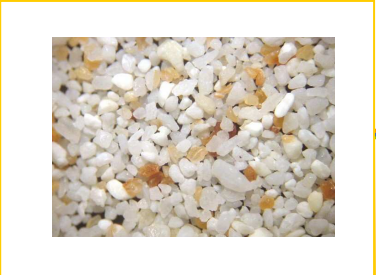
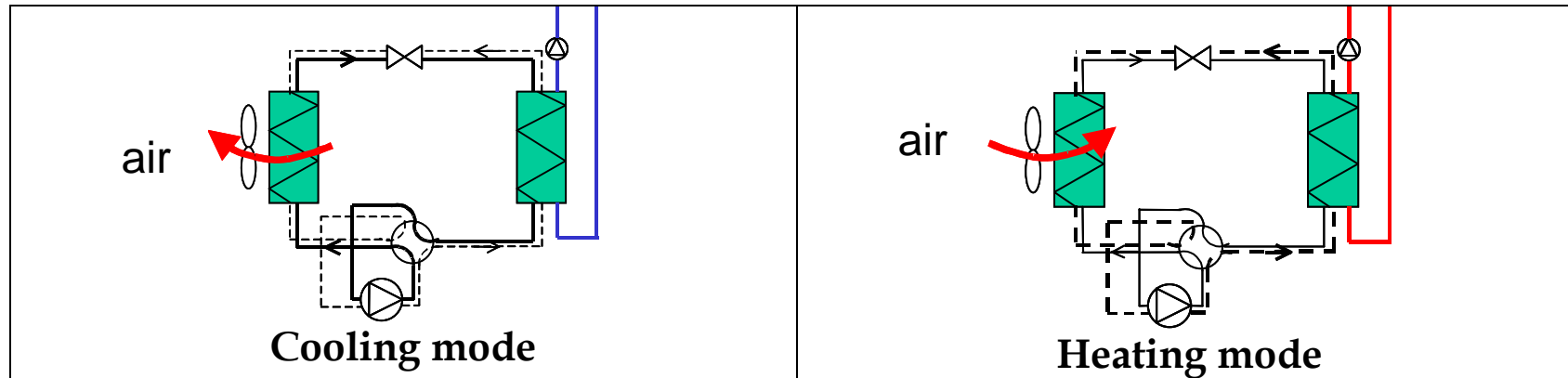




14 novembre 2008



- Le projet est une **contribution française à l'Annexe 48 de l'AIE** - Heat pumping and reversible air conditioning – qui a pour objectif de favoriser le recours aux solutions de pompe à chaleur dans les bâtiments tertiaires.
- Le parc de bâtiments tertiaires équipé de Groupes de Production à Eau Glacée (GPEG) est important (~180 millions de m² en France en 2000 [EEC, 2000]) et est en forte croissance
- Un grand nombre de GPEG ne sont pas exploités en mode « pompe à chaleur ».
- La substitution des chaudières fuel/gaz installées par les GPEG en mode « pompe à chaleur » permettrait d'économiser 50% d'énergie primaire dans le cas d'une production électrique à partir d'une centrale à cycle combiné (sur la base d'un COP saisonnier de 3.25 et d'un rendement de production de l'électricité de plus de 55%).



Mode climatisation
Condenseur sur l'air avec rejet de calories
Rejet de frigories dans le bâtiment

Mode chauffage
Evaporateur sur l'air avec extraction de calories
Rejet de calories dans le bâtiment

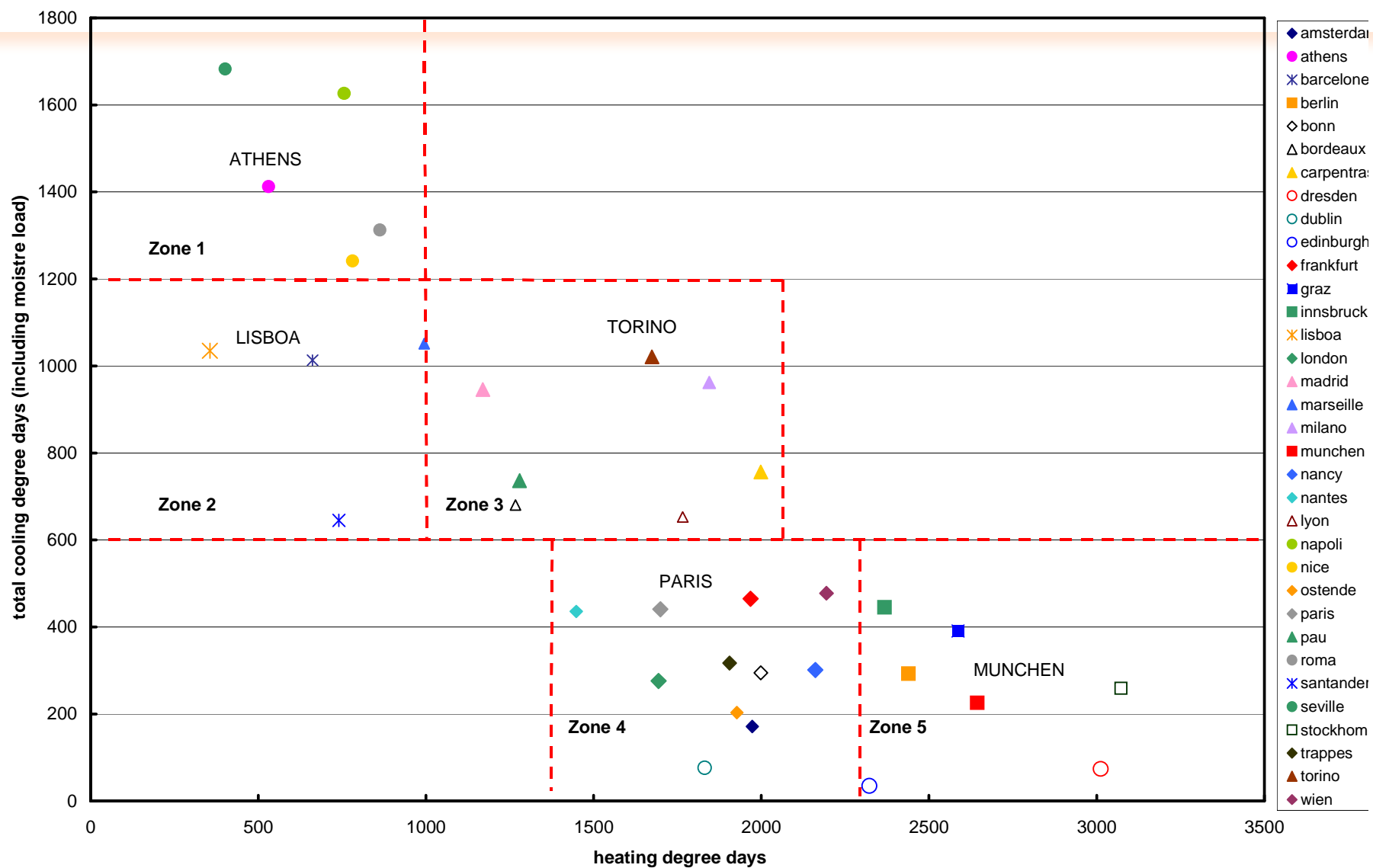
- Une classification parmi différents types de bâtiment, soumis à différents climats, différents profils de gains (sensibles et latents) internes de chaleur, différentes exigences intérieures et différents modes de commande.
- Des profils types de chauffage annuel, de besoins d'eau chaude sanitaire et d'éventuelle demande de refroidissement et de déshumidification ont été établis : **modèles de bâtiments types et de système classiquement associé** pour le secteur santé.
- Développement d'une **approche couplée** (bâtiment/système).
- La méthode repose sur **une typologie représentative** des établissements de santé issue des études [FIL 2006a] et [FIL 2006b].
- Les performances de l'enveloppe des bâtiments est fixée à partir de données issues d'études européennes [EPA 2006], [LIM 2001] et de données issues des réglementations thermiques.
- Les scénarios d'occupation et d'éclairage sont définis à partir des guides sectoriels de l'AICVF [AIC 1993a], [AIC 1993b] et des résultats d'une étude sur des immeubles de bureaux pour la gestion des protections solaires [ALE 2006].
- Deux établissements de santé types (Tableau 1) sont définis.

