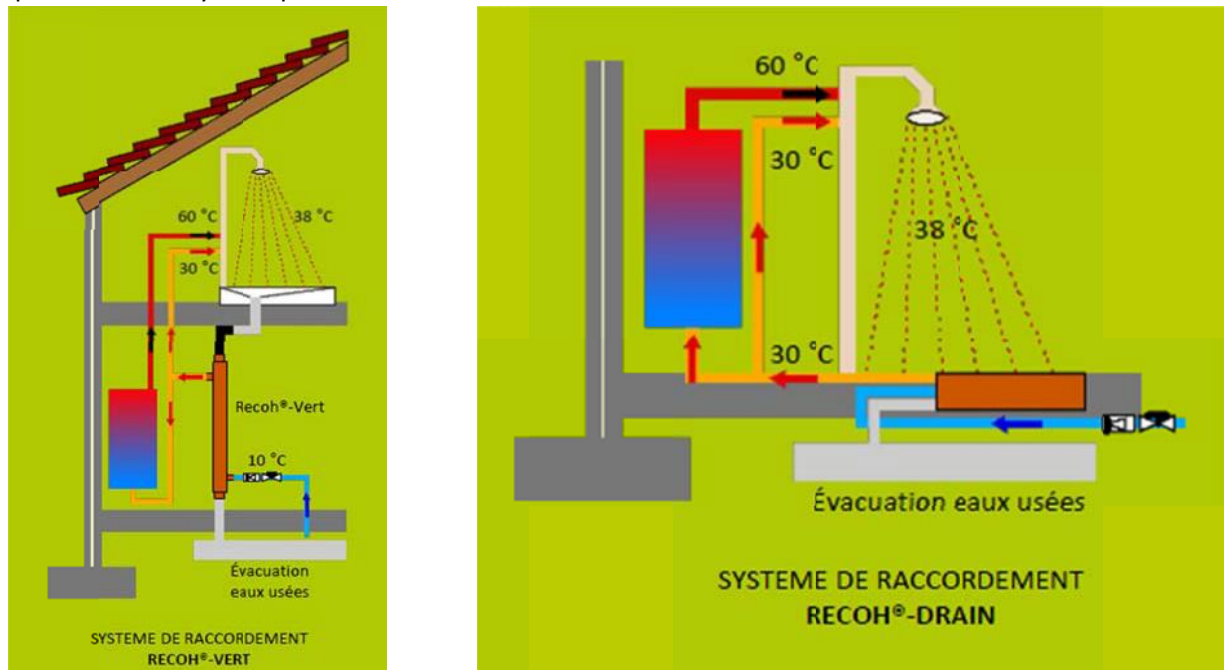


Figure 4 : Schéma de récupération de l'eau de douche par les systèmes RECO®-VERT et RECO®-DRAIN

- Le système Power-Pipe™ développé et fabriqué au Canada, est distribué en France par Solenove Énergie. L'eau froide circule dans un serpentin de tubes en cuivre installé à la verticale, entourant une conduite également en cuivre d'évacuation des eaux usées.

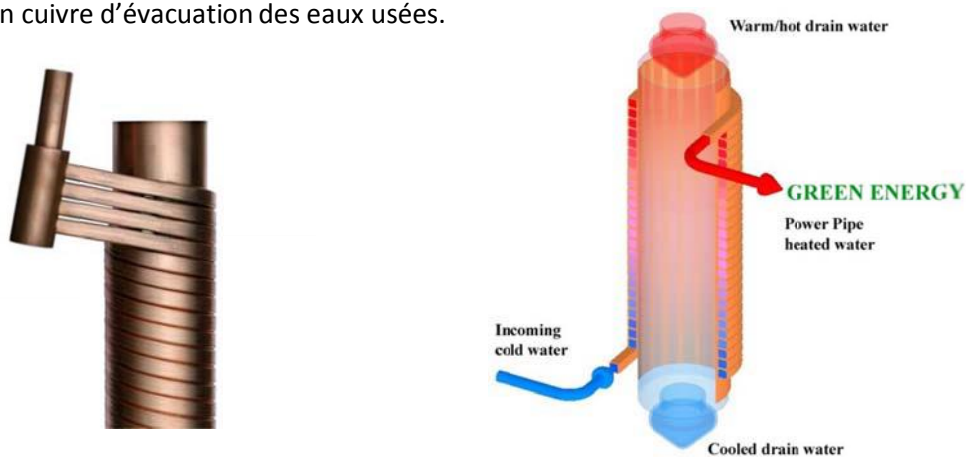


Figure 5 : Photo de l'échangeur en cuivre et figure du principe (source RenewABILITY Energy inc.)

