



Projet Européen SummerHeat :  
Rapport Technique



*The sole responsibility for the content of this [webpage, publication etc.] lies with the authors. It does not represent the opinion of the European Communities. The European Commission is not responsible for any use that may be made of the information contained therein.*

*Le contenu de cette [page web, publication, etc] n'engage que la responsabilité de son auteur et ne représente pas l'opinion de la Communauté européenne. La Commission européenne n'est pas responsable de l'usage qui pourrait être fait des informations qui y figurent.*

*Die alleinige Verantwortung für den Inhalt dieser [Webseite, Publikation usw.] liegt bei den AutorInnen. Sie gibt nicht die Meinung der Europäischen Gemeinschaften wieder. Die Europäische Kommission übernimmt keine Verantwortung für jegliche Verwendung der darin enthaltenen Informationen.*

## Présentation du projet :

### **Summerheat / « Chaleur d'été »**

## **Faire du froid avec de la chaleur non valorisée en été**

Le développement d'un service d'efficacité énergétique dans l'Union européenne est une nécessité pour réduire notre grande dépendance vis-à-vis des importations d'énergie et de l'augmentation des prix des énergies fossiles et pour tenir nos engagements pris pour protéger le climat. Par conséquent, le développement futur de technologies efficaces telles que la cogénération et la chaleur par les énergies renouvelables est un élément substantiel de la stratégie énergétique européenne.

Le principal obstacle à accroître l'utilisation de technologies qui nécessitent un gros investissement financier comme la cogénération et les incinérateurs (déchets, énergies renouvelables) dans les réseaux de chaleur est la faible charge du système pendant les mois d'été. En été, la majeure partie de la chaleur fatale produite par les cogénérations et les incinérateurs dans les réseaux de chaleur peut être utilisée comme source de chaleur pour la production de froid pour la climatisation (= chaleur d'été).

La généralisation de l'utilisation de la chaleur d'été améliorera la rentabilité de l'ensemble des centrales d'un réseau de chauffage en général et, en particulier, les installations de cogénération et les incinérateurs. De plus, la meilleure valorisation de la chaleur d'été sera plus efficace que les systèmes de refroidissement standard et participera à la réduction des gaz à effet de serre en Europe.

Dans le cadre de ce projet, des stratégies pour généraliser la chaleur d'été seront développées pour les régions concernées. Des propositions pour l'amélioration des conditions cadres seront élaborées et adressées aux décideurs. Un guide pour montrer d'une manière succincte les avantages de la « chaleur d'été » sera produit à destination des propriétaires de biens et aux bureaux d'étude.

Ce travail sera basé sur une analyse de marché approfondie des technologies d'approvisionnement et de la demande. Des études de faisabilité seront réalisées dans toutes les régions concernées pour démontrer les avantages potentiels de la « chaleur d'été » aux propriétaires de biens intéressés.

Le développement ciblé d'un cadre général plus positif, la diffusion de l'information et d'autres actions de support pour développer le marché de la « chaleur d'été » amélioreront la situation considérablement.

Donc, le consortium du projet a défini six cibles principales que la « chaleur d'été » devrait atteindre :

- Avoir une vue d'ensemble de la situation de la chaleur d'été en Europe et tout spécialement dans les pays participants.
- Spécifier les conditions générales dans les pays partenaires et mettre en évidence les barrières.
- Identifier les stratégies de mise en œuvre et de développement nécessaires pour accroître l'utilisation de cette technologie durable.
- Éliminer les barrières par des actions ciblées en s'adressant aux acteurs clés au niveau national et international (conseils pour développer une stratégie politique).
- Établir une coopération étroite avec les acteurs clés tels que les investisseurs, les municipalités et les gestionnaires des réseaux de chaleur.
- Établir une stratégie de diffusion au niveau national et international pour encourager le développement de projets partout en Europe.

Les partenaires du projet sont les suivants :

- Agence de l'énergie de Berlin, Allemagne, coordinateur
- Agence nationale de l'énergie de l'Autriche
- Gestionnaire du réseau de chaleur de Vienne, Autriche
- Bureau d'études Cityplan, République tchèque
- Rhônalpénergie-Environnement, France
- Bureau d'étude Energy Consulting Network, Danemark
- Gestionnaire du réseau de chaleur de Copenhague, Danemark
- Agence nationale de l'efficacité énergétique, Pologne
- Euroheat & Power, association européenne pour les réseaux de chaleur et la cogénération, Belgique

Partenaires associés :

- Vattenfall Europe (réseaux de chaleur de Berlin et Hambourg), Allemagne
- Gestionnaire du réseau de chaleur de Szczecin, Pologne
- Compagnie de Chauffage de Grenoble, France

En France, l'accent sera mis sur le réseau de chaleur de Grenoble avec la Compagnie de Chauffage de Grenoble comme partenaire. D'autres acteurs intéressés et motivés (société d'exploitation d'un réseau de chaleur, collectivités ou BET) peuvent être associés ponctuellement au travail et à la diffusion des résultats du projet.

## Table des matières

<b>1</b>	<b>Introduction.....</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Solutions Techniques.....</b>	<b>8</b>
2.1	<i>Production de froid.....</i>	8
2.1.1	Machines à absorption.....	8
2.1.2	Machines à adsorption.....	11
2.1.3	Machines à dessiccation.....	12
2.1.4	Le Condenseur.....	13
2.1.5	Conclusion : Quelle technologie pour notre partenaire régional ?.....	14
2.2	<i>Distribution du froid à l'intérieur du bâtiment.....</i>	14
2.2.1	Ventilo-convecteurs.....	14
2.2.2	Plancher ou plafond rafraîchissant.....	15
2.2.3	Poutres froides.....	15
2.2.4	Solutions «tout air».....	16
2.3	<i>Choix des systèmes comparés.....</i>	16
<b>3</b>	<b>Données environnementales.....</b>	<b>17</b>
3.1	<i>Présentation sommaire du réseau de chaleur de la compagnie de chauffage (CCIAG).....</i>	17
3.2	<i>Description de la méthode "CONTENU EN CO2 DES RESEAUX DE CHALEUR ET DE FROID" – « DPE Adapté ».....</i>	18
3.3	<i>Description de la méthode de calcul du facteur de ressource primaire (PRF).....</i>	21
3.3.1	Facteur de ressource primaire (Primary resource factor = PRF).....	22
3.3.2	Procédure de calcul.....	23
3.4	<i>Comparaison des coefficients des deux méthodes.....</i>	24
3.5	<i>Données de la France.....</i>	25
3.5.1	Compression: valeurs de référence.....	25
3.5.2	Absorption décentralisée.....	25
3.5.3	Résultats.....	26
3.6	<i>Conclusions.....</i>	29
<b>4</b>	<b>Facteur de coûts.....</b>	<b>31</b>
4.1	<i>Éléments Constructeurs.....</i>	31
4.2	<i>Éléments de coûts énergétiques.....</i>	32
4.2.1	Tarif de l'Electricité.....	32
4.2.2	Tarif de la chaleur.....	33
4.2.3	Prix de l'eau.....	33

---

4.3	<i>Descriptif de la mission de l'intervenant et paramètres retenus</i> .....	33
4.4	<i>Résultats d'investissements</i> .....	33
4.5	<i>Analyses des résultats</i> .....	38
<b>5</b>	<b>Coûts de fourniture de froid</b> .....	<b>39</b>
5.1	<i>Résultats investissement et fonctionnement</i> .....	39
5.2	<i>Analyse des résultats</i> .....	41
5.3	<i>Tableau récapitulatif des coûts</i> .....	44
<b>6</b>	<b>Conclusions</b> .....	<b>46</b>
<b>7</b>	<b>Bibliography</b> .....	<b>47</b>
<b>8</b>	<b>Annexes</b> .....	<b>48</b>
8.1	<i>Tableaux de résultats des facteurs de coûts</i> .....	48
8.2	<i>Tableaux des résultats des coûts de fourniture</i> .....	52

# 1 Introduction

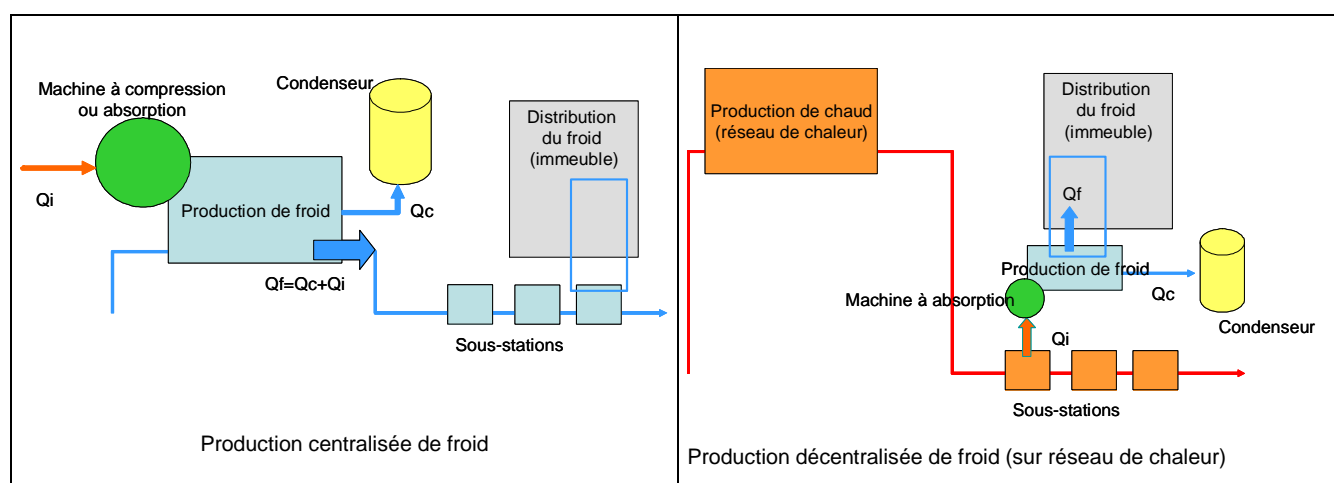
Les objectifs de ce rapport sont :

- Dans un premier temps d'identifier l'ensemble des technologies disponibles pour la production de froid à partir de chaleur.
- Puis de limiter cet ensemble aux technologies –en l'occurrence technologies à absorption - qui peuvent être mises en œuvre sur le réseau de notre partenaire régional, la compagnie de chauffage de l'agglomération grenobloise (CCIAG).
- Dans un deuxième temps, à partir des données du réseau de chaleur, d'estimer les impacts environnementaux tels que les consommations d'énergie primaire et les émissions de CO<sub>2</sub> par la méthode du facteur de ressource primaire.
- Dans un dernier temps, d'estimer les coûts pour une large gamme de puissance avec des machines à absorption et de les comparer avec les systèmes concurrentiels fonctionnant avec des compresseurs de puissance identique.

## 2 Solutions Techniques

### 2.1 Production de froid

On distingue les solutions de type « centralisé » et « décentralisé ». Dans la solution « centralisée », la machine frigorifique est éloignée du point de consommation et produit de l'eau glacée, qui est dans la suite distribuée par une canalisation dédiée aux différents bâtiments à climatiser. Dans la solution « décentralisée », les bâtiments sont reliés au réseau de chaleur et les machines frigorifiques produisent de l'eau glacée dans le bâtiment à partir de l'eau chaude du réseau de chaleur.



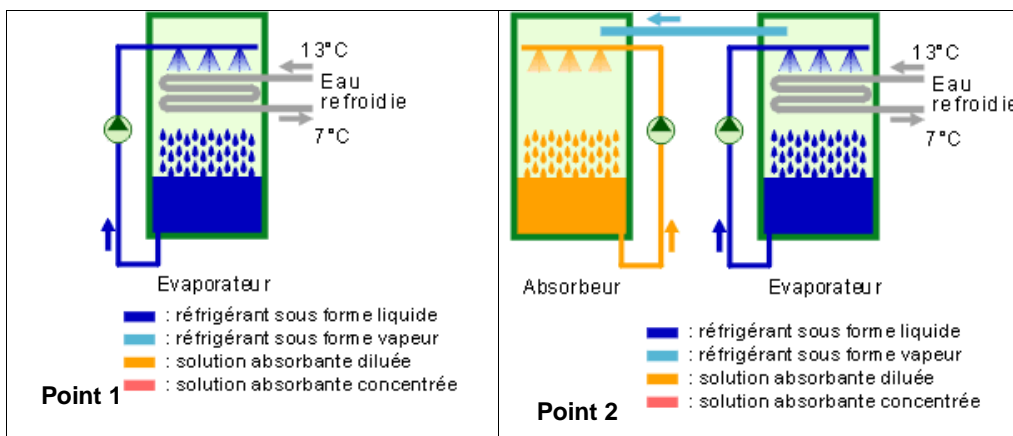
#### 2.1.1 Machines à absorption

##### 2.1.1.1 Principe de fonctionnement

La machine frigorifique à absorption se divise en quatre composants principaux :

- l'évaporateur,
- l'absorbeur,
- le concentrateur,
- le condenseur.

Dans l'**évaporateur (point 1)**, le réfrigérant (ici de l'eau) est pulvérisé dans une ambiance à très faible pression. L'évaporateur est parcouru par un circuit à eau. En s'évaporant, le réfrigérant soustrait sa chaleur à cette eau qui est ainsi refroidie. Une partie du réfrigérant pulvérisé ne s'évapore pas et tombe dans le fond de l'évaporateur où elle est pompée pour être à nouveau pulvérisée.

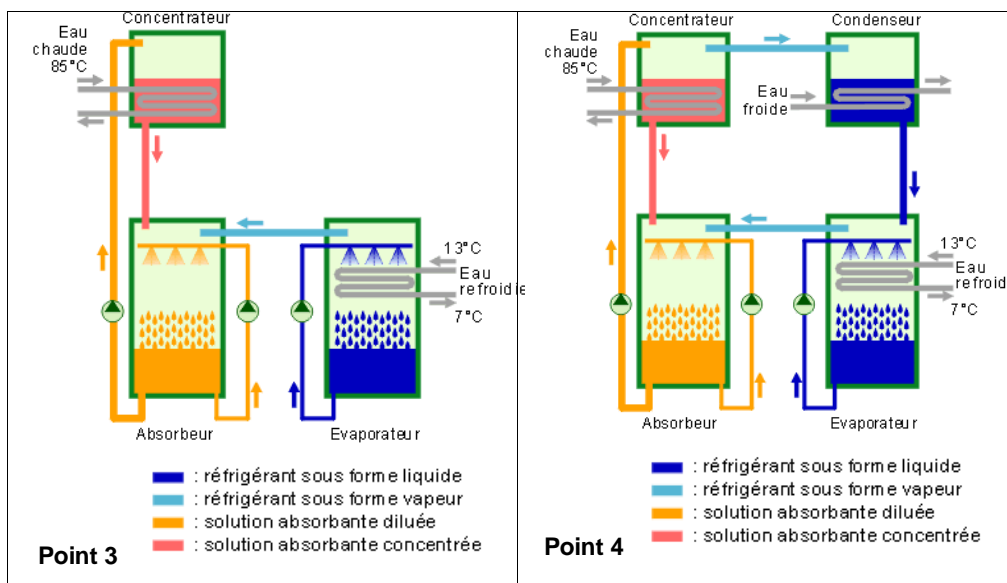


Source : CD Energie + d'énergie Wallonie

La vapeur d'eau (point 2) créée dans l'évaporateur est amenée à l'**absorbeur**. Il contient la solution absorbante (LiBr) qui est continuellement pompée dans le fond du récipient pour y être pulvérisée. Le LiBr absorbe la vapeur d'eau hors de l'évaporateur et y maintient ainsi la basse pression nécessaire à sa vaporisation du réfrigérant.

Au fur et à mesure qu'elle absorbe la vapeur d'eau (point 3), la solution absorbante est de plus en plus diluée. Elle finirait par être saturée et ne plus rien pouvoir absorber.

La solution est donc régénérée dans le **concentrateur**. Elle est réchauffée, par une batterie à eau chaude (environ 85°C) et une partie de l'eau s'évapore. La solution régénérée retourne à l'absorbeur.



Source : CD Energie + d'énergie Wallonie

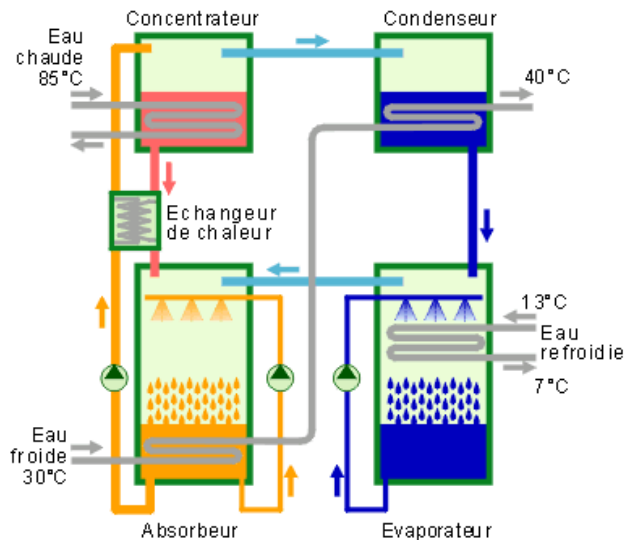
Enfin (point 4), la vapeur d'eau extraite du concentrateur est amenée dans le **condenseur**, où elle est refroidie par une circulation d'eau froide. L'eau condensée retourne à l'évaporateur.

Deux compléments au système augmentent son efficacité :

*Une circulation d'eau froide dans l'absorbeur.* Le phénomène d'absorption génère de la chaleur. La circulation d'eau froide dans le fluide absorbant évite sa montée en température, ce qui diminuerait son efficacité.

*Remarque : l'eau de refroidissement de l'absorbeur peut ensuite passer dans la batterie de refroidissement du condenseur.*

*Un échangeur de chaleur sur le circuit du fluide absorbant.* Le fluide chaud sortant du concentrateur qui retourne à l'absorbeur préchauffe le fluide qui va vers le concentrateur, économisant ainsi une partie de l'énergie nécessaire pour chauffer le fluide à régénérer.



