



Avec vous,
en réseau



ÊTRE UTILE AUX HOMMES



*Enseignements et retours d'expérience des bâtiments basse énergie,
pour mieux concevoir, construire et rénover demain !*

Le projet

Résidence Patio Lumière

Maitre d'ouvrage : Bouygues Immobilier

ZAC de Bonne à Grenoble (Réhabilitation d'une caserne militaire)

43 logements (R+7)

BE Fluides : Cabinet ENERTECH

Projet Européen Concerto

Instrumentation de logements (mai 2009 à mai 2010)



Performances :

Label Qualitel THPE RT 2005 (Cepref -20%)

Conso chauffage utile estimée (sortie échangeur) : 42,5 kWh/m².an

Enveloppe	
Mur	0,20 W/m ² .K
Plancher	0,245 W/m ² .K
Toiture	0,13 W/m ² .K
Menuiseries	1,7 W/m ² .K
Ubat	0,671 W/m ² .K

Equipements	
Ventilation	Double flux
Chauffage	Pmax estimée : 24 W/m ² Mini-cogénération + appoint chaudière gaz Emission par Batterie terminale eau (Ubio)
ECS	Capteurs solaires (53 m ²) + Appoint

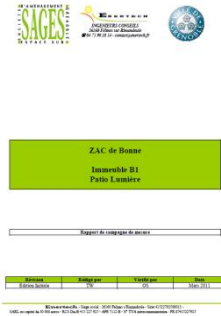


Enseignements et retours d'expérience des bâtiments basse énergie, pour mieux concevoir, construire et rénover demain !

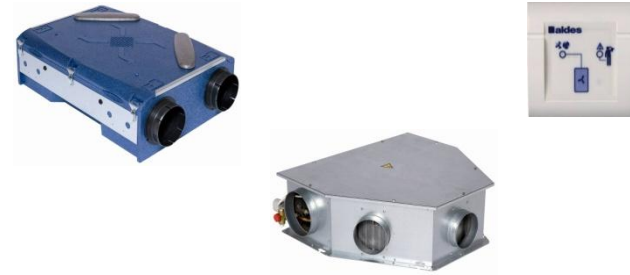
Récupération d'énergie & Retour d'expérience

Les intérêts du projet

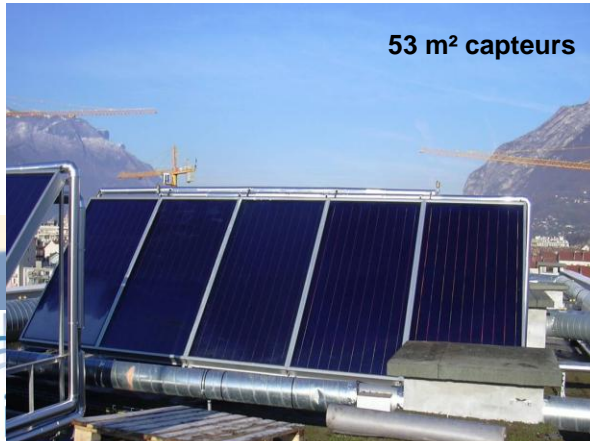
**Suivi et analyse précis
(rapport de campagne de mesures)**



**Un système double flux de ventilation
et de chauffage innovant**



Solaire thermique pour l'ECS



Production de chaleur par mini-cogénération (suivi GEG)



Pelec : 18 kW
Pchauf : 34 kW

Confort d'hiver

Température d'ambiance : 95% des valeurs mesurées dépassent la valeur réglementaire de 19 degrés Celsius

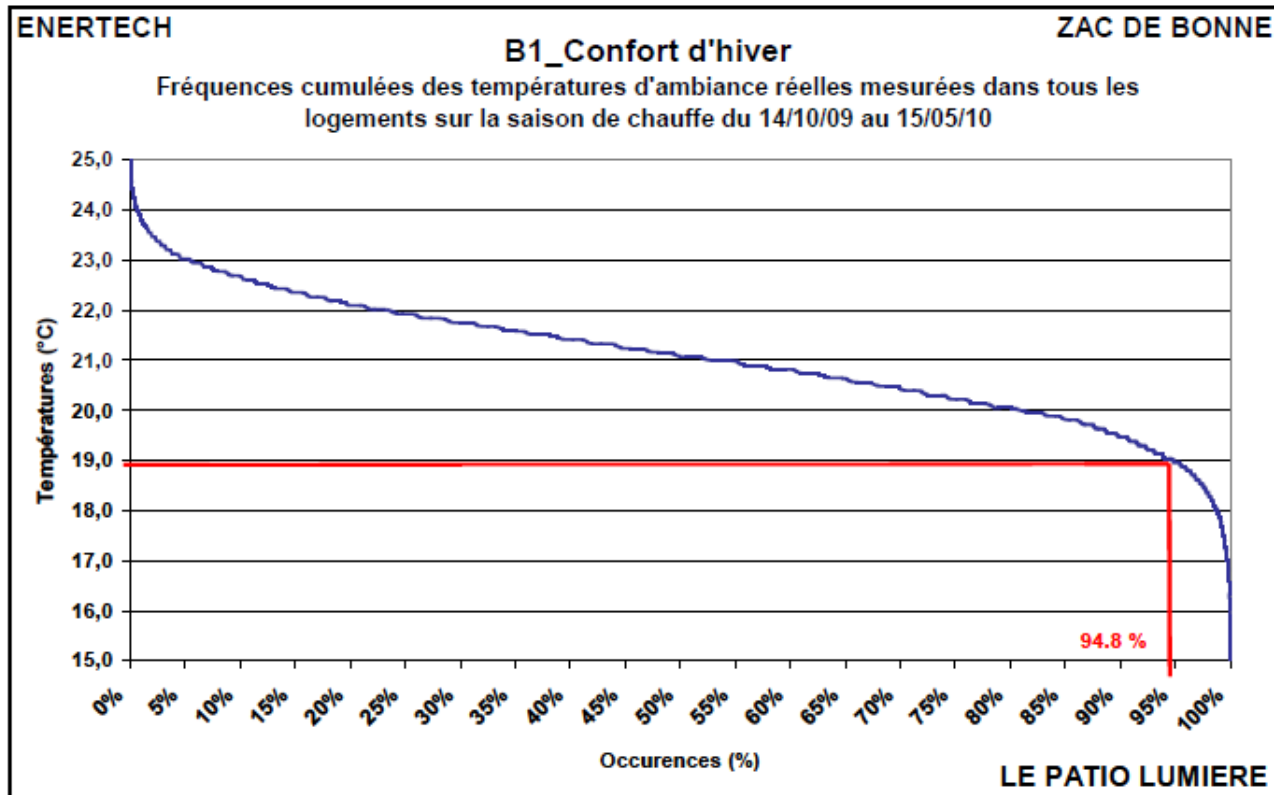


Figure 4.1.1 : Fréquences cumulées des températures intérieures en hiver

Confort d'hiver

Température de consigne :

Près de 77% du temps, température de consigne > 19 degrés

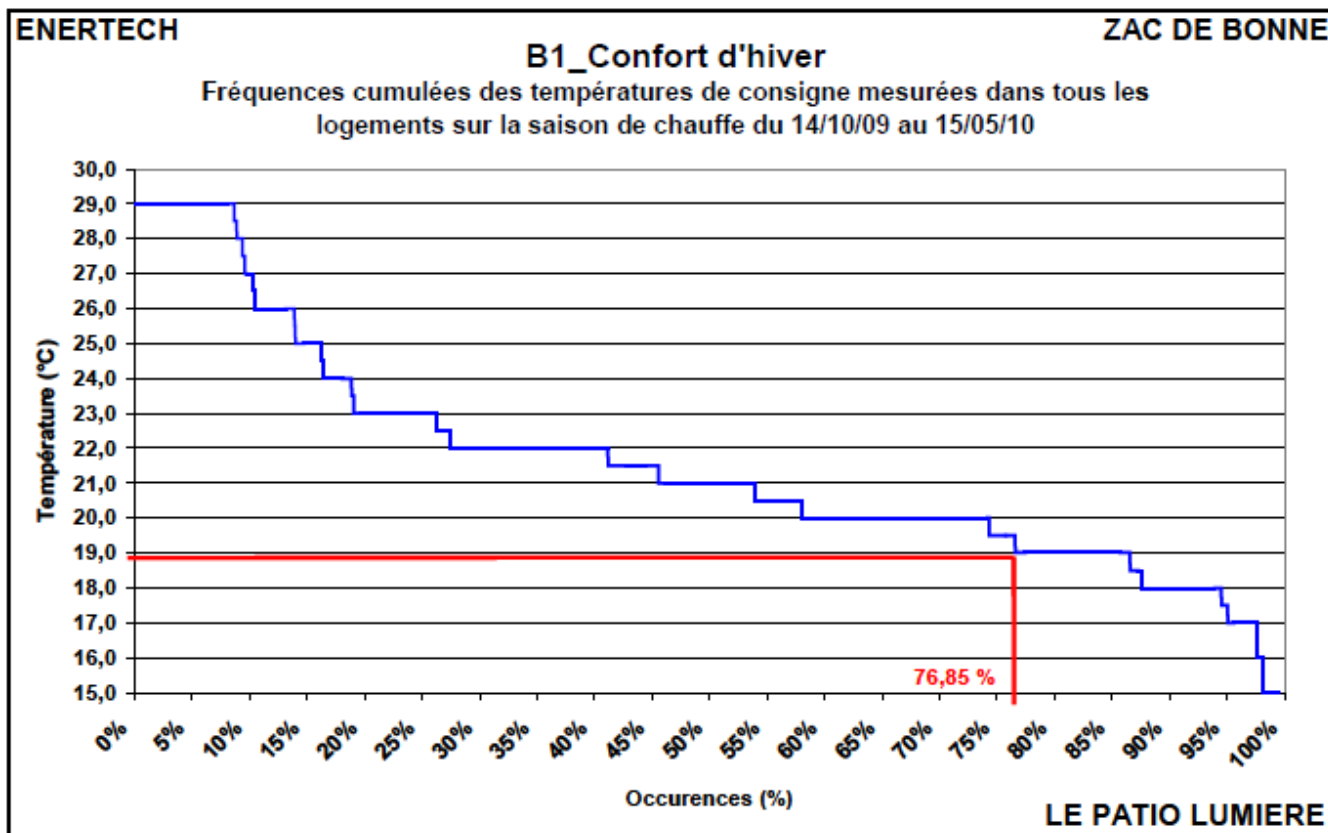


Figure 4.1.2 : Fréquences cumulées des températures de consigne en hiver

Retour d'expérience Patio Lumière

Confort d'été

Température intérieure
> 28 degrés pendant moins de 8%

Inégalité de confort selon les appartements

Inoccupation

Orientations

Défaut de ventilation : pas de by-pass sur l'échangeur

Consommations électrodomestiques

Stratégie de ventilation/d'occultation des ouvrants de l'utilisateur

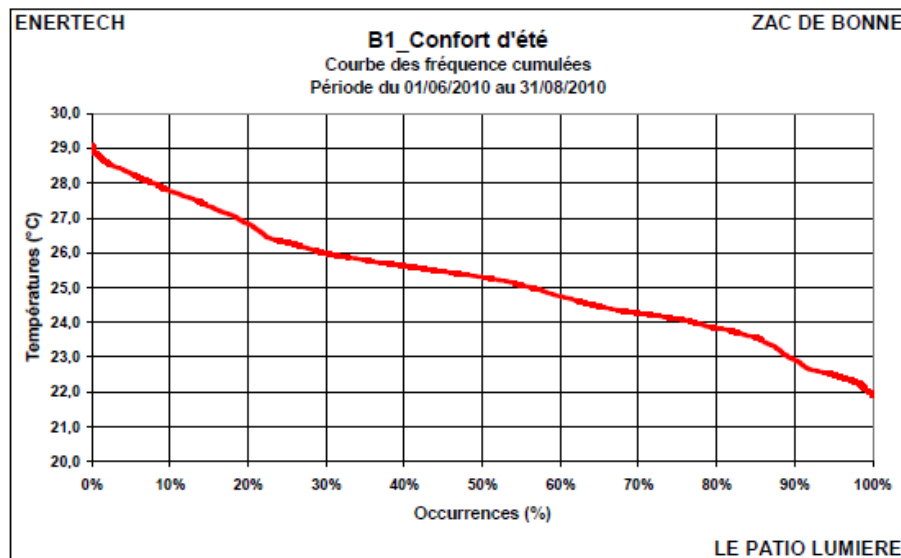


Figure 4.1.7 : Fréquences cumulées de la température moyenne mesurées dans les logements en été