Tableau 1

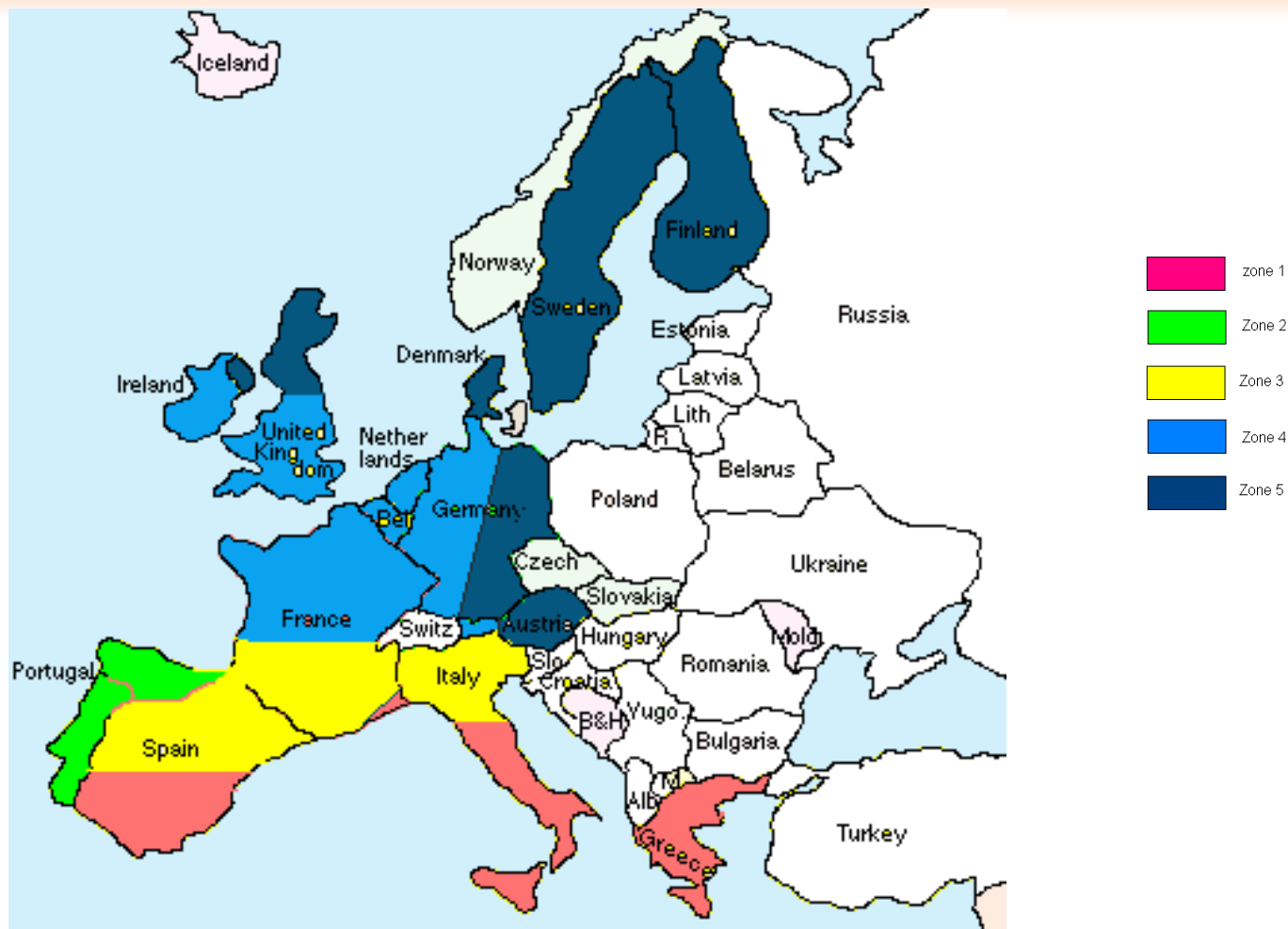
Type de bâtiment	1	2
description	Hopital	Maison de retraite
% de la surface des établissements de santé	40%	60%
Surface au sol	30 300 m ²	3 900 m ²
étages	5	4
Hauteur sous plafond	3 m	3 m
Surface par usage/ surface habitable en %		
bureaux, salles de consultation, et d'urgence	12.2%	-
Labo, restaurants, annexes techniques	15.8%	-
Salles d'opération	5.0%	-
Salle commune	-	14.7%
restaurant	-	6.1%
Locaux techniques	-	4.9%
Salle de soins	-	4.9%
Chambres	22.3%	45.8%
Circulations	38.4%	17.1%
WC	6.2%	6.5%
Surface des parois extérieures/ surface habitable en %		
Total	50%	82%
Murs verticaux (opaques et vitrés)	30%	57%
toit	20%	25%
Surfaces vitrées (vertical)	8%	16%
	27.5% des surfaces verticales vitrées	~30% des surfaces verticales vitrées

- Une **étude de sensibilité** est menée pour ces bâtiments. Les paramètres choisis comme ayant une influence sur le potentiel de récupération d'énergie sur les GPEG sont :
 - les apports solaires : deux niveaux de facteurs solaires ;
 - L'orientation : nord/sud et Est/Ouest ;
 - La ventilation : Faible/haute (notamment pour rendre compte des disparités au niveau Européen sur le débit d'air hygiénique)
 - Deux niveaux de consigne de température hiver/été : 21°C/24°C et 20°C/25°C (notamment pour rendre compte des disparités au niveau Européen)
 - Les **zones climatiques européennes** sont établies à partir d'une étude sur les degrés jour de chauffage et de refroidissement (Figure 1).

