

Un équilibrage hydraulique



Dans le cadre d'un programme d'amélioration du confort et d'économies d'énergie, l'équilibrage hydraulique des circuits de chauffage a été entrepris dans un ensemble de 1 300 logements du quartier Empalot, à Toulouse. Le retour sur investissement apparaît inférieur à une saison de chauffe.

Par Jean Pambrun, société Asterm

L'un des bâtiments du très vaste quartier Empalot, à Toulouse. Une étude du site et un calcul des déperditions ont été réalisés avant la mise en œuvre de l'équilibrage (crédit des photos et documents : Asterm).

Le site Empalot à Toulouse, proche du centre-ville, est un ensemble résidentiel de 1 300 logements, du T2 au T5, répartis sur douze bâtiments.

Soucieux de valoriser son patrimoine tout en s'inscrivant dans une démarche d'efficacité énergétique, son propriétaire, le bailleur social Habitat Toulouse, a lancé en février 2007 une consultation pour la réalisation d'un programme d'optimisation de l'installation de chauffage. La société Dalkia France, qui assurait l'exploitation de ce site, a été retenue dans le cadre d'un ambitieux contrat de rénovation des installations thermiques et d'économie d'énergie.

En premier lieu, cette mission a consisté à remplacer une chaudière existante vieillissante par un modèle à basse température. En parallèle, le prestataire de service a sollicité la société Asterm, spécialisée en équilibrage, mise au point et audits techniques d'installations de génie climatique, pour entreprendre une opération globale d'équilibrage de l'ensemble des installations de distribution de chaleur (réseau primaire général et circuits secondaires des bâtiments).

Connaître le site

Pour mener à bien ce projet, il a été nécessaire, dans un premier temps, de réaliser un audit global de cette installation. En effet, dans le cas d'un immeuble datant des années 1960, il n'existe que peu d'éléments techniques utilisables, tels que des plans de réseaux de chauffage ou des notes de calculs.

Un relevé des installations et des circuits a tout d'abord été entrepris par Asterm. Une campagne de mesures a également été mise en œuvre afin de collecter des informations sur le fonctionnement du site : débits d'eau chaude de chauffage, pertes de charge des circuits, puissances électriques...

Dans son principe, l'installation comporte un réseau hydraulique primaire qui alimente, depuis une chaufferie centrale, les sous-stations des différents bâtiments.

Sur les réseaux secondaires au départ des sous-stations, une pompe assure la distribution de l'eau chaude pour les différentes colonnes. À chaque étage des différents bâtiments, celles-

ci alimentent les grilles de plancher chauffant des appartements (une à deux par logement).

Le nombre de vannes d'équilibrage (de marque TA, modèles STAD et STAF) sur ce site est relativement important : 1 430 vannes sur les grilles des appartements, 60 vannes en pied de colonnes, 24 vannes sur les circuits secondaires et 15 vannes sur le réseau primaire.

Étudier les déperditions et les débits

L'équilibrage intégral nécessite de connaître précisément les débits nominaux par circuit. C'est dans ce but qu'une étude thermique sommaire a été réalisée. Elle a permis d'évaluer les déperditions thermiques et les puissances nécessaires pour les différents appartements de chaque bâtiment (**tableau 1**). Cette étude a tenu compte :

- de l'état du bâti, qu'il s'agisse de la description de la constitution des murs et leur isolation, du type de vitrages ou encore du système de ventilation,



Les boucles secondaires alimentent les nombreux pieds de colonnes des immeubles du quartier.

à grande échelle



L'installation thermique comporte une chaufferie - la chaudière a été renouvelée durant l'été 2007 - qui fournit les sous-stations via une boucle primaire. Ces sous-stations alimentent les pieds de colonnes qui desservent les planchers chauffants des logements.

- de l'emplacement et de l'exposition des logements,
- de l'analyse des consommations d'énergie sur les dernières années,
- des informations issues des relevés et campagnes de mesures.

La puissance totale nécessaire pour l'ensemble du site est évaluée à 6 500 MW. Les débits correspondants, en fonction des régimes de températures d'eau spécifiques, s'élèvent à 138 m³/h pour le réseau primaire et 560 m³/h pour les circuits secondaires cumulés.