Schéma d'intégration : Le Guide de SuisseEnergie à destination des maîtres d'ouvrage et des communes, pose la question du type d'installation à prévoir pour la récupération des calories sur les eaux usées des réseaux d'égout :

Centralisé ou décentralisé ?

Pour pouvoir concurrencer efficacement les systèmes conventionnels (chaudières, machines frigorifiques), les installations de récupération de l'énergie des eaux usées doivent être d'une certaine taille. Souvent, les besoins d'un seul bâtiment ne sont pas suffisants pour exploiter une pompe à chaleur de manière rentable. Dans ce cas, il faut envisager un chauffage collectif couvrant plusieurs bâtiments. Il reste alors à en déterminer la conception : centrale unique ou solution décentralisée avec plusieurs unités (voir Figure 4).

Les critères suivants jouent un rôle décisif dans le choix:

- la distance entre les consommateurs
- la place disponible pour l'installation
- l'intégration des installations existantes (chaudière, égouts, conduites)
- le mode de chauffage de l'eau
- les températures nécessaires pour les différentes utilisations de la chaleur
- les relations entre propriétaires

- le financement et l'exploitation (contracting)

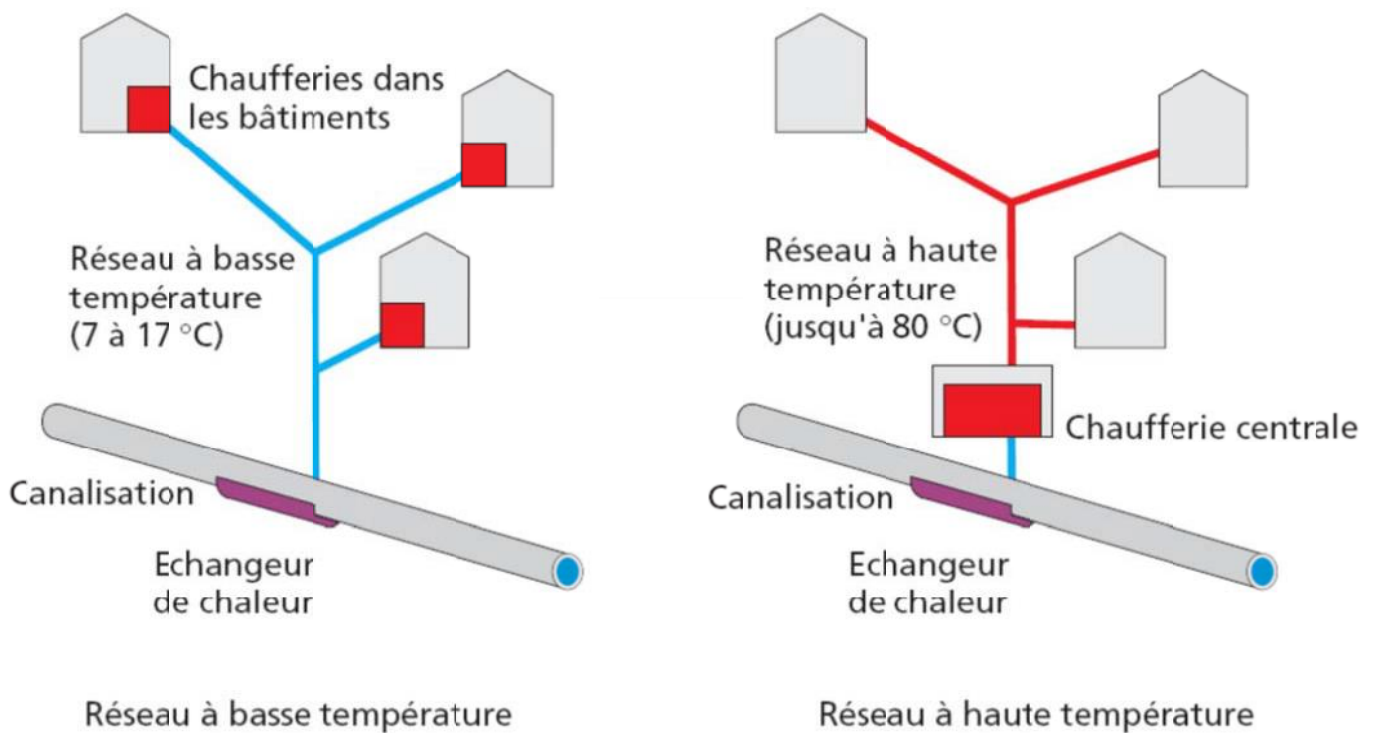


Figure 6 : Réseaux à basse et à haute température sur eaux usées sur voie publique (Source SuisseEnergie).

Concernant le système Energy Recycling System (ERS), celui-ci fonctionne sur le même principe qu'une pompe à chaleur hydrothermique, avec une différence notable : il n'est plus nécessaire d'avoir accès à une nappe phréatique et de faire un forage, la chaleur étant captée sur le réseau d'évacuation des eaux.

Pour le système ThermoCycle®WRG, celui-ci peut-être couplé à une PAC en fonction de l'étude du système hydraulique complet.

Liste des EQs utilisant cette technologie :

Chalon-sur-Saône (France)