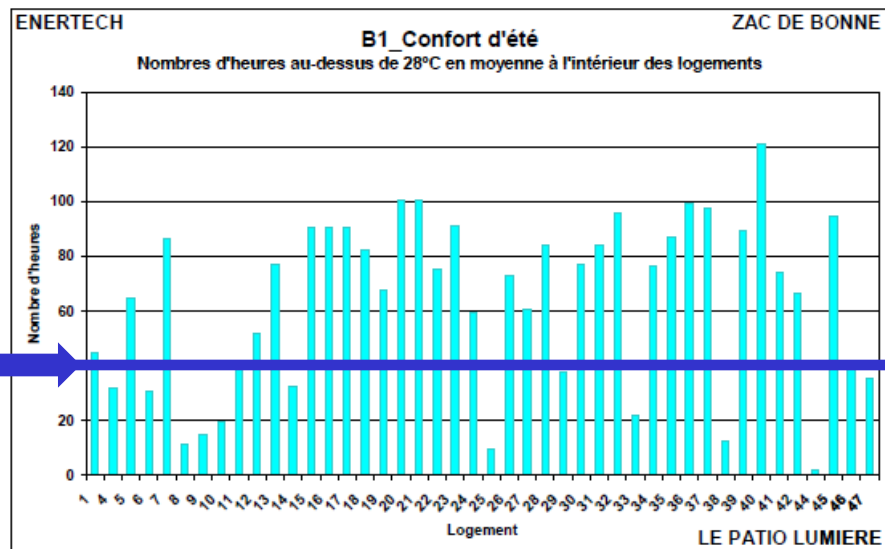


Figure 4.1.8 : Nombre d'heures où la température intérieure mesurée dans les logements dépasse 28°C sur la période 01/06/10-31/08/10

Consommations réelles de chauffage

Consommation supérieure de 35% par rapport à l'objectif

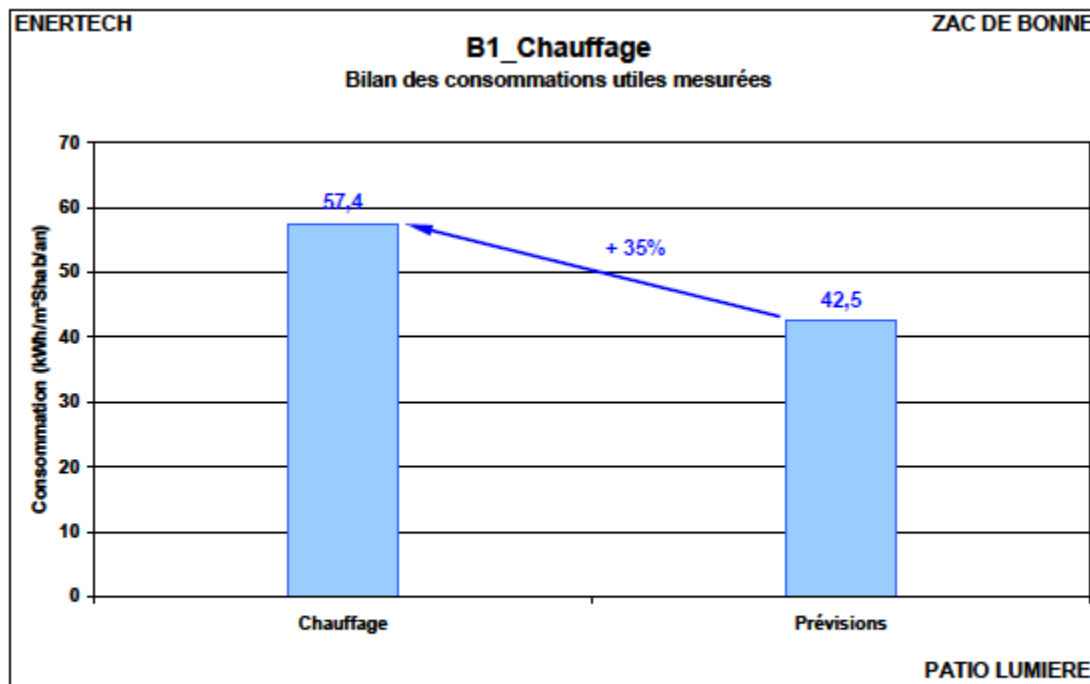
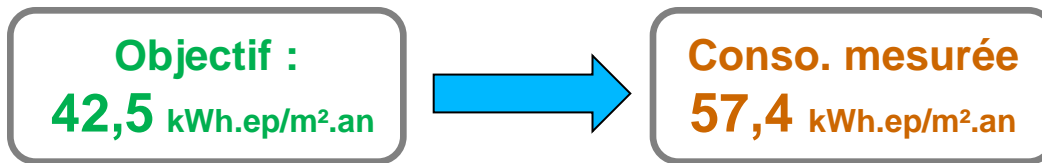


Figure 4.3.2 : Niveau des consommations de chauffage (énergie utile)

Analyse des écarts de consommation

- **Un hiver 2010** considéré comme froid, mais...
... **plus chaud** que la moyenne du fichier météo

Météonorm (1960-90)

utilisé pour la simulation dynamique

- In situ, des conditions météorologiques présentant des températures plus faibles =>
Phénomène d'îlot de chaleur urbain

➔ **Conso. corrigée**
65,8 kWh.ep/m².an

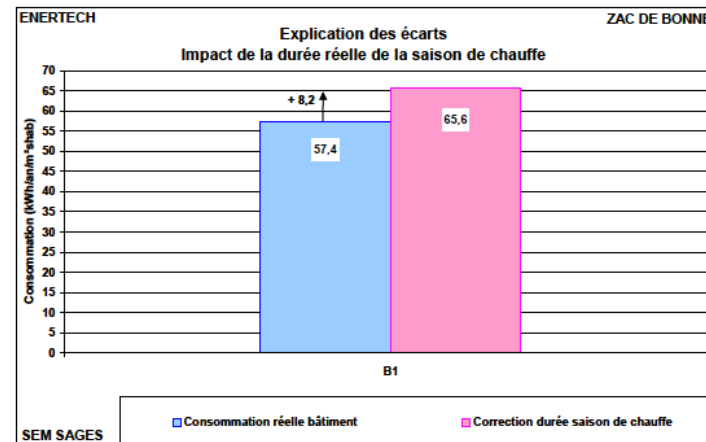
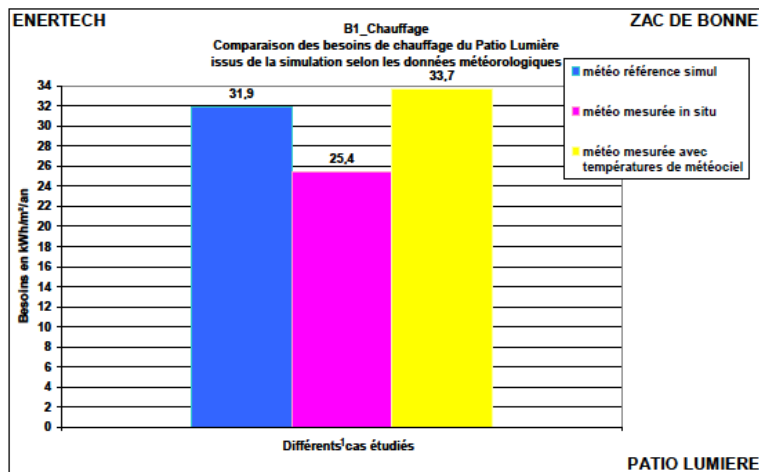


Figure 4.3.6 : Impact des conditions météorologiques réelles sur la consommation de chauffage

Analyse des écarts de consommation

Objectif :
42,5 kWh.ep/m².an

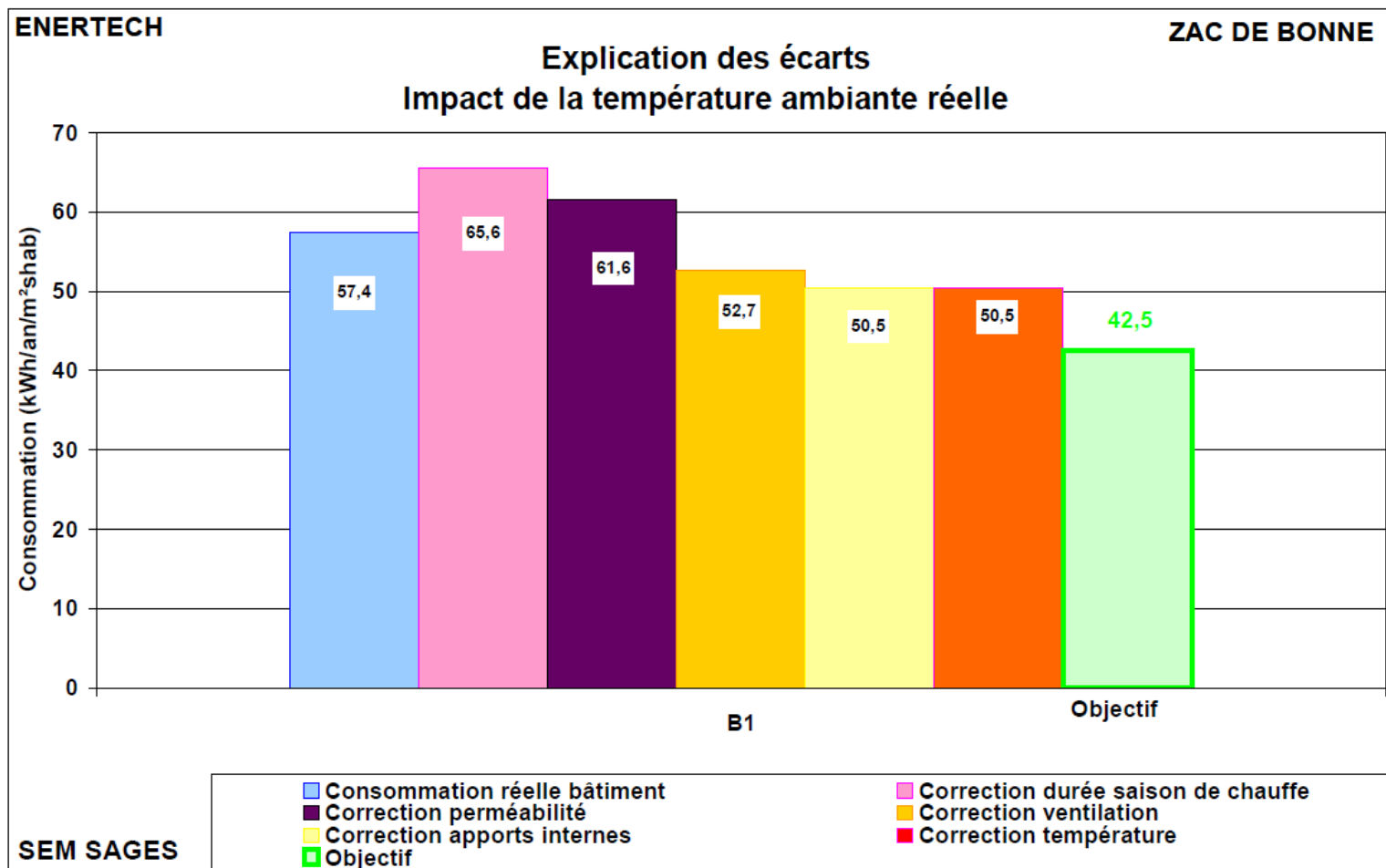


Conso. corrigée
65,8 kWh.ep/m².an

Estimation des écarts :

- **Perméabilité à l'air de l'enveloppe (pas d'effort spécifique) + 4 kWh.ep/m².an**
- **Défaut de ventilation (diminution du débit d'extraction minimale, augmentation des débits infiltrés, récupération d'énergie réduite) + 8,9 kWh.ep/m².an**
- **Apports internes inférieurs aux prévisions + 2,2 kWh.ep/m².an**
- **Qualité du bâti et systèmes mise en œuvre + 8,5 kWh.ep/m².an**

Analyse des écarts de consommation



Pour plus de détails, consulter le rapport de campagne

Systeme double flux



Échangeur de chaleur situé en faux-plafond

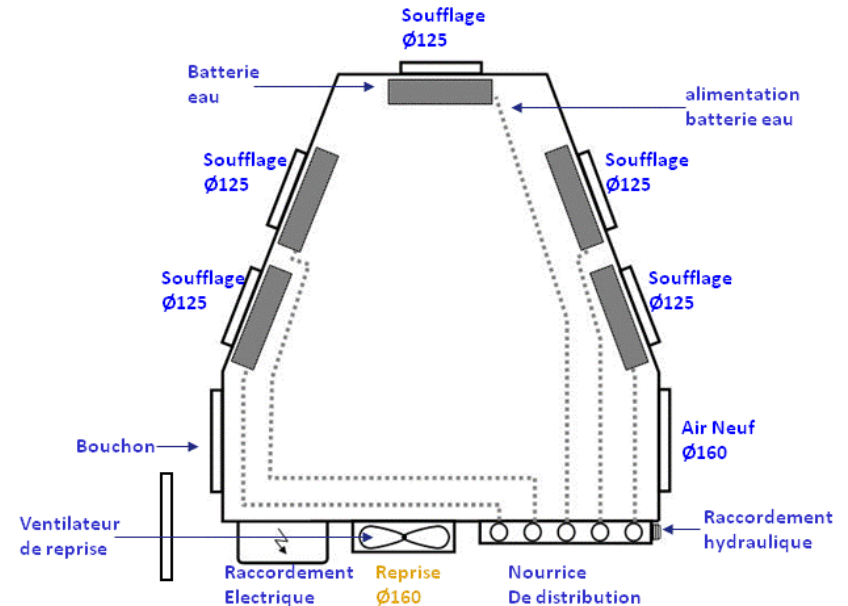
Rendement nominal 90 % de récupération de l'énergie de l'air extrait