Les zones climatiques



Les zones climatiques (suite)



- Le **potentiel de réversibilité** a été calculé pour chaque cas comme la somme des besoins de chaud horaires potentiellement couverts par le GPEG en mode chaud, c'est à dire, quand les besoins froids sont nuls.
- Le **potentiel de récupération de chaleur au condenseur** est calculé comme la somme des besoins chaud potentiellement couverts par le GPEG en mode froid quand des besoins simultanés de chaud et de froid sont requis.
 - La chaleur récupérable au condenseur est calculé sur la base des rendements de Carnot, c'est à dire, $(EER+1)/EER$ * (puissance froid au pas de temps horaire), le EER étant le coefficient de performance du GPEG en mode froid. Dans notre cas, il a été fixé à 2.5 correspondant à la valeur moyenne des unités à condensation à air commercialisées en Europe [EEC, 2003].
- Il faut noter que ces potentiels ne prennent pas en compte les niveaux de température requis dans les unités terminales.

- Récupération de chaleur pour le préchauffage de l'eau chaude sanitaire
- Instituts de santé – Hôpital & Maison de repos
 - Le système de récupération de chaleur pour le préchauffage de l'eau chaude sanitaire est basé sur le principe du schéma sus mentionné.
 - Il consiste à faire circuler l'eau froide dans l'échangeur thermique en contact avec la boucle de refroidissement du condenseur lorsqu'il y a simultanément le fonctionnement du groupe froid et le puisage de l'eau chaude sanitaire.
 - Pendant ces simultanités, le régime d'eau au condenseur est élevé à 53 °C. Cette température est limitée par la température maximale de condensation du fluide frigorigène utilisé dans le groupe froid. En l'occurrence, le fluide utilisé dans le groupe modélisé est du R407C.
 - Un deuxième échangeur, directement relié à la chaudière, apporte instantanément le complément ou la totalité de l'énergie nécessaire à la fourniture de l'eau à 55 °C. La température d'eau froide est prise comme égale à la température du sol à 10 cm de profondeur avec une variante selon les climats présentée dans le tableau 2.

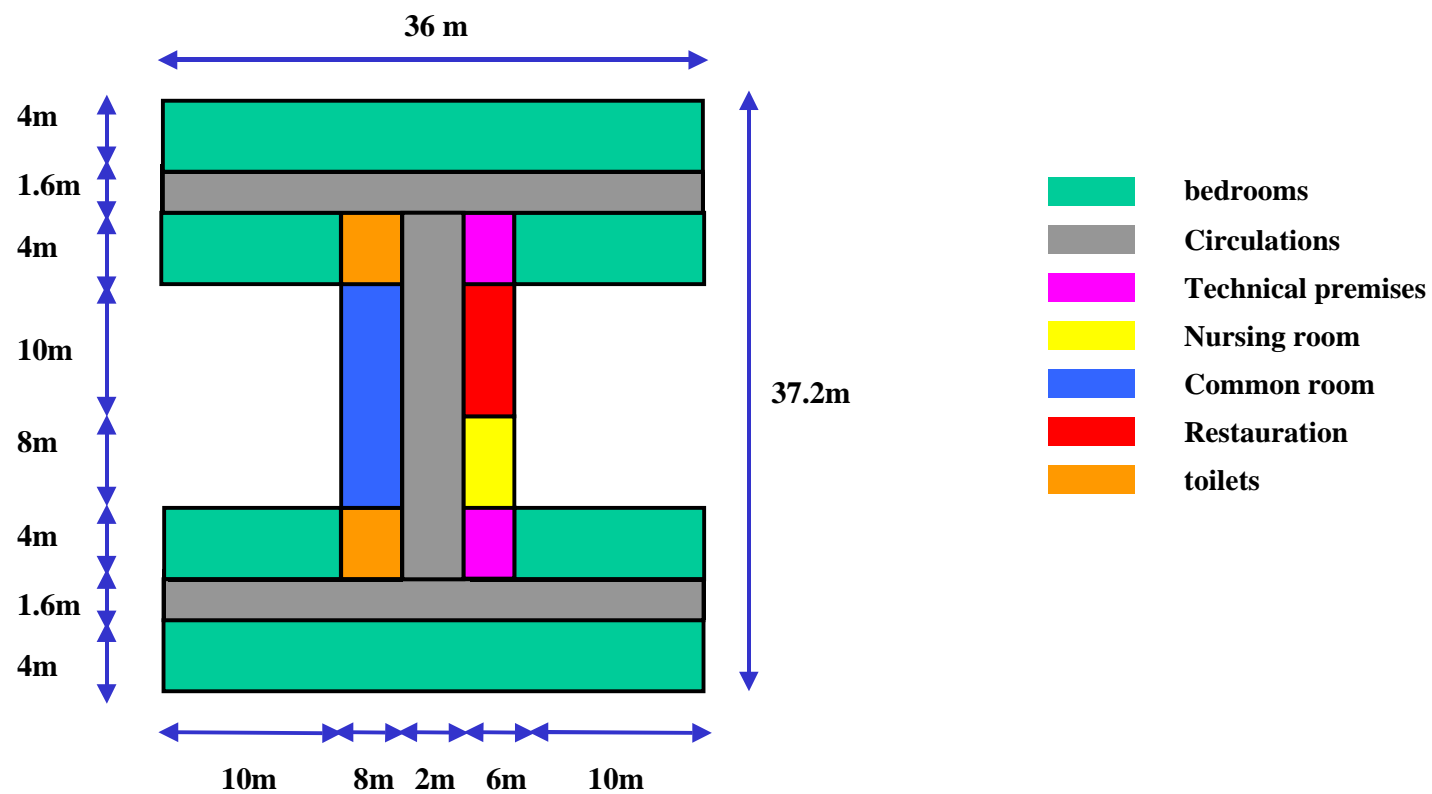
Climat	Température moyenne en surface du sol (°C)	Amplitude des variations de température de surface (°C)
Paris	11	4
Turin	12	5
Athènes	13	4
Munich	10	4
Lisbonne	12	4

Tableau 2 : Hypothèses de calcul de la température d'eau froide selon les climats