Source : CD Energie + d'énergie Wallonie

### 2.1.1.2 Caractéristiques

Les caractéristiques de ces équipements sont les suivantes :

	Absorption simple effet	Absorption double effet
Source chaude	Eau chaude 70/80°C 90°C	Eau surchauffée 150°C
COP	0,6 – 0,75	1,1-1,2
Gamme de puissance (MW)	0,035 – 5,8	0,1 – 5,3
Surface m <sup>2</sup> /kW	0,01 – 0,03	0,01 – 0,03
Poids kg/kW	8,5 – 22	8,5 – 22

Les machines à triple effet existent et sont viables techniquement cependant leur coût d'investissement ne les rend pas encore commercialisables. Elles fonctionnent avec une température en entrée de 180°C et ont un COP voisin de 1,5.

Les solutions décentralisées de production de froid par absorption sur réseau de chaleur devraient majoritairement conduire à de l'absorption simple effet du fait d'un niveau de température moins élevé de la source chaude. Une production centralisée permettrait plus facilement l'utilisation d'absorbant à double effet avec un meilleur rendement.

### 2.1.1.3 Utilisation

L'eau chaude fournie par un réseau de chaleur en été avoisinant les 90°C, seules les machines simple effet pourront être utilisées dans le cas de la climatisation.

Les puissances s'étageant de 35 kW à plusieurs mégawatt, leur utilisation est permise dans l'ensemble des bâtiments existants.

## 2.1.2 Machines à adsorption

### 2.1.2.1 Principe de fonctionnement

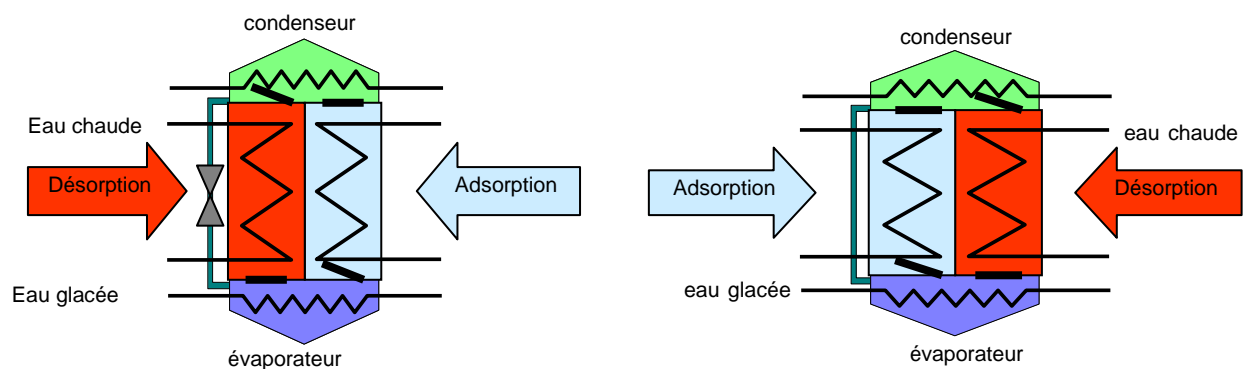
Les systèmes disponibles sur le marché utilisent l'eau comme réfrigérant et le silica-gel comme adsorbant. La machine comprend deux compartiments remplis d'adsorbant, un évaporateur et un condenseur.

L'adsorbant du premier compartiment est régénéré par chauffage (phénomène de désorption), la vapeur d'eau ainsi générée étant envoyée dans le condenseur où elle se condense. L'eau liquide, via une vanne de détente, est envoyée à basse pression dans l'évaporateur où elle s'évapore (phase de « production de froid »).

L'adsorbant du compartiment 2 maintient la basse pression en adsorbant cette vapeur d'eau. Ce compartiment doit être refroidi pour entretenir le processus d'adsorption.

Lorsque la «production de froid» diminue (saturation de l'adsorbant en vapeur d'eau), les fonctions des deux compartiments sont permutées par ouverture et fermeture de clapets. Actuellement, seuls quelques fabricants asiatiques proposent ce type de machines à adsorption.

Dans ce type de machine, le sorbant est solide et ne peut pas être déplacé. Dès lors, il n'y a pas de pompe de circulation de sorbant et les consommations électriques de la machine sont réduites par rapport à une machine à absorption.



### 2.1.2.2 Caractéristiques

Les caractéristiques de ces équipements sont les suivantes :

	Adsorption
Source chaude	Eau chaude 55-70°C
COP	0,55 – 0,65
Gamme de puissance	50-430 kW
Surface m <sup>2</sup> /kW	Taille élevée
Poids kg/kW	Poids élevé

Deux constructeurs sont connus : Mycom et Nishiyodo. Aucune recherche afin de savoir si il sont distribué en France.

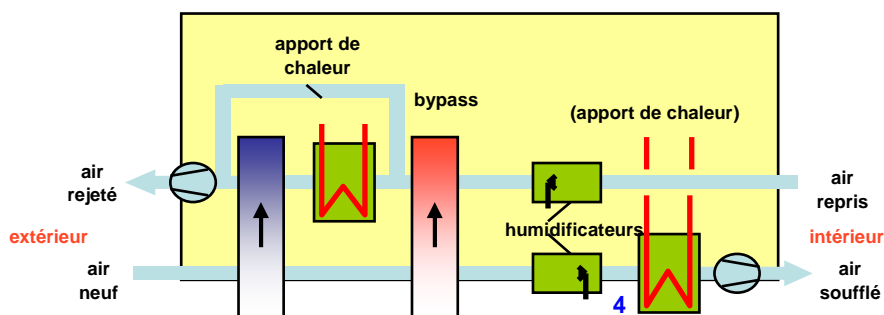
### 2.1.2.3 Utilisation

Il n'y a pas d'exemple connu en France.

## 2.1.3 Machines à dessiccation

### 2.1.3.1 Principe de fonctionnement

Les systèmes à dessiccation sont des systèmes ouverts dont le principe de fonctionnement repose sur le refroidissement par évaporation. La technologie la plus courante fait appel à des roues à dessiccation rotatives contenant un matériau hygroscopique tel que le silica gel ou le chlorure de lithium.



En mode rafraîchissement : l'air entrant chaud et humide est déshumidifié et réchauffé par la roue contenant le silica gel (phénomène d'adsorption), refroidi dans un échangeur avec l'air extrait (refroidissement évaporatif indirect) et enfin humidifié et donc refroidi dans un humidificateur (refroidissement évaporatif direct). L'air repris dans le volume rafraîchi est humidifié jusqu'à saturation pour optimiser le refroidissement dans l'échangeur avec l'air entrant. Le matériau de la roue à dessiccation est régénéré par une source chaude (par exemple des capteurs solaires thermiques).

Pour le chauffage, lorsque les besoins sont faibles, la récupération de chaleur sur l'air sortant est suffisante. Lorsqu'ils sont plus importants, l'énergie solaire et une énergie d'appoint sont nécessaires.

### 2.1.3.2 Caractéristiques

	Dessiccation
Source chaude	Eau chaude 45-90 °C
COP	Env. 1
Gamme de puissance	5 – 350 kW
Surface m <sup>2</sup> /kW	Taille élevée liée à la circulation de l'air
Poids kg/kW	Poids plus faible

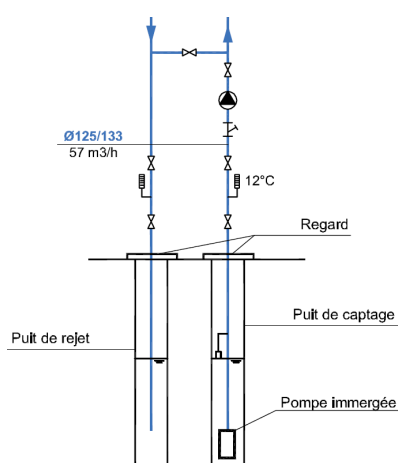
### 2.1.3.3 Utilisation

Une réalisation est présente en France à l'Association Savoyarde pour le Développement des Energies Renouvelable (7 kW avec 16 m<sup>2</sup> capteur plan) ([www.asder.asso.fr](http://www.asder.asso.fr)). Elle est utilisée comme une installations pilote et de test.

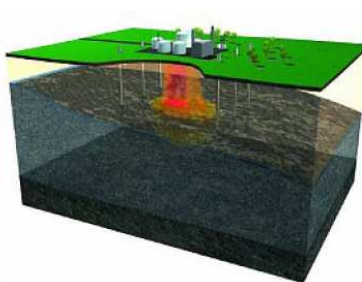
### 2.1.4 Le Condenseur

La chaleur extraite des machines à absorption ou adsorption doit être évacuée. L'échange de chaleur peut s'effectuer, directement avec l'air extérieur, à l'aide de l'évaporation d'eau ou solution moins fréquente en s'appuyant sur l'eau de la nappe phréatique.

#### Refroidissement sur nappe



Le refroidissement peut s'effectuer à l'aide de la nappe phréatique si sa proximité et son débit offrent des conditions compatibles avec l'installation envisagée. Les techniques utilisées sont de deux types :

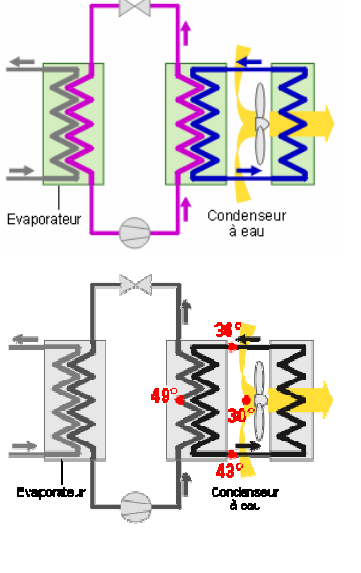
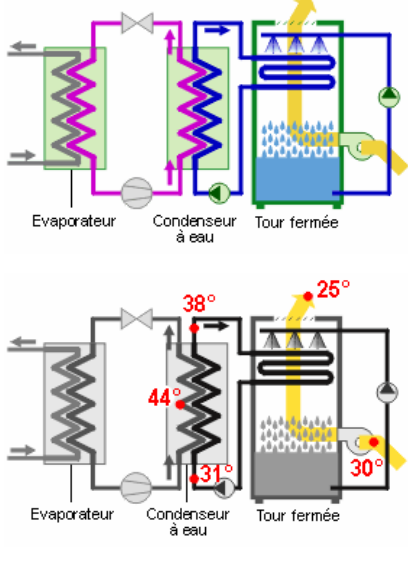
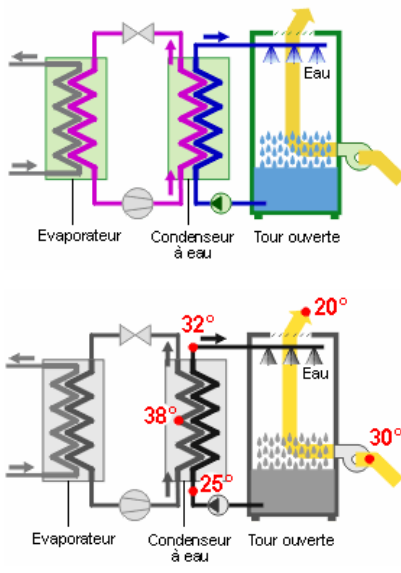


- à un seul forage : Ici l'eau de nappe prélevée est rejetée dans un plan d'eau ou une rivière si ce rejet est toléré
- à deux forages : Ici le deuxième forage sert

à injecter l'eau prélevée par le premier. Bien que plus coûteux que précédemment, cette solution présente l'avantage de ne pas prélever d'eau à la nappe phréatique.

Comme l'illustre cette image, cette solution crée « un point chaud » dans l'écoulement de la nappe phréatique. De plus si la nappe est affleurante, une remontée de celle-ci peut se produire au point de refoulement.

## Tour de refroidissement

Aéro-refroidisseur	Tour de refroidissement fermée	Tour de refroidissement ouverte
L'eau est directement refroidie par l'air	Le circuit est fermé. De l'eau extérieure au circuit est pulvérisée	L'eau est directement pulvérisée
		

La tour ouverte est le système énergétiquement le plus efficace. C'est aussi celui qui est source de la plus grande corrosion des matériaux et d'une importante consommation d'eau pour le refroidissement. Le récent durcissement de la législation en matière de légionelloses limite fortement le recours au système de refroidissements ouverts.

### 2.1.5 Conclusion : Quelle technologie pour notre partenaire régional ?

La technologie envisagée sur le réseau de la compagnie de chauffage est une production décentralisée de froid. En effet la construction d'un réseau de froid n'étant pas à l'ordre du jour, seule une production de ce type peut être envisagée. L'adsorption étant peu connue, la technologie à absorption lui a été préférée. Ainsi des machines à absorption simple effet utilisant la chaleur du réseau ont été retenues pour desservir directement ou via un mini-réseau de froid un ou plusieurs bâtiments. Plus de détail sur les caractéristiques techniques des systèmes sont détaillées dans la partie *choix des systèmes comparés*.

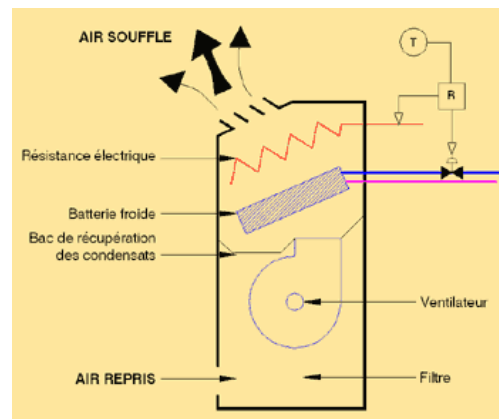
## 2.2 Distribution du froid à l'intérieur du bâtiment

### 2.2.1 Ventilo-convecteurs

Un ventilo-convecteur comprend : une prise d'air du local à refroidir, un filtre à poussières, une ou deux batteries à eau, éventuellement une batterie électrique d'appoint, un bac de récupération des condensats et un ventilateur à plusieurs vitesses.

Le ventilateur de l'appareil aspire l'air ambiant, qui circule sur la batterie d'eau glacée et est rejeté dans le local ou dans un mini réseau. C'est un système très souple d'utilisation, ayant un coût modéré mais ayant comme inconvénients une certaine nuisance sonore et l'absence de contrôle de l'humidité.

Un système voisin est l'éjecto-convecteur qui intègre la pulsion d'air hygiénique. Il est plus facile d'entretien mais moins souple en terme d'adaptation aux exigences de modularité architecturale et en terme de réglage aéraulique. De plus, il coûte plus cher en investissement et en placement.



### 2.2.2 Plancher ou plafond rafraîchissant

De l'eau froide circule dans des tubes noyés dans une dalle (plancher rafraîchissant) ou intégrés dans un faux plafond (plafond rafraîchissant) et permet un refroidissement par rayonnement, ce qui représente un confort accru par rapport à un système convectif.

L'eau froide circule à une température voisine de 15°C ce qui peut permettre parfois de faire du free-chilling (refroidissement de l'eau glacée en by passant la machine frigorifique et en utilisant la fraîcheur de l'air extérieur).

La température de surface doit être contrôlée de façon à ne pas dépasser la température de rosée de l'air ambiant et d'éviter tout risque de condensation. Ce type de système nécessite une installation supplémentaire pour le renouvellement de l'air. La puissance frigorifique de ce type d'émetteur est limitée à 90W/m<sup>2</sup>.

### 2.2.3 Poutres froides

Les poutres froides, comme les plafonds froids, fonctionnent à des températures d'eau glacée élevée (15 – 18 °C) et permettent de réaliser du free-chilling. Elles peuvent être installées en complément d'un plafond froid ou comme système à part entière.

On distingue les poutres froides statiques et les poutres froides dynamiques.

Les poutres froides dynamiques sont constituées d'une batterie à eau à travers laquelle circule l'air ambiant qui est refroidi, et un conduit d'apport d'air neuf (air primaire) équipé de buses. L'air primaire est injecté à grande vitesse, ce qui par effet d'induction, entraîne l'air ambiant qui est amené à passer sur la batterie froide.

Les poutres froides statiques utilisent uniquement la convection naturelle pour le refroidissement de l'air : l'air chaud du local monte, arrive au dessus de la poutre, traverse l'échangeur, se refroidit et redescend.

Dans les deux cas, des dispositions doivent être prises pour éviter le risque de condensation.

#### **2.2.4 Solutions «tout air»**

Dans ce type d'installation, l'air est traité dans une centrale puis distribué via un réseau de conduits aérauliques. Il peut s'agir d'un système à débit d'air constant (et température variable) ou à débit variable (et température constante). L'avantage principal est de permettre le renouvellement de l'air et le contrôle de l'hygrométrie.

### **2.3 Choix des systèmes comparés**

Le petit nombre de réseaux de froid en comparaison du grand nombre de réseaux de chaleur nous mène à étudier plus précisément les solutions décentralisés. C'est aussi se type de solution qu'envisage à terme la compagnie de chauffage intercommunal de l'agglomération grenobloise , (CCIAG) notre partenaire régional. Ainsi notre choix c'est porté sur des systèmes à compression et à absorption, décentralisé par rapport au chaufferie du réseau de chaleur ayant les caractéristiques suivantes :

- Puissance 35 kW
- Puissance 100 kW
- Puissance 300 kW
- Puissance 1000 kW

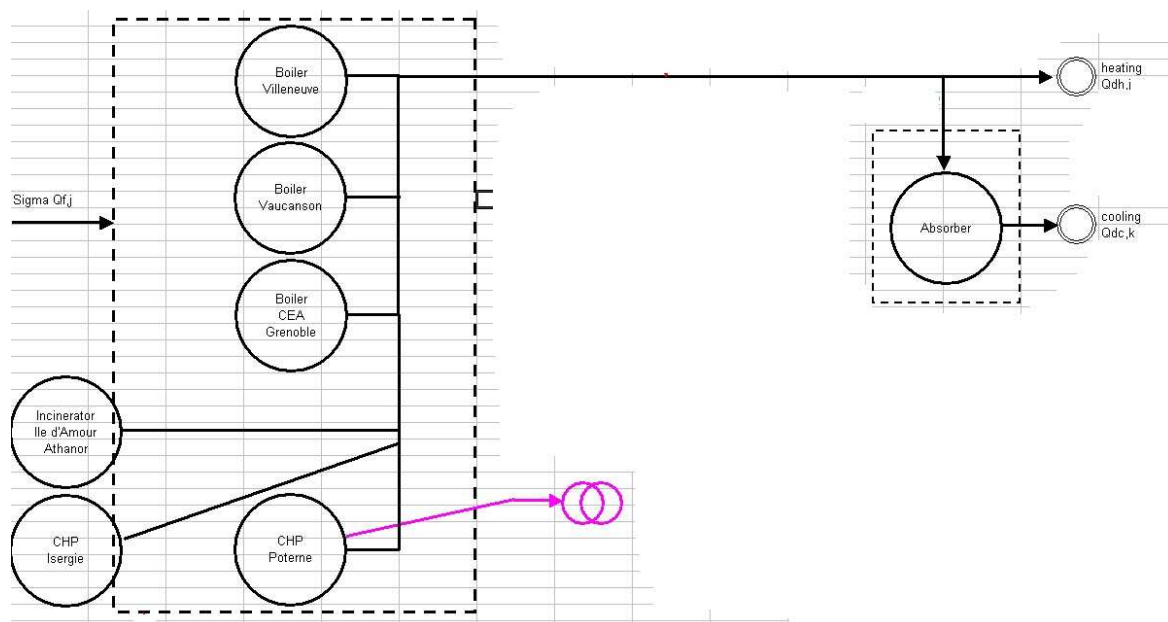
Les deux systèmes de forte puissance comportent une variante avec réseau de froid : Pour 300 kW de puissance le mini réseau de froid de référence est constitué de 4 bâtiments et de 100 m de longueur de réseau. Pour 1 MW de puissance, 10 bâtiments et 300 m de réseau seront retenus.