Module terminal de chauffage à eau chaude en aval de l'échangeur positionné sur le réseau d'insufflation

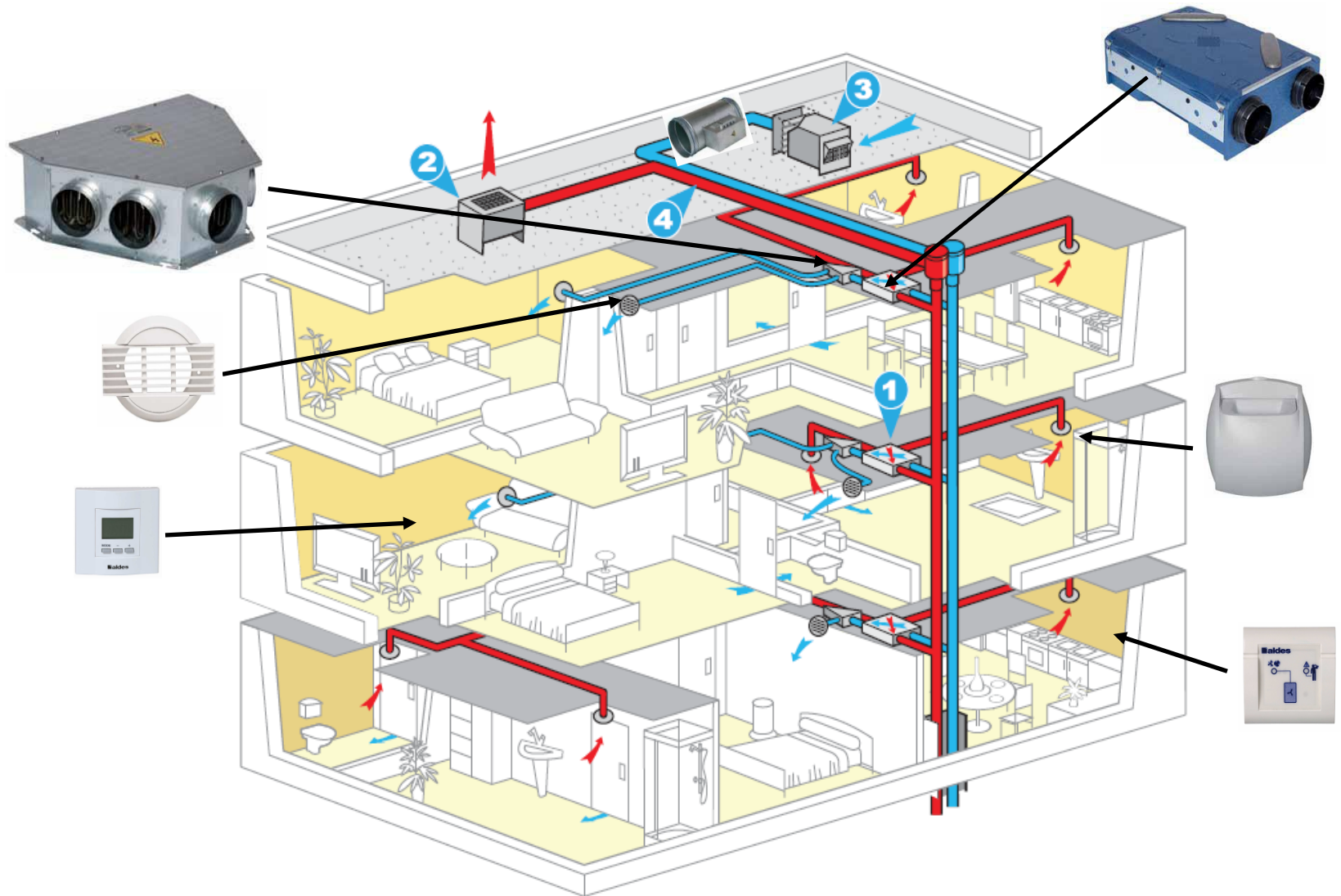
Batterie indépendante par bouche de soufflage

Régulation pièce par pièce

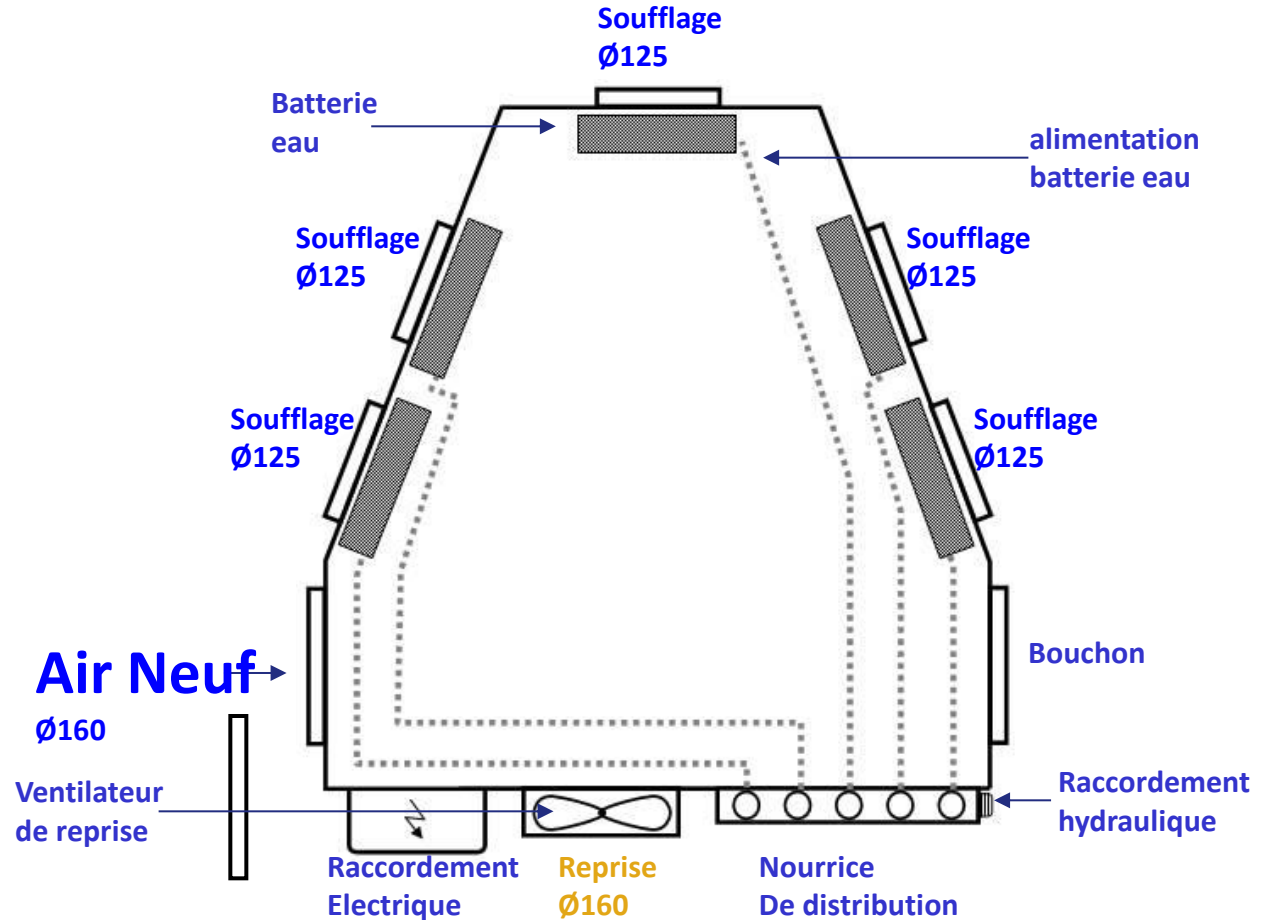


Ventilation & Chauffage

Systeme double flux



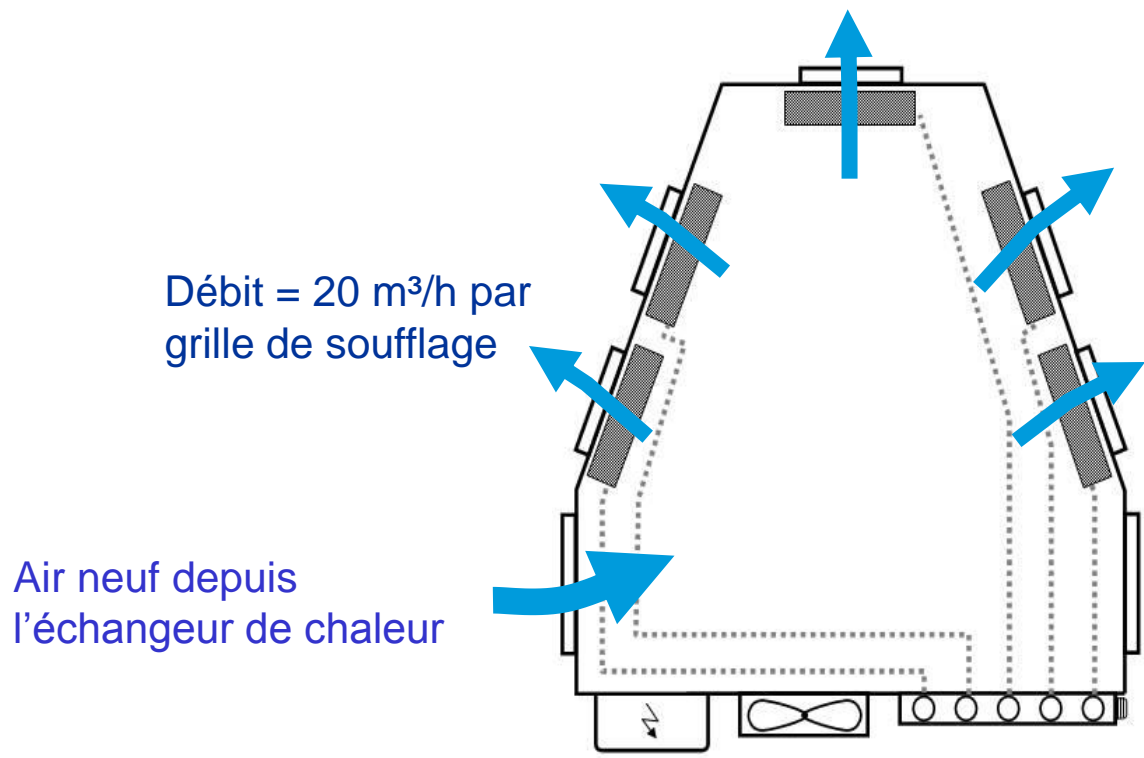
Systeme double flux



Systeme chauffage terminal eau chaude

JCE – 16 Avril 2013 - Lille

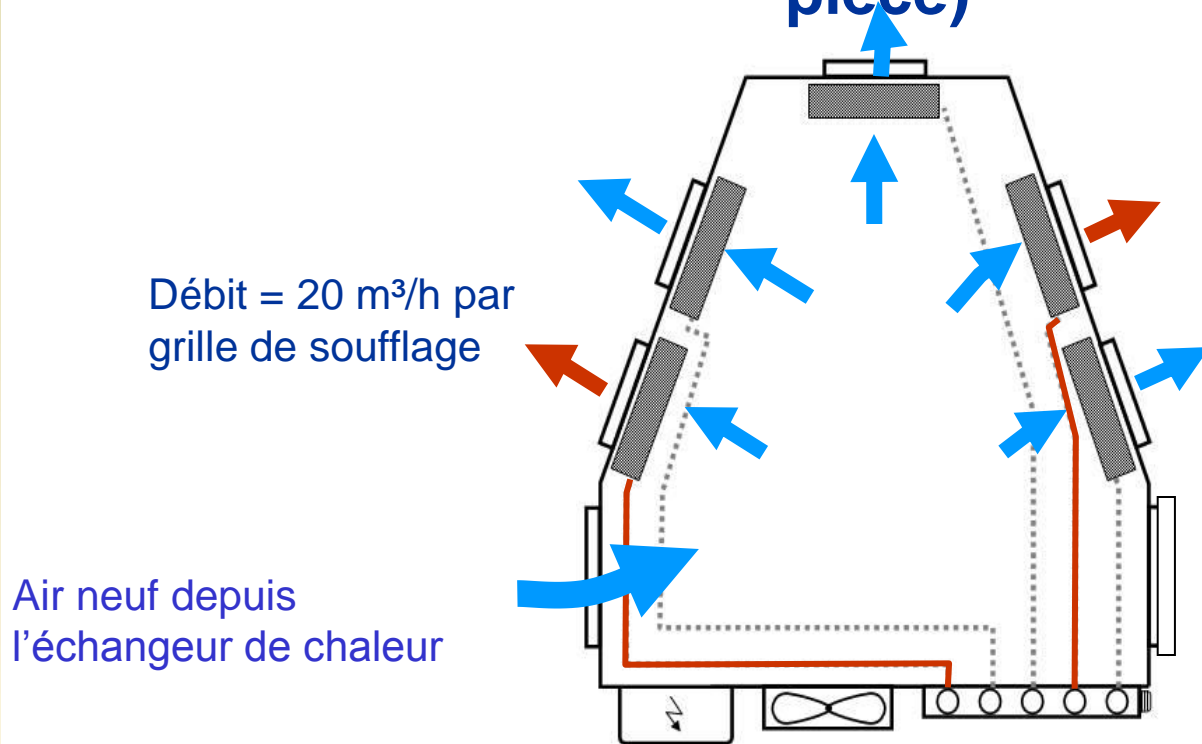
Mode ventilation



Répartition par pièce de l'air neuf

Systeme chauffage terminal eau chaude

Mode chauffage (piece par piece)