<p>Opérateurs (nom et nature)</p> <p>Conception</p> <p>Réalisation</p> <p>Exploitation</p>	<p>En France concernant la récupération des eaux usées sur la voie publique, trois sociétés, "La Lyonnaise des Eaux", "Saunier & associés", "BSR-Technologies" ont plusieurs projets en cours, sous l'offre « Degrés Bleus », notamment le projet installé pour la ville de Nanterre.</p> <p>A l'instar de GDF SUEZ, la PME française Biofluides Environnement a développé une technologie de récupération de la chaleur contenue dans les eaux usées. Différence de taille : son système s'intègre directement dans les bâtiments résidentiels et industriels.</p> <p>A remplir par le groupe qui focalise sur le jeu des acteurs</p>
---	--

Variantes des solutions retenues dans les EQs :

Chalon-sur-Saône : Mise en place du procédé STEP Stream® (SUEZ Environnement & Lyonnaise des Eaux) : récupération d'une partie de la chaleur des effluents dépollués de la station d'épuration grâce à une PAC.

Résultats :

- Satisfaction de 100 % des besoins en chauffage et rafraîchissement des bureaux de la station d'épuration.
- Amélioration du Bilan Carbone®.
- Baisse de la facture d'énergie.
- Temps de retour sur investissement de 3 ans.

<p>Domaines pertinents</p>	<p>Pour les PAC sur les eaux usées des égouts sur la voie publique : Le procédé repose sur un brevet déposé en 2000 par la société Suisse Rabtherm.</p> <p>Les pompes à chaleur récupérant la chaleur de eaux usées conviennent aux grands ensembles et aux chauffages collectifs. Elles sont donc particulièrement appropriées pour chauffer des immeubles locatifs, des lotissements, des bâtiments commerciaux, des écoles, des établissements médico-sociaux, des complexes sportifs ou des piscines.</p> <p>En revanche, elles ne sont pas indiquées pour les villas individuelles et les</p>
-----------------------------------	---