### 3 Données environnementales

Après une brève présentation du réseau de chaleur de la compagnie de chauffage, un descriptif de la méthode française de calcul des émissions de CO<sub>2</sub> lié aux diagnostics de performance énergétique des bâtiments est effectuée. Son adaptation aux calculs d'énergie primaire est décrite brièvement.

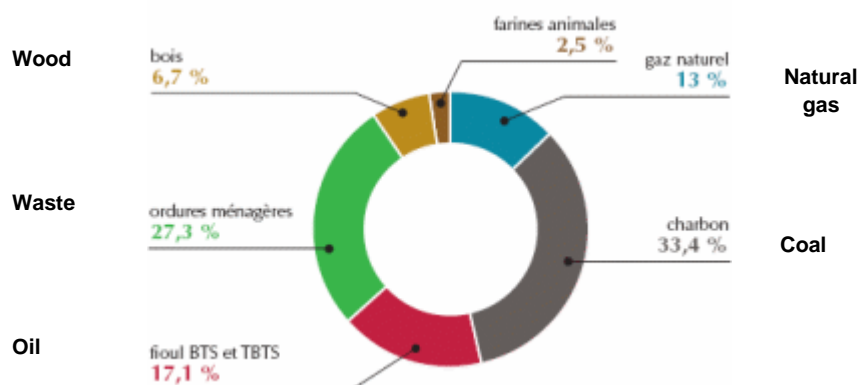
Les résultats de la méthode du facteur de ressource primaire développée dans le cadre du projet européen EcoHeatCool sont présentés pour le réseau grenoblois.

#### 3.1 Présentation sommaire du réseau de chaleur de la compagnie de chauffage (CCIAG)



Le réseau est composé de six chaufferies dont deux sont externes aux limites de notre étude. Ainsi la cogénération d'Isergie ne délivre que de la chaleur industrielle pour notre calcul et l'incinérateur d'Athanor que de la chaleur issue de déchets. Le mix énergétique de la compagnie de chauffage est le suivant sur une base annuelle. Il sert de base à tout nos calculs.

Animal  
Waste



Source : www.cciag.fr

### 3.2 Description de la méthode “CONTENU EN CO2 DES RESEAUX DE CHALEUR ET DE FROID” – « DPE Adapté »

L'arrêté du 15 septembre 2006 relatif au diagnostic de performance énergétique des bâtiments est entré en vigueur le 1er novembre 2006. Ce texte impose que chaque réseau de chaleur ou de froid calcule son contenu en CO<sub>2</sub>. **Les contenus CO<sub>2</sub> de chaque réseau seront publiés dans l'annexe7 de ce même arrêté.** A défaut, c'est la valeur la plus forte (celle du charbon : 384 g/kWh d'énergie finale) qui sera retenue pour le réseau qui n'aura pas fourni cette information. Ainsi le Syndicat National de Chauffage Urbain a développé une méthode de calcul en accord avec la Direction Générale des Matières Première (DGEMP) du ministère de l'industrie.

La méthode pour calculer les émissions des réseau de chaleur est liée au Plan National d'Allocation des Quotas telle que défini dans l'arrêté du 28 juillet 2005 relatif à la quantification des émissions déclarées dans le cadre du système d'échange de quotas.

Les coefficients de pouvoir calorifique et de contenu CO<sub>2</sub> des émissions sont ceux du CITEPA présent dans la note de cadrage ADEME du 28 avril 2005.

Tous les coefficients sont les mêmes que ceux utilisés pour les bilans de l'observatoire de l'énergie et des gaz à effet de serre Rhône-Alpes.

En ce qui concerne les valeurs retenues pour l'électricité, elles sont conformes à la note de l'ADEME du 14 janvier 2005 sur le contenu CO<sub>2</sub> de l'électricité soit 180gCO<sub>2</sub>/kWh pour des usage de chauffage et 40gCO<sub>2</sub>/kWh pour des usages en base de climatisation.

La livraison de chaleur depuis un autre réseau est soumise au même calcul global pour déterminer son contenu CO<sub>2</sub>.

Les hypothèses menant à un contenu de 356gCO<sub>2</sub>/kWh pour de l'électricité issue de la cogénération sont celles prises par le Syndicat National du Chauffage Urbain (SNCU) en collaboration avec la Direction de la DEMande et des Marchés Energétiques (DIDEME) du ministère de l'industrie.

Module de calcul pour un réseau de chaleur:

## CALCUL DU CONTENU EN CO<sub>2</sub> D'UN RESEAU DE CHALEUR

### ANNEE 2005

#### MODULE DE CALCUL

Types d'énergies entrantes		Quantité utilisée	(Unité)	Coef. PCI	Energie (MWh)	Valeur CO <sub>2</sub> (t/MWh)	CO <sub>2</sub> (tonnes)
CHAUFFERIES	Charbon (Houille)		tonnes	7,2	0	0,342	0
	Biomasse solide (Bois, ...)		tonnes		0	0,000	0
	CHV		tonnes	10,9	0	0,288	0
	Fioul Lourd		tonnes	11,1	0	0,281	0
	Fioul Domestique		m <sup>3</sup>	9,9	0	0,270	0
	Biogaz		MWh pcs		0		0
	Gaz naturel		MWh pcs	0,9	0	0,205	0
	Gaz industriel		MWh pcs		0		0
<b>Sous-total chaufferies :</b>					<b>0</b>		<b>0</b>
EL.	Chauffage effet joule		MWh		0	0,180	0
	Pompe à chaleur		MWh		0	0,180	0
AUTRES	Process industriel		MWh		0	0,000	0
	Autre réseau de chaleur		MWh		0	0,228	0
	UIOM		MWh		0	0,000	0
	Géothermie		MWh		0	0,000	0
<b>TOTAL TOUTES ÉNERGIES ENTRANTES</b>					<b>0</b>		<b>0</b>
<i>Electricité produite par Cogé.</i>			MWh		0	0,356	0
<b>TOTAL CO<sub>2</sub> ÉNERGIES ENTRANTES - CO<sub>2</sub> ÉVITÉ PAR LA COGÉ</b>							<b>0</b>
Livraisons à des Réseaux			MWh		0		
Livraisons aux autres Clients			1 MWh		1		
<b>TOTAL ENERGIE LIVRÉE</b>					<b>1</b>		
<b>CONTENU EN CO<sub>2</sub> DU RESEAU (kg/kWh)</b>							
<b>0,000</b>							

Module de calcul pour un réseau de froid

## CALCUL DU CONTENU EN CO2 D'UN RESEAU DE FROID

### ANNEE 2005

#### MODULE DE CALCUL

Types d'énergies entrantes		Quantité utilisée	(Unité)	Coef. PCI	Energie (MWh)	Valeur CO <sub>2</sub> (t/MWh)	CO <sub>2</sub> (tonnes)
CHAUFFERIES	Charbon (Houille)		tonnes	7,2	0	0,342	0
	Biomasse (Bois, ...)		tonnes		0	0,000	0
	CHV		tonnes	10,9	0	0,288	0
	Fioul Lourd		tonnes	11,1	0	0,281	0
	Fioul Domestique		m <sup>3</sup>	9,9	0	0,270	0
	Biogaz		MWh pcs		0		0
	Gaz naturel		MWh pcs	0,9	0	0,205	0
	Gaz industriel		MWh pcs		0		0
<b>Sous-total chaufferies :</b>					<b>0</b>		<b>0</b>
EL.	Froid moteurs compres.		MWh		0	0,040	0
	Pompe à chaleur		MWh		0	0,040	0
AUTRES	Process industriel		MWh		0	0,000	0
	Autre réseau de chaleur		MWh		0		0
	UIOM		MWh		0	0,000	0
	Géothermie		MWh		0	0,000	0
	Autre réseau de froid		MWh		0		0
<b>TOTAL TOUTES ÉNERGIES ENTRANTES</b>					<b>0</b>		<b>0</b>
<i>Electricité produite par Cogé.</i>			MWh		0	0,356	0
<b>TOTAL CO2 ÉNERGIES ENTRANTES - CO2 ÉVITÉ PAR LA COGÉ</b>							<b>0</b>
Livraisons à des Réseaux			MWh		0		
Livraisons aux autres Clients			1 MWh		1		
<b>TOTAL ENERGIE LIVRÉE</b>					<b>1</b>		
<b>CONTENU EN CO2 DU RESEAU (kg/kWh)</b>							
<b>0,000</b>							

Ainsi la méthode Chaud et Froid diverge uniquement sur le contenu CO<sub>2</sub> de l'électricité. Conformément à la note ADEME, il est de 180 gCO<sub>2</sub>/kWh pour des usages de chauffage et de 40 gCO<sub>2</sub>/kWh pour des usages de climatisation.

La compagnie de chauffage de Grenoble utilise cette méthode. Pour les trois dernières années le contenu CO<sub>2</sub> du réseau est de :

Saison	2003-2004	2004-2005	2005-2006
gCO <sub>2</sub> /kWh	203	200	217

La moyenne 2003 / 2006 étant de 207 g/kWh.

L'augmentation en 2005-2006 est liée à un changement de turbo-alternateur, minimisant l'électricité produite au cours de la saison.

### **3.3 Description de la méthode de calcul du facteur de ressource primaire (PRF)**

La méthode de calcul pour évaluer les impacts environnementaux de toutes les solutions techniques identifiées sont basés sur la norme européenne prEN 15316-4-5 et des travaux du groupement de tâches numéro 3 du projet européen EcoHeatCool.

La méthode d'évaluation de l'efficacité environnementale d'un système de production de chaleur ou de froid est basée sur un principe de calcul identique au calcul du PRF. Les émissions de CO<sub>2</sub> et de polluants de l'air, l'utilisation de ressources fossiles sont liées à l'énergie de chauffage et de refroidissement transmise aux bâtiments. En effet un recours plus important aux ressources fossiles implique un impact grandissant sur l'environnement et des émissions de CO<sub>2</sub> plus importantes. Tous les gains et les pertes le long de la chaîne énergétique sont pris en compte.

Les émissions de CO<sub>2</sub> sont liées à l'utilisation des ressources fossiles et dès lors les émissions sont fonctions de la valeur du PRF. Les émissions totales des systèmes de chauffage et de refroidissement dépendent aussi du facteur spécifique d'émission des ressources fossiles utilisées. La formule suivante doit être utilisée.

$$\text{Facteur CO}_2 = \text{PRF} \times \text{facteur CO}_2 \text{ spécifique}$$

Il est alors possible de comparer les différentes technologies de chauffage et de refroidissement. Lorsque le recours aux énergies renouvelables ou fatales de la part du réseau est important, les émissions de CO<sub>2</sub> des réseaux de chaleur ou de froid sont plus bas que les émissions d'autres systèmes de mêmes fonctions. Un PRF plus faible implique des émissions de CO<sub>2</sub> plus faible, les deux étant presque directement liés

Le schéma suivant présente les limites du système d'une installation existante de chauffage et de refroidissement

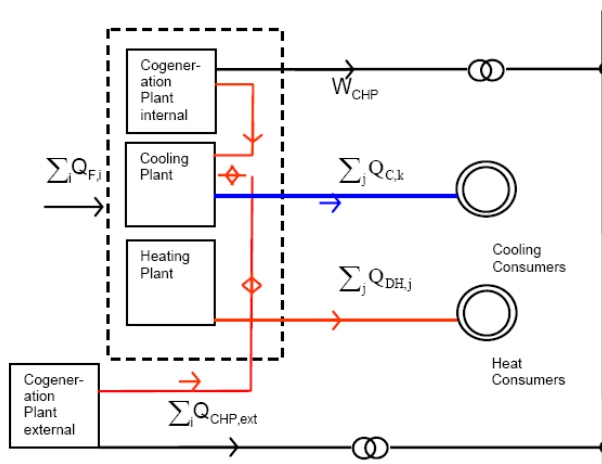


Figure 1. Limite du système Source: ECOHEATCOOL (2005, p. 15)

Plant : Usine    Cooling : refroidissement    Heating : chauffage    Consumers : consommateurs

### 3.3.1 Facteur de ressource primaire (Primary resource factor = PRF)

La valeur du facteur de ressource primaire (PRF) définit le rapport entre la fourniture nette d'énergie fossile et l'énergie calorifique utilisée dans le bâtiment pendant un an. La consommation d'énergie non renouvelable est égale à l'utilisation de ressources fossiles. Tous les systèmes de chauffage et de refroidissement ont leur propre PRF. Si la valeur est inférieure à 1, la consommation totale d'énergie non renouvelable est moindre que l'énergie transmise au bâtiment. Les valeurs qui sont supérieures à 1 équivalent à une plus grande utilisation de ressources fossiles que l'énergie livrée au bâtiment. Les réseaux de chaleur et de froid les plus efficaces ont de faibles PRF. Cela signifie que le chauffage ou le refroidissement ne requiert pas l'utilisation de ressources non renouvelables.

Pour calculer le PRF d'un réseau de chaleur, différentes valeurs sont données pour les différentes énergies.

Tableau 1 valeur de PRF de différentes énergies

Kind of fuels	Primary resource factor PRF
Charbon Ligneux	1,3
Charbon	1,2
Gaz Naturel	1,1
Pétrole	1,1
Chaleur fatale p ex. D'un procédé industriel	0,05
Renouvelables (p ex. le bois)	0,1
Déchets comme combustible, gaz de décharge	0

Réseau de chaleur externe	0,654
Free Cooling	0
Electricité – moyenne européenne	2,5

Source: prEN, 2005

### 3.3.2 Procédure de calcul

#### Procédure de calcul

Les équations suivantes sont utilisées dans la méthode :

1. Avant le calcul du facteur de ressource primaire d'un réseau de froid, l'énergie du réseau de chaleur doit être déterminée (pour les machines à absorption utilisant la chaleur comme source)

$$f_{P,DH} = \frac{\sum_i Q_{F,DH} \cdot f_{P,f} - W_{CHP} \cdot f_{P,elt}}{\sum_j Q_{DH,j}}$$

Où :

$Q_{F,DH}$  Energie du réseau de chaleur (incluant l'énergie du réseau de chaleur et de la cogénération d'électricité,

$f_{P,f}$  Facteur de ressource primaire de l'énergie (énergie finale) en entrée,

$W_{CHP}$  Production d'électricité de l'usine de cogénération du système considéré,

$f_{P,elt}$  Facteur de ressource primaire de l'électricité,

$Q_{DH,j}$  Consommation de chaleur mesuré au primaire des sous stations des clients,

2. Détermination du facteur de ressource primaire d'un réseau de froid. Les machines à absorption utilisent la chaleur produite par les installations comme énergie entrante.

$$f_{P,DC} = \frac{\sum_i Q_{F,i} \cdot f_{P,f} - W_{CHP} \cdot f_{P,elt} - \sum_j Q_{DH,j} \cdot f_{P,DH}}{\sum_k Q_{DC,k}}$$

Où :

$Q_{F,i}$  Energie (énergie finale) entrante aux installations de chaleur et de cogénération à l'intérieur du système considéré (incluant l'énergie du réseau de chaleur, de froid et de la cogénération électrique),

$Q_{DC,k}$  Consommation d'énergie pour le froid mesuré au primaire des sous stations des clients.

3. Détermination du facteur de ressource primaire de la solution par compression électrique

$$f_{P,DC} = (W_{DC} * f_{P,f}) / Q_{DC,k}$$

Où :

$W_{DC}$  Consommation d'électricité de l'unité de compression

### 3.4 Comparaison des coefficients des deux méthodes

Les coefficient utilisés lors des calculs « DPE adapté » et PRF sont comparativement les suivants :

	DPE adapté	EcoHeatCool
<b>Energie Primaire</b>		
Charbon (houille)	1	1,2
Biomasse solide (Bois)	1	0,1
Biomasse solide (Farine Animale)	1	0,1
CHV		
Fioul Lourd	1	1,1
Fioul Domestique	1	1,1
Biogaz	1	0
Gaz naturel	1	1,1
Gaz industriel	1	1,1
Gaz Propane ou Butane	1	1,1
Autre combustible	1	
Réseau de chaleur ou froid (Hors Annexe 7)	Calcul spécifique	Calcul spécifique
<b>Elec</b>		
Electricité	2,58	2,58
Electricité renouvelable	2,58	2,58
<b>Autre</b>		
Process industriel	0	0,05
Autre réseau de chaleur		
UIOM	0	0
Géothermie	0	0
Production électrique par cogénération	2,58	2,58

CO2 (kg CO2/kWhPCIénergie finale)	DPE adapté	EcoHeatCool
Charbon (houille)	0,343	0,343
Biomasse solide (Bois)	0,000	0,000
Biomasse solide (Farine Animale)	0,000	0,000
CHV	0,288	0,288
Fioul Lourde	0,282	0,282
Fioul Domestique	0,271	0,271
Biogaz		
Gaz naturel	0,206	0,206
Gaz industriel		
Gaz Propane ou Butane		
Autre combustible		
Réseau de chaleur ou froid (Hors Annexe 7)	Calcul spécifique	Calcul spécifique
<b>Elec</b>		
Electricité	0,180	0,180
Electricité renouvelable	0,180	0,180
<b>Autre</b>		
Process industriel	0,000	0,000
Autre réseau de chaleur	0,195	0,195
UIOM	0,000	0,000
Géothermie	0,000	0,000
Production électrique par cogénération	-0,356	

### 3.5 Données de la France

Différentes hypothèses sur la typologie du réseau étudié ont été prises. Dans les différents scénarii envisagés, la machine à absorption fonctionnant avec la chaleur du réseau est de type simple effet ( $COP=0,7$ ) avec une chaleur livrée au client de 100 MWh/an (correspond à des besoins de rafraîchissement de 100 à 130 kW froid).