Batterie eau chaude par piece principale

pilotée par thermostat individuel

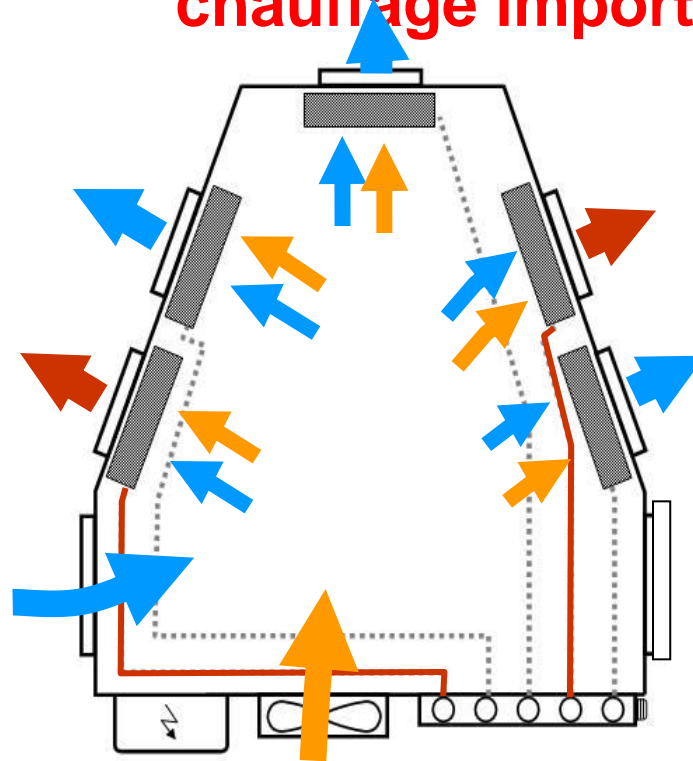


Enseignements et retours d'experience des bâtiments basse énergie, pour mieux concevoir, construire et rénover demain !

Systeme chauffage terminal eau chaude

Mode chauffage (si besoin de chauffage important)

Débit = 60 m³/h par grille de soufflage



Ventilation d'appoint (recyclage)

En fonctionnement

Ventilation & Chauffage

Photos



Enseignements et retours d'expérience des bâtiments basse énergie, pour mieux concevoir, construire et rénover demain !

Systeme double flux – Retour d'experience

Des resultats positifs :

- Satisfaction du confort et de la gestion de la temperature par les occupants,
- Bonne regulation terminale (faible hysteresis).

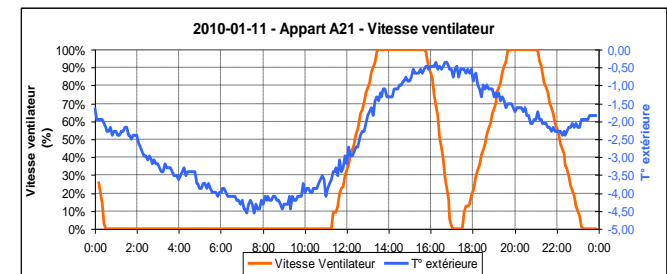
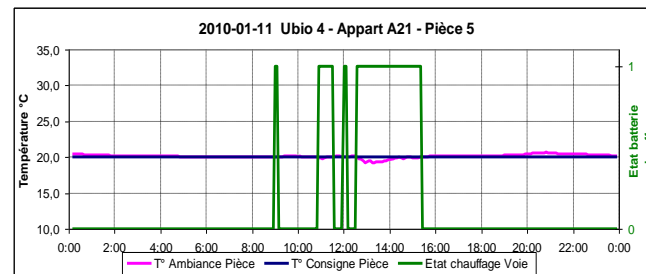
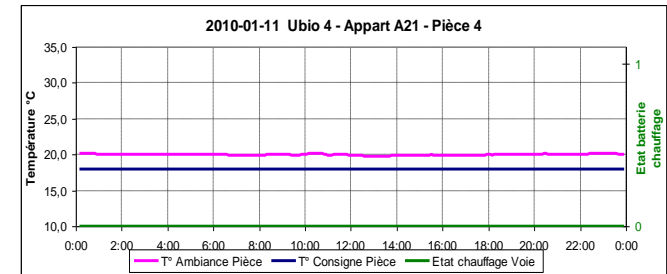
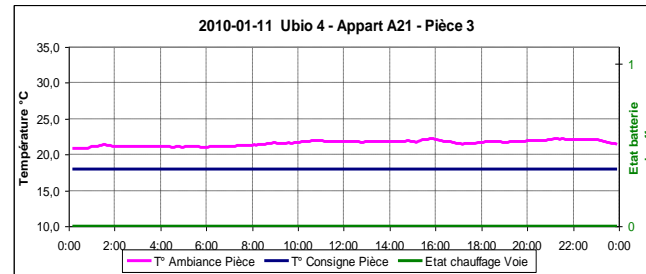
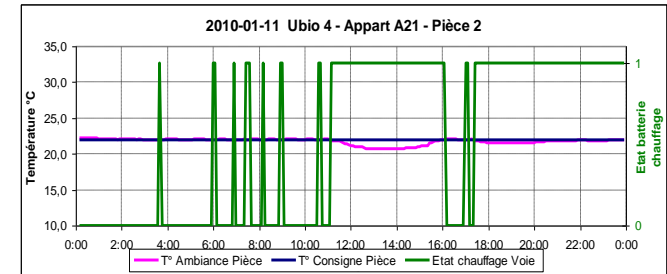
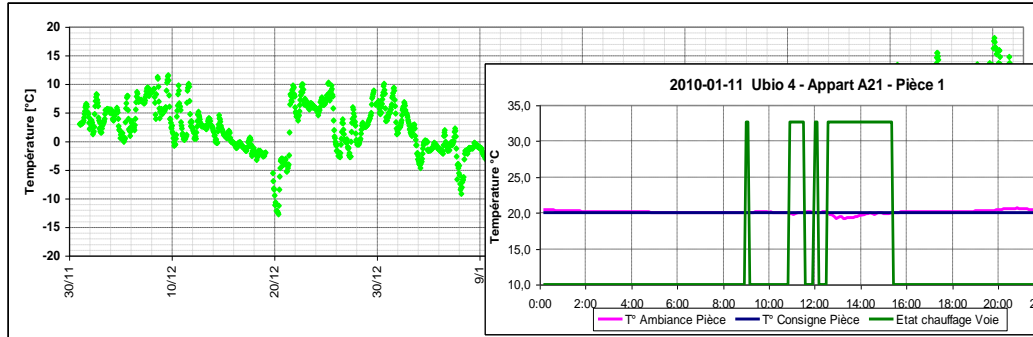
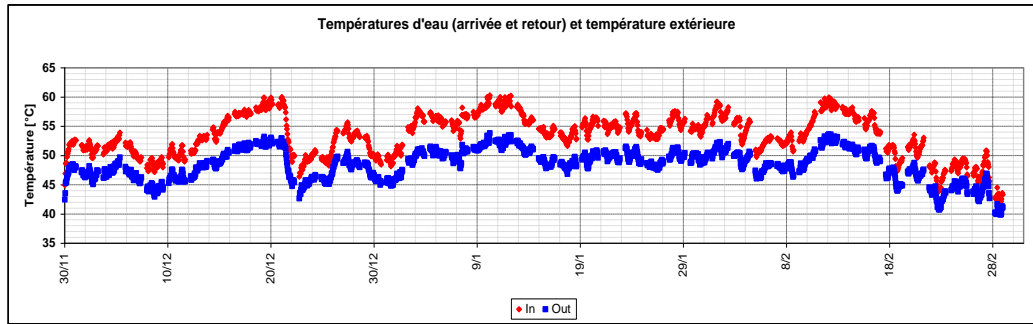
Les points de vigilance identifiés sur l'operation :

- Probleme de batteries antigivre (reglage de la temperature de consigne),
- Acoustique du ventilateur d'appoint,
- Mise en chauffe en periode froide (montee en temperature du beton),
- Etanchéité des reseaux (Reprises).



*Enseignements et retours d'experience des batiments basse energie,
pour mieux concevoir, construire et rénover demain !*

Systeme double flux – Retour d'expérience



Systeme double flux – Perspectives

Évolutions produits et conception système :

Module de chauffage :

- Modification de la conception du ventilateur de recyclage (Isolation acoustique)
- Changement de positionnement du ventilateur de recyclage (Raccordement par flexibles acoustiques)

Échangeur :

- Forte incitation à prévoir le by pass de l'échangeur (Free Cooling)

Réseau :

- Préconisation systématique de l'emploi des accessoires de réseaux à joints
- Nouveau design des bouches de soufflage



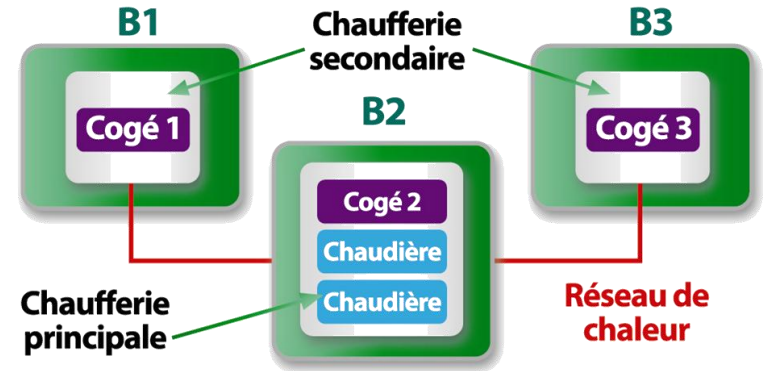
Chauffage par Micro-cogénération

4 îlots, 11 bâtiments, 640 logements, près de 43 000 m² habitables

Projet Concerto : Forte volonté de solutions décentralisées

- 4 chaufferies principales + 5 « chaufferies secondaires », avec au total 9 avec micro-cogénération,
- 9 opérations différentes (9 promoteurs, 7 BET, équipements secondaires différents, ...)