TYPE 2 – Rest homes

surface \approx 3 900 m², 90 beds

Figure 7 : Health care building type 2 – Rest home

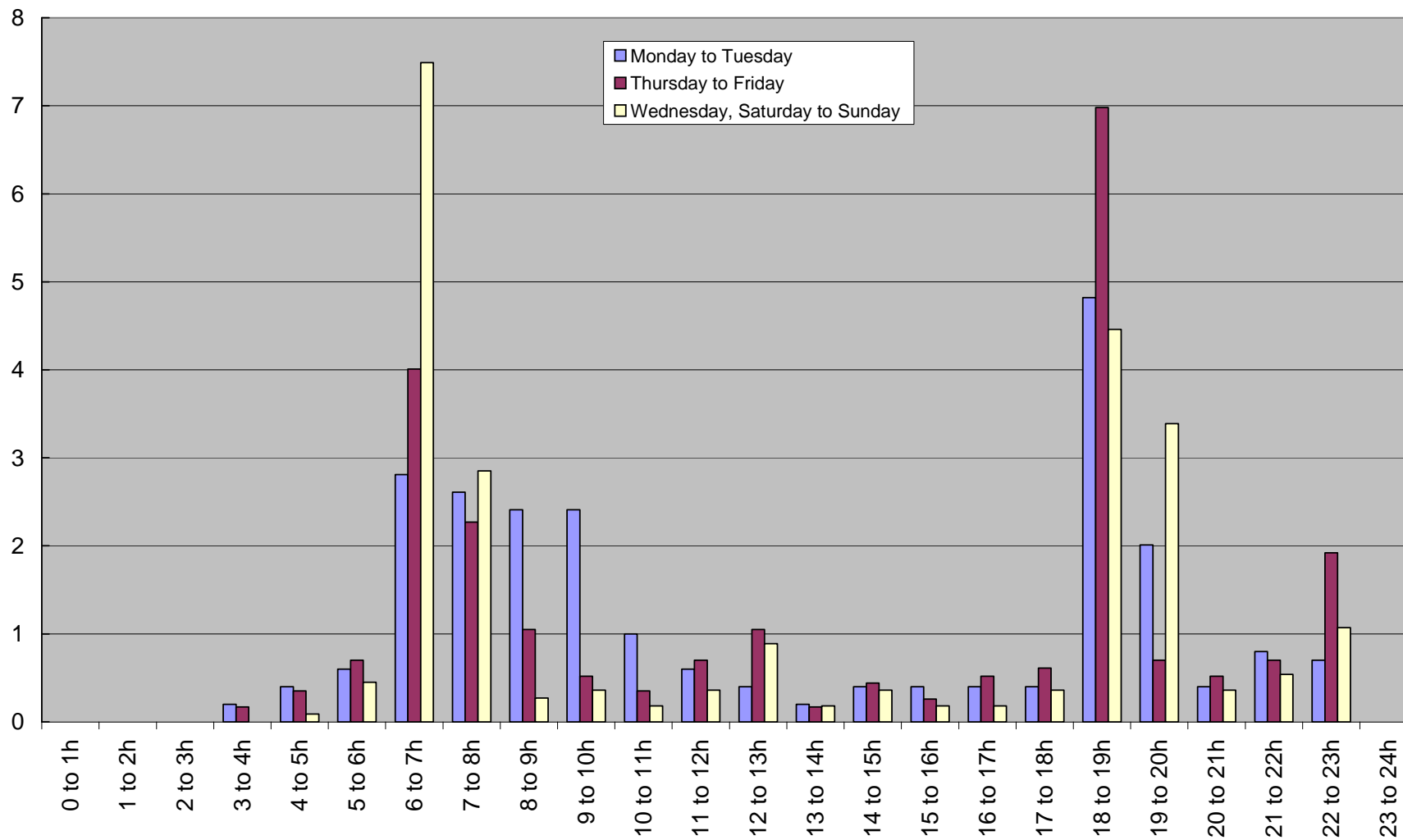


Caractéristiques du bâtiment :

- 4 étages.
- 3 m sous plafond
- 90 chambres.
- 3917 m² de surface totale avec en répartition :

Table 3: Repartition par type des pièces

UTH	Usage	Surface area of one floor	Surface area of 4 floors	% of total	Volume
1	bedrooms	144	576	22,9	1728
1'		40	160		480
1''		40	160		480
2	bedrooms	144	576	22,9	1728
2'		40	160		480
2''		40	160		480
3	Common room	144	576	14,7	1728
4	restaurant	60	240	6,1	720
5	Nursing room	48	192	4,9	576
6	circulations	167,2	668,8	17,1	2006,4
7	toilets	64	256	6,5	768
8	Technical premises	48	192	4,9	576
Total		979,2	3917	100	11750,4

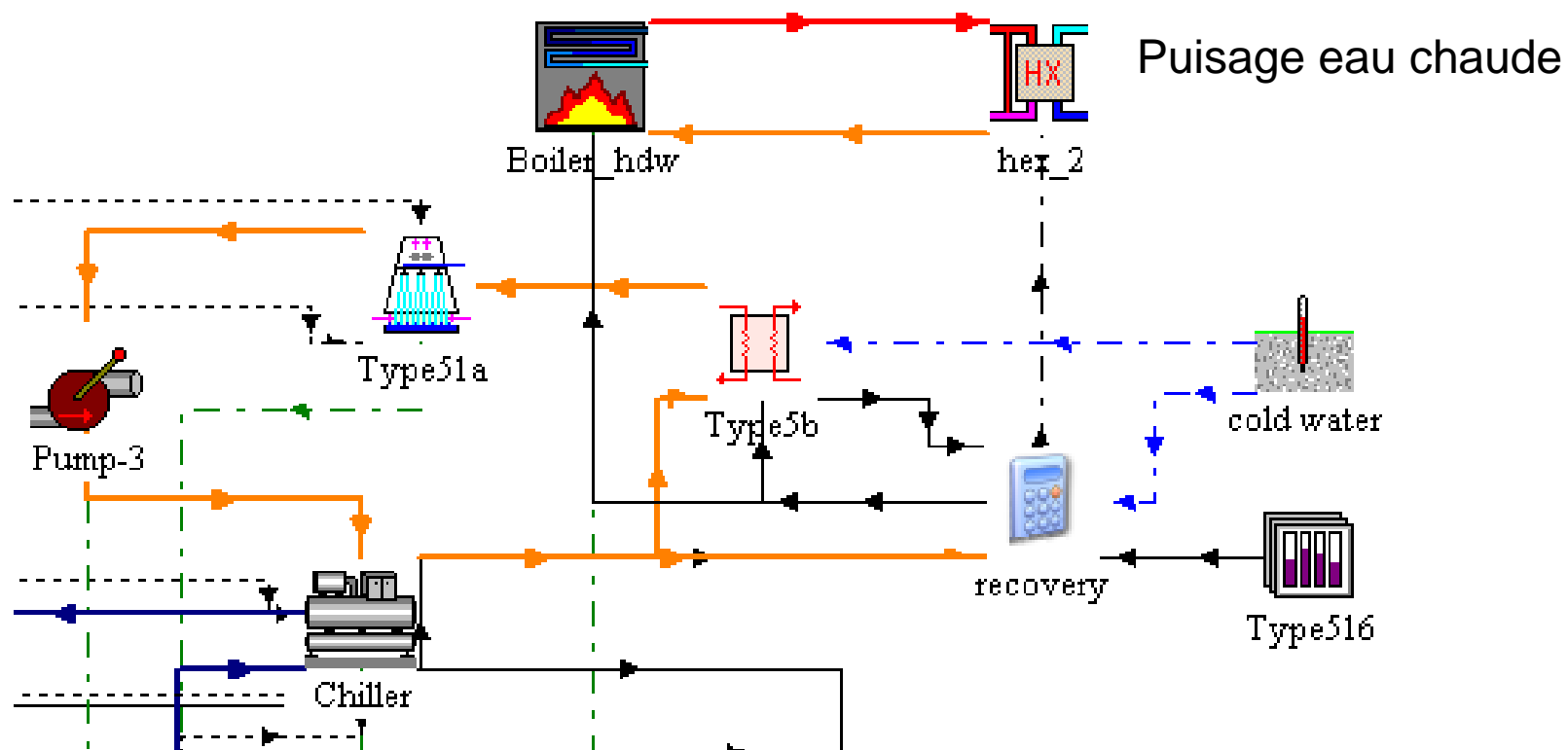


Based on [AIC 1991], the daily volume consumption is defined in the following Table :

