



Campagne de mesures des performances énergétiques avant/après rénovation

Résultats de la première année de mesures (avant rénovation)

SYNTHESE DES 5 OPERATIONS

Septembre 2011

E N E R T E C H

Ingénierie énergétique et fluides

F - 26160 FELINES S/RIMANDOULE

tél. & Fax : (33) 04.75.90.18.54

E mail : contact@enertech.fr

www.enertech.fr

SOMMAIRE

PARTIE I :	ETAT DES LIEUX.....	4
I.1	CHAUFFAGE	6
I.1.1	<i>Consommation annuelle</i>	6
I.1.2	<i>Déperditions</i>	6
I.2	EAU CHAUDE SANITAIRE	8
I.3	SERVICES GENERAUX	9
I.4	CONFORT.....	9
I.4.1	<i>Hiver</i>	9
I.4.2	<i>Été</i>	10
PARTIE II :	TRAVAUX PREVUS ET PLANNING	12

INTRODUCTION

L'analyse de la situation énergétique mondiale actuelle montre que :

- Les ressources s'épuisent. Si on tient compte de l'augmentation annuelle de la demande, si on ne change pas notre façon de consommer l'énergie, dans 50 ans l'ensemble des réserves prouvées sera épuisé. Mais avant d'atteindre cette situation, nous serons frappés par les effets économiques du « pic de Hubbert », ce maximum de production qui précède la décroissance inéluctable du volume de produit annuellement. Face à une offre en baisse et une demande non maîtrisée, le marché ne connaît qu'une réponse pour ajuster offre et demande : l'augmentation des prix. Pour des bailleurs sociaux, cette menace est redoutable, et l'anticipation doit donc devenir la règle d'action.
- La situation du climat se dégrade chaque jour, et pour des raisons liées aux rejets anthropiques, contrairement à ce que certains voudraient nous faire croire. L'objectif unanimement accepté par les scientifiques est de revenir à un taux de concentration de CO₂ de 350 ppm sur Terre, et ce dans un délai très court. En terme pratique cela implique que l'on inverse d'ici 2015 la courbe d'évolution du taux de concentration de CO₂ sur Terre. A défaut, les climatologues nous indiquent que vraisemblablement la température sur la planète serait supérieure à plus de 2°C par rapport à son niveau actuel, et que selon toute probabilité, on risquerait un emballement du climat. Donc une voie sans issue pour l'humanité.

Dans ce contexte, la réduction de nos besoins par des actions de maîtrise de l'énergie s'impose. Cela passe principalement par la diminution des consommations du bâtiment. En effet, ce secteur est le plus gros consommateur d'énergie (46% de la consommation totale) et c'est sur lui qu'il est le plus facile d'agir rapidement.

Actuellement, les logements « anciens » (c'est à dire d'avant 1975) représentent 67 % du parc total (chiffre INSEE 1999). Le parc ancien comprend 8,2 millions de logements collectifs. Dès lors on comprend la nécessité absolue de rénover de façon performante ces logements.

Pour ce faire il est impératif de mettre en œuvre un plan d'action ambitieux permettant d'atteindre la valeur cible d'une division par 4 des consommations d'énergie. Le projet IPPI (Intégration et Planification pour la réduction des émissions de gaz à effet de Serre d'un Patrimoine Immobilier) s'inscrit dans cette démarche. Son but est d'établir une méthodologie d'amélioration continue d'un parc de logements sociaux et d'étudier des cas pratiques. Il vise à établir des programmes de rénovations cohérentes dans l'optique du facteur 4.

La mission d'Enertech dans le cadre de ce projet consiste uniquement à faire un suivi des consommations d'énergie avant et après travaux de rénovation thermique sur cinq immeubles d'habitation collectifs construits entre 1960 et 1975. L'objectif est d'évaluer la consommation d'énergie (chauffage, eau chaude sanitaire) et le niveau de confort dans les bâtiments tels qu'ils sont actuellement puis suite à la mise en œuvre de travaux importants de rénovation thermique. Chaque campagne de mesures dure un an. Ceci permet de dépasser la simple préoccupation de la consommation de chauffage pour étudier également le confort d'été et de mi-saison dans les bâtiments et la consommation d'eau chaude sanitaire.

Le présent rapport dresse un état des lieux des consommations avant travaux pour les cinq opérations. Nous aurons ainsi une référence pour pouvoir mesurer l'impact des rénovations.

Partie I : Etat des lieux

Notre échantillon est composé de bâtiments équipés de systèmes de chauffage différents (chauffage collectif au gaz, chauffage collectif sur réseau urbain, chauffage collectif électrique avec appoint par des convecteurs individuels). Il en est de même pour la production d'eau chaude sanitaire – ECS- (chauffe eau individuel au gaz, ECS collective depuis le réseau de chauffage urbain, chauffe eau électrique). Afin de comparer ces bâtiments entre eux nous avons raisonné en énergie primaire. Par définition, l'énergie primaire est celle qui se trouve et que l'on prélève dans la nature. L'énergie finale est celle qui est livrée "aux bornes" des bâtiments. Entre les deux, il existe des pertes liées à toutes les transformations de l'énergie, mais aussi à son transport. Nous avons pris un coefficient de 3,2 pour passer de l'énergie finale électrique à l'énergie primaire. Ceci est le coefficient de conversion physique réel, ce n'est pas le coefficient conventionnel, mais c'est un choix d'ingénieur que nous faisons afin de tirer des conclusions correspondant à une réalité, ce qui est notre métier. Nous avons aussi fait l'hypothèse que le réseau de chauffage urbain a un rendement de 85%.