	<p>consommateurs de chaleur industrielle. Pour qu'une installation de récupération de la chaleur soit rentable, il est indispensable d'avoir une puissance minimale de 150 kW et d'être à proximité d'une station d'épuration ou d'une conduite exploitable. Cette puissance correspond à celle d'une cinquantaine d'appartements neufs BBC.</p> <p>Pour les PAC sur les eaux usées d'un bâtiment : La pertinence économique est une installation pour un bâtiment d'environ 35 logements. Il n'y a pas de seuil maximum puisque le système est modulaire.</p>
Limites d'utilisation	<p>Pour les PAC sur les eaux usées des égouts sur voie publique (Source SuisseEnergie) : Proximité d'une canalisation : plus un bâtiment est proche d'une canalisation des eaux usées exploitable, plus la récupération de chaleur est avantageuse (en milieu construit distance maximale de 100 à 300 m). Densité de construction : plus la densité de construction est élevée, plus l'exploitation d'un chauffage collectif par récupération de la chaleur des eaux usées est rentable (les bâtiments situés dans un rayon de 100 m peuvent être raccordés à une seule chaufferie). Température de fonctionnement : plus la température d'exploitation de l'installation est basse, meilleure est l'efficacité des pompes à chaleur (exemple: chauffages au sol). A contrario, l'exploitation de ce genre de système n'est pas favorable à la production de chaleur avec une température supérieure à 70°C. Consommation régulière : une consommation régulière (chauffage de l'eau sanitaire toute l'année, pas de baisse de consommation le week-end) garantit un temps d'exploitation élevé des pompes à chaleur et favorise leur rentabilité. Le chauffage d'une piscine est particulièrement avantageux. Option climatisation : en été, les eaux usées peuvent également servir à la climatisation. La pompe à chaleur est alors employée en sens inverse comme une machine frigorifique. Ce mode de fonctionnement augmente la rentabilité de l'investissement. Critères liés à la canalisation des eaux usées : débit d'au moins 15 litres par seconde équivalent à au moins 5000 habitants raccordés; Température des eaux usées pour la plupart du temps supérieure à 10°C, et cela même en hiver ; Diamètre d'au moins 80 cm pour que l'installation d'un échangeur de chaleur soit réalisable ; Tronçon rectiligne d'au moins 20 m, voire 100 m pour les grandes installations. Le système d'échangeur peut-être installé dans une station d'épuration desservant au moins 2000 logements.</p> <p>Une autorisation de l'exploitant des eaux usées est indispensable pour vérifier que leur température d'exploitation ne subit qu'une faible variation.</p> <p>Pour les PAC sur les eaux usées d'un bâtiment : La présence d'un sous-sol est nécessaire dans les bâtiments existants. Les eaux usées et les eaux vannes doivent être séparées.</p>
Contribution à la mutualisation des besoins	<p>La technologie de PAC sur les eaux usées des égouts sur la voie publique, participe à l'installation de réseaux de chaleur. Ces derniers permettent de subvenir à une grande partie du chauffage des bâtiments, utilisant une source d'énergie souvent gaspillée, parfaitement adaptée au milieu urbain où la concentration des bâtiments alimente la chaleur des canalisations en continu.</p>
Stockage d'énergie	<p>Le stockage d'énergie est en général du stockage thermique permettant de réguler les besoins.</p>

Coût d'investissement (€/kW)	Pour les PAC sur les eaux usées des égouts sur la voie publique : Voir tableau 1 dans la partie « Charges de fonctionnement » Pour les PAC sur les eaux usées d'un bâtiment : <ul style="list-style-type: none">- Pour 10 logements (soit plus de 3000 euros d'investissement par logement), Alain Mouré, Directeur de Biofluides, considère que, sans subventions, le retour sur investissement du système se fait en 17 ans. Et si on l'applique à 50 logements (2000 euros/logement), il passe en dessous des 10 ans.
--	--