Table 15: Hot Water consumption on health care institutions

	Rest home	
	Ratio	L/day
bedroom	40 L/bed/day	3 600
Restaurant	5 L/meal	1 350

Le schéma du modèle reprenant ce principe de récupération de chaleur pour préchauffer l'eau chaude sanitaire est ci-dessous



Modèles de récupération de chaleur pour le préchauffage de l'eau chaude sanitaire

Les consommations indiquées pour la chaudière correspondent uniquement aux besoins liés à la production d'eau chaude sanitaire et n'incluent pas les consommations de chauffage du bâtiment.

De même, les pourcentages d'économie d'énergie primaire présentés en dernière colonne du tableau se rapportent également à la consommation dédiée à l'eau chaude sanitaire.

n°	Type de bâtiment	CLIMAT	FS & VR	Sans récupération de chaleur		Avec récupération de chaleur		Bilan énergie primaire (kWh/m²)	Economie d'énergie (%)
				Conso GPEG (kWh/m²)	Conso Chaudière ECS (kWh/m²)	Conso GPEG (kWh/m²)	Conso Chaudière ECS (kWh/m²)		
1	HOPITAL	PARIS	Faibles	5.96	53.58	6.93	21.77	-29.30	54.69
2	HOPITAL	TURIN	Faibles	8.60	52.36	9.86	18.15	-30.96	59.13
3	HOPITAL	ATHENES	Faibles	15.51	51.14	17.73	6.72	-38.68	75.63
4	HOPITAL	MUNICH	Faibles	4.86	54.80	5.63	22.54	-30.26	55.22
5	HOPITAL	LISBONNE	Faibles	10.45	52.36	12.16	3.78	-44.18	84.37
6	MAISON de REPOS	PARIS	Faibles	2.79	26.27	3.20	21.37	-3.83	14.56
7	MAISON de REPOS	TURIN	Faibles	6.54	25.67	7.27	17.00	-6.78	26.42
8	MAISON de REPOS	ATHENES	Faibles	12.83	25.07	14.28	12.92	-8.42	33.59
9	MAISON de REPOS	MUNICH	Faibles	2.50	26.86	2.87	21.16	-4.73	17.62
10	MAISON de REPOS	LISBONNE	Faibles	6.77	25.67	7.68	15.08	-8.22	32.04

Résultats de la campagne de simulation – Récupération de chaleur pour le préchauffage de l'eau chaude sanitaire

Il apparaît très clairement que des économies d'énergie conséquentes sont envisageables avec ce type de système. Les figures 9 et 10 reprennent les données du tableau 3 sous forme graphique.