Solution mise en œuvre par GEG (conception/installation/exploitation)
« vente de chaleur à partir de mini-cogénération »

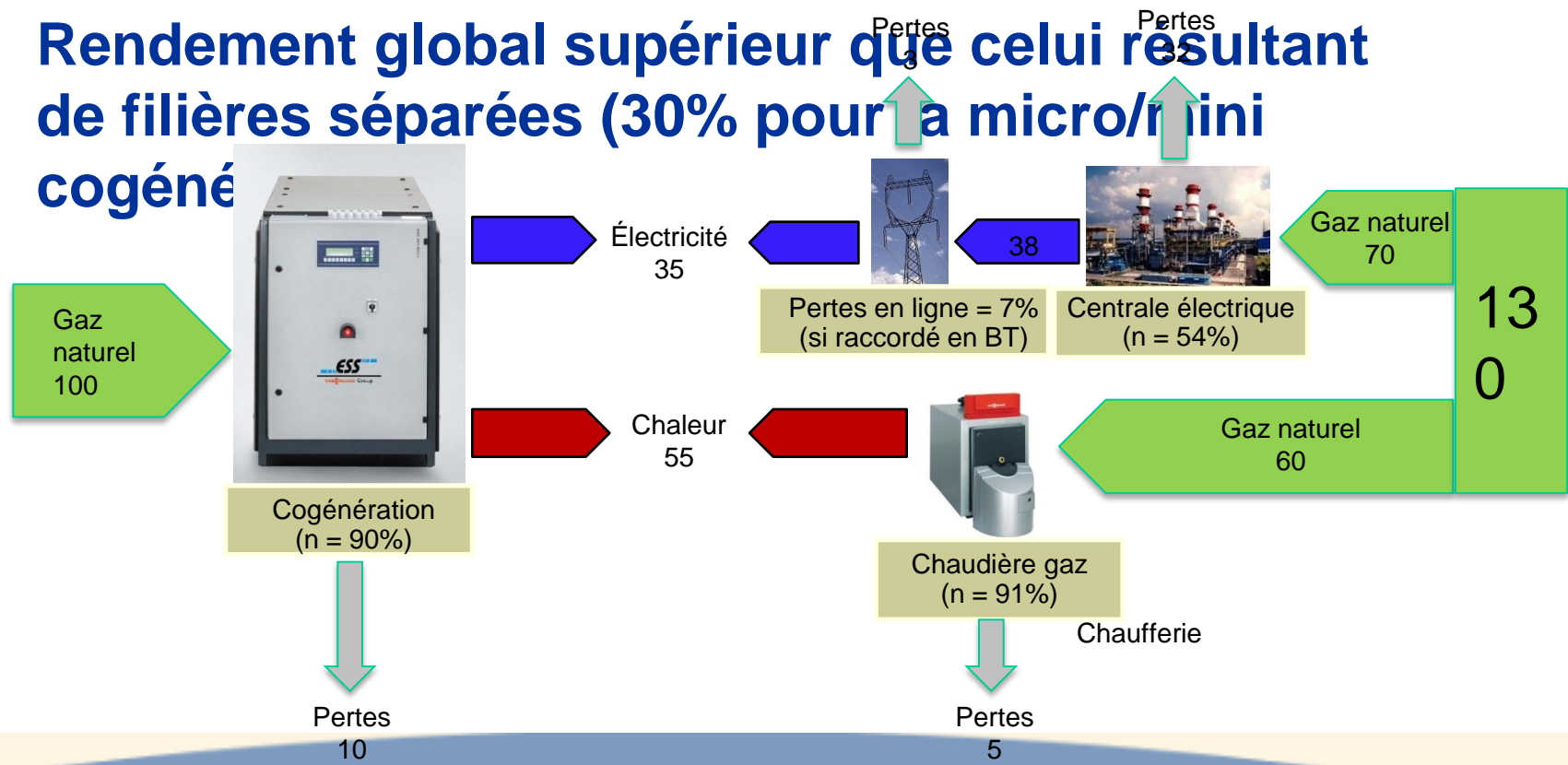


Chauffage par Micro-cogénération

Rappel

Production simultanée de chaleur et d'électricité

Rendement global supérieur que celui résultant de filières séparées (30% pour la micro/mini cogénération)



Enseignements et retours d'expérience des bâtiments basse énergie, pour mieux concevoir, construire et rénover demain !



Chauffage par Micro-cogénération

Rappel

**Enceinte compacte, monobloc, prête à raccorder ,
intégrant les éléments nécessaires pour :**

- Produire de l'électricité (courant alternatif triphasé BT 400V-50Hz)
- Récupérer de l'énergie thermique (max eau chaude 90° C)
- Réguler le fonctionnement du groupe (modulation de 50% à 100%)

Gamme de produits 5 kWe - 250 kWe (puissance thermique variant entre 1,2 et 2,5 fois la puissance électrique)

Rendement global autour de 90% sur PCI

- Rendement électrique entre 30 et 35%
- Rendement thermique entre 50 et 60%

Revente et/ou autoconsommation de l'électricité

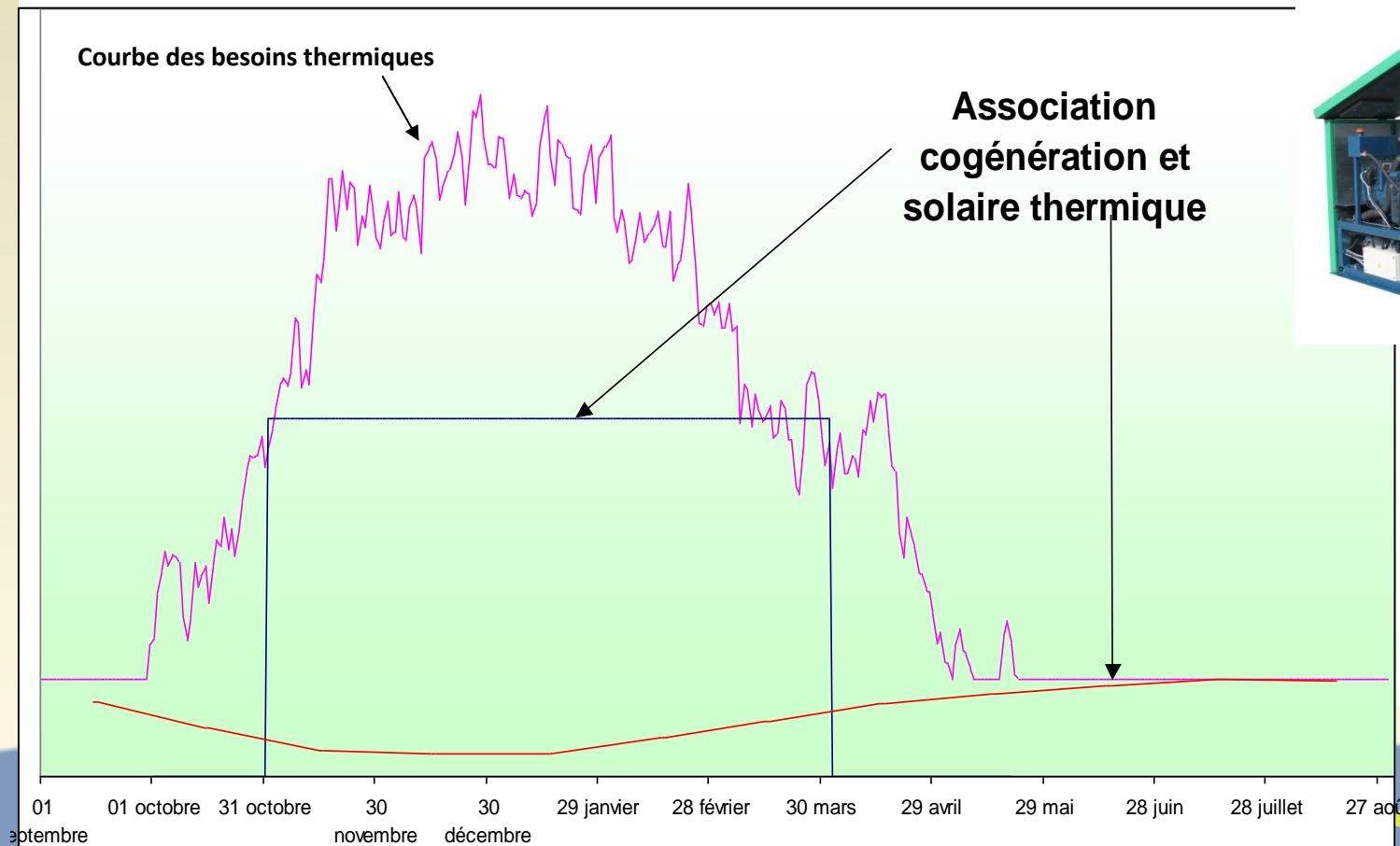


*Enseignements et retours d'expérience des bâtiments basse énergie,
pour mieux concevoir, construire et rénover demain !*

Mini-cogénération – Retour d'expérience

Dimensionnement inscrit dans le système tarifaire français des OA cogénération (5 mois), et conditionné par les besoins de chaleur estimés