Charges de fonctionnement (€/kWh)	<p>Exemple de bilans économiques pour des projets Degrés Bleus implémentés sur une piscine et un bâtiment (Source GDF Suez) :</p> <p>Le détail de la facture annuelle, auquel s'ajoutent tous les coûts initiaux d'implémentation et d'achat de la pompe à chaleur, est détaillé dans le tableau 1 ci-dessous et comparé à la facture initiale du chauffage au gaz. Les hypothèses sont prises d'un amortissement sur 10 ans, avec ou sans aides éventuelles de l'ADEME dans le cadre du Fond Chaleur qui vise à développer les réseaux de chaleur renouvelable.</p> <table border="1" data-bbox="518 358 1428 728"> <thead> <tr> <th>Piscine</th> <th>Besoins annuels</th> <th>Fourniture Degrés Bleus</th> <th>Investissements</th> <th>Aides ADEME</th> <th>Bâtiment</th> <th>Besoins annuels</th> <th>Fourniture Degrés Bleus</th> <th>Investissements</th> <th>Aides ADEME</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>940 MWh</td> <td>500 MWh</td> <td>570 000 €</td> <td>295 000 €</td> <td></td> <td>4870 MWh</td> <td>3550 MWh</td> <td>1 210 000 €</td> <td>120 000 €</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" data-bbox="518 459 949 728"> <thead> <tr> <th></th> <th>Facture originale</th> <th>Facture Degrés Bleus</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Gaz (51€/MWh)</td> <td>58 000 €</td> <td>4 000 €</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Exploitation chaudière</td> <td>17 000 €</td> <td>8 000 €</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Exploitation PAC</td> <td></td> <td>19 000 €</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Exploitation Degrés Bleus</td> <td></td> <td>5 000 €</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Amortissement sur 10 ans</td> <td></td> <td>57 000 €</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Gain/perte</td> </tr> <tr> <td>Facture les 10ères années</td> <td>Sans aides</td> <td>93 000 €</td> <td>- 18 000 €</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Avec aides</td> <td>63 500 €</td> <td>11 500 €</td> </tr> <tr> <td>Facture dès la 11ème année</td> <td></td> <td>36 000 €</td> <td>39 000 €</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" data-bbox="981 459 1428 728"> <thead> <tr> <th></th> <th>Facture originale</th> <th>Facture Degrés Bleus</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Gaz (51€/MWh)</td> <td>265 000 €</td> <td>19 000 €</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Exploitation chaudière</td> <td>57 000 €</td> <td>20 000 €</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Exploitation PAC</td> <td></td> <td>70 000 €</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Exploitation Degrés Bleus</td> <td></td> <td>15 000 €</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Amortissement sur 10 ans</td> <td></td> <td>120 000 €</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Gain/perte</td> </tr> <tr> <td>Facture les 10ères années</td> <td>Sans aides</td> <td>294 000 €</td> <td>28 000 €</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Avec aides</td> <td>282 000 €</td> <td>40 000 €</td> </tr> <tr> <td>Facture dès la 11ème année</td> <td></td> <td>174 000 €</td> <td>148 000 €</td> </tr> </tbody> </table> <p>Tableau 1 : bilans économiques pour des projets Degrés Bleus implémentés sur une piscine et un bâtiment (Source GDF Suez).</p>	Piscine	Besoins annuels	Fourniture Degrés Bleus	Investissements	Aides ADEME	Bâtiment	Besoins annuels	Fourniture Degrés Bleus	Investissements	Aides ADEME		940 MWh	500 MWh	570 000 €	295 000 €		4870 MWh	3550 MWh	1 210 000 €	120 000 €		Facture originale	Facture Degrés Bleus		Gaz (51€/MWh)	58 000 €	4 000 €		Exploitation chaudière	17 000 €	8 000 €		Exploitation PAC		19 000 €		Exploitation Degrés Bleus		5 000 €		Amortissement sur 10 ans		57 000 €									Gain/perte	Facture les 10ères années	Sans aides	93 000 €	- 18 000 €		Avec aides	63 500 €	11 500 €	Facture dès la 11ème année		36 000 €	39 000 €		Facture originale	Facture Degrés Bleus		Gaz (51€/MWh)	265 000 €	19 000 €		Exploitation chaudière	57 000 €	20 000 €		Exploitation PAC		70 000 €		Exploitation Degrés Bleus		15 000 €		Amortissement sur 10 ans		120 000 €									Gain/perte	Facture les 10ères années	Sans aides	294 000 €	28 000 €		Avec aides	282 000 €	40 000 €	Facture dès la 11ème année		174 000 €	148 000 €
Piscine	Besoins annuels	Fourniture Degrés Bleus	Investissements	Aides ADEME	Bâtiment	Besoins annuels	Fourniture Degrés Bleus	Investissements	Aides ADEME																																																																																																				
	940 MWh	500 MWh	570 000 €	295 000 €		4870 MWh	3550 MWh	1 210 000 €	120 000 €																																																																																																				
	Facture originale	Facture Degrés Bleus																																																																																																											
Gaz (51€/MWh)	58 000 €	4 000 €																																																																																																											
Exploitation chaudière	17 000 €	8 000 €																																																																																																											