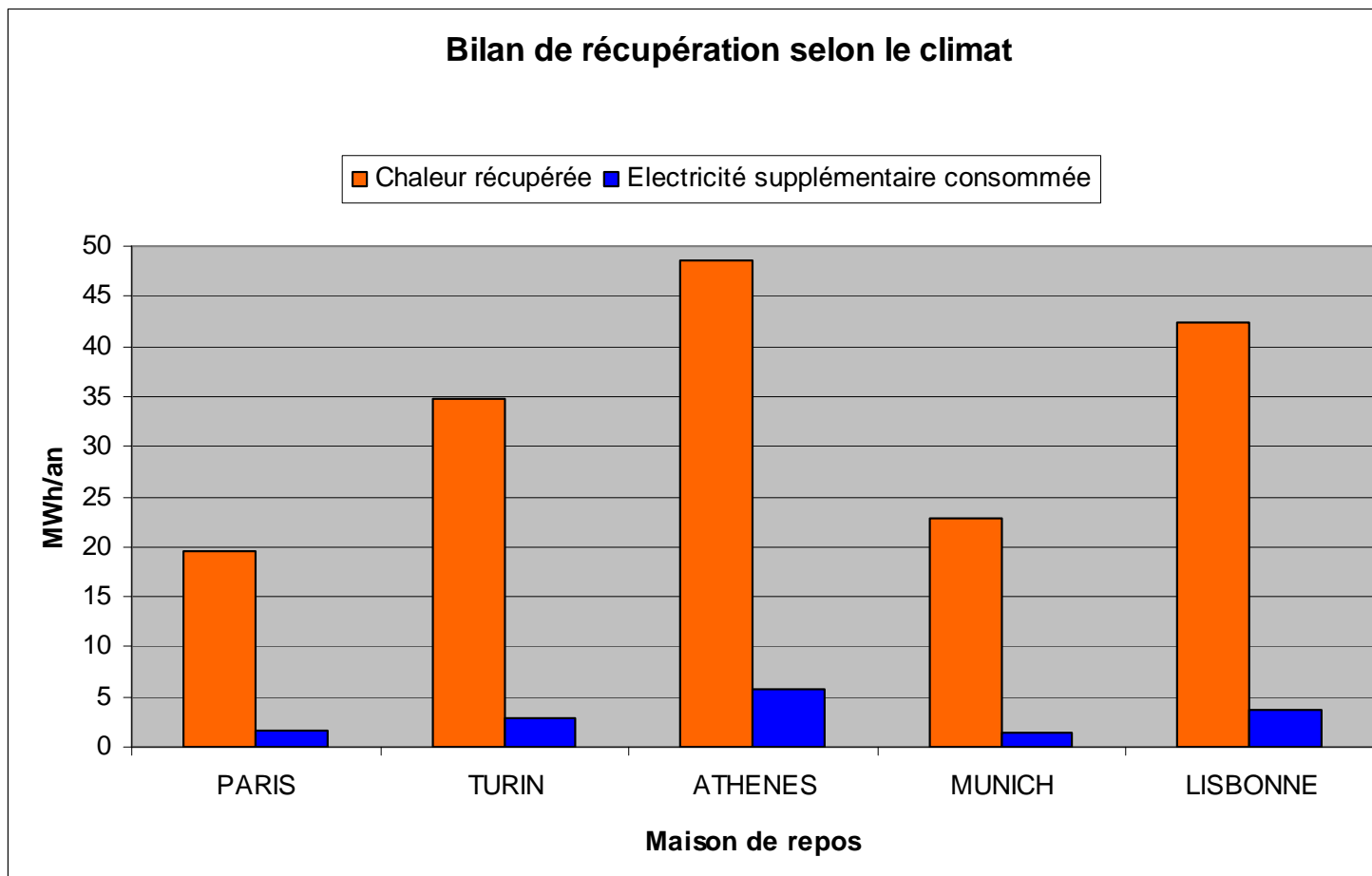
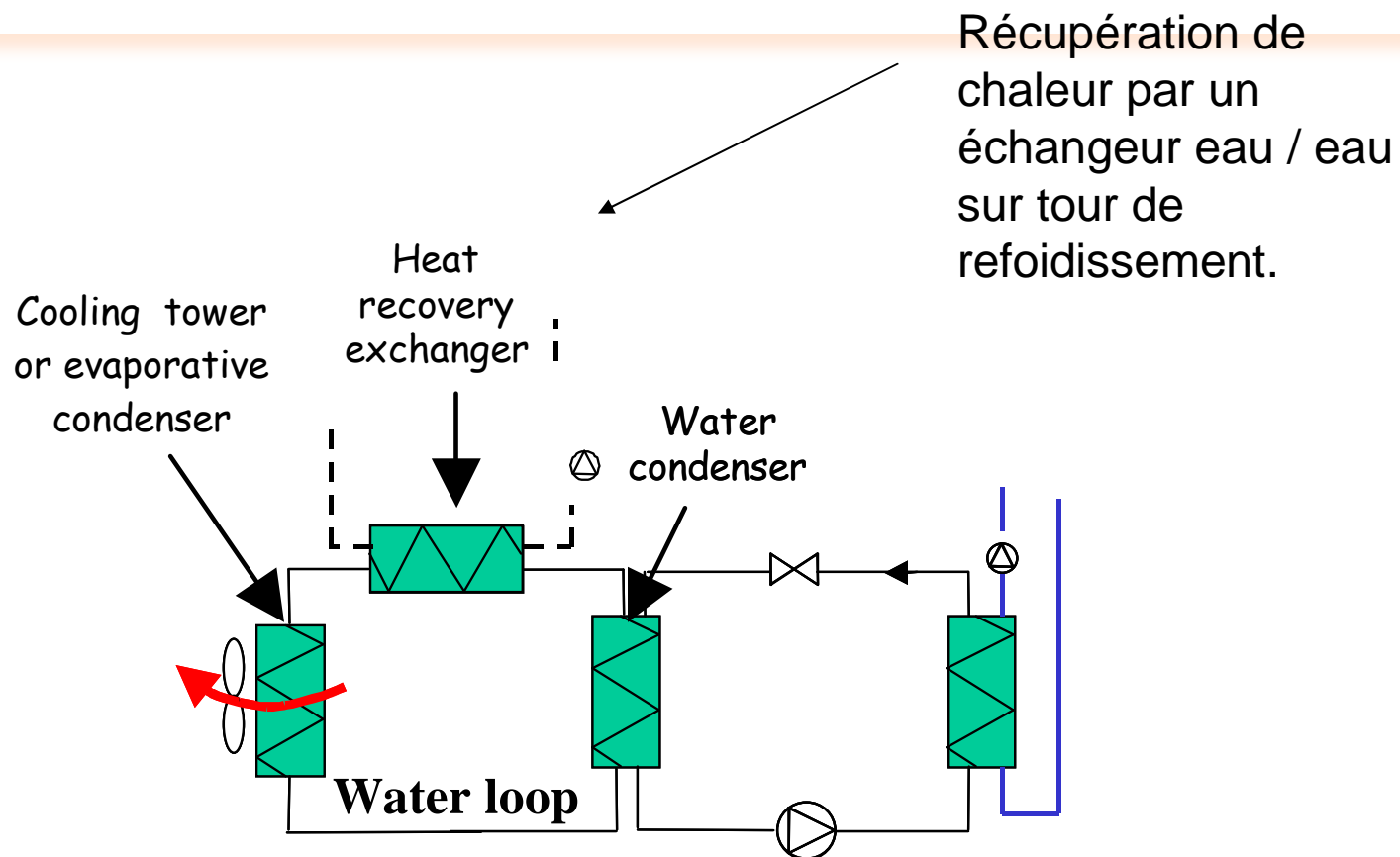
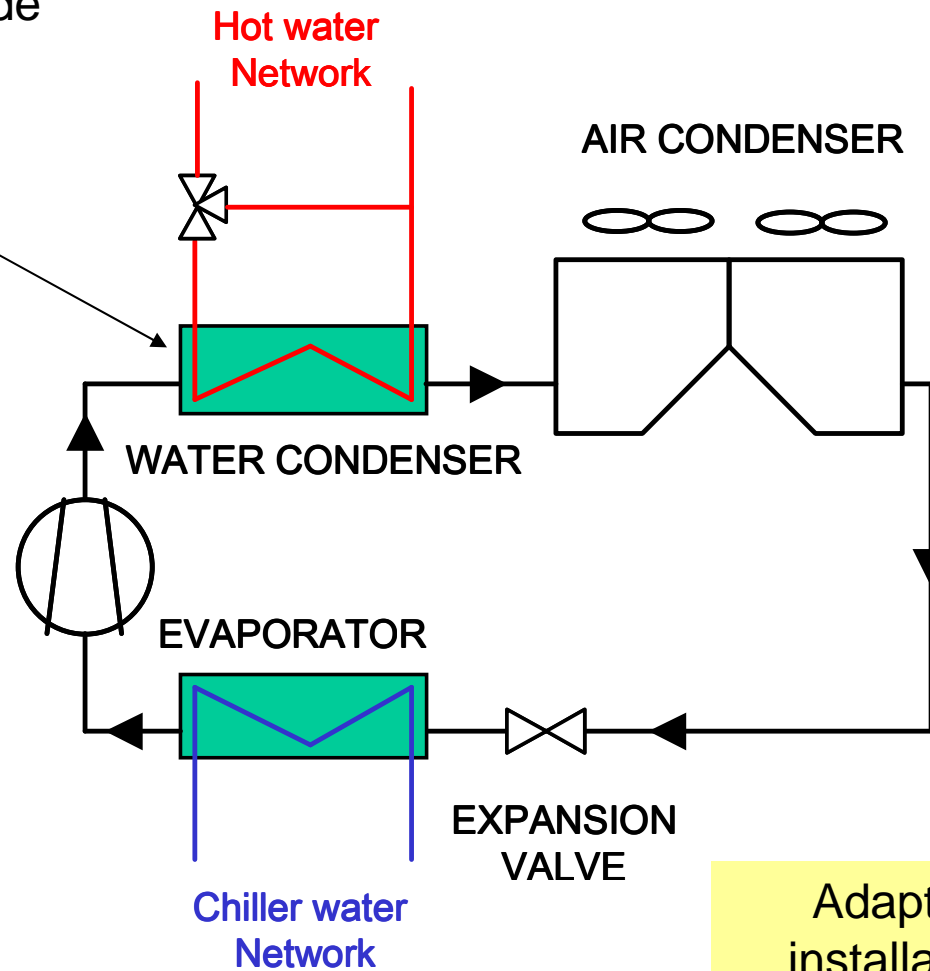


Figure 10 : Bilan de récupération selon le climat dans le cas de la maison de repos



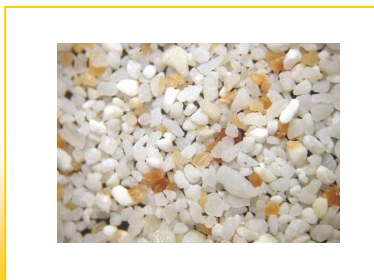
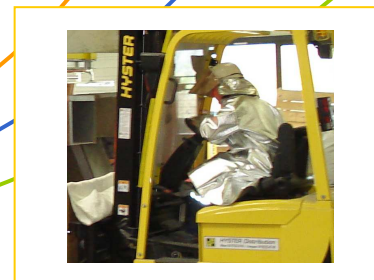
*Cooling demand only
(no heating demand)*

Récupération de chaleur par un échangeur eau / fluide frigorigène sur un condenseur auxiliaire.