#### 3.5.1 Compression: valeurs de référence

Les calculs sont ceux d'un équipement à compression électrique compresseur de coefficient de performance de 4. (*Reference System Compression COP=4*) Ces calculs servent de référence de comparaison des différents systèmes.

#### 3.5.2 Absorption décentralisée

Les calculs sont effectués à partir des données de consommations du réseau de la compagnie de chauffage de Grenoble pour un système à absorption décentralisée utilisant la chaleur du réseau. La principale hypothèse effectuée dans nos calculs est que la consommation de la machine à absorption est négligeable face à l'énergie totale livrée aux clients par le réseau. En d'autre terme le raccordement d'un nouveau bâtiment n'a pas d'impact sur les consommations totale du réseau. Ainsi les calculs suivants seront exposés :

- Un calcul basé sur les consommations annuelles moyennées sur trois ans. (*CCIAG DeCentral av. 3yr*)
- Un calcul basé sur les consommations annuelles moyennées sur trois ans, le mix étant modifié de la manière suivante : On conserve l'apport de la cogénération et de

l'usine d'incinération. Le reste du mix est alors composé de 25% de bois et de 75% de gaz naturel. Ainsi ce calcul représente un « minimum d'émission » vers lequel le réseau pourrait tendre. (CCIAG DeCentral IdealWood (25%Wood75%gas) av. 3yr) Ce calcul correspond à un « maximum réaliste » en approvisionnement « à bas prix » de la filière bois.

- Un calcul basé sur des « productions théoriques » d'été ou toutes les chaudières fonctionnant avec des combustibles fossiles ont été écartés vers l'hiver. Ainsi seules persistent la production de chaleur de l'incinérateur. (CCIAG DeCentral Summer Sheat av. 3yr)
- Un calcul correspondant au consommations d'hiver associées. (CCIAG DeCentral Winter Sheat av. 3yr)

Les résultats obtenus correspondent soit à des valeurs annuelles soit à des valeurs saisonnières. L'influence de l'évolution du mix énergétique au cours des différentes saisons de chauffe n'est pas montré ici.

### 3.5.3 Résultats

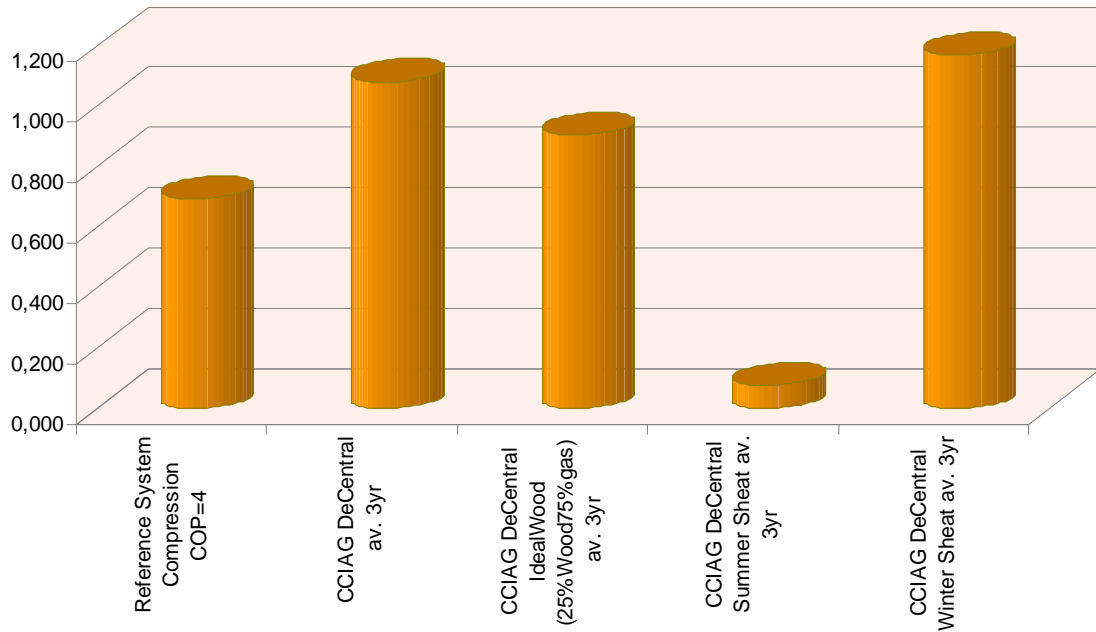
Les résultats montrent bien l'influence de la saisonnalité sur le PRF et les émissions de CO<sub>2</sub>.

**Facteur de ressources primaires de différentes technologies de froid - France**

	Name of system	Type of system	PRF
1	Reference System Compression COP=4	Compression	<b>0,694</b>
3	CCIAG DeCentral av. 3yr	Decentral Absorption	<b>1,080</b>
4	CCIAG DeCentral IdealWood (25%Wood75%gas) av. 3yr	Decentral Absorption	<b>0,901</b>
7	CCIAG DeCentral Summer Sheat av. 3yr	Decentral Absorption	<b>0,073</b>
8	CCIAG DeCentral Winter Sheat av. 3yr	Decentral Absorption	<b>1,168</b>

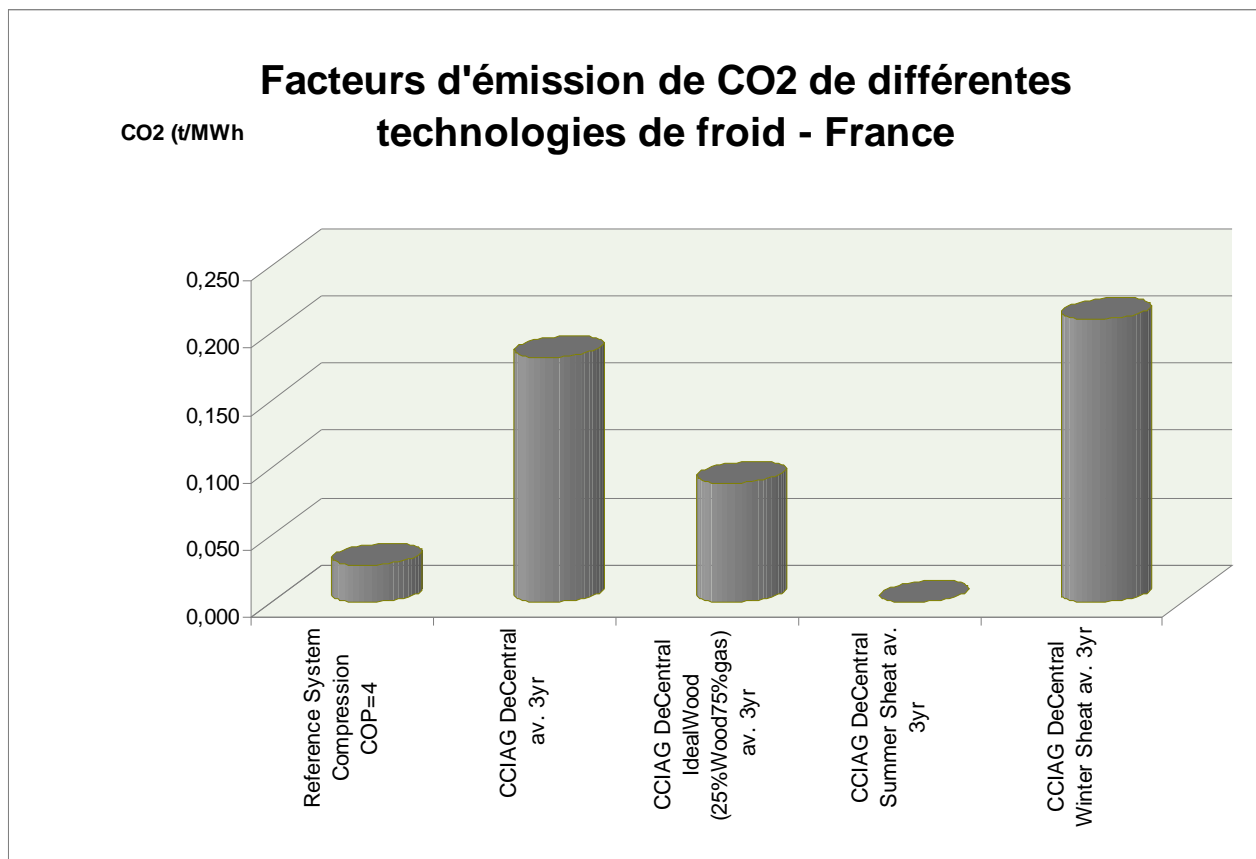
## Facteur de ressources primaires de différentes technologies de froid - France

PRF



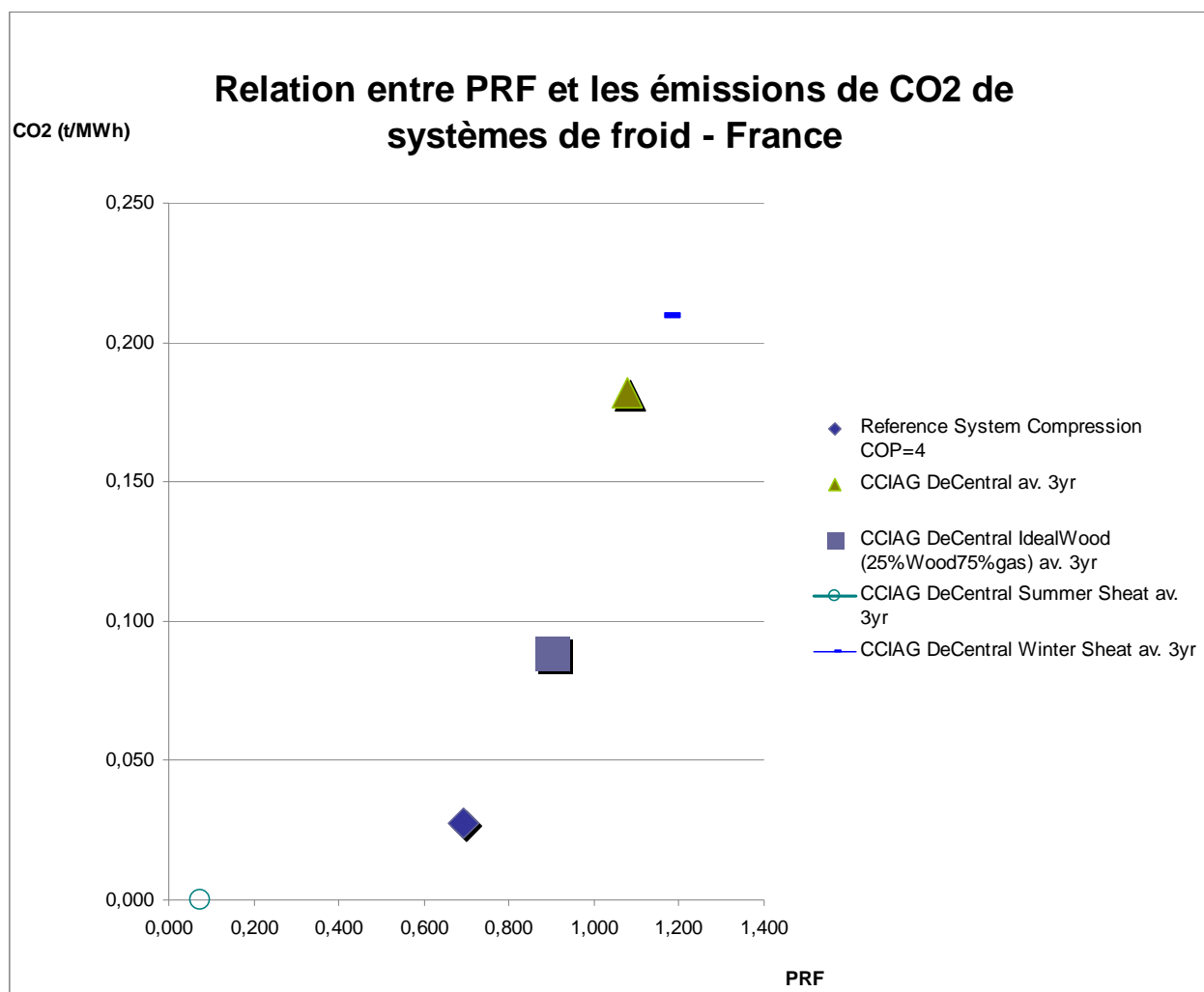
**Facteurs d'émission de CO2 de différentes technologies de froid - France**

	Name of system	CO <sub>2</sub> emission factor
1	Reference System Compression COP=4	<b>0,028</b>
3	CCIAG DeCentral av. 3yr	<b>0,182</b>
4	CCIAG DeCentral IdealWood (25%Wood75%gas) av. 3yr	<b>0,088</b>
7	CCIAG DeCentral Summer Sheat av. 3yr	<b>0,000</b>
8	CCIAG DeCentral Winter Sheat av. 3yr	<b>0,210</b>



Relation entre PRF et les émissions de CO2 de systèmes de froid - France

	Name of system	PRF	CO2 emission factor
1	Reference System Compression COP=4	0,694	0,028
3	CCIAG DeCentral av. 3yr	1,080	0,182
4	CCIAG DeCentral IdealWood (25%Wood75%gas) av. 3yr	0,901	0,088
7	CCIAG DeCentral Summer Sheat av. 3yr	0,073	0,000
8	CCIAG DeCentral Winter Sheat av. 3yr	1,168	0,210



### 3.6 Conclusions

Dans la pratique la méthode liée aux diagnostics de performance énergétique des bâtiments est très répandue en France. Par contre la méthode proposée par la pré-norme Européenne et la mise en pratique dans le cadre du projet EcoHeatCool n'est pas pratiquée en France. Comparant les résultats des deux méthodes (voir annexe) les valeurs absolues sont plus élevées pour la méthode « Facteur ressource primaire ». Ceci vient de la prise en compte de la chaîne en amont pour l'extraction, la transformation et le transport de l'énergie primaire. Le positionnement entre les différents systèmes de production de chaleur et de froid ne change pas fondamentalement. Pour cette raison la priorité en France est donnée à la méthode liée aux diagnostics de performance énergétique.

## 4 Facteur de coûts

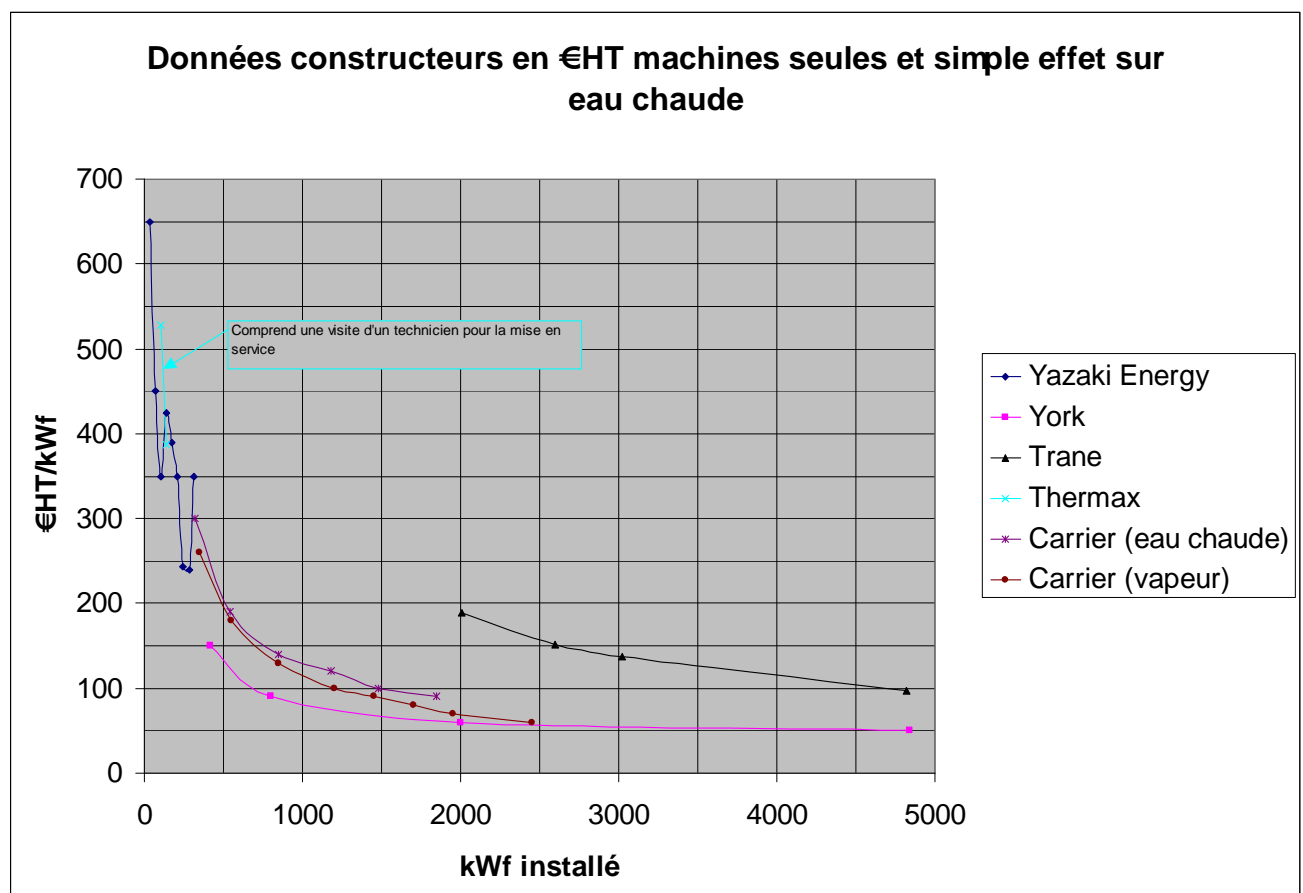
Le nombre de réalisations en France étant limité, une estimation des coûts par ce biais s'avère des plus difficiles car elle ne couvrira pas l'ensemble des puissances disponibles sur le marché ainsi que la spécificité d'un nombre restreint de réalisations ne reflète pas forcément la réalité des coûts.

C'est pour ces raisons que nous avons recouru à un intervenant extérieur en lui confiant une mission d'étude de coûts.

Les résultats détaillés de cette partie sont disponibles en annexe.