L'étude hydraulique a été réalisée consécutivement sur la base des éléments thermiques calculés. Elle a permis de déterminer les caractéristiques hydrauliques globales et les hauteurs manométriques des différents circuits, de vérifier la bonne adaptation des pompes, de contrôler la conformité des tuyauteries et de calculer les positions de réglage pour l'ensemble des vannes d'équilibrage (tableaux 2a et 2b et figure 1, page suivante).

Adapter l'installation pour équilibrer

Un des points importants soulevé lors de cette mission a été la nécessité d'adapter l'installation hydraulique pour permettre la mise en œuvre de l'équilibrage : un certain nombre de vannes d'équilibrage non fonctionnelles, à réparer ou remplacer, a pu être recensé ; des vannes complémentaires à ajouter ont été précisément déterminées afin d'organiser les circuits selon une "architecture modulaire" (voir encadré).

Les relevés sur site ont également permis la réalisation d'un ensemble de plans et de schémas des différents réseaux, circuits et sous-stations. Cette documentation est indispensable pour mener à bien une mission de cette importance (figure 2, page suivante).

Colonne 1				
Palier gauche (60,6 m ²)		Palier droite (51,5 m ²)		
	Puissance thermique nécessaire / appartement	Débit d'eau de chauffage nécessaire	Puissance thermique nécessaire / appartement	Débit d'eau de chauffage nécessaire
T	2 534 W	218 l/h	2 153 W	185 l/h
N8	5 829 W	501 l/h	4 306 W	370 l/h
N7	5 829 W	501 l/h	4 306 W	370 l/h
N6	5 829 W	501 l/h	4 306 W	370 l/h
N5	5 829 W	501 l/h	4 306 W	370 l/h
N4	5 829 W	501 l/h	4 306 W	370 l/h
N3	5 829 W	501 l/h	4 306 W	370 l/h
N2	5 829 W	501 l/h	4 306 W	370 l/h
N1	5 829 W	501 l/h	4 306 W	370 l/h
RDC	5 829 W	501 l/h	4 306 W	370 l/h
Entresol	6 589 W	567 l/h	5 167 W	444 l/h
CUMUL COLONNE			107 660 W	9 257 l/h

Colonne 2				
Palier gauche (60,6 m ²)		Palier droite (51,5 m ²)		
	Puissance thermique nécessaire / appartement	Débit d'eau de chauffage nécessaire	Puissance thermique nécessaire / appartement	Débit d'eau de chauffage nécessaire
T	2 534 W	218 l/h	2 153 W	185 l/h
N8	5 069 W	436 l/h	4 306 W	370 l/h
N7	5 069 W	436 l/h	4 306 W	370 l/h
N6	5 069 W	436 l/h	4 306 W	370 l/h
N5	5 069 W	436 l/h	4 306 W	370 l/h
N4	5 069 W	436 l/h	4 306 W	370 l/h
N3	5 069 W	436 l/h	4 306 W	370 l/h
N2	5 069 W	436 l/h	4 306 W	370 l/h
N1	5 069 W	436 l/h	4 306 W	370 l/h
RDC	5 069 W	436 l/h	4 306 W	370 l/h
Entresol	6 082 W	523 l/h	5 167 W	444 l/h
CUMUL COLONNE			100 310 W	8 625 l/h

Colonne 3				
Palier gauche (60,6 m ²)		Palier droite (51,5 m ²)		
	Puissance thermique nécessaire / appartement	Débit d'eau de chauffage nécessaire	Puissance thermique nécessaire / appartement	Débit d'eau de chauffage nécessaire
T	2 534 W	218 l/h	2 153 W	185 l/h
N8	5 069 W	436 l/h	4 952 W	426 l/h
N7	5 069 W	436 l/h	4 952 W	426 l/h
N6	5 069 W	436 l/h	4 952 W	426 l/h
N5	5 069 W	436 l/h	4 952 W	426 l/h
N4	5 069 W	436 l/h	4 952 W	426 l/h
N3	5 069 W	436 l/h	4 952 W	426 l/h
N2	5 069 W	436 l/h	4 952 W	426 l/h
N1	5 069 W	436 l/h	4 952 W	426 l/h
RDC	5 069 W	436 l/h	4 952 W	426 l/h
Entresol	6 082 W	523 l/h	5 598 W	481 l/h
CUMUL COLONNE			106 554 W	9 162 l/h
Surface Totale		3 360 m ²		
Puissance Totale		314 524 W		
Débit Total		27 044 l/h		

Tableau 1. Exemple de note de calcul thermique par colonnes et appartements d'un bâtiment. Ce travail tient compte de l'état et des caractéristiques du bâti.