Exploitation PAC		19 000 €																																																																																																											
Exploitation Degrés Bleus		5 000 €																																																																																																											
Amortissement sur 10 ans		57 000 €																																																																																																											
			Gain/perte																																																																																																										
Facture les 10ères années	Sans aides	93 000 €	- 18 000 €																																																																																																										
	Avec aides	63 500 €	11 500 €																																																																																																										
Facture dès la 11ème année		36 000 €	39 000 €																																																																																																										
	Facture originale	Facture Degrés Bleus																																																																																																											
Gaz (51€/MWh)	265 000 €	19 000 €																																																																																																											
Exploitation chaudière	57 000 €	20 000 €																																																																																																											
Exploitation PAC		70 000 €																																																																																																											
Exploitation Degrés Bleus		15 000 €																																																																																																											
Amortissement sur 10 ans		120 000 €																																																																																																											
			Gain/perte																																																																																																										
Facture les 10ères années	Sans aides	294 000 €	28 000 €																																																																																																										
	Avec aides	282 000 €	40 000 €																																																																																																										
Facture dès la 11ème année		174 000 €	148 000 €																																																																																																										
Niveau de maturité	<p>Pour les PAC sur les eaux usées des égouts sur la voie publique :</p> <p>Cette technologie est en plein développement en Allemagne, Autriche, Etats-Unis et en Suisse, où il existe déjà une vingtaine d'installations, notamment pour les villes de Bâle, Winterthur, Schaffhouse, Zurich....</p> <p>En France (Source Energies & Environnement - http://energie.sia-conseil.com), d'une facilité déconcertante, ce système possède un véritable potentiel d'implémentation dans les villes françaises et bénéficie de subventions de l'ADEME, notamment dans le cadre du fonds Chaleur. Chauffage écologique, il permettrait aux collectivités de répondre aux exigences de l'Union Européenne d'ici à 2020, concernant la réduction de 20% des gaz à effet de serre et la consommation d'énergie, et d'augmenter de 20% l'utilisation des énergies renouvelables, tout en réduisant la dépendance au gaz. De plus, quel meilleur avenir pour nos eaux usées que de revenir sous forme de chauffage ?</p>																																																																																																												
Détails qualitatif	<p>Pour les PAC sur les eaux usées des égouts sur la voie publique (Source Ékopédia):</p> <ul style="list-style-type: none"> - La pompe à chaleur coûte plus cher à l'investissement que le chauffage au gaz, mais occasionne des coûts d'exploitation plus faibles. - Les coûts d'investissements sont amortis par des subventions. L'ADEME subventionne l'étude de faisabilité à 50% des coûts hors taxes. Il existe aussi des aides régionales. De plus, la TVA, pour les abonnements et la consommation, n'est qu'à 5.5% pour les réseaux de chaleur produisant au moins 60% à partir d'énergies renouvelables comme les eaux usées. - La durée de vie d'une telle installation est estimée autour de 30 ans. Le temps de retour sur investissement est compris entre 2 et 10 ans selon l'installation, son fonctionnement et les aides reçues. - Un accès facile aux canalisations (regards, cape de vanne...) réduit les coûts d'installation et de maintenance. <p>Pour les PAC sur les eaux usées d'un bâtiment (Source Biofluides) :</p> <ul style="list-style-type: none"> - La ressource est disponible en continu et en toutes saisons, au sein même de l'habitation. - Les économies d'énergies et de frais peuvent aller jusqu'à 50 % et une faible émission de GES (700 kg de CO2 évité par an et par logement) : voir partie « Domaines pertinents ». <p>Pour le Power Pipe (Source Solenove Énergie) :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Une diminution sur les coûts de production d'ECS possible jusqu'à 60 %. - Le coût d'investissement est bas. - La durée de vie sans entretien peut aller jusqu'à 50 ans. 																																																																																																												