### 4.1 Eléments Constructeurs

Les données du graphique suivant sont données à titre indicatif afin de démontrer la rapide décroissance des coûts spécifique liés à la puissance installée.



Le tableau suivant récapitule les différentes gammes de puissance des constructeurs présents sur le marché français pour des machines simple effet eau/ bromure de lithium.

Manufacturer	Cooling capacity [kW]	Chilled water temperature [°C]	Hot water inlet temperature [°C]	COP	Internet
York	400 – 5.000	> 5	80 – 128	≤ 0,72	<a href="http://www.york.com">www.york.com</a>
Trane	2000 – 5.000	> 5	80 - 132	≤ 0,7	<a href="http://www.trane.com">www.trane.com</a>
Carrier	300 – 2500	> 5	80 - 130	≤ 0,71	<a href="http://www.carrier.be/fr/">http://www.carrier.be/fr/</a>
Thermax	350 – 2280				<a href="http://www.thermaxindia.com">http://www.thermaxindia.com</a>
Yazaki	35 – 105	≥ 7	75 - 95	≤ 0,7	<a href="http://www.yazakienergy.com">www.yazakienergy.com</a>
BROAD	100 - 20.000	≥ 7	≥ 85	≤ 0,8	<a href="http://www.broad.com">www.broad.com</a>

Tableau 1: Constructeurs de machine à absorption simple effet sur réseau de chaleur

## 4.2 Éléments de coûts énergétiques

### 4.2.1 Tarif de l'Electricité

#### 4.2.1.1 Tarifs historiques

Les coûts d'électricité sont basés sur les tarifs réglementés. Selon les gammes de puissances, différents tarifs sont retenus :

Puissance frigorifique	35kW	100kW	300kW	1000kW
Tarif réglementé	Tarif Bleu	Tarif Jaune UM	Tarif Jaune UM	Tarif Vert MU
Prime fixe abonnement (€/kW)	40.4	48.6	48.6	40.32
Différence de puissance souscrite (kW)	8.0	6.7	20.0	50.0
Coût de l'électricité hiver HP(€/MWh)	77.8	113.7	113.7	68.25
Coût de l'électricité été HP(€/MWh)	77.8	27.8	27.8	27.7

#### 4.2.1.2 Tarifs "marché ouvert"

L'évolution du prix d'électricité en France est exposé à une certaine incertitude concernant :

- la législation en vigueur (durée du tarif TARTAM Tarif TRansitoire d'Ajustement de Marché), qui a permis à des clients de revenir dans un tarif régulé
- le niveau de stabilisation des prix sur le marché ouvert.

Comme le niveau de marché actuel est bien au-dessus des tarifs historiques pratiqués, **il sera néanmoins nécessaire de faire évoluer les tarifs réglementés à la hausse** et de les

prendre en compte pour le calcul des coûts spécifiques des systèmes de production de froid étudiés.

#### 4.2.2 Tarif de la chaleur

Le prix de chaleur fourni par les réseaux de chaleur est très variable en France. Afin de bien cerner l'enjeu du prix de chaleur dans le prix de froid livré il a été décidé de prendre celui de la dernière enquête de l'association AMORCE sur les réseaux de chaleur. Ainsi selon cette source, le prix de vente de la chaleur s'est élevé en 2006 à **49,60 €HT/MWh** (ceci étant une moyenne entre les réseaux fonctionnant par année calendaire (48,6 €HT/MWh) et les réseaux fonctionnant par saison de chauffe (51,3 €HT/MWh)).

#### 4.2.3 Prix de l'eau

Le prix d'un m<sup>3</sup> s'élève pour une consommation type à 1,73 €HT/m<sup>3</sup>. (source Régie Des Eaux de Grenoble)

### 4.3 Descriptif de la mission de l'intervenant et paramètres retenus

Les systèmes comparés sont ceux décrit en dernier point de la partie traitant des solutions techniques soit 35 kW, 100 kW, 300 kW et 1000 kW. (avec variante réseau de froid) Les paramètres principaux retenus en accord avec les partenaires européens sont les suivants :

- Compte tenu de la difficulté de connaître exactement les besoins de rafraîchissement d'un bâtiment une modulation du nombre d'heure d'utilisation est prévue pour une puissance donnée. Les coûts doivent être exprimés **pour 500h, 800h et 1200h de fonctionnement.**
- La **durée de vie technique** est de 15 ans pour la compression, 20 ans pour l'absorption et 10 ans pour les périphériques.
- Le financement est sur **20 ans avec un taux d'intérêt de 6%.**
- Le COP de la compression doit être modifiable. Les partenaires européens ont retenu un **COP de 4.** Pour l'absorption simple effet il est pris **équivalent à 0,7.**

Les paramètres retenus avec notre partenaire régional sont les suivants :

- Un prix de la chaleur en hiver de 50 €/MWh et en été de 20 €/MWh.
- Un fonctionnement à 100% en été des systèmes. La période estivale étant définie à l'identique de la tarification électrique soit du 1<sup>er</sup> avril au 31 octobre.

### 4.4 Résultats d'investissements

Les tableaux suivants présentent les investissements pour chaque option définie précédemment.

## Option sans mini-réseau de froid

	Froid par Compression centralisée	Froid par Absorption centralisée	Froid par Compression centralisée	Froid par Absorption centralisée	Froid par Compression centralisée	Froid par Absorption centralisée	Froid par Compression centralisée	Froid par Absorption centralisée
Descriptif	Montant € HT TOTAL	Montant € HT TOTAL	Montant € HT TOTAL	Montant € HT TOTAL	Montant € HT TOTAL	Montant € HT TOTAL	Montant € HT TOTAL	Montant € HT TOTAL
<b>Puissance frigorifique</b>	35 kW	35 kW	100 kW	100 kW	300 kW	300 kW	1000 kW	1000 kW
<b>I1 - Bâtiment process et aménagements extérieurs</b>			- €	- €	- €	- €	- €	- €
Foncier	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm
Bâtiment	00 €		00 €	00 €	00 €	00 €	20 000 €	00 €
Bâtiment		9 000 €	00 €	9 000 €	00 €	20 000 €	00 €	50 000 €
			00 €	00 €	00 €	00 €	00 €	00 €
<b>Sous total bâtiment et VRD :</b>	<b>00 €</b>	<b>9 000 €</b>	<b>00 €</b>	<b>9 000 €</b>	<b>00 €</b>	<b>20 000 €</b>	<b>20 000 €</b>	<b>50 000 €</b>
<b>I2 - Process industriel froid</b>			- €	- €	- €	- €	- €	- €
Groupe compression X kW cond air	10 000 €		25 000 €	0	55 000 €	0	140 000 €	0
			0	00 €	0	00 €	0	00 €
			0	0	0	0	0	0
Groupe absorption X kW		20 000	0	35 000	0	70 000	0	180 000
Tour aérorefrigerante humide		10 000	0	15 000	0	22 000	0	45 000
			0	0	0	0	0	0
<b>Sous total process :</b>	<b>10 000 €</b>	<b>30 000 €</b>	<b>25 000 €</b>	<b>50 000 €</b>	<b>55 000 €</b>	<b>92 000 €</b>	<b>140 000 €</b>	<b>225 000 €</b>
<b>I3 - Equipements connexes</b>			- €	- €	- €	- €	- €	- €
Aménagement hydraulique, comptage calorifique, collecteurs et pompes	2 000 €	2 500 €	3 000 €	6 000 €	10 000 €	13 000 €	25 000 €	28 000 €
Electricité - régulation	2 000 €	1 000 €	8 000 €	2 000 €	18 000 €	3 000 €	50 000 €	7 000 €
			00 €	00 €	00 €	00 €	00 €	00 €
<b>Sous total équipements connexes</b>	<b>4 000 €</b>	<b>3 500 €</b>	<b>11 000 €</b>	<b>8 000 €</b>	<b>28 000 €</b>	<b>16 000 €</b>	<b>75 000 €</b>	<b>35 000 €</b>
<b>TOTAL TRAVAUX I1 + I2 +I3</b>	<b>14 000 €</b>	<b>42 500 €</b>	<b>36 000 €</b>	<b>67 000 €</b>	<b>83 000 €</b>	<b>128 000 €</b>	<b>235 000 €</b>	<b>310 000 €</b>
Divers, imprévus et révisions de prix (5%)	700 €	2 125 €	1 800 €	3 350 €	4 150 €	6 400 €	11 750 €	15 500 €
Ingenierie, assurance, ... (10%)	1 400 €	4 250 €	3 600 €	6 700 €	8 300 €	12 800 €	23 500 €	31 000 €
<b>TOTAL TRAVAUX FROID</b>	<b>16 100 €</b>	<b>48 875 €</b>	<b>41 400 €</b>	<b>77 050 €</b>	<b>95 450 €</b>	<b>147 200 €</b>	<b>270 250 €</b>	<b>356 500 €</b>
Ratio installation / kW nécessaire	460 € HT/kW	1396 € HT/kW	414 € HT/kW	771 € HT/kW	318 € HT/kW	491 € HT/kW	270 € HT/kW	357 € HT/kW

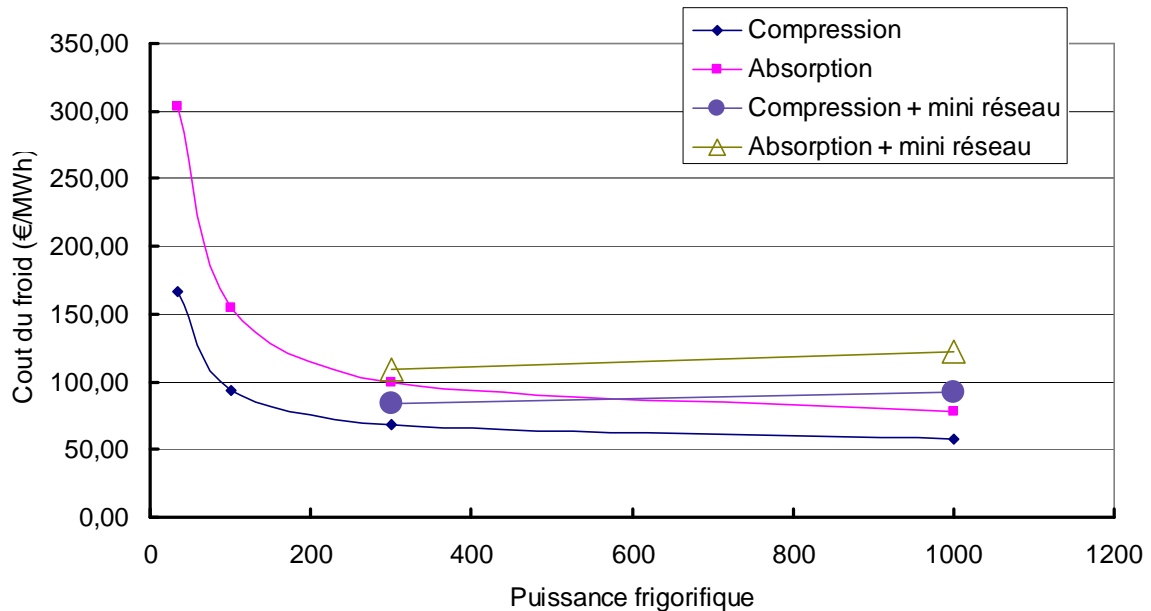


---

## Option avec mini-réseau de froid

	Froid par Compression centralisée	Froid par Absorption centralisée	Refroidisseur de liquide à compression	Refroidisseur de liquide à absorption
Descriptif	Montant € HT TOTAL	Montant € HT TOTAL	Montant € HT TOTAL	Montant € HT TOTAL
<b>Puissance frigorifique</b>	<b>300 kW</b>	<b>300 kW</b>	<b>1000 kW</b>	<b>1000 kW</b>
<b>I1 - Bâtiment process et aménagements extérieurs</b>	- €	- €	- €	- €
Foncier	pm	pm	pm	pm
Bâtiment	00 €	00 €	20 000 €	00 €
Bâtiment	00 €	20 000 €	00 €	50 000 €
0	00 €	00 €	00 €	00 €
<b>Sous total bâtiment et VRD :</b>	<b>00 €</b>	<b>20 000 €</b>	<b>20 000 €</b>	<b>50 000 €</b>
<b>I2 - Process industriel froid</b>	- €	- €	- €	- €
Groupe compression cond air	55 000 €	0	140 000 €	0
0	0	00 €	0	00 €
0	0	0	0	0
Groupe absorption	0	70 000	0	180 000
Tour aerorefrigerante humide	0	22 000	0	45 000
0	0	0	0	0
<b>Sous total process :</b>	<b>55 000 €</b>	<b>92 000 €</b>	<b>140 000 €</b>	<b>225 000 €</b>
<b>I3 - Equipements connexes</b>	- €	- €	- €	- €
Aménagement hydraulique, comptage calorifique, collecteurs et pompes	10 000 €	13 000 €	25 000 €	28 000 €
Electricité - régulation	18 000 €	3 000 €	50 000 €	7 000 €
00 €	00 €	00 €	00 €	00 €
<b>Sous total équipements connexes</b>	<b>28 000 €</b>	<b>16 000 €</b>	<b>75 000 €</b>	<b>35 000 €</b>
<b>I4 - Reseau de froid et distribution</b>	- €	- €	- €	- €
00 €	00 €	00 €	00 €	00 €
Reseau de froid	40 000 €	40 000 €	150 000 €	150 000 €
Sous-station	30 000 €	30 000 €	100 000 €	100 000 €
00 €	00 €	00 €	00 €	00 €
<b>Sous total équipements connexes</b>	<b>70 000 €</b>	<b>70 000 €</b>	<b>250 000 €</b>	<b>250 000 €</b>
<b>TOTAL TRAVAUX I1 + I2 +I3 +I4</b>	<b>153 000 €</b>	<b>198 000 €</b>	<b>485 000 €</b>	<b>560 000 €</b>
Divers, imprévus et révisions de prix	7 650 €	9 900 €	24 250 €	28 000 €
Ingenierie, assurance, ...	15 300 €	19 800 €	48 500 €	56 000 €
<b>TOTAL TRAVAUX FROID</b>	<b>175 950 €</b>	<b>227 700 €</b>	<b>557 750 €</b>	<b>644 000 €</b>
Ratio installation / kW nécessaire	587 € HT/kW	759 € HT/kW	558 € HT/kW	644 € HT/kW

## 4.5 Analyses des résultats



- Les coûts d'investissements sont toujours plus élevés à puissance identique pour la solution à absorption.
- L'écart absorption / compression diminue avec l'augmentation de la puissance.
- Les machines à absorption de 300 kW et 1 MW sont compétitives par rapport à plusieurs machines à compression de 35 kW et 100 kW.

## 5 Coûts de fourniture de froid

Ces coûts sont représentés par la somme des investissements et du fonctionnement. Ils ont été établis avec les hypothèses définies au chapitre précédent.

### 5.1 Résultats investissement et fonctionnement

Les trois tableaux suivants donnent les coûts de fourniture pour 500h / 800h et 1200h. **Pour une commodité de lecture, ils sont repris en annexe au format A3.**

#### Option 500h

Type de production de froid		Froid par Compression centralisée	Froid par Absorption centralisée	Froid par Compression centralisée	Froid par Absorption centralisée	Froid par Compression centralisée	Froid par Absorption centralisée	Froid par Compression décentralisée	Froid par Absorption décentralisée	Froid par Compression centralisée	Froid par Absorption centralisée	Froid par Compression décentralisée	Froid par Absorption décentralisée
	Unités												
<b>P1 - ENERGIE</b>													
Puissance frigorifique	kW	35	35	100	100	300	300	300	300	1000	1000	1000	1000
EER nominal		4	0,7	4	0,7	4	0,7	4	0,7	4	0,7	4	0,7
Puissance absorbée par les auxiliaires	kW	0	0,5	0	1	0	2	0	2	0	7,2	0	13,2
Nombre d'heures de fonctionnement équivalent à pleine puissance	h	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
Nombre d'heures de fonctionnement	h	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250
Besoin de froid	kWh	17500	17500	50000	50000	150000	150000	150 000	150 000	500000	500000	500 000	500 000
ESEER groupe frigorifique		4	0,7	4	0,7	4	0,7	4	0,7	4	0,7	4	0,7
Répartition été/ hiver		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Consommations électricité	kWh	4375	625	12500	1250	37500	2500			125000	9000		
Dont hiver	kWh	0	0	0	0	0	0			0	0		
dont été	kWh	4375	625	12500	1250	37500	2500			125000	9000		
Consommations de chaleur	kWh	0	25000	0	71428,57	0	214285,7			0	714285,7		
Dont hiver	kWh	0	0	0	0	0	0			0	0		
dont été	kWh	0	25000	0	71428,57	0	214285,7			0	714285,7		
Consommation d'eau	m3	0	30,6	0	87,42857	0	262,2857			0	874,2857		
Prime fixe abonnement	€ H.T./kW	40,375	0	48,6	0	48,6	0			40,32	0		
Différence de puissance souscrite	kW	8	0	5	0	15	0			37,5	0		
Cout de l'électricité hiver	€ H.T./MWh	77,8	77,8	113,7	113,7	113,7	113,7			68,25	68,25		
Cout de l'électricité été	€ H.T./MWh	77,8	77,8	27,8	27,8	27,8	27,8			27,72	27,72		
Cout de la chaleur hiver	€ H.T./MWh	0	50	0	50	0	50			0	50		
Cout de la chaleur été	€ H.T./MWh	0	20	0	20	0	20			0	20		
Cout de l'eau	€ H.T./m3	0	1,7	0	1,7	0	1,7			0	1,73		
Cout de la chaleur hiver	€ H.T./MWh	0	50	0	50	0	50			0	50		
Cout de la chaleur été	€ H.T./MWh	0	20	0	20	0	20			0	20		
Cout de l'électricité	0% € H.T./an	663	49	591	35	1772	70	1820	139	4977	249	5185	457
Cout de la chaleur	0% € H.T./an	0	500	0	1429	0	4286	0	4286	0	14286	0	14286
Cout de l'eau	0% € H.T./an	0	52	0	149	0	446	0	446	0	1513	0	1513
<b>Total charges énergies</b>	<b>€ H.T./an</b>	<b>663</b>	<b>601</b>	<b>591</b>	<b>1612</b>	<b>1772</b>	<b>4801</b>	<b>1820</b>	<b>4871</b>	<b>4977</b>	<b>16048</b>	<b>5185</b>	<b>16256</b>
<b>P2 + P3 - MAINTENANCE + GER</b>													
Entretien P2	€ H.T./an	2000	4000	2000	4000	3000	5000	0	0	8000	10000	0	0
GER - P3	€ H.T./an	400	350	1100	800	2800	1600	0	0	7500	3500	0	0
<b>Total charges d'entretien:</b>	<b>€ H.T./an</b>	<b>2400</b>	<b>4350</b>	<b>3100</b>	<b>4800</b>	<b>5800</b>	<b>6600</b>	<b>7300</b>	<b>6600</b>	<b>15500</b>	<b>13500</b>	<b>18000</b>	<b>16000</b>
<b>INVESTISSEMENTS</b>													
Total travaux	€ H.T.	16 100	48 875	41 400	77 050	95 450	147 200	175 950	227 700	270 250	356 500	557 750	644 000
Subvention public	%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Taux	%	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
<b>Annuité d'investissement</b>	<b>€ H.T./an</b>	<b>1404</b>	<b>3196</b>	<b>3609</b>	<b>5038</b>	<b>8322</b>	<b>9625</b>	<b>10427</b>	<b>11731</b>	<b>23562</b>	<b>23311</b>	<b>48627</b>	<b>56147</b>
<b>TOTAL DES CHARGES ANNUELLES (P1 + P2 + P3 + P4)</b>													
	€ H.T./an	4 467	8 147	7 300	11 450	15 893	21 026	19 547	23 201	44 039	52 859	71 812	88 402
<b>Prix moyen du MWh</b>	<b>€ H.T.</b>	<b>255,26</b>	<b>465,51</b>	<b>146,00</b>	<b>229,00</b>	<b>105,96</b>	<b>140,18</b>	<b>130,32</b>	<b>154,68</b>	<b>88,08</b>	<b>105,72</b>	<b>143,62</b>	<b>176,80</b>