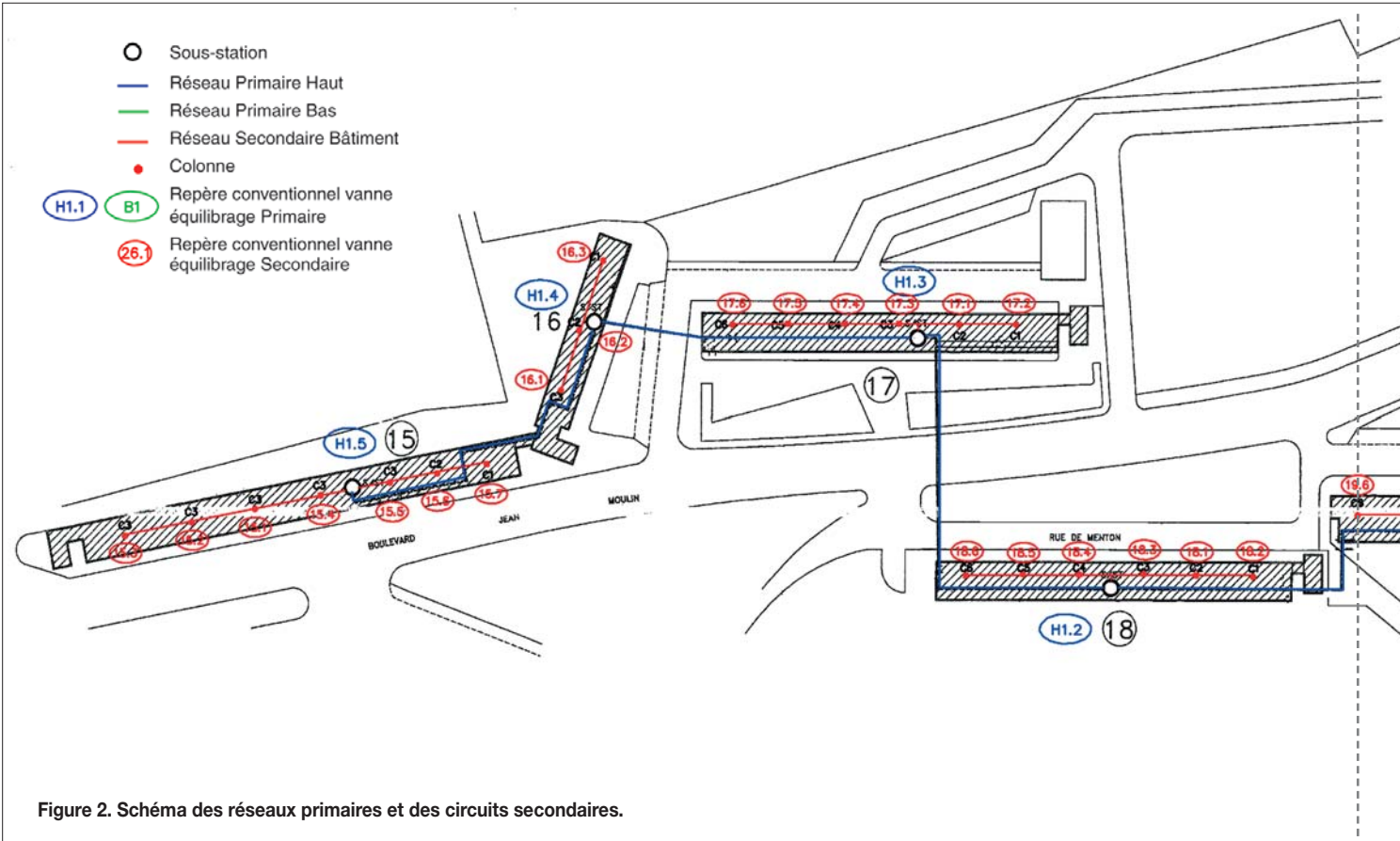
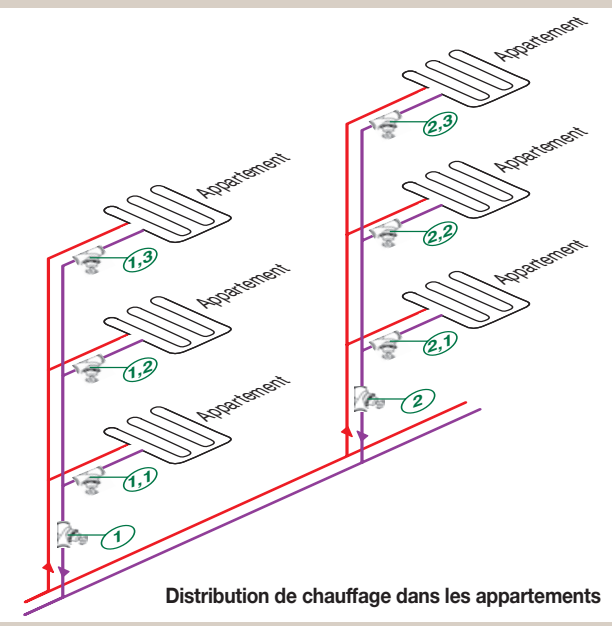