Adapté aux
installations 4
tubes

- Globalement, les résultats obtenus sont cohérents selon les climats. Plus la consommation en climatisation est importante plus les économies potentielles sont importantes.
- Le climat de la région RA offre un potentiel élevé (cf. Turin),
- La nécessité de rafraichir des maisons de retraite doit offrir l'opportunité d'intégrer des solutions réversibles, capables de bénéficier de récupération de chaleur pour les usages type ECS et cuisine.
- Des systèmes sont sur le marché avec l'option récupération de chaleur sur le condenseur



MERCI DE VOTRE ATTENTION

Isolation thermique :

2 niveaux de coefficient de transfert de chaleur U, sont considérées en fonction du type de climat :

Table 27 : Valeurs de U in W/m²K

	Values in W/m ² .K	Description
wall	0.6	Outside layer : insulating material 0.036m ($\rho=56 \text{ kg/m}^3$, $\lambda=0.029\text{W}/(\text{m.K})$, $c_p = 1220 \text{ J}/(\text{kg.K})$) Cement 0.13m ($\rho=1900 \text{ kg/m}^3$, $\lambda=0.58 \text{ W}/(\text{m.K})$, $c_p = 1000 \text{ J}/(\text{kg.K})$) Inside layer: plaster 0.012m ($\rho=1860 \text{ kg/m}^3$, $\lambda=0.72\text{W}/(\text{m.K})$, $c_p = 840 \text{ J}/(\text{kg.K})$)
	0.4	Outside layer : insulating material 0.06m ($\rho=56 \text{ kg/m}^3$, $\lambda=0.029\text{W}/(\text{m.K})$, $c_p = 1220 \text{ J}/(\text{kg.K})$) Cement 0.13m ($\rho=1900 \text{ kg/m}^3$, $\lambda=0.58 \text{ W}/(\text{m.K})$, $c_p = 1000 \text{ J}/(\text{kg.K})$) Inside layer: plaster 0.012m ($\rho=1860 \text{ kg/m}^3$, $\lambda=0.72\text{W}/(\text{m.K})$, $c_p = 840 \text{ J}/(\text{kg.K})$)
windo w	3	Double glazing of 4mm width for each glazing and 8mm air space.
	2	Double glazing of 4mm width for each glazing and 12mm air space, with reflective coating (effective emittance of 0.2).
roof	0.3	Outside layer : insulating material 0.085m ($\rho=56 \text{ kg/m}^3$, $\lambda=0.029\text{W}/(\text{m.K})$, $c_p = 1220 \text{ J}/(\text{kg.K})$) Cement 0.13m ($\rho=1900 \text{ kg/m}^3$, $\lambda=0.58 \text{ W}/(\text{m.K})$, $c_p = 1000 \text{ J}/(\text{kg.K})$) Inside layer: plaster 0.012m ($\rho=1860 \text{ kg/m}^3$, $\lambda=0.72\text{W}/(\text{m.K})$, $c_p = 840 \text{ J}/(\text{kg.K})$)
	0.2	Outside layer : insulating material 0.13m ($\rho=56 \text{ kg/m}^3$, $\lambda=0.029\text{W}/(\text{m.K})$, $c_p = 1220 \text{ J}/(\text{kg.K})$) Cement 0.13m ($\rho=1900 \text{ kg/m}^3$, $\lambda=0.58 \text{ W}/(\text{m.K})$, $c_p = 1000 \text{ J}/(\text{kg.K})$) Inside layer: plaster 0.012m ($\rho=1860 \text{ kg/m}^3$, $\lambda=0.72\text{W}/(\text{m.K})$, $c_p = 840 \text{ J}/(\text{kg.K})$)

Par simplicité, les ponts thermiques ne sont pas considérées mais les valeurs de U sont majorée en compensation.

Description des parois

composition		Cm (kJ/m ² /K)
Outside Wall	Outside layer : insulating material 0.036m ($\rho=56 \text{ kg/m}^3$, $\lambda=0.029\text{W}/(\text{m.K})$, $c_p = 1220 \text{ J}/(\text{kg.K})$) Cement 0.13m ($\rho=1900 \text{ kg/m}^3$, $\lambda=0.58 \text{ W}/(\text{m.K})$, $c_p = 1000 \text{ J}/(\text{kg.K})$) Inside layer: plaster 0.012m ($\rho=1860 \text{ kg/m}^3$, $\lambda=0.72\text{W}/(\text{m.K})$, $c_p = 840 \text{ J}/(\text{kg.K})$)	137
Windows	Double glazing of 4mm width for each glazing and 12mm air space, with reflective coating (effective emittance of 0.2).	10
Floor (heavy)	Cement 0.20m ($\rho=1900 \text{ kg/m}^3$, $\lambda=0.58 \text{ W}/(\text{m.K})$, $c_p = 1000 \text{ J}/(\text{kg.K})$)	140
Floor (light)	Cement 0.10m ($\rho=1900 \text{ kg/m}^3$, $\lambda=0.58 \text{ W}/(\text{m.K})$, $c_p = 1000 \text{ J}/(\text{kg.K})$)	93
Roof	Outside layer : insulating material 0.085m ($\rho=56 \text{ kg/m}^3$, $\lambda=0.029\text{W}/(\text{m.K})$, $c_p = 1220 \text{ J}/(\text{kg.K})$) Cement 0.13m ($\rho=1900 \text{ kg/m}^3$, $\lambda=0.58 \text{ W}/(\text{m.K})$, $c_p = 1000 \text{ J}/(\text{kg.K})$) Inside layer: plaster 0.012m ($\rho=1860 \text{ kg/m}^3$, $\lambda=0.72\text{W}/(\text{m.K})$, $c_p = 840 \text{ J}/(\text{kg.K})$)	136
Inner walls (light)	plaster 0.04m ($\rho=1860 \text{ kg/m}^3$, $\lambda=0.72\text{W}/(\text{m.K})$, $c_p = 840 \text{ J}/(\text{kg.K})$)	32
Inner walls (heavy)	Cement 0.13m ($\rho=1900 \text{ kg/m}^3$, $\lambda=0.58 \text{ W}/(\text{m.K})$, $c_p = 1000 \text{ J}/(\text{kg.K})$)	115