## Option 800h

Type de production de froid			Froid par Compression centralisée	Froid par Absorption centralisée	Froid par Compression centralisée	Froid par Absorption centralisée	Froid par Compression centralisée	Froid par Absorption centralisée	Froid par Compression décentralisée	Froid par Absorption décentralisée	Froid par Compression centralisée	Froid par Absorption centralisée	Froid par Compression décentralisée	Froid par Absorption décentralisée
		Unités												
<b>P1 - ENERGIE</b>														
Puissance frigorifique	kW	35	35	100	100	300	300	300	300	1000	1000	1000	1000	1000
EER nominal		4	0,7	4	0,7	4	0,7	4	0,7	4	0,7	4	0,7	4
Puissance absorbée par les auxiliaires	kW	0	0,5	0	1	0	2	2	4	0	7,2	6	13,2	
Nombre d'heures de fonctionnement équivalent à pleine puissance	h	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
Nombre d'heures de fonctionnement	h	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
Besoin de froid	kWh	28000	28000	80000	80000	240000	240000	240 000	240 000	800000	800000	800 000	800 000	800 000
ESEER groupe frigorifique		4	0,7	4	0,7	4	0,7	4	0,7	4	0,7	4	0,7	4
Répartition été/ hiver		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Consommations électricité	kWh	7000	1000	20000	2000	60000	4000	4000	4000	200000	14400	14400	14400	14400
Dont hiver	kWh	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
dont été	kWh	7000	1000	20000	2000	60000	4000	4000	4000	200000	14400	14400	14400	14400
Consommations de chaleur	kWh	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dont hiver	kWh	0	40000	0	114285,7	0	342857,1	0	342857,1	0	1142857	0	1142857	0
dont été	kWh	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Consommation d'eau	m3	0	48,96	0	139,8857	0	419,6571	0	419,6571	0	1398,857	0	1398,857	0
Prime fixe abonnement	€ H.T./kW	40,375	0	48,6	0	48,6	0	48,6	0	40,32	0	40,32	0	40,32
Différence de puissance souscrite	kW	8	0	5	0	15	0	15	0	37,5	0	37,5	0	37,5
Cout de l'électricité hiver	€ H.T./MWh	77,8	77,8	113,7	113,7	113,7	113,7	113,7	113,7	68,25	68,25	68,25	68,25	68,25
Cout de l'électricité été	€ H.T./MWh	77,8	77,8	27,8	27,8	27,8	27,8	27,8	27,8	27,72	27,72	27,72	27,72	27,72
Cout de la chaleur hiver	€ H.T./MWh	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cout de la chaleur été	€ H.T./MWh	0	20	0	20	0	20	0	20	0	20	0	20	0
Cout de l'eau	€ H.T./m3	0	1,7	0	1,7	0	1,7	0	1,7	0	1,73	0	1,73	0
Cout de la chaleur hiver	€ H.T./MWh	0	50	0	50	0	50	0	50	0	50	0	50	0
Cout de la chaleur été	€ H.T./MWh	0	20	0	20	0	20	0	20	0	20	0	20	0
Cout de l'électricité	0% € H.T./an	868	78	799	56	2 397	111	2 475	222	7 056	399	7 389	732	732
Cout de la chaleur	0% € H.T./an	0	800	0	2 286	0	6 857	0	6 857	0	22 857	0	22 857	0
Cout de l'eau	0% € H.T./an	0	83	0	238	0	713	0	713	0	2 420	0	2 420	0
<b>Total charges énergies</b>	€ H.T./an	<b>868</b>	<b>961</b>	<b>799</b>	<b>2 579</b>	<b>2 397</b>	<b>7 682</b>	<b>2 475</b>	<b>7 793</b>	<b>7 056</b>	<b>25 676</b>	<b>7 389</b>	<b>26 009</b>	<b>26 009</b>
<b>P2 + P3 - MAINTENANCE + GER</b>														
Entretien P2	€ H.T./an	2000	4000	2000	4000	3000	5000	0	0	8000	10000	0	0	0
GER - P3	€ H.T./an	400	350	1100	800	2800	1600	0	0	7500	3500	0	0	0
<b>Total charges d'entretien:</b>	€ H.T./an	<b>2400</b>	<b>4350</b>	<b>3100</b>	<b>4800</b>	<b>5800</b>	<b>6600</b>	<b>7300</b>	<b>6600</b>	<b>15500</b>	<b>13500</b>	<b>18000</b>	<b>16000</b>	<b>16000</b>
<b>INVESTISSEMENTS</b>														
Total travaux	€ H.T.	16 100	48 875	41 400	77 050	95 450	147 200	175 950	227 700	270 250	356 500	557 750	644 000	644 000
Subvention public	%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Taux	%	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Annuité d'investissement	€ H.T./an	1404	3196	3609	5038	8322	9625	10427	11731	23562	23311	48627	56147	56147
<b>TOTAL DES CHARGES ANNUELLES (P1 + P2 + P3 + P4)</b>														
	€ H.T./an	<b>4 671</b>	<b>8 507</b>	<b>7 508</b>	<b>12 417</b>	<b>16 519</b>	<b>23 907</b>	<b>20 202</b>	<b>26 124</b>	<b>46 118</b>	<b>62 487</b>	<b>74 016</b>	<b>98 156</b>	<b>98 156</b>
Prix moyen du MWh	€ H.T.	166,83	303,82	93,86	155,22	68,83	99,61	84,18	108,85	57,65	78,11	92,52	122,69	122,69

## Option 1200h

Type de production de froid		Froid par Compression centralisée	Froid par Absorption centralisée	Froid par Compression centralisée	Froid par Absorption centralisée	Froid par Compression centralisée	Froid par Absorption centralisée	Froid par Compression décentralisée	Froid par Absorption décentralisée	Froid par Compression centralisée	Froid par Absorption centralisée	Froid par Compression décentralisée	Froid par Absorption décentralisée
	Unités												
<b>P1 - ENERGIE</b>													
Puissance frigorifique	kW	35	35	100	100	300	300	300	300	1000	1000	1000	1000
EER nominal		4	0,7	4	0,7	4	0,7	4	0,7	4	0,7	4	0,7
Puissance absorbée par les auxiliaires	kW	0	0,5	0	1	0	2	2	4	0	7,2	6	13,2
Nombre d'heures de fonctionnement équivalent à pleine puissance	h	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200
Nombre d'heures de fonctionnement	h	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000
Besoin de froid	kWh	42000	42000	120000	120000	360000	360000	360 000	360 000	1200000	1200000	1 200 000	1 200 000
ESEER groupe frigorifique		4	0,7	4	0,7	4	0,7	4	0,7	4	0,7	4	0,7
Répartition été/ hiver		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Consommations électricité	kWh	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dont hiver	kWh	10500	1500	30000	3000	90000	6000	6000	6000	300000	21600	21600	21600
dont été	kWh	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Consommations de chaleur	kWh	0	60000	0	171428,6	0	514285,7	0	514285,7	0	1714286	0	1714286
Dont hiver	kWh	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
dont été	kWh	0	60000	0	171428,6	0	514285,7	0	514285,7	0	1714286	0	1714286
Consommation d'eau	m3	0	73,44	0	209,8286	0	629,4857	0	629,4857	0	2098,286	0	2098,286
Prime fixe abonnement	€ H.T./kW	40,375	0	48,6	0	48,6	0	48,6	0	40,32	0	40,32	0
Différence de puissance souscrite	kW	8	0	5	0	15	0	15	0	37,5	0	37,5	0
Cout de l'électricité hiver	€ H.T./MWh	77,8	77,8	113,7	113,7	113,7	113,7	113,7	113,7	68,25	68,25	68,25	68,25
Cout de l'électricité été	€ H.T./MWh	77,8	77,8	27,8	27,8	27,8	27,8	27,8	27,8	27,72	27,72	27,72	27,72
Cout de la chaleur hiver	€ H.T./MWh	0	50	0	50	0	50	0	50	0	50	0	50
Cout de la chaleur été	€ H.T./MWh	0	20	0	20	0	20	0	20	0	20	0	20
Cout de l'eau	€ H.T./m3	0	1,7	0	1,7	0	1,7	0	1,7	0	1,73	0	1,73
Cout de la chaleur hiver	€ H.T./MWh	0	50	0	50	0	50	0	50	0	50	0	50
Cout de la chaleur été	€ H.T./MWh	0	20	0	20	0	20	0	20	0	20	0	20
Cout de l'électricité	0% € H.T./an	1 140	117	1 077	83	3 231	167	3 348	334	9 828	599	10 327	1 098
Cout de la chaleur	0% € H.T./an	0	1 200	0	3 429	0	10 286	0	10 286	0	34 286	0	34 286
Cout de l'eau	0% € H.T./an	0	125	0	357	0	1 070	0	1 070	0	3 630	0	3 630
<b>Total charges energies</b>	€ H.T./an	<b>1 140</b>	<b>1 442</b>	<b>1 077</b>	<b>3 869</b>	<b>3 231</b>	<b>11 523</b>	<b>3 348</b>	<b>11 689</b>	<b>9 828</b>	<b>38 515</b>	<b>10 327</b>	<b>39 013</b>
<b>P2 + P3 - MAINTENANCE + GER</b>													
Entretien P2	€ H.T./an	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GER - P3	€ H.T./an	2000	4000	2000	4000	3000	5000	0	0	8000	10000	0	0
<b>Total charges d'entretien:</b>	€ H.T./an	<b>2400</b>	<b>4350</b>	<b>3100</b>	<b>4800</b>	<b>5800</b>	<b>6600</b>	<b>7300</b>	<b>6600</b>	<b>15500</b>	<b>13500</b>	<b>18000</b>	<b>16000</b>
<b>INVESTISSEMENTS</b>													
Total travaux	€ H.T.	16 100	48 875	41 400	77 050	95 450	147 200	175 950	227 700	270 250	356 500	557 750	644 000
Subvention public	%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Taux	%	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
<b>Annuité d'investissement</b>	€ H.T./an	<b>1404</b>	<b>3196</b>	<b>3609</b>	<b>5038</b>	<b>8322</b>	<b>9625</b>	<b>10427</b>	<b>11731</b>	<b>23562</b>	<b>23311</b>	<b>48627</b>	<b>56147</b>
<b>TOTAL DES CHARGES ANNUELLES (P1 + P2 + P3 + P4)</b>													
	€ H.T./an	<b>4 944</b>	<b>8 987</b>	<b>7 786</b>	<b>13 707</b>	<b>17 353</b>	<b>27 748</b>	<b>21 075</b>	<b>30 020</b>	<b>48 890</b>	<b>75 325</b>	<b>76 954</b>	<b>111 160</b>
Prix moyen du MWh	€ H.T.	117,70	213,99	64,89	114,22	48,20	77,08	58,54	83,39	40,74	62,77	64,13	92,63

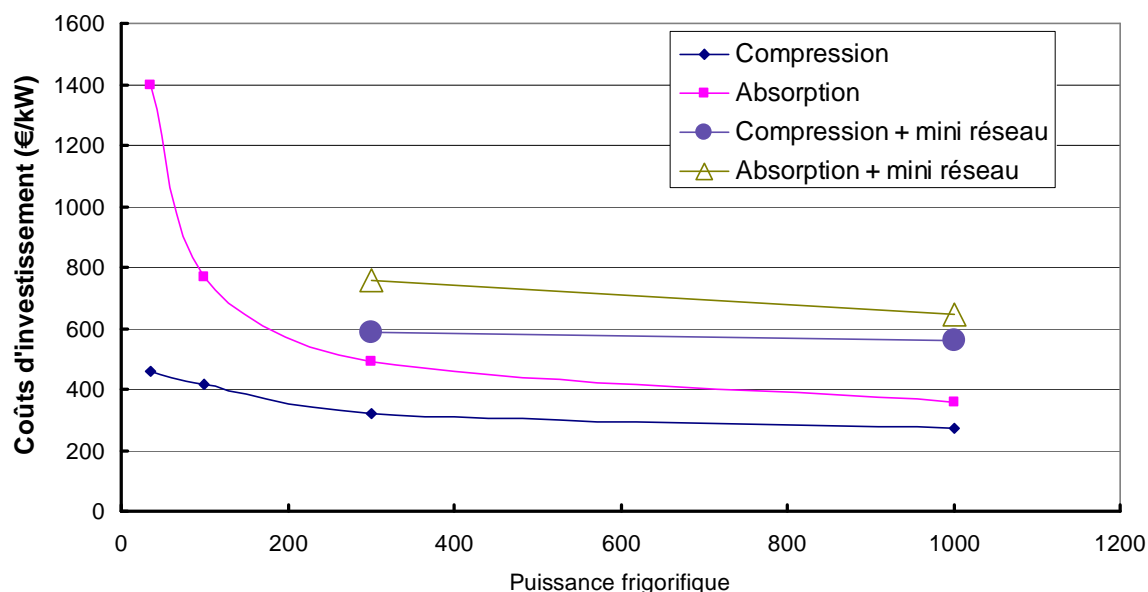
## 5.2 Analyse des résultats

- Les coûts énergétiques de la solution à absorption sont toujours plus élevés à puissance identique avec le prix de la chaleur d'été de 20 €/MWh sauf pour la

puissance de 35 kW et 500 h d'utilisation ou la tarification résulte dans une électricité relativement chère.

- Les coûts spécifiques de production de froid (prix moyen du MWh) sont supérieures pour la solution à absorption à puissance équivalente.

### option médiane de 800h

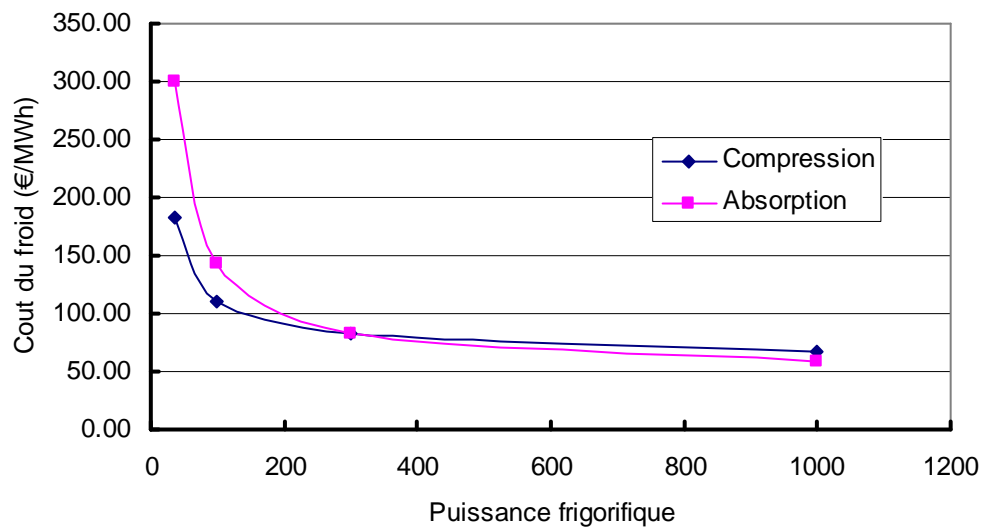


- Les charges d'entretien sont plus élevées à puissance identique pour les solutions à absorption pour de petites puissances. Cette tendance s'inverse à partir d'une puissance de 300 kW de froid avec réseau de froid et les puissances supérieures.
- Les annuités d'investissement sont toujours plus élevées à puissance identique pour la solution à absorption sauf pour la solution de 1000 kW seule.
- Les coûts de production de froid sont toujours plus élevées à puissance identique pour la solution à absorption.

### Sensibilité à différents paramètres :

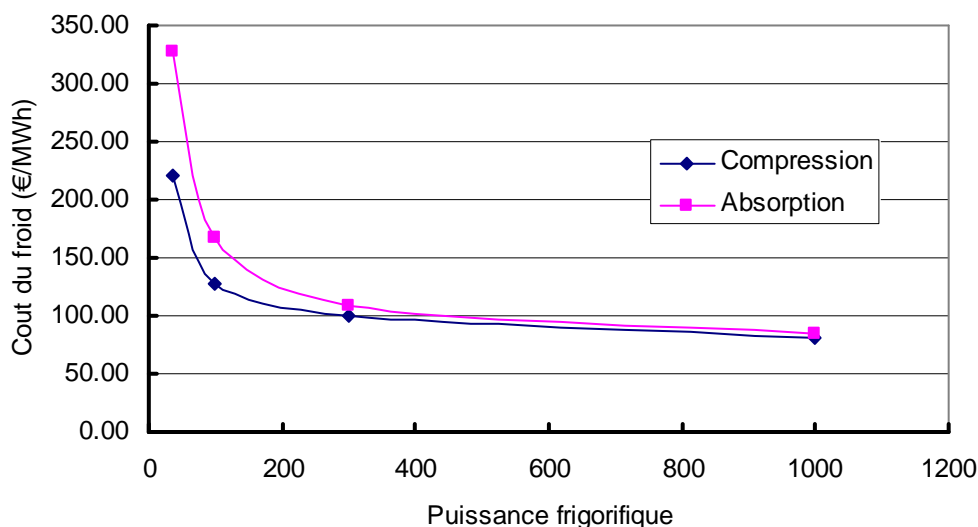
- La baisse du prix de la chaleur d'été de 20€/MWh à 7€/MWh ou la gratuité permet d'avoir une compétitivité de la solution à absorption respectivement à partir d'une puissance de 1 MW et 300 kW.