Figure 2. Schéma des réseaux primaires et des circuits secondaires.

Principe de l'architecture modulaire

Dans un module hydraulique, chaque circuit terminal, tel qu'une grille de plancher chauffant, est pourvu d'une vanne d'équilibrage. Les tuyauteries d'alimentation communes à plusieurs circuits (pieds de colonnes...) en sont également équipées. Cette organisation permet la mise en œuvre de méthodes d'équilibrage traditionnelles.



Distribution de chauffage dans les appartements

Points	Réseau ECC		Points	Pompe	
	Débit m³/h	Dp mCe		Hm mCe	Débit m³/h
1	7	0,1	1	14	
2	20	1,1	2	13,8	20
3	33	3,0	3	13,7	40
4	46	5,8	4	13,5	60
5	59	9,7	5	12,8	80
6	65,03	11,93	6	12,1	100
7	71,5	14,4	7	11,2	120
8	78,0	17,2	8	10	140

Tableau 2a. Valeurs caractéristiques hydrauliques du réseau et de la pompe.

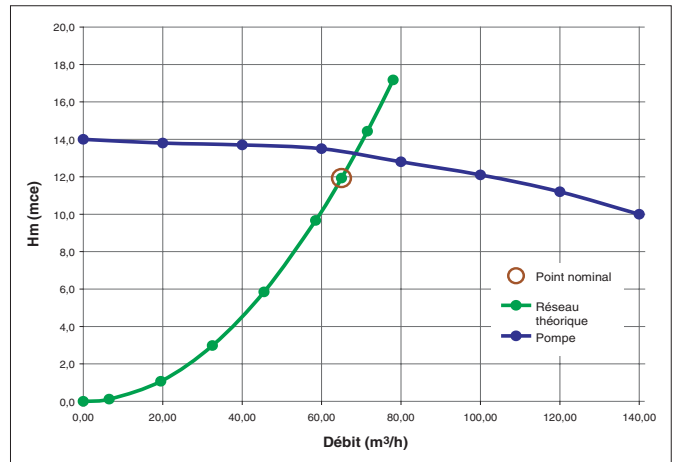
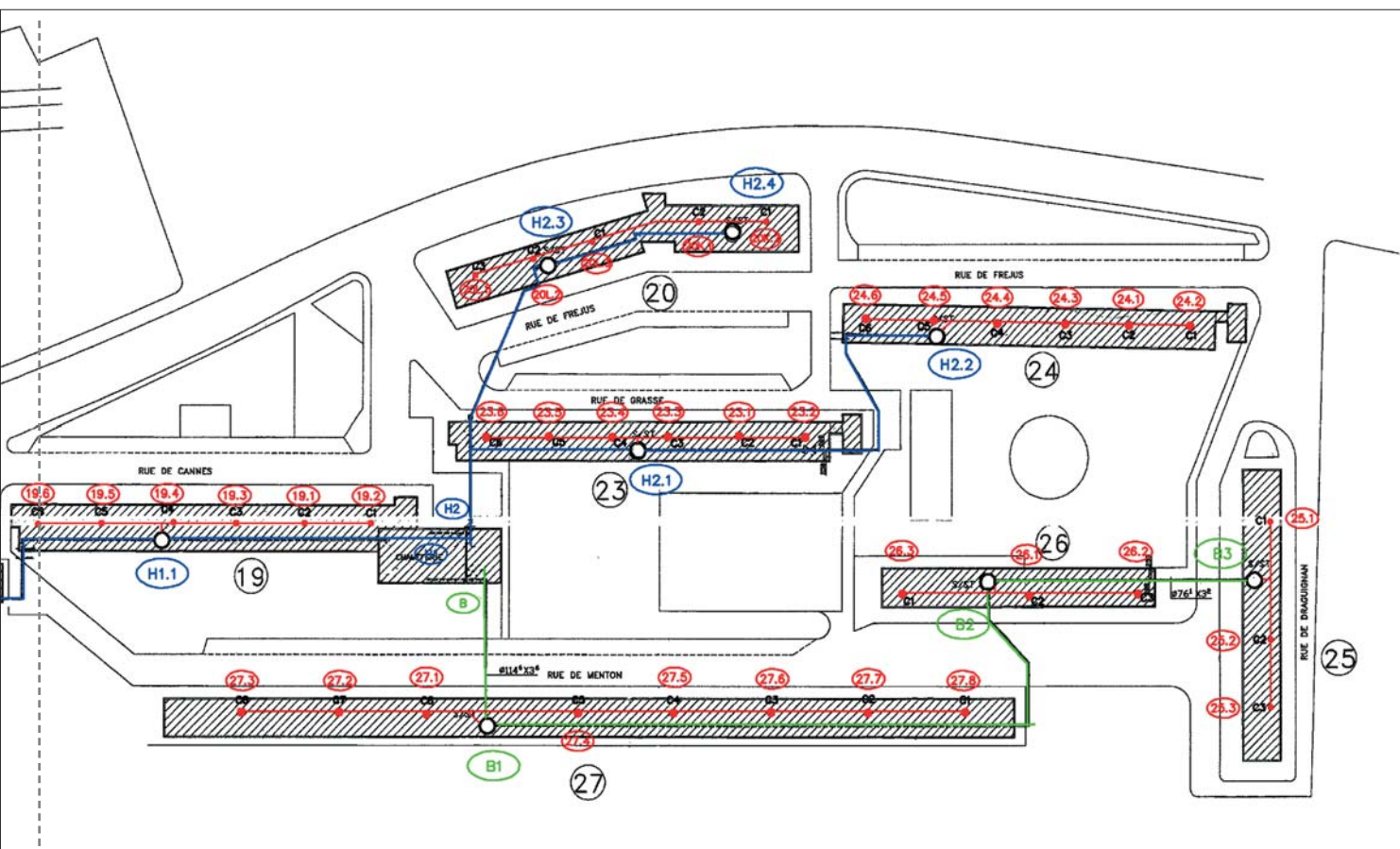


Figure 1. Courbes caractéristiques hydrauliques résultantes "réseau et pompes".

	Débit (m³/h)	hmt (mCe)	Écart (%)
1 pompe	72,0	13,20	11 %

Tableau 2b. Résultats.



Équilibrer avec méthode

En ce qui concerne l'équilibrage hydraulique, la méthodologie suivante a été définie (**tableau 3**).

- Le choix de la mise en œuvre des positions de réglages calculées pour les vannes d'équilibrage des circuits terminaux (grilles de plancher chauffant) a été retenu. Cette solution présentait la meilleure approche technique, notamment en raison du nombre très important d'éléments et de la difficulté d'accès - et de manipulation - dans la plupart des gaines techniques qui sont occupées par d'autres conduites (évacuations des eaux usées et eaux vannes, plomberie, ventilation...).

Elle a impliqué des modifications du logiciel de calcul utilisé (TA Select) afin de permettre l'intégration de modèles de vannes d'équilibrage d'ancienne génération (TA Stad 15).

- Les pieds de colonnes ont été équilibrés par application d'une méthode conventionnelle, Regis de TA.

- Le réseau primaire a également été équilibré par application d'une méthode conventionnelle qui est apparue la mieux adaptée, la méthode itérative à partir des calculs théoriques.