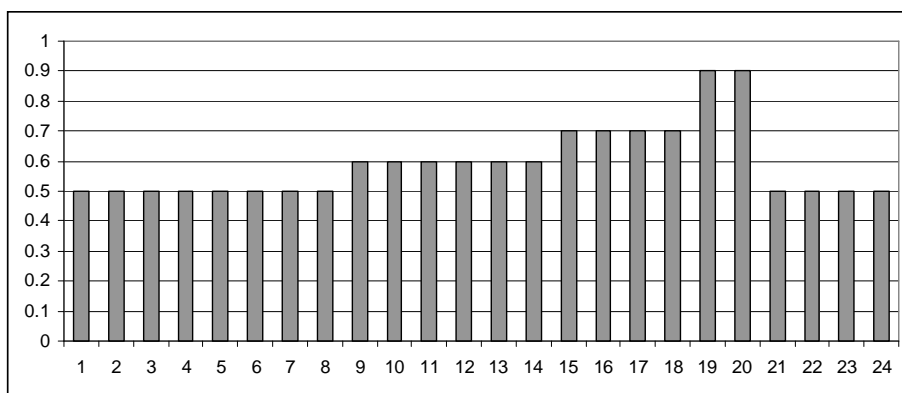
Gains solaires

	Solar heat gain coefficient without solar protection	Light transmission ratio without solar protection	Solar heat gain coefficient with solar protection	Light transmission ratio with solar protection
Wall	0.01	-	-	-
Windows	0.6	0.6	0.2	0.2
Roof	0.015	-	-	-

Occupation profiles and internal gains –Bedrooms

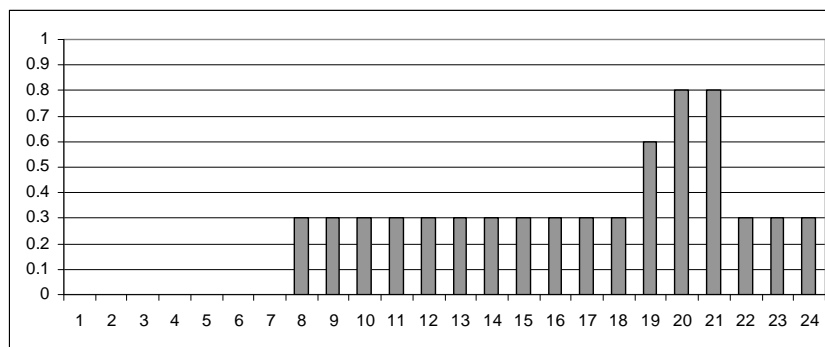
The bedrooms are sized for one person per 20 m². Figure 17 shows the occupation profile for every day of the week.

Figure 17 : Occupation profile in bedrooms compared to maximum



The installed lighting power is 10 W/m². The internal gain profile including electrical appliances (TV set...) with a maximum power of 2.8 W/m² is the same. The solar protection uses are identical those of bedrooms in larges hospitals.

Figure 18 : Internal gain profile in bedrooms compared to maximum



The outdoor air flow rate is 18 m³/h per person and one person per 20 m².

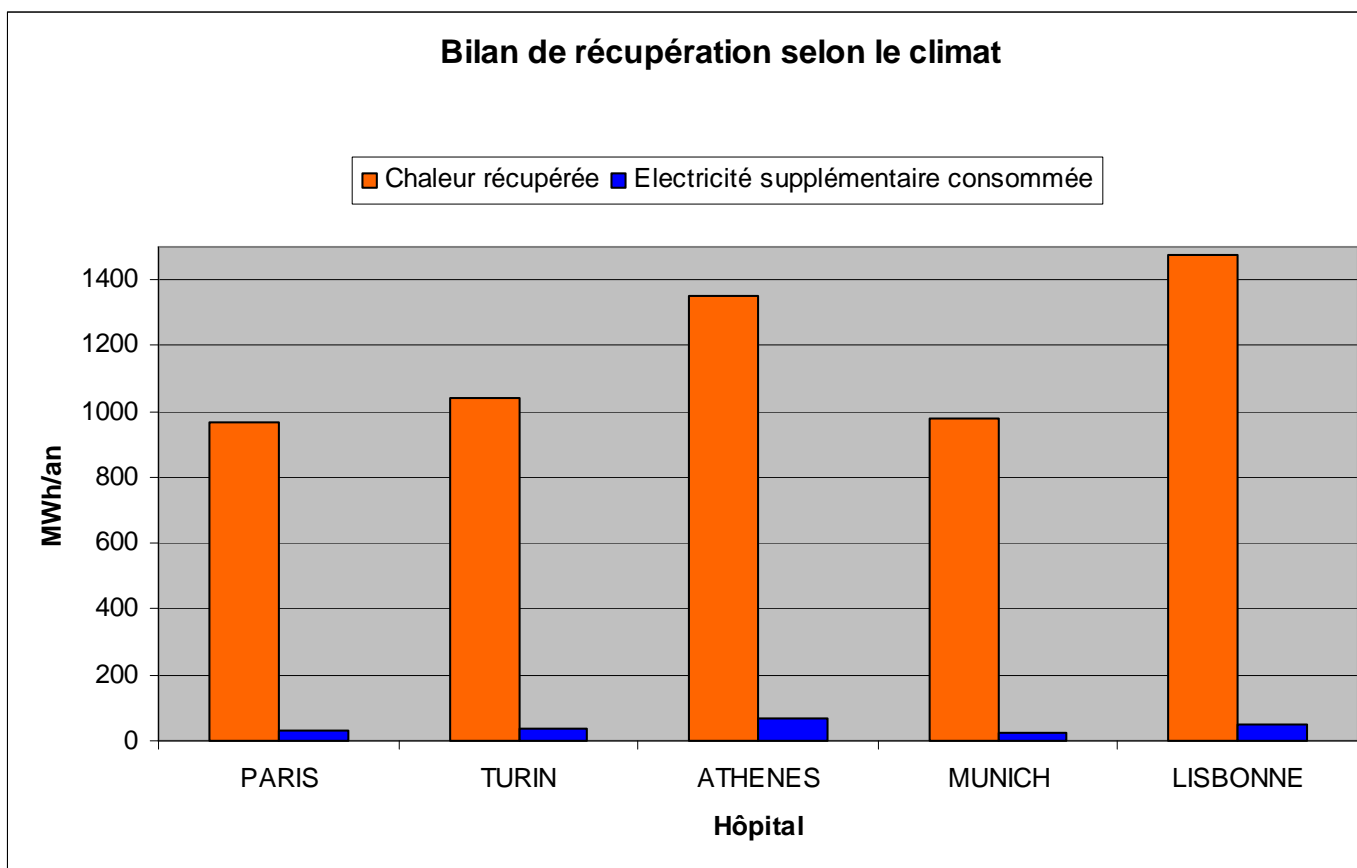


Figure 9 : Bilan de récupération selon le climat dans le cas de l'hôpital