### gratuité de la chaleur d'été



- La gratuité de l'eau a peu d'effet sur les coûts rendus de la production de froid.
- Une augmentation du coût de l'électricité de 100% permet de rendre concurrentielle la solution à absorption à partir de 300kW, les charges énergies, entretien et investissement deviennent comparables.

### Augmentation du prix de l'électricité de 100%



### 5.3 Tableau récapitulatif des coûts

Comparaison des coûts spécifiques de différents système de froid en €/MWh

Pour des durées de fonctionnement de 500h / 800h / 1200h.

Puissance	Compression décentralisée	Compression décentralisée avec mini réseau de froid	Absorption décentralisée	Absorption décentralisée avec mini réseau de froid
35 kW	255/166/117	---	466/304/214	---
100 kW	146/94/65	---	229/155/114	---
300 kW	105/69/48	130/84/59	140/100/77	155/109/83
1000 kW	88/58/41	143/93/64	106/78/63	177/123/93

Ce tableau nous permet d’apprécier le fait que les solutions à absorption avec mini réseau de froid sont compétitive face à de petites installations de compression de 35kW et 100 kW. **L’étude de marché devra donc s’intéresser à chercher et identifier les bâtiments avec des besoins de froid de 300 kW et regarder les possibilités de mutualiser les installations de froid entre différents bâtiments et différents propriétaires.**

Country	Decentralized compressor cooling unit	Centralized compressor cooling unit	Individual absorption cooling unit with heat taking from primary DH system	Central absorption cooling unit

---

Czech republic	77	50	72	52
Austria	---	78	138	117
Germany				
France	41 - 255	---	63 - 466	---
Denmark	192	88	271	101
Poland	88	60	144	61 single / 72 double
Belgium				

## 6 Conclusions

La pertinence environnementale – énergie primaire et émissions de CO<sub>2</sub> - de la solution technique à absorption sur réseau de chaleur par rapport à une solution à compression électrique est démontré dès lors que l'on valorise une énergie « fatale » présente sur le réseau – chaleur d'incinération ou de cogénération.

En revanche, la pertinence économique est dépendante de facteurs déterminants principalement :

- La puissance des installations et leur niveau d'utilisation : mieux viser des besoins de froid important avec une longue utilisation pendant l'été
- Le prix de la chaleur d'été ainsi que l'évolution du prix de l'électricité liée à l'ouverture des marchés
- L'évolution de la filière vers de plus grande quantité produite tendrais à diminuer les coûts unitaires d'investissement.

L'étude de marché et les futures études de faisabilité du projet SummerHeat permettront d'identifier plus précisément les différentes « contraintes » des maîtres d'ouvrage et ainsi d'affiner une stratégie afin de déployer cette technologie la ou elle est la plus pertinente.

## 7 Bibliography

ADEME. (02/2005) FICHE OX « CLIMATISATION A ABSORPTION ». Online Version. Available online :

[www2.ademe.fr/servlet/getBin?name=A9A4CB9393DF6E236CEEB16C8E6C7BBB1134054860578.pdf](http://www2.ademe.fr/servlet/getBin?name=A9A4CB9393DF6E236CEEB16C8E6C7BBB1134054860578.pdf) [April 16th, 2007]

ADEME (04/2005) *FACTEURS D'ÉMISSION DE DIOXYDE DE CARBONE POUR LES COMBUSTIBLES LES CHIFFRES ADEME À UTILISER*. Online version. Available online : <http://www2.ademe.fr/servlet/getBin?name=2F43E80DCE0CD543BDA32CC6BB8652A11150121764346.pdf> [April 16th, 2007]

ADEME (01/2005) *NOTE DE CADRAGE SUR LE CONTENU CO<sub>2</sub> DU KWh PAR USAGE EN FRANCE*. Online version. Available online : [http://www2.ademe.fr/servlet/getBin?name=NoteCO2\\_Internet\\_61BEFC3375256157DCFC43C67943DFBD1107536401008.pdf](http://www2.ademe.fr/servlet/getBin?name=NoteCO2_Internet_61BEFC3375256157DCFC43C67943DFBD1107536401008.pdf)

A. Vadrot & J. Delbes. (1996) *District Cooling Handbook*. European Marketing Group District Heating and Cooling.

Rhônealpénergie-Environnement (septembre 2004) *Climasol, la climatisation solaire*. Online version. Available online : [http://raee.org/climatisationsolaire/doc/clim\\_solaire.pdf](http://raee.org/climatisationsolaire/doc/clim_solaire.pdf) [April 16th, 2007]

Energie Wallonie (avril 2006) *CD Rom Energie+*. Online version. Available online: <http://mrw.wallonie.be/energieplus/entree.htm> [April 16th, 2007]

Altener Project (2002) *Promoting solar air conditioning Technical overview of active techniques*. Online version. Available online: [http://raee.org/climatisationsolaire/doc/technical\\_overview\\_of\\_active\\_techniques.pdf](http://raee.org/climatisationsolaire/doc/technical_overview_of_active_techniques.pdf) [April 16th, 2007]

ECOHEATCOOL (2005). *Guidelines for assessing the efficiency of district heating and district cooling systems*. Work Package 3, ECOHEATCOOL Project, EuroHeat & Power, Brussels. Available online: <http://www.euroheat.org/ecoheatcool/documents/Ecoheatcool%20WP3%20Web.pdf> [March 4<sup>th</sup>, 2007]

## 8 Annexes

### 8.1 Tableaux de résultats des facteurs de coûts

Les résultats ci-dessous reprennent les différentes cas envisagées de 500h / 800h / 1200h.

	Type d'unité:	Unité de froid par compression décentralisée (35kW)	
1	Total : coût énergétique et coût de l'eau	663/868/1140	€/an
2	Electricité	663/868/1140	€/an
3	Chaleur	0/0/0	€/an
4	Eau	0/0/0	€/an
5	Coûts annuels de réparation et d'entretien	2400	€/an
6	Coûts d'investissements	16100	€
7	Annuité annuelle d'investissement (6%, 20 ans)	1404	€/an
8	Coût de production de froid	255/166/117	€/an

Note: 1) total des coûts de consommations énergétiques, somme des lignes 2,3,4

2) Coût des consommations électriques

3) Coût des consommations de chaleur

4) Coût des consommations d'eau

5) Coût des réparations et de l'entretien pour toutes les unités

6) Coût total d'investissement toutes (les unités ensembles)

7) Ligne 5 x facteur d'annuité, facteur d'annuité pour 6%, 20 ans (=0,087) →  $0,06 \cdot (1+0,06)^{20}$

$(1+0,06)^{20} - 1$

8) Somme des lignes 1,5,7

	Type d'unité:	Unité de froid par absorption décentralisée (35kW)	
1	Total : coût énergétique et coût de l'eau	601/961/1442	€/an
2	Electricité	49/78/117	€/an
3	Chaleur	500/800/1200	€/an
4	Eau	52/83/125	€/an
5	Coûts annuels de réparation et d'entretien	4350	€/an
6	Coûts d'investissements	48875	€
7	Annuité annuelle d'investissement (6%, 20 ans)	3196	€/an
8	Coût de production de froid	466/304/214	€/an

	Type d'unité:	Unité de froid par compression décentralisée (100kW)	
1	Total : coût énergétique et coût de l'eau	591/799/1077	€/an
2	Electricité	591/799/1077	€/an
3	Chaleur	0/0/0	€/an
4	Eau	0/0/0	€/an
5	Coûts annuels de réparation et d'entretien	3100	€/an
6	Coûts d'investissements	41400	€
7	Annuité annuelle d'investissement (6%, 20 ans)	3609	€/an
8	Coût de production de froid	146/94/65	€/an

	Type d'unité:	Unité de froid par absorption décentralisée (100kW)	
1	Total : coût énergétique et coût de l'eau	1612/2579/3869	€/an
2	Electricité	35/56/83	€/an
3	Chaleur	1429/2286/3429	€/an
4	Eau	149/238/357	€/an
5	Coûts annuels de réparation et d'entretien	4800	€/an
6	Coûts d'investissements	77050	€
7	Annuité annuelle d'investissement (6%, 20 ans)	5038	€/an
8	Coût de production de froid	229/155/114	€/an

	Type d'unité:	Unité de froid par compression décentralisée (300kW)	
1	Total : coût énergétique et coût de l'eau	1772/2397/3231	€/an
2	Electricité	1772/2397/3231	€/an
3	Chaleur	0/0/0	€/an
4	Eau	0/0/0	€/an
5	Coûts annuels de réparation et d'entretien	5800	€/an
6	Coûts d'investissements	95450	€
7	Annuité annuelle d'investissement (6%, 20 ans)	8322	€/an
8	Coût de production de froid	106/69/48	€/an

	Type d'unité:	Unité de froid par absorption décentralisée (300kW)	
--	---------------	---	--

1	Total : coût énergétique et coût de l'eau	4801/7682/11523	€/an
2	Electricité	70/111/167	€/an
3	Chaleur	4286/6857/10286	€/an
4	Eau	446/713/1070	€/an
5	Coûts annuels de réparation et d'entretien	6600	€/an
6	Coûts d'investissements	147200	€
7	Annuité annuelle d'investissement (6%, 20 ans)	9625	€/an
8	Coût de production de froid	140/100/77	€/an

	Type d'unité:	Unité de froid par compression décentralisée (300kW) + réseau de froid	
1	Total : coût énergétique et coût de l'eau	1820/2475/3348	€/an
2	Electricité	1820/2475/3348	€/an
3	Chaleur	0/0/0	€/an
4	Eau	0/0/0	€/an
5	Coûts annuels de réparation et d'entretien	7300	€/an
6	Coûts d'investissements	175950	€
7	Annuité annuelle d'investissement (6%, 20 ans)	10427	€/an
8	Coût de production de froid	130/84/59	€/an

	Type d'unité:	Unité de froid par absorption décentralisée (300kW) + réseau de froid	
1	Total : coût énergétique et coût de l'eau	4871/7793/11689	€/an
2	Electricité	139/222/334	€/an
3	Chaleur	4286/6857/10286	€/an
4	Eau	446/713/1070	€/an
5	Coûts annuels de réparation et d'entretien	6600	€/an
6	Coûts d'investissements	22700	€
7	Annuité annuelle d'investissement (6%, 20 ans)	11731	€/an
8	Coût de production de froid	155/109/83	€/an

	Type d'unité:	Unité de froid par compression décentralisée (1000kW)	
1	Total : coût énergétique et coût de l'eau	4977/7056/9828	€/an

2	Electricité	4977/7056/9828	€/an
3	Chaleur	0/0/0	€/an
4	Eau	0/0/0	€/an
5	Coûts annuels de réparation et d'entretien	15500	€/an
6	Coûts d'investissements	270250	€
7	Annuité annuelle d'investissement (6%, 20 ans)	23562	€/an
8	Coût de production de froid	88/58/41	€/an

<b>Type d'unité:</b>		Unité de froid par absorption décentralisée (1000kW)	
1	Total : coût énergétique et coût de l'eau	16048/25676/38515	€/an
2	Electricité	249/399/599	€/an
3	Chaleur	14286/22857/34286	€/an
4	Eau	1513/2420/3630	€/an
5	Coûts annuels de réparation et d'entretien	13500	€/an
6	Coûts d'investissements	356500	€
7	Annuité annuelle d'investissement (6%, 20 ans)	23311	€/an
8	Coût de production de froid	106/78/63	€/an

<b>Type d'unité:</b>		Unité de froid par compression décentralisée (1000kW) + réseau de froid	
1	Total : coût énergétique et coût de l'eau	5185/7389/10327	€/an
2	Electricité	5185/7389/10327	€/an
3	Chaleur	0/0/0	€/an
4	Eau	0/0/0	€/an
5	Coûts annuels de réparation et d'entretien	18000	€/an
6	Coûts d'investissements	557750	€
7	Annuité annuelle d'investissement (6%, 20 ans)	48627	€/an
8	Coût de production de froid	144/93/64	€/an

<b>Type d'unité:</b>		Unité de froid par absorption décentralisée (1000kW) + réseau de froid	
1	Total : coût énergétique et coût de l'eau	16256/26009/39013	€/an
2	Electricité	457/732/1098	€/an

3	Chaleur	14286/22857/34286	€/an
4	Eau	1513/2420/3630	€/an
5	Coûts annuels de réparation et d'entretien	16000	€/an
6	Coûts d'investissements	644000	€
7	Annuité annuelle d'investissement (6%, 20 ans)	56147	€/an
8	Coût de production de froid	177/123/93	€/an

## 8.2 Tableaux des résultats des coûts de fourniture

Les résultats ci-dessous reprennent les différentes cas envisagées de 500h / 800h / 1200h.

### Unité de compression de froid décentralisée

1	Nombre d'unités de froid	1	unité
2	Capacité de froid moyenne d'une unité	35	KWc
3	Capacité de froid totale	0.035	MWc
4	Durée d'utilisation de l'unité de froid	500/800/1200	h/an
5	COP froid moyen	4	-
6	Consommation d'énergie totale	4.3/7.0/10.5	MWh/an
7	Total des coûts de production de froid	4467/4671/4944	Euro/an
8	Production annuelle de froid	17.5/28.0/42.0	MWh/an
9	<b>Coûts spécifiques de la production de froid</b>	255/166/117	Euro/MWh

Note: 1) Nombre d'unité dans toute la production

2) Capacité de froid d'une unité

3) Somme de la capacité de froid de toutes les unités

6) ligne 3 x ligne 4 / ligne 5

7) valeur numérique de la ligne 8 du tableau du 3.1

8) ligne 3 x ligne 4

9) ligne 7 / ligne 8

1	Nombre d'unités de froid	1	unité
2	Capacité de froid moyenne d'une unité	100	KWc
3	Capacité de froid totale	0.1	MWc
4	Durée d'utilisation de l'unité de froid	500/800/1200	h/an
5	COP froid moyen	4	-

6	Consommation d'énergie totale	12.5/20.0/30.0	MWh/an
7	Total des coûts de production de froid	7300/7508/7786	Euro/an
8	Production annuelle de froid	50.0/80.0/120.0	MWh/an
9	<b>Coûts spécifiques de la production de froid</b>	146/94/65	Euro/MWh

1	Nombre d'unités de froid	1	unité
2	Capacité de froid moyenne d'une unité	300	KWc
3	Capacité de froid totale	0.3	MWc
4	Durée d'utilisation de l'unité de froid	500/800/1200	h/an
5	COP froid moyen	4	-
6	Consommation d'énergie totale	37.5/60.0/90.0	MWh/an
7	Total des coûts de production de froid	15893/16519/17353	Euro/an
8	Production annuelle de froid	150/240/360	MWh/an
9	<b>Coûts spécifiques de la production de froid</b>	<b>105/69/48</b>	Euro/MWh

1	Nombre d'unités de froid	1	unité
2	Capacité de froid moyenne d'une unité	1000	KWc
3	Capacité de froid totale	1	MWc
4	Durée d'utilisation de l'unité de froid	500/800/1200	h/an
5	COP froid moyen	4	-
6	Consommation d'énergie totale	125/200/300	MWh/an
7	Total des coûts de production de froid	44039/46118/48890	Euro/an
8	Production annuelle de froid	500/800/1200	MWh/an
9	<b>Coûts spécifiques de la production de froid</b>	<b>88/58/41</b>	Euro/MWh

### Unité de compression de froid décentralisée + mini réseau

1	Nombre des unités de froid	1	unité
2	Capacité de froid moyenne d'une unité	300	KWc
3	Capacité de froid totale	0.3	MWc
4	Durée d'utilisation de l'unité de froid	500/800/1200	h/an
5	COP froid moyen	4	-
6	Consommation d'énergie totale	37.5/60.0/90.0	MWh/an

7	Total des coûts de production de froid	19547/20202/21075	Euro/an
8	Production annuelle de froid	150/240/360	MWh/an
9	<b>Coûts spécifiques de la production de froid</b>	<b>130/84/59</b>	Euro/MWh

1	Nombre des unités de froid	1	unité
2	Capacité de froid moyenne d'une unité	1000	KWc
3	Capacité de froid totale	1	MWc
4	Durée d'utilisation de l'unité de froid	500/800/1200	h/an
5	COP froid moyen	4	-
6	Consommation d'énergie totale	125/200/300	MWh/an
7	Total des coûts de production de froid	71812/74016/76954	Euro/an
8	Production annuelle de froid	500/800/1200	MWh/an
9	<b>Coûts spécifiques de la production de froid</b>	<b>143/93/64</b>	Euro/MWh

#### Unité de froid par absorption décentralisé avec de la chaleur prise sur un réseau de chaleur

1	Nombre des unités de froid	1	unité
2	Capacité de froid moyenne d'une unité	35	KWc
3	Capacité de froid totale	0.035	MWc
4	Durée d'utilisation de l'unité de froid	500/800/1200	h/an
5	COP froid moyen	0.7	-
6	Consommation d'énergie totale	25/40/60	MWh/an
7	Total des coûts de production de froid	8147/8507/8997	Euro/an
8	Production annuelle de froid	17.5/28/42	MWh/an
9	<b>Coûts spécifiques de la production de froid</b>	<b>466/304/214</b>	Euro/MWh

1	Nombre des unités de froid	1	unité
2	Capacité de froid moyenne d'une unité	100	KWc
3	Capacité de froid totale	0.1	MWc
4	Durée d'utilisation de l'unité de froid	500/800/1200	h/an
5	COP froid moyen	0.7	-
6	Consommation d'énergie totale	71/114/171	MWh/an
7	Total des coûts de production de froid	11450/12417/13707	Euro/an

8	Production annuelle de froid	50/80/120	MWh/an
9	<b>Coûts spécifiques de la production de froid</b>	<b>229/155/114</b>	Euro/MWh

1	Nombre des unités de froid	1	unité
2	Capacité de froid moyenne d'une unité	300	KWc
3	Capacité de froid totale	0.3	MWc
4	Durée d'utilisation de l'unité de froid	500/800/1200	h/an
5	COP froid moyen	0.7	-
6	Consommation d'énergie totale	214/342/514	MWh/an
7	Total des coûts de production de froid	21026/23907/27748	Euro/an
8	Production annuelle de froid	150/240/360	MWh/an
9	<b>Coûts spécifiques de la production de froid</b>	<b>140/100/77</b>	Euro/MWh

1	Nombre des unités de froid	1	unité
2	Capacité de froid moyenne d'une unité	1000	KWc
3	Capacité de froid totale	1	MWc
4	Durée d'utilisation de l'unité de froid	500/800/1200	h/an
5	COP froid moyen	0.7	-
6	Consommation d'énergie totale	714/1142/1714	MWh/an
7	Total des coûts de production de froid	52859/62487/75325	Euro/an
8	Production annuelle de froid	500/800/1200	MWh/an
9	<b>Coûts spécifiques de la production de froid</b>	<b>106/78/63</b>	Euro/MWh

### Unité de froid par absorption décentralisé avec chaleur provenant d'un réseau + mini réseau de chaleur

1	Nombre des unités de froid	1	Unité
2	Capacité de froid moyenne d'une unité	300	KWc
3	Capacité de froid totale	0.3	MWc
4	Durée d'utilisation de l'unité de froid	500/800/1200	h/an
5	COP froid moyen	0.7	-
6	Consommation d'énergie totale	214/342/514	MWh/an
7	Total des coûts de production de froid	23201/26124/30020	Euro/an
8	Production annuelle de froid	150/240/360	MWh/an
9	<b>Coûts spécifiques de la production de froid</b>	<b>155/109/83</b>	Euro/MWh

1	Nombre des unités de froid	1	Unité
2	Capacité de froid moyenne d'une unité	1000	KWc
3	Capacité de froid totale	1	MWc
4	Durée d'utilisation de l'unité de froid	500/800/1200	h/an
5	COP froid moyen	0.7	-
6	Consommation d'énergie totale	714/1142/1714	MWh/an
7	Total des coûts de production de froid	88402/98156/111160	Euro/an
8	Production annuelle de froid	500/800/1200	MWh/an
9	<b>Coûts spécifiques de la production de froid</b>	<b>177/123/93</b>	Euro/MWh

Type de production de froid		Froid par Compression centralisée	Froid par Absorption centralisée	Froid par Compression centralisée	Froid par Absorption centralisée	Froid par Compression centralisée	Froid par Absorption centralisée	Froid par Compression décentralisée	Froid par Absorption décentralisée	Froid par Compression centralisée	Froid par Absorption centralisée	Froid par Compression décentralisée	Froid par Absorption décentralisée
	Unités												
<b>P1 - ENERGIE</b>													
Puissance frigorifique	kW	35	35	100	100	300	300	300	300	1000	1000	1000	1000
EER nominal		4	0,7	4	0,7	4	0,7	4	0,7	4	0,7	4	0,7
Puissance absorbée par les auxiliaires	kW	0	0,5	0	1	0	2	2	4	0	7,2	6	13,2
Nombre d'heures de fonctionnement équivalent à pleine puissance	h	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
Nombre d'heures de fonctionnement	h	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250
Besoin de froid	kWh	17500	17500	50000	50000	150000	150000	150 000	150 000	500000	500000	500 000	500 000
ESEER groupe frigorifique		4	0,7	4	0,7	4	0,7	4	0,7	4	0,7	4	0,7
Répartition été/ hiver		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Consommations électricité	kWh	4375	625	12500	1250	37500	2500			125000	9000		
Dont hiver	kWh	0	0	0	0	0	0			0	0		
dont été	kWh	4375	625	12500	1250	37500	2500			125000	9000		
Consommations de chaleur	kWh	0	25000	0	71428,57	0	214285,7			0	714285,7		
Dont hiver	kWh	0	0	0	0	0	0			0	0		
dont été	kWh	0	25000	0	71428,57	0	214285,7			0	714285,7		
Consommation d'eau	m3	0	30,6	0	87,42857	0	262,2857			0	874,2857		
Prime fixe abonnement	€ H.T./kW	40,375	0	48,6	0	48,6	0			40,32	0		
Différence de puissance souscrite	kW	8	0	5	0	15	0			37,5	0		
Cout de l'électricité hiver	€ H.T./MWh	77,8	77,8	113,7	113,7	113,7	113,7			68,25	68,25		
Cout de l'électricité été	€ H.T./MWh	77,8	77,8	27,8	27,8	27,8	27,8			27,72	27,72		
Cout de la chaleur hiver	€ H.T./MWh	0	50	0	50	0	50			0	50		
Cout de la chaleur été	€ H.T./MWh	0	20	0	20	0	20			0	20		
Cout de l'eau	€ H.T./m3	0	1,7	0	1,7	0	1,7			0	1,73		
Cout de la chaleur hiver	€ H.T./MWh		50										
Cout de la chaleur été	€ H.T./MWh		20										
Cout de l'électricité	0% € H.T./an	663	49	591	35	1 772	70	1 820	139	4 977	249	5 185	457
Cout de la chaleur	0% € H.T./an	0	500	0	1 429	0	4 286	0	4 286	0	14 286	0	14 286
Cout de l'eau	0% € H.T./an	0	52	0	149	0	446	0	446	0	1 513	0	1 513
<b>Total charges énergies</b>	<b>€ H.T./an</b>	<b>663</b>	<b>601</b>	<b>591</b>	<b>1 612</b>	<b>1 772</b>	<b>4 801</b>	<b>1 820</b>	<b>4 871</b>	<b>4 977</b>	<b>16 048</b>	<b>5 185</b>	<b>16 256</b>
<b>P2 + P3 - MAINTENANCE + GER</b>													
Entretien P2	€ H.T./an	2000	4000	2000	4000	3000	5000	0	0	8000	10000	0	0
GER - P3	€ H.T./an	400	350	1100	800	2800	1600	0	0	7500	3500	0	0
<b>Total charges d'entretien:</b>	<b>€ H.T./an</b>	<b>2400</b>	<b>4350</b>	<b>3100</b>	<b>4800</b>	<b>5800</b>	<b>6600</b>	<b>7300</b>	<b>6600</b>	<b>15500</b>	<b>13500</b>	<b>18000</b>	<b>16000</b>
<b>INVESTISSEMENTS</b>													
Total travaux	€ H.T.	16 100	48 875	41 400	77 050	95 450	147 200	175 950	227 700	270 250	356 500	557 750	644 000
Subvention public	%		0		0		0		0		0		0
Taux	%	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
<b>Annuité d'investissement</b>	<b>€ H.T./an</b>	<b>1404</b>	<b>3196</b>	<b>3609</b>	<b>5038</b>	<b>8322</b>	<b>9625</b>	<b>10427</b>	<b>11731</b>	<b>23562</b>	<b>23311</b>	<b>48627</b>	<b>56147</b>
<b>TOTAL DES CHARGES ANNUELLES (P1 + P2 + P3 + P4)</b>													
	<b>€ H.T./an</b>	<b>4 467</b>	<b>8 147</b>	<b>7 300</b>	<b>11 450</b>	<b>15 893</b>	<b>21 026</b>	<b>19 547</b>	<b>23 201</b>	<b>44 039</b>	<b>52 859</b>	<b>71 812</b>	<b>88 402</b>
<b>Prix moyen du MWh</b>	<b>€ H.T.</b>	<b>255,26</b>	<b>465,51</b>	<b>146,00</b>	<b>229,00</b>	<b>105,96</b>	<b>140,18</b>	<b>130,32</b>	<b>154,68</b>	<b>88,08</b>	<b>105,72</b>	<b>143,62</b>	<b>176,80</b>

Option 500h

Type de production de froid		Froid par Compression centralisée	Froid par Absorption centralisée	Froid par Compression centralisée	Froid par Absorption centralisée	Froid par Compression centralisée	Froid par Absorption centralisée	Froid par Compression décentralisée	Froid par Absorption décentralisée	Froid par Compression centralisée	Froid par Absorption centralisée	Froid par Compression décentralisée	Froid par Absorption décentralisée
	Unités												
<b>P1 - ENERGIE</b>													
Puissance frigorifique	kW	35	35	100	100	300	300	300	300	1000	1000	1000	1000
EER nominal		4	0,7	4	0,7	4	0,7	4	0,7	4	0,7	4	0,7
Puissance absorbée par les auxiliaires	kW	0	0,5	0	1	0	2	2	4	0	7,2	6	13,2
Nombre d'heures de fonctionnement équivalent à pleine puissance	h	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
Nombre d'heures de fonctionnement	h	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
Besoin de froid	kWh	28000	28000	80000	80000	240000	240000	240 000	240 000	800000	800000	800 000	800 000
ESEER groupe frigorifique		4	0,7	4	0,7	4	0,7	4	0,7	4	0,7	4	0,7
Répartition été/ hiver		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Consommations électricité	kWh	7000	1000	20000	2000	60000	4000			200000	14400		
Dont hiver	kWh	0	0	0	0	0	0			0	0		
dont été	kWh	7000	1000	20000	2000	60000	4000			200000	14400		
Consommations de chaleur	kWh	0	40000	0	114285,7	0	342857,1			0	1142857		
Dont hiver	kWh	0	0	0	0	0	0			0	0		
dont été	kWh	0	40000	0	114285,7	0	342857,1			0	1142857		
Consommation d'eau	m3	0	48,96	0	139,8857	0	419,6571			0	1398,857		
Prime fixe abonnement	€ H.T./kW	40,375	0	48,6	0	48,6	0			40,32	0		
Différence de puissance souscrite	kW	8	0	5	0	15	0			37,5	0		
Cout de l'électricité hiver	€ H.T./MWh	77,8	77,8	113,7	113,7	113,7	113,7			68,25	68,25		
Cout de l'électricité été	€ H.T./MWh	77,8	77,8	27,8	27,8	27,8	27,8			27,72	27,72		
Cout de la chaleur hiver	€ H.T./MWh	0	50	0	50	0	50			0	50		
Cout de la chaleur été	€ H.T./MWh	0	20	0	20	0	20			0	20		
Cout de l'eau	€ H.T./m3	0	1,7	0	1,7	0	1,7			0	1,73		
Cout de la chaleur hiver	€ H.T./MWh	0	50	0	50	0	50			0	50		
Cout de la chaleur été	€ H.T./MWh	0	20	0	20	0	20			0	20		
Cout de l'électricité	0% € H.T./an	868	78	799	56	2 397	111	2 475	222	7 056	399	7 389	732
Cout de la chaleur	0% € H.T./an	0	800	0	2 286	0	6 857	0	6 857	0	22 857	0	22 857
Cout de l'eau	0% € H.T./an	0	83	0	238	0	713	0	713	0	2 420	0	2 420
<b>Total charges energies</b>	€ H.T./an	<b>868</b>	<b>961</b>	<b>799</b>	<b>2 579</b>	<b>2 397</b>	<b>7 682</b>	<b>2 475</b>	<b>7 793</b>	<b>7 056</b>	<b>25 676</b>	<b>7 389</b>	<b>26 009</b>
<b>P2 + P3 - MAINTENANCE + GER</b>													
Entretien P2	€ H.T./an	2000	4000	2000	4000	3000	5000	0	0	8000	10000	0	0
GER - P3	€ H.T./an	400	350	1100	800	2800	1600	0	0	7500	3500	0	0
<b>Total charges d'entretien:</b>	€ H.T./an	<b>2400</b>	<b>4350</b>	<b>3100</b>	<b>4800</b>	<b>5800</b>	<b>6600</b>	<b>7300</b>	<b>6600</b>	<b>15500</b>	<b>13500</b>	<b>18000</b>	<b>16000</b>
<b>INVESTISSEMENTS</b>													
Total travaux	€ H.T.	16 100	48 875	41 400	77 050	95 450	147 200	175 950	227 700	270 250	356 500	557 750	644 000
Subvention public	%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Taux	%	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
<b>Annuité d'investissement</b>	€ H.T./an	<b>1404</b>	<b>3196</b>	<b>3609</b>	<b>5038</b>	<b>8322</b>	<b>9625</b>	<b>10427</b>	<b>11731</b>	<b>23562</b>	<b>23311</b>	<b>48627</b>	<b>56147</b>
<b>TOTAL DES CHARGES ANNUELLES (P1 + P2 + P3 + P4)</b>													
	€ H.T./an	<b>4 671</b>	<b>8 507</b>	<b>7 508</b>	<b>12 417</b>	<b>16 519</b>	<b>23 907</b>	<b>20 202</b>	<b>26 124</b>	<b>46 118</b>	<b>62 487</b>	<b>74 016</b>	<b>98 156</b>
<b>Prix moyen du MWh</b>	€ H.T.	<b>166,83</b>	<b>303,82</b>	<b>93,86</b>	<b>155,22</b>	<b>68,83</b>	<b>99,61</b>	<b>84,18</b>	<b>108,85</b>	<b>57,65</b>	<b>78,11</b>	<b>92,52</b>	<b>122,69</b>

Option 800h

Type de production de froid		Froid par Compression centralisée	Froid par Absorption centralisée	Froid par Compression centralisée	Froid par Absorption centralisée	Froid par Compression centralisée	Froid par Absorption centralisée	Froid par Compression décentralisée	Froid par Absorption décentralisée	Froid par Compression centralisée	Froid par Absorption centralisée	Froid par Compression décentralisée	Froid par Absorption décentralisée
	Unités												
<b>P1 - ENERGIE</b>													
Puissance frigorifique	kW	35	35	100	100	300	300	300	300	1000	1000	1000	1000
EER nominal		4	0,7	4	0,7	4	0,7	4	0,7	4	0,7	4	0,7
Puissance absorbée par les auxiliaires	kW	0	0,5	0	1	0	2	2	4	0	7,2	6	13,2
Nombre d'heures de fonctionnement équivalent à pleine puissance	h	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200
Nombre d'heures de fonctionnement	h	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000
Besoin de froid	kWh	42000	42000	120000	120000	360000	360000	360 000	360 000	1200000	1200000	1 200 000	1 200 000
ESEER groupe frigorifique		4	0,7	4	0,7	4	0,7	4	0,7	4	0,7	4	0,7
Répartition été/ hiver		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Consommations électricité	kWh	10500	1500	30000	3000	90000	6000			300000	21600		
Dont hiver	kWh	0	0	0	0	0	0			0	0		
dont été	kWh	10500	1500	30000	3000	90000	6000			300000	21600		
Consommations de chaleur	kWh	0	60000	0	171428,6	0	514285,7			0	1714286		
Dont hiver	kWh	0	0	0	0	0	0			0	0		
dont été	kWh	0	60000	0	171428,6	0	514285,7			0	1714286		
Consommation d'eau	m3	0	73,44	0	209,8286	0	629,4857			0	2098,286		
Prime fixe abonnement	€ H.T./kW	40,375	0	48,6	0	48,6	0			40,32	0		
Différence de puissance souscrite	kW	8	0	5	0	15	0			37,5	0		
Cout de l'électricité hiver	€ H.T./MWh	77,8	77,8	113,7	113,7	113,7	113,7			68,25	68,25		
Cout de l'électricité été	€ H.T./MWh	77,8	77,8	27,8	27,8	27,8	27,8			27,72	27,72		
Cout de la chaleur hiver	€ H.T./MWh	0	50	0	50	0	50			0	50		
Cout de la chaleur été	€ H.T./MWh	0	20	0	20	0	20			0	20		
Cout de l'eau	€ H.T./m3	0	1,7	0	1,7	0	1,7			0	1,73		
Cout de la chaleur hiver	€ H.T./MWh		50										
Cout de la chaleur été	€ H.T./MWh		20										
Cout de l'électricité	0% € H.T./an	1 140	117	1 077	83	3 231	167	3 348	334	9 828	599	10 327	1 098
Cout de la chaleur	0% € H.T./an	0	1 200	0	3 429	0	10 286	0	10 286	0	34 286	0	34 286
Cout de l'eau	0% € H.T./an	0	125	0	357	0	1 070	0	1 070	0	3 630	0	3 630
<b>Total charges energies</b>	<b>€ H.T./an</b>	<b>1 140</b>	<b>1 442</b>	<b>1 077</b>	<b>3 869</b>	<b>3 231</b>	<b>11 523</b>	<b>3 348</b>	<b>11 689</b>	<b>9 828</b>	<b>38 515</b>	<b>10 327</b>	<b>39 013</b>
<b>P2 + P3 - MAINTENANCE + GER</b>													
Entretien P2	€ H.T./an	2000	4000	2000	4000	3000	5000	0	0	8000	10000	0	0
GER - P3	€ H.T./an	400	350	1100	800	2800	1600	0	0	7500	3500	0	0
<b>Total charges d'entretien:</b>	<b>€ H.T./an</b>	<b>2400</b>	<b>4350</b>	<b>3100</b>	<b>4800</b>	<b>5800</b>	<b>6600</b>	<b>7300</b>	<b>6600</b>	<b>15500</b>	<b>13500</b>	<b>18000</b>	<b>16000</b>
<b>INVESTISSEMENTS</b>													
Total travaux	€ H.T.	16 100	48 875	41 400	77 050	95 450	147 200	175 950	227 700	270 250	356 500	557 750	644 000
Subvention public	%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Taux	%	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
<b>Annuité d'investissement</b>	<b>€ H.T./an</b>	<b>1404</b>	<b>3196</b>	<b>3609</b>	<b>5038</b>	<b>8322</b>	<b>9625</b>	<b>10427</b>	<b>11731</b>	<b>23562</b>	<b>23311</b>	<b>48627</b>	<b>56147</b>
<b>TOTAL DES CHARGES ANNUELLES (P1 + P2 + P3 + P4)</b>													
	<b>€ H.T./an</b>	<b>4 944</b>	<b>8 987</b>	<b>7 786</b>	<b>13 707</b>	<b>17 353</b>	<b>27 748</b>	<b>21 075</b>	<b>30 020</b>	<b>48 890</b>	<b>75 325</b>	<b>76 954</b>	<b>111 160</b>
<b>Prix moyen du MWh</b>	<b>€ H.T.</b>	<b>117,70</b>	<b>213,99</b>	<b>64,89</b>	<b>114,22</b>	<b>48,20</b>	<b>77,08</b>	<b>58,54</b>	<b>83,39</b>	<b>40,74</b>	<b>62,77</b>	<b>64,13</b>	<b>92,63</b>

Option 1200h