L'ensemble des opérations s'est déroulé principalement durant l'été et l'automne 2008. La prestation comprenait plusieurs phases spécifiques : l'audit et l'étude techniques, le réglage des circuits terminaux, l'équilibrage du réseau primaire et des circuits de distribution par bâtiment. En ce qui concerne la mise en œuvre des positions calculées pour les circuits terminaux (planchers chauffants), celle-ci a été réalisée conjointement avec le personnel Dalkia.

À l'issue des interventions de réglages, une campagne de mesures a été organisée. Elle a permis de confirmer l'homogénéité des températures d'ambiance dans les logements et le respect des conditions contractuelles (**tableau 4**, page suivante).

Client : Affaire : Réseau :		Dalkia Empalot à Toulouse Réseau ECC - Bâtiment 23					
Module	23.3	Colonne 3 Bâtiment 23		Indice	1	14/10/2008	
Référence	N°	Désignation		Organe de réglage	Pré-réglage	Débit théorique	Observations
				Vanne d'équilibrage	Trs	l/h	
				Cumul		9 398	
23.3.1	1	Appt T2 Bureaux rdc palier gauche		STAD 15	1,80	373	
23.3.2	2	Appt T3 Bureaux rdc palier droite		STAD 15	2,63	450	
23.3.3	3	Appt T2 n° 1085 N1 palier gauche		STAD 15	1,50	311	
23.3.4	4	Appt T3 n° 1086 N1 palier droite		STAD 15	1,80	375	
23.3.5	5	Appt T2 n° 1087 N2 palier gauche		STAD 15	1,51	311	
23.3.6	6	Appt T3 n° 1088 N2 palier droite		STAD 15	1,81	375	
23.3.7	7	Appt T2 n° 1109 N3 palier gauche		STAD 15	1,51	311	
23.3.8	8	Appt T3 n° 1110 N3 palier droite		STAD 15	1,82	375	
23.3.9	9	Appt T2 n° 1111 N4 palier gauche		STAD 15	1,52	311	
23.3.10	10	Appt T3 n° 1112 N4 palier droite		STAD 15	1,83	375	
23.3.11	11	Appt T2 n° 1133 N5 palier gauche		STAD 15	1,52	311	
23.3.12	12	Appt T3 n° 1134 N5 palier droite		STAD 15	1,83	375	
23.3.13	13	Appt T2 n° 1135 N6 palier gauche		STAD 15	1,54	311	
23.3.14	14	Appt T3 n° 1136 N6 palier droite		STAD 15	1,86	375	
23.3.15	15	Appt T2 n° 1157 N7 palier gauche		STAD 15	1,55	311	
23.3.16	16	Appt T3 n° 1158 N7 palier droite		STAD 15	1,87	375	
23.3.17	17	Appt T2 n° 1159 N8 palier gauche		STAD 15	1,55	311	
23.3.18	18	Appt T3 n° 1160 N8 palier droite		STAD 15	1,88	375	
23.3.19	19	Appt T2 n° 1181 N9 palier gauche		STAD 15	1,56	311	
23.3.20	20	Appt T3 n° 1182 N9 palier droite		STAD 15	1,89	375	
23.3.21	21	Appt T2 n° 1183 N10 palier gauche		STAD 15	1,57	311	
23.3.22	22	Appt T3 n° 1184 N10 palier droite		STAD 15	1,91	375	
23.3.23	23	Appt T2 n° 1205 N11 palier gauche		STAD 15	1,58	311	
23.3.24	24	Appt T3 n° 1206 N11 palier droite		STAD 15	1,91	375	
23.3.25	25	Appt T2 n° 1207 N12 palier gauche		STAD 15	1,60	311	
23.3.26	26	Appt T3 n° 1208 N12 palier droite		STAD 15	1,95	375	
23.3.27	27	Terrasse appt n° 1207		STAD 15/14	1,39	155	Vanne TA à prévoir
23.3.28	28	Terrasse appt n° 1208		STAD 15/14	1,57	188	Vanne TA à prévoir

Tableau 3. Pré-réglage des vannes d'équilibrage. Cette solution permet le réglage direct des vannes des appartements, qui sont nombreuses et situées dans des endroits difficiles d'accès.