Le tableau qui suit résume les caractéristiques des bâtiments ainsi que les principaux résultats de la campagne de mesures. Des explications plus détaillées sont fournies dans les paragraphes suivants. Nous avons eu beaucoup de mal à récolter des informations sur le bâtiment de Feyzin, le maître d'ouvrage n'ayant pas répondu à nos sollicitations.

	Grenoble	Mulatière	Rillieux	Saint Geoire	Feyzin
					
Année de construction	1960 (rénovation 1990)	1965	1968-1973	1975	?
Surface habitable	2 497	3 805	13 044	1 588	1 048
Nombre de logements	47	55	166	24	16
Production de chaleur	Chauffage urbain	Chaudière gaz (chauffe eau gaz individuels)	Chauffage urbain	Electrique	Electrique
Emission	Plancher chauffant	Radiateurs bitubes	Radiateurs bitubes	Plancher chauffant électrique collectif + convecteurs électriques d'appoint	Plancher chauffant électrique collectif + convecteurs électriques d'appoint
Ventilation	2 caissons simple flux autoréglables	Aucun	Naturelle (sauf Velay : Caisson simple flux)	2 caissons simple flux autoréglables	Simple flux
Mur	Béton+6cm polystyrène	Béton non isolé	Peu isolé	Béton+6cm polystyrène	?
Plancher bas	Flocage 6cm sur sous sol	2,5 cm de fibralith	Non isolé	5/10cm fybrastyrene	?
Toiture	?	Béton+8cm polystyrène	Peu isolé	10cm laine verre / 6cm polystyrène	?
Menuiseries	Double vitrage 4/8/4	Simple vitrage	Simple vitrage	Double vitrage 4/6/4	?
DJU (base 18)	1 866	2 408	2 288	2 760	2 247
Consommation chauffage (kWh _{énergie primaire} /an/m ² habitable)	122 *	197 (avant chaudière)	217 *	312**	361**
Consommation ECS (kWh _{énergie primaire} /an/m ² habitable)	41 *	-	49 *	79**	65**
Consommation électrique des services généraux (kWh _{énergie finale} /an/logement - kWh _{énergie finale} / an/m ² habitable)	503 9,5	409 5,9	558 7,6	337 5,1	431 6,6
Température moy. hiver	21,5	22,5	22,6	21,2	20,4
Température moyenne été	25,8	24,3	24,4	22,5	24,8
Nombre d'heures moyen annuel au dessus de 28°C - séjour	346	209	183	15	234

* : hypothèse rendement du chauffage urbain de 85%
 ** : coefficient de 3,2 pour passer en énergie primaire

I.1 CHAUFFAGE

I.1.1 Consommation annuelle

Sur le graphique de la figure 1.1 on compare les consommations de chauffage des 5 opérations, elles varient dans un rapport 1 à 2,9. A l'exception du bâtiment de Feyzin, les consommations surfaciques mesurées sont inférieures à la valeur moyenne nationale observée pour les bâtiments construits avant 1975.

Ce sont les bâtiments équipés de chauffage électrique qui consomment le plus. Rappelons que leur consommation en énergie finale a été multipliée par 3,2 pour se ramener en énergie primaire. Le fait que Grenoble soit l'opération très largement la moins consommatrice a plusieurs explications :

- La campagne de mesures n'a pas eu lieu la même année que pour les autres bâtiments et la saison de chauffage de suivi a été plus clémente (environ 25% de DJU en moins que pour les autres opérations)
- Le bâtiment est faiblement isolé (et possède des menuiseries double vitrage) alors qu'à l'exception de Saint Geoire tous les autres bâtiments ne le sont pas.
- La température maintenue dans les logements est, bien que très importante, moins élevée que dans les autres opérations en chauffage collectif non électrique (21,5 contre 22,5 et 22,6°C !).

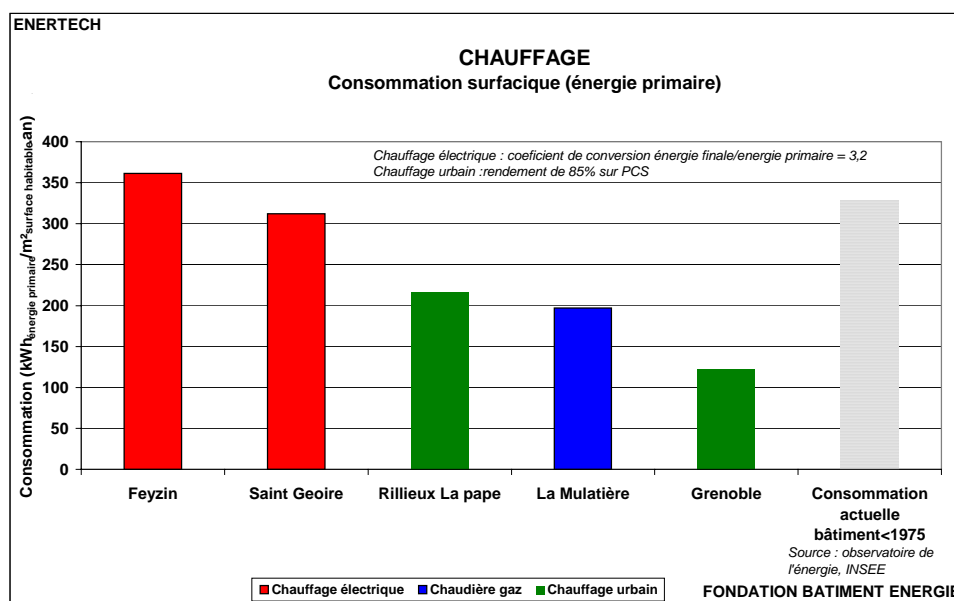