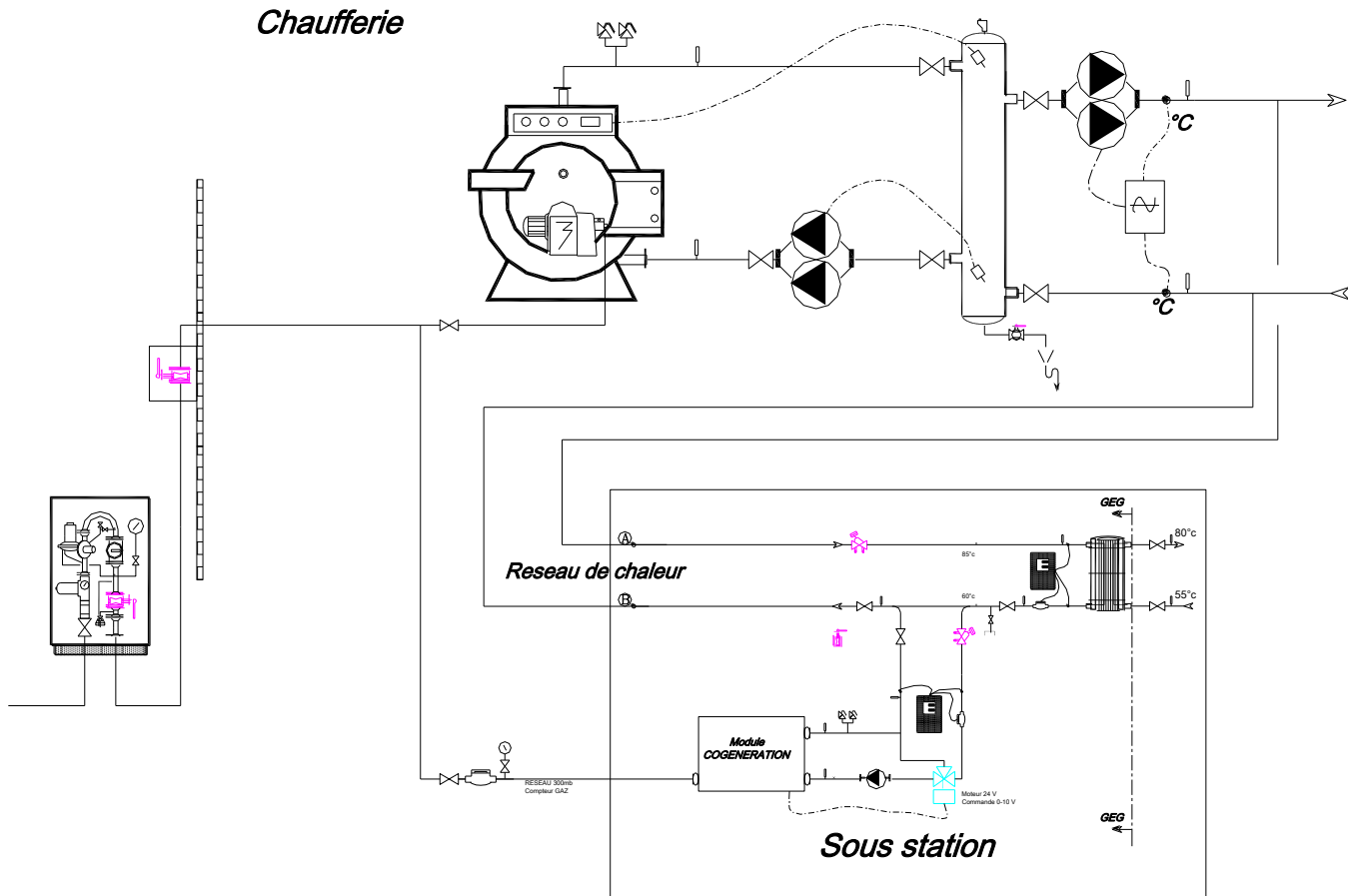
JCE – 16 Avril 2013 - Lille



— Besoins chaleur+ECS — Production cogénération — Production solaire

nergie,

Schéma hydraulique



Chaufferie et Sous station

Schéma hydraulique

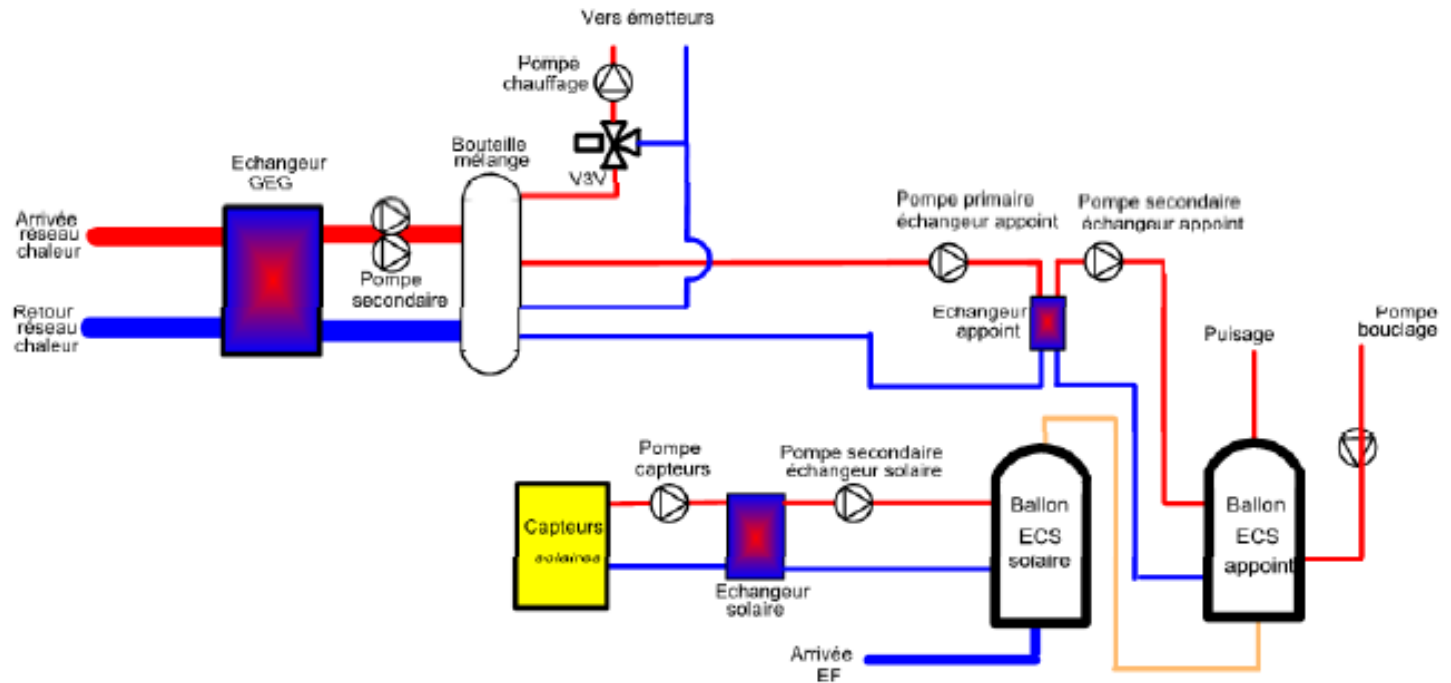


Figure 4.3.1 : Schéma de principe de la sous-station de l'immeuble B1-Patio Lumière

Mini-cogénération – Retour d'expérience

Travaux d'optimisation des installations

- Isolation des échangeurs,
- Régulation des températures de consigne en fonction de la température extérieure (pose et mise en en service courant juin 2010).

Télé-contrôle des installations

- Analyse des performances et des défauts éventuels des machines,
- Le contrôle des courbes de température permet d'optimiser le fonctionnement des cogénérations en jouant notamment sur les réglages du débit en sorte d'abaisser le Temp. de retour en dessous des 71° C à laquelle les cogénérations s'arrêtent.



*Enseignements et retours d'expérience des bâtiments basse énergie,
pour mieux concevoir, construire et rénover demain !*

Mini-cogénération – Retour d'expérience

Des résultats concluants

Rendement élec : en phase avec les prévisions

Rendement thermique : des incertitudes dues aux imprécisions de comptage + valeur PCS du gaz

Disponibilité : prévisionnel calculé 85% (compte tenu de la régulation besoin chaleur en intersaison) proche d'être atteint (une panne importante sur B2)

2013 - Lille

		Saison 2011/2012									
		Puiss. Cogé (kWe)	Puiss. Cogé (kW Th)	Puiss. Chaud (kW)	Production MWh			Rendement PCI			Disponibilité nette
					Elec. Cogé.	Therm. Cogé.	Therm. par ilot	Electrique Cogé.	Thermique Cogé.	Global (Cogé.)	
Ilot A	A1	70	114	560	215,5	402,6	740,6	29,8%	55,4%	85,2%	87,9%
	A2	18	34		53,3	93,8		31,3%	45,5%	76,8%	88,0%
Ilot B	B1	18	34		43,0	75,0	569,1	28,3%	49,7%	78,1%	79,7%
	B2	30	65	560	58,8	118,8		26,8%	54,2%	81,0%	55,9%
	B3	18	34		46,4	60,2		30,3%	39,3%	69,6%	92,2%
Ilot G	G1	18	34		47,8	81,5	636,0	26,1%	44,7%	70,9%	80,5%
	G2	30	65	560	114,4	228,9		28,1%	56,5%	84,6%	81,8%
	G3	18	34		48,8	82,4		31,6%	53,3%	84,9%	77,2%
Ilot H	H	70	114	560	207,7	410,5	702,8	31,8%	36,3%	68,1%	89,5%
TOTAL ZdB		290	528	2240	835,8	1 553,7	2 648,5	29,7%	48,4%	78,1%	83,0%

Mini-cogénération – Perspectives

Des caractéristiques intéressantes

- Rendement de 145% sur Ep
- Solution mature (40.000 unités vendues en Europe)
- Enceinte « prête à raccorder », insonorisée, compacte, monobloc
- Production d'électricité au moment opportun (réduction émissions CO2 et pointe élec.)

Solution valorisée dans les mécanismes réglementaires

(RT Existant, RT 2012, fiche CEE, crédit d'impôt pour micro cogé < 36 kVA en rénovation, Soutien de l'Europe – Impulsion auprès de ses états membres (Directive relative à l'efficacité énergétique 2012))

Un intérêt grandissant des Maîtres d'ouvrage dans le contexte actuel

(en particulier en autoconsommation)



*Enseignements et retours d'expérience des bâtiments basse énergie,
pour mieux concevoir, construire et rénover demain !*

Mini-cogénération – Perspectives

Positionnement technico-économique RT 2012 Immeuble de 34 logements (R+4 - 2780 m²) à Nantes

Exigences réglementaires (avant 2015) :

BBio < BBio max = 60

Cep < Cep max = 56,9

Pour les bâtiments produisant localement de l'électricité, Cep < Cep max + 12 = 68,9

Systemes	Bbio	Prod. Elec. kWh.ep/m ² .an	Cep kWh.ep/m ² .an	Cout inv. Bâti/systemes K€
Chaudière collective condensation ECS solaire collectif	57,7	0	46,4	578,3
PAC-Gaz absorption / chaudière collective condensation	57,7	0	52,7	531,8
Mini-cogénération / chaudière collective condensation	57,7	30,5	34,6	563,5

Immeuble Le Patio

Conclusions

L'instrumentation des bâtiments performants et des innovations technologiques est un outil indispensable pour

Optimiser et faire évoluer les bonnes pratiques,

Optimiser et faire évoluer les solutions,

Informers les acteurs de la filière (résultats / perspectives).



Enseignements et retours d'expérience des bâtiments basse énergie, pour mieux concevoir, construire et rénover demain !



RESIDENCE DINETARD

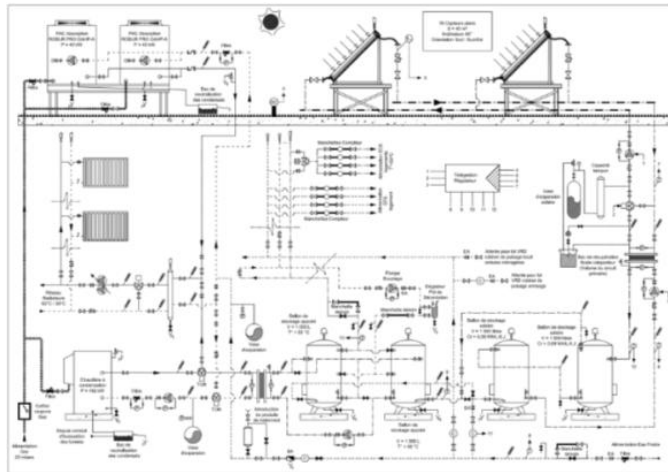


Olivier BROGGI GRDF



PAC absorption gaz

Le site de la Résidence Dinetard
à Toulouse



□ SOMMAIRE

- Le site instrumenté
- Etudes de dimensionnement : 1, 2 ou 3 PAC ??
- La solution choisie
- La régulation de l'installation
- Le confort
- La performance énergétique
- L'impact des auxiliaires électriques
- Les axes d'amélioration

■ Le site instrumenté

- Le site instrumenté est une **résidence pour étudiants** d'une **superficie de 2200 m²** située rue Dinetard à **Toulouse** (31).
- Elle comporte **4 étages** (R+3) et est composée de **119 logements de type T1**, un logement pour le gardien de type T4 et plusieurs locaux communs (salles de travail, laverie...).
- Le bâtiment est **chauffé mais non climatisé**.

BET Fluides
ATMOSPHERES

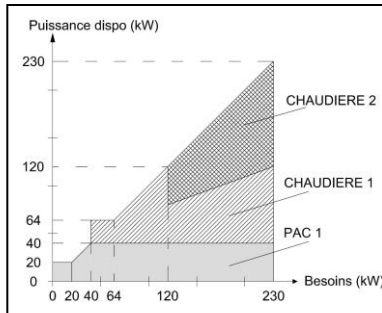




■ Études de dimensionnement : 1, 2 ou 3 PAC ??

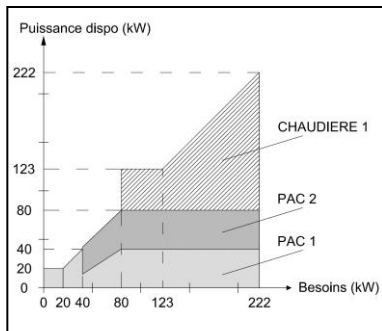
➤ **Solution de référence :**

2 chaudière à condensation de 110 kW ;
ECS solaire.



➤ **1 PAC :**

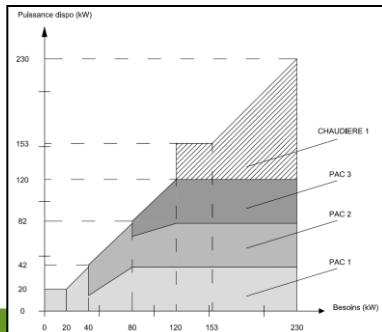
η de production moyen sur PCI de **122 % (+28%)**
Plus value de **21100 € TTC**



➤ **2 PAC :**

η de production moyen sur PCI de **134 % (+40%)**
Plus value de **31900 € TTC**
TRB = identique à la solution 1

Choix final du maître d'ouvrage

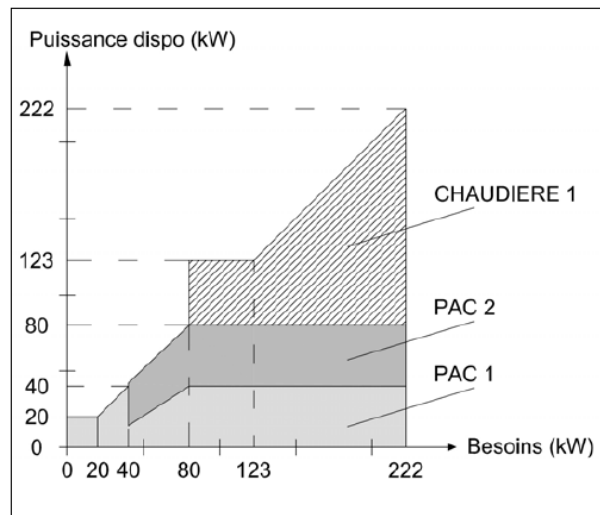


➤ **3 PAC**

η de production moyen sur PCI de **135 % (+41%)**
Plus value de **49000 € TTC**
TRB = solution 2 + 6 ans

**BET Fluides
ATMOSPHERES**

- Le bâtiment est chauffé par une installation composée de **deux pompes à chaleur (PAC) à absorption gaz naturel** en base et d'une **chaudière à condensation** en appoint.
- La PAC **aérothermique** a une puissance nominale de **35kW (chauffage seul)**
- L'eau chaude sanitaire est préchauffée grâce à un ensemble de panneaux solaires thermiques et le chauffage de l'ECS est complété par la chaudière gaz à condensation.
- L'installation a été instrumentée et suivie sur **une saison de chauffe**, d'octobre 2011 à avril 2012.





3.17) Conso Elec : PAC

3.1) T° Départ PAC chauffage
3.2) T° Retour PAC chauffage
3.3) Débit boucle Chauffage

3.4) T° GAZ PAC
3.5) Pression GAZ PAC
3.6) Débit Gaz PAC
3.7) Pression Atmosphérique

3.17) Conso Elec : pompe N°1 Distribution
pompe N°2 Distribution
pompe appoint chauffage
pompe ECS

3.14) T° Départ Chaud chauffage
3.15) T° Retour Chaud chauffage
3.16) Débit boucle Chaud Chauffage

3.11) T° GAZ Chaud.
3.12) Pression GAZ Chaud.
3.13) Débit Gaz Chaud.

3.8) T° Départ Chaudière
3.9) T° Retour Chaudière
3.10) Débit boucle Chaudière

3.18) T° & Humidité relative : Extérieur, chambre

Chambre 329 (T_{ambiante})

PAC en toiture

Chaufferie

- 3.1) T° Départ PAC chauffage
- 3.2) T° Retour PAC chauffage
- 3.4) T° GAZ PAC
- 3.5) Pression GAZ PAC
- 3.6) Débit Gaz PAC



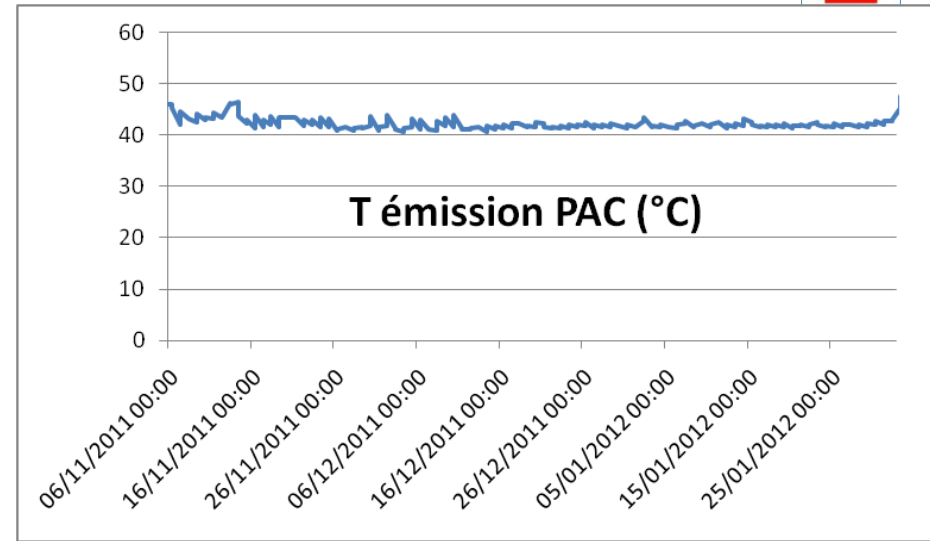
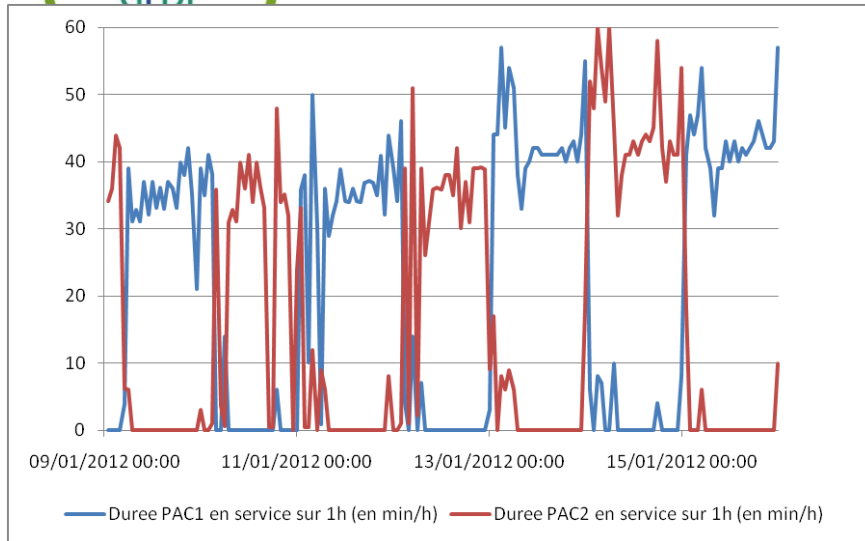
T° chambre
liaison radio

Liaisons Filaires

- 3.3) Débit boucle Chauffage
- 3.7) Pression Atmosphérique
- 3.8) T° Départ Chaudière
- 3.9) T° Retour Chaudière
- 3.10) Débit boucle Chaudière
- 3.11) T° GAZ Chaud.
- 3.12) Pression GAZ Chaud.
- 3.13) Débit Gaz Chaud
- 3.14) T° Départ Chaud chauffage
- 3.15) T° Retour Chaud chauffage
- 3.16) Débit boucle Chaud Chauffage
- 3.17) Conso Elec : PAC
pompe N°1 Distribution
pompe N°2 Distribution
pompe appoint chauffage
pompe ECS
- 3.18) T° & Humidité rel. Extérieur

Local Baie de brassage informatique



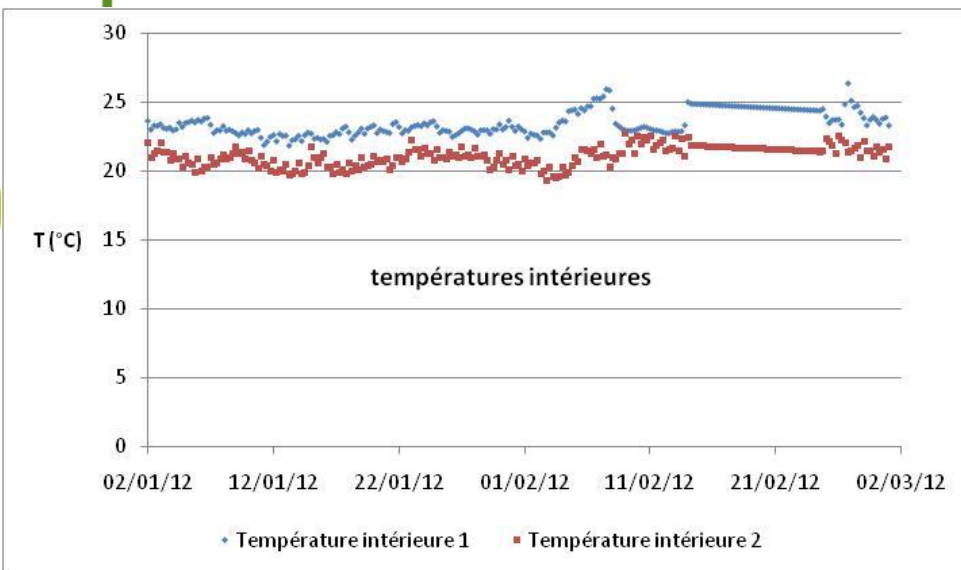


Fonctionnement alternatif des deux PAC

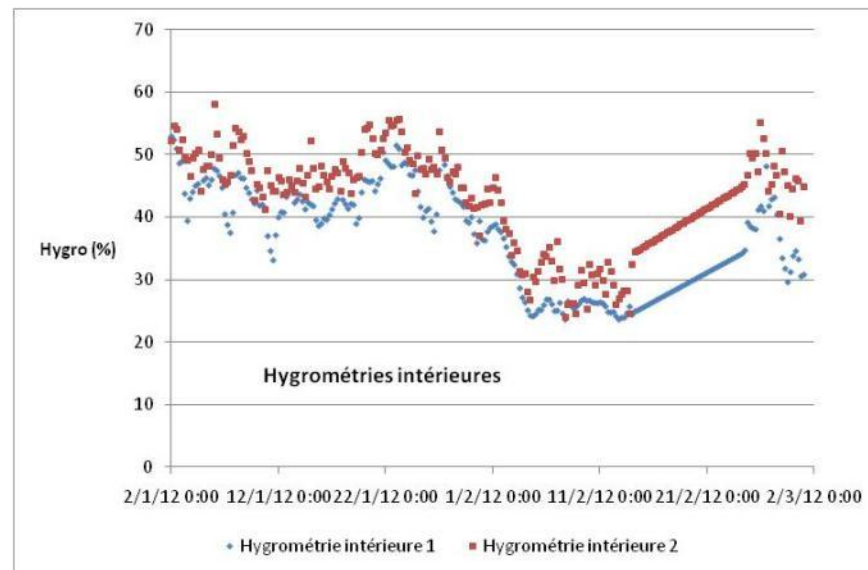
Température d'émission de l'ensemble des deux PAC

- La **température d'émission des PAC est en moyenne de 42° C sans loi d'eau** apparente, et elle oscille généralement entre 40 et 45° C. Quant à la température d'émission de la chaudière, elle varie très fortement puisqu'elle va de 40 à 80° C toutes les 90 minutes environ.
- **Les deux PAC fonctionnent alternativement** et l'appoint par la chaudière se met en marche dès qu'une PAC ne suffit pas à fournir l'énergie nécessaire au chauffage du bâtiment.
- **L'appoint par la chaudière fonctionne tous les jours** à partir de 6h du matin. Il produit environ 60 kW pendant 4h puis 10 kW à 30 kW en continu jusqu'à minuit (sans compter la production d'ECS).
- **Ce fonctionnement diffère de ce qui avait été préconisé.**

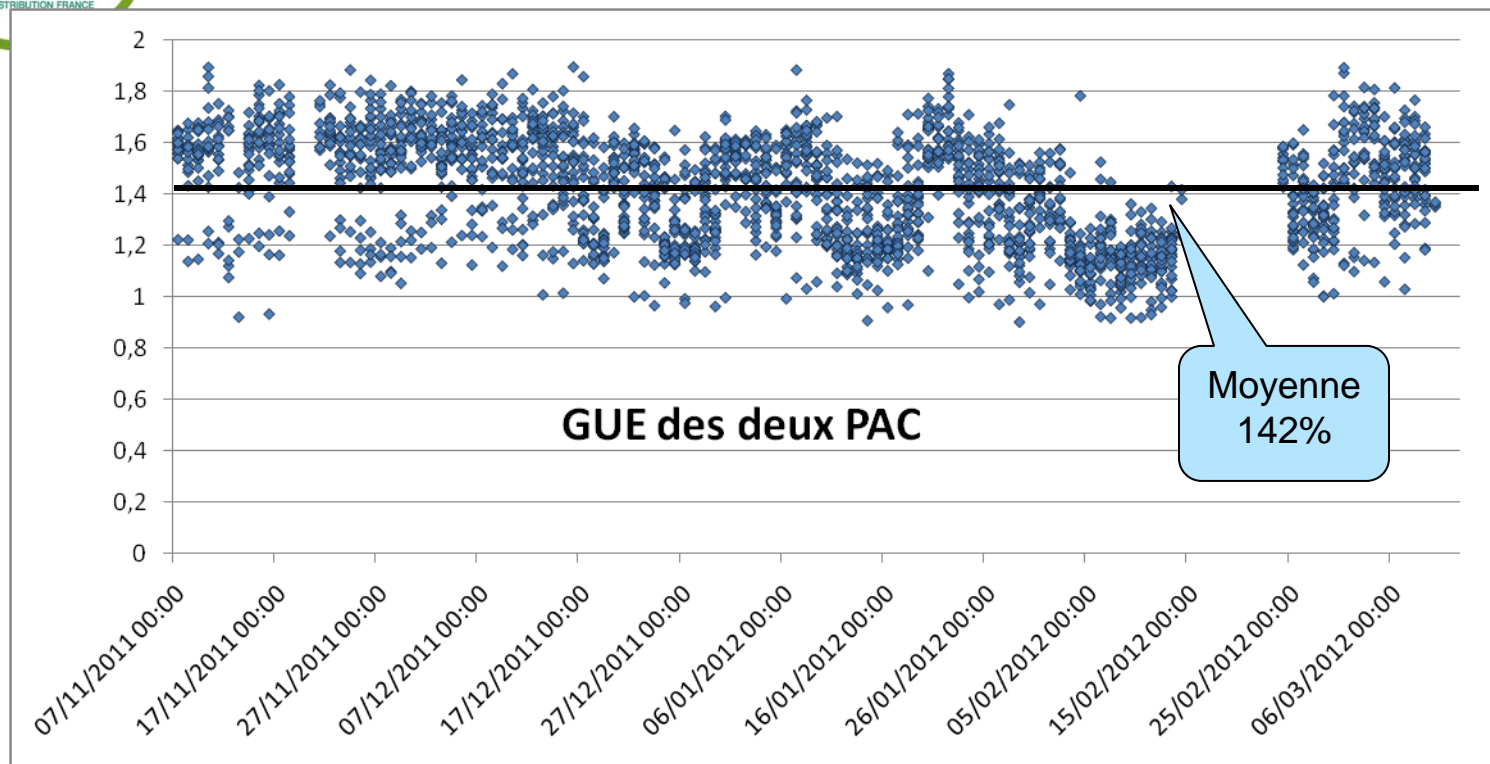
- Le suivi de site a permis de quantifier les performances de l'installation en terme de confort des occupants par la mesure en hiver des températures et hygrométries des locaux.
- Température intérieure moyenne en **janvier et février** (les deux mois les plus froids) : **22,3° C** avec une hygrométrie de l'ordre de **40%**, donc **ambiance très confortable**.
- Taux de disponibilité de l'installation : **100%**.



Températures intérieures dans les 2 chambres instrumentées (° C)



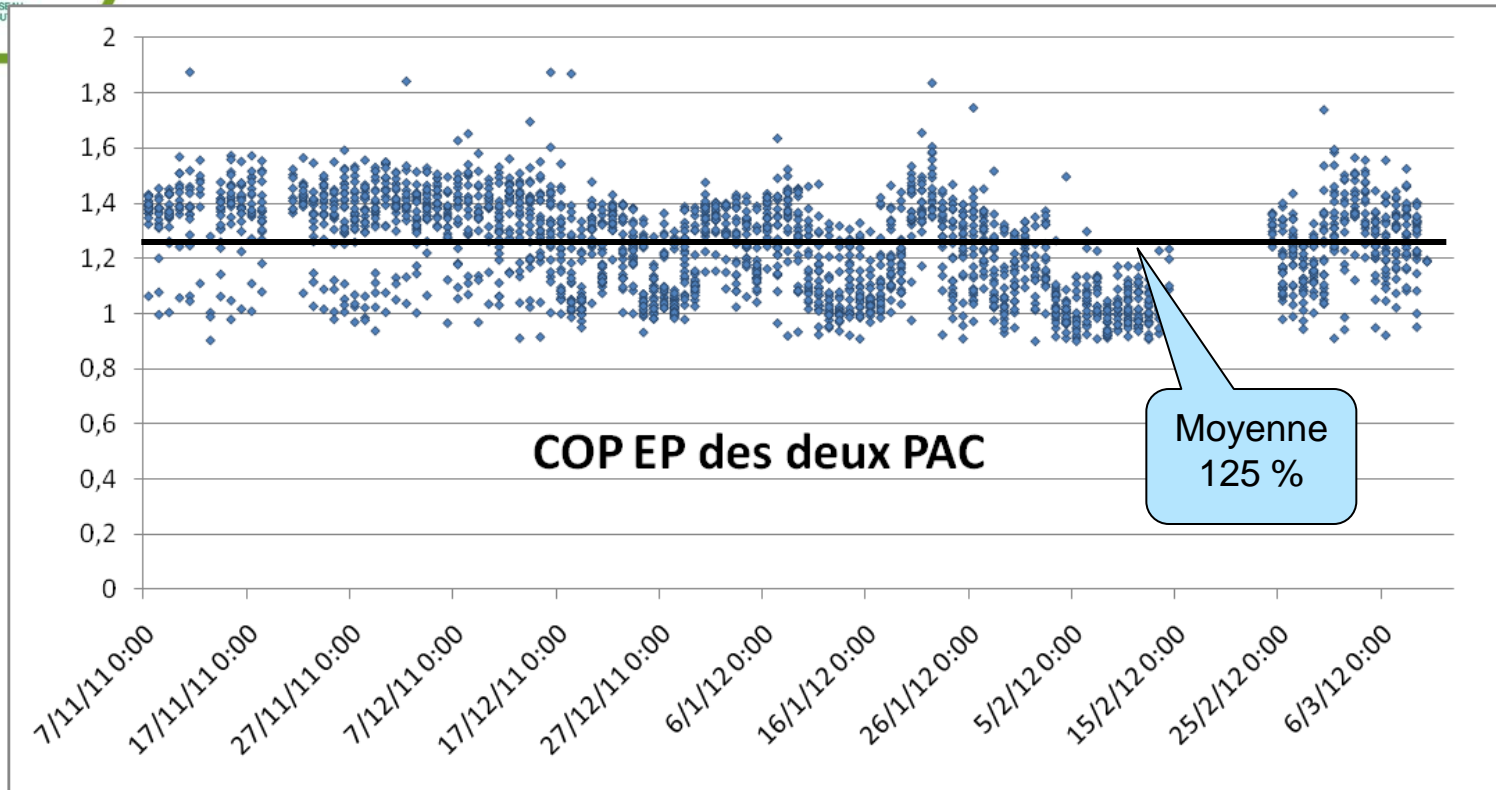
Hygrométries intérieures dans les 2 chambres instrumentées (%)



GUE (Gas Utilization Efficiency) du système de deux PAC à absorption sur l'ensemble de la saison de chauffe (sans prendre en compte l'appoint par chaudière)

- **Un GUE* (ou COP gaz*) de 1.42 en moyenne** sur la saison de chauffe, équivalent à une efficacité de production de 142% sur PCI (Pouvoir Calorifique Inférieur), pour une température d'émission variant entre 40 et 45° C sans loi d'eau.
- Une **performance proche à 11% des valeurs annoncées par le constructeur**, qui présente une efficacité de 160% (pour une température d'émission de 40° C).

■ L'impact des auxiliaires électriques



COP sur énergie primaire du système de deux PAC à absorption sur l'ensemble de la saison de chauffe (sans prendre en compte l'appoint par chaudière)

- Un COP sur énergie primaire* de 1.25 en moyenne sur la saison de chauffe, soit une **consommation des auxiliaires électriques représentant 13% de la consommation totale** d'énergie des PAC.
- **Même en prenant en compte les consommations des auxiliaires, les PAC à absorption gaz restent donc très performantes.**

➤ **Proportion d'EnR sur la consommation des deux PAC :**

Production d'EnR des 2 PAC : 19300 kWh ;

Consommation de gaz des 2 PAC : 48900 kWh ;

Taux d'EnR sur la consommation : 39%.

➤ **Proportion d'EnR sur la consommation du système de chauffage (PAC + appoint chauffage par chaudière, production d'ECS exclue):**

Production d'EnR système de chauffage : 19300 kWh ;

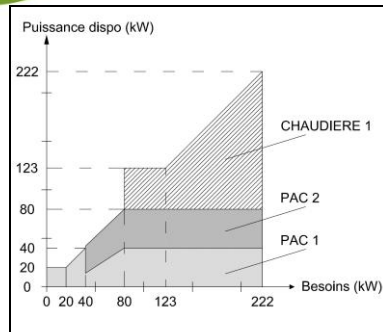
Consommation de gaz système de chauffage : 96900 kWh ;

Taux d'EnR sur la consommation : 20%.

➤ Sur cette installation, il avait été préconisé d'utiliser une loi d'eau pour optimiser la performance énergétique. En programmant **une loi d'eau adaptée sur les pompes à chaleur et la chaudière**, on améliorerait encore les COP et GUE du système sans nuire au confort des occupants.

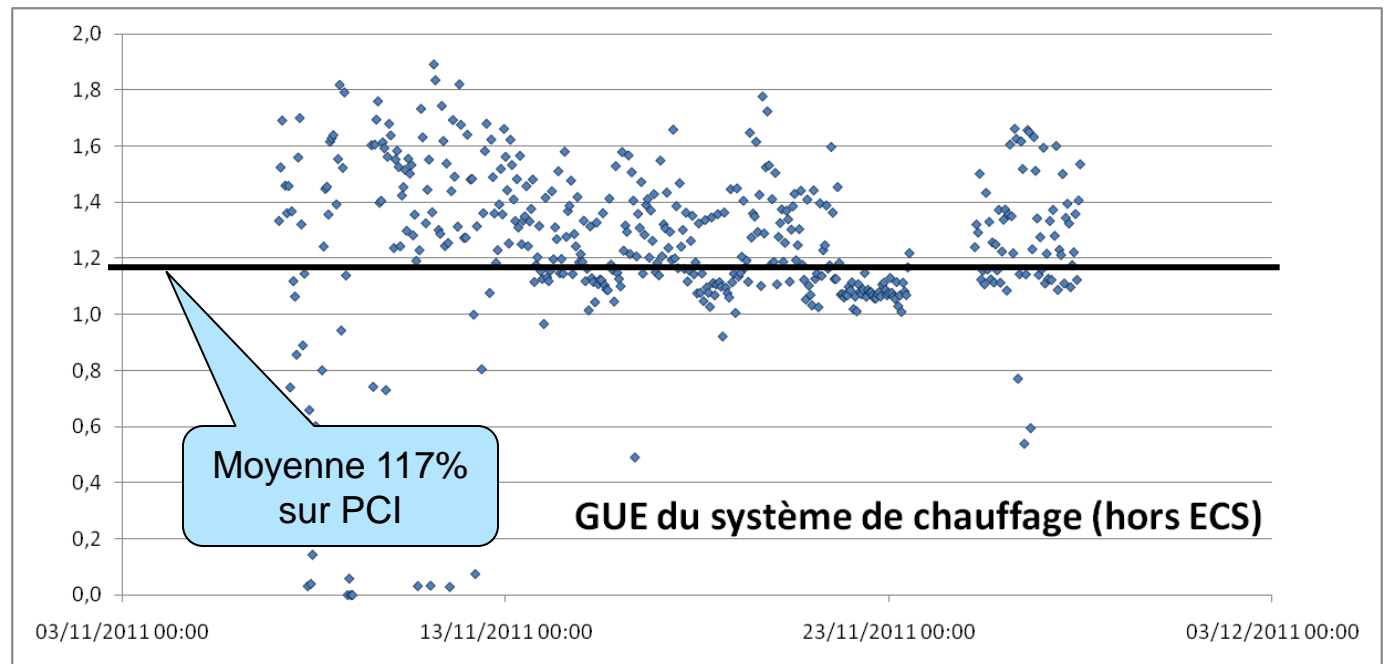
➤ Les deux pompes à chaleur à absorption gaz fonctionnent alternativement mais jamais simultanément. Comme la puissance nécessaire est souvent supérieure à la puissance maximum que peut fournir une seule pompe à chaleur, l'appoint chaudière gaz est très souvent sollicité. Or la chaudière à condensation est moins performante énergétiquement qu'une PAC absorption, donc cela détériore la performance globale de l'installation.

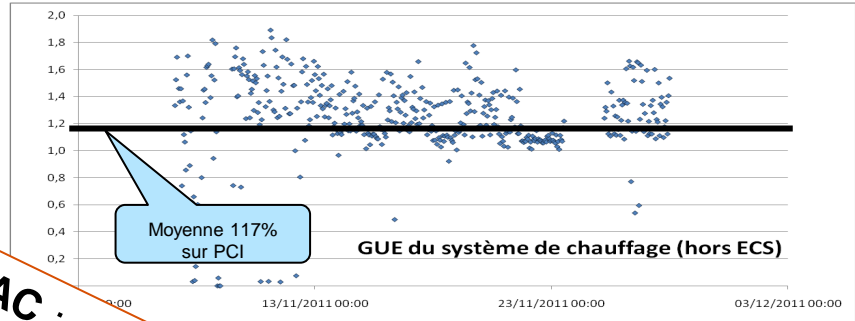
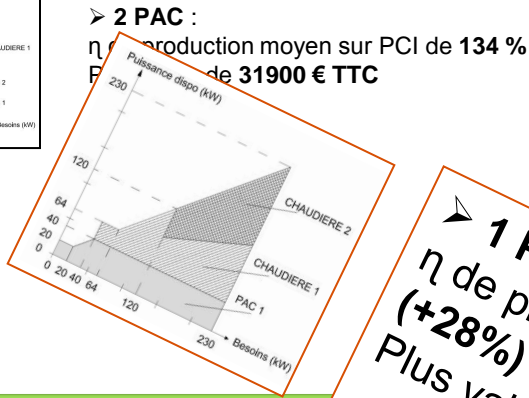
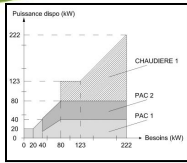
L'appoint gaz ne devrait être sollicité que lorsque les deux PAC absorption fournissent le maximum d'énergie et que la charge du bâtiment est malgré tout supérieure à la puissance disponible sur les PAC.



➤ **2 PAC :**
 η de production moyen sur PCI de **134 %**
 Plus value de **31900 € TTC**

Un écart de 12% entre la théorie
et la pratique...





➤ **1 PAC :**
 η de production moyen sur PCI de **122 %**
 (+28%)
 Plus value de **21100 € TTC**

Un écart de 12% ... pratique...

Au moins trois raisons possibles :

- Pas de fonctionnement des PAC en simultané → usage abusif de la chaudière dont le rendement est de 94% ;
- Baisse de rendement de la PAC à faible charge, non prise en compte dans l'étude initiale.



Synthèse des résultats d'une campagne de suivi d'un site équipé de deux pompes à chaleur à absorption gaz naturel Site de Toulouse (31)

Conclusions :

Le site instrumenté de Dinetard (à Toulouse) a permis d'évaluer la technologie de pompe à chaleur aérothermique à absorption gaz naturel en fonctionnement basse température (40°C) et a montré un fonctionnement tout à fait satisfaisant :

- Les performances en chauffage mesurées in situ sont en moyenne de **142% sur énergie primaire** pour une température de production d'environ 42°C, soit 11% en dessous de la performance nominale (160% à A7/W40).
- Le taux de disponibilité de l'installation a été de 100% avec un niveau de confort en température et hygrométrie très satisfaisant
- La part des auxiliaires électriques représente de 10% à 15% des consommations globales