Client : Dalkia		Réseau : Réseau Eau Chaude Chauffage		Module : Bâtiment 17		Écart débit global : - 0,4 %			
Affaire :		Empalot à Toulouse					Indice d'équilibrage ΔM : 0,9 %		
Réseau :							Indice 1 18/12/2009		
Module :									
N°	Référence circuit	Désignation	Type vanne	Position (Trs)	Delta P (kPa)	Débit mesuré (l/h)	Débit théorique (l/h)	Écart (%)	
			STAF 125*	7,2	5,07	64 700	64 976	- 0,42 %	
1	17,1	Colonne 1	STAF 65*	3,05	41,05	10 966,12	11 138	- 1,54 %	
2	17,2	Colonne 2	STAF 65*	4,3	8,43	11 898,81	11 962	- 0,53 %	
3	17,3	Colonne 3	STAF 65*	3,05	29,11	9 203,86	9 345	- 1,51 %	
4	17,4	Colonne 4	STAF 65*	2,95	36,38	9 374,93	9 345	0,32 %	
5	17,5	Colonne 5	STAF 65-2*	2,85	45,99	9 425,31	9 345	0,86 %	
6	17,6	Colonne 6	STAF 65-2*	3,25	44,07	13 830,98	13 841	- 0,07 %	

Tableau 4. En fin de chantier, les réglages ont fait l'objet d'une vérification complète avec report des débits obtenus et des écarts relatifs.

Bilan économique : un retour sur investissement inférieur à une saison de chauffe

La consommation énergétique moyenne au cours des trois saisons de chauffe qui ont précédé ces travaux était de l'ordre de 15 000 MWh PCS (pouvoir calorifique supérieur). Le suivi de l'évolution de cette valeur a mis en évidence une diminution globale supérieure à 20 %, dont environ 10 % imputables au remplacement de la chaudière durant l'été 2007, et plus de 10 % correspondant à l'équilibrage hydraulique. Le temps de retour de l'investissement de l'opération d'équilibrage apparaît inférieur à une saison de chauffe moyenne (figure 3).

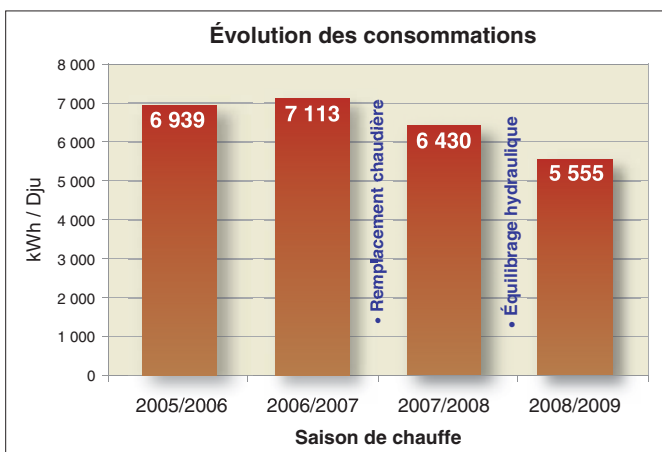


Figure 3. Le ratio de consommation est passé d'environ 7 000 kWh/DJU au cours des saisons précédentes à 5 500 kWh/DJU durant celle de 2008-2009.

Pour Dalkia, "Les résultats constatés répondent parfaitement aux objectifs initiaux de cette opération. D'une part, le bilan économique est très satisfaisant et, d'autre part, nous avons pu contrôler par une campagne de mesures dans des logements que le confort était assuré."

Pour Asterm : "Dans ce genre de projets, les résultats sont généralement très positifs : le confort est rétabli de manière équitable dans les appartements et la diminution de la consommation d'énergie est réellement significative".

Les intervenants

- **Dalkia France - Centre Midi-Pyrénées/Limousin :** Guillaume Voineau, Olivier Verlomme.
- **Habitat Toulouse - Agence Récollets :** Laurent Salles (responsable technique).
- **Astern - Agence de Bordeaux :** Jean Pambrun, Christophe Pognon.
- **TA-Pneumatex :** Jean-Pierre Chouteau.

Un grand choix d'ouvrages techniques dans vos domaines d'activité :

- le chaud
- le froid
- les fluides
- la plomberie-sanitaire
- les énergies renouvelables



Près de 300 ouvrages sélectionnés parmi les meilleurs éditeurs spécialisés.

www.librairietechnique.com



LES ÉDITIONS PARISIENNES
6, passage Tenaille - 75014 PARIS - Tél. : 01 45 40 30 60 - Fax : 01 45 40 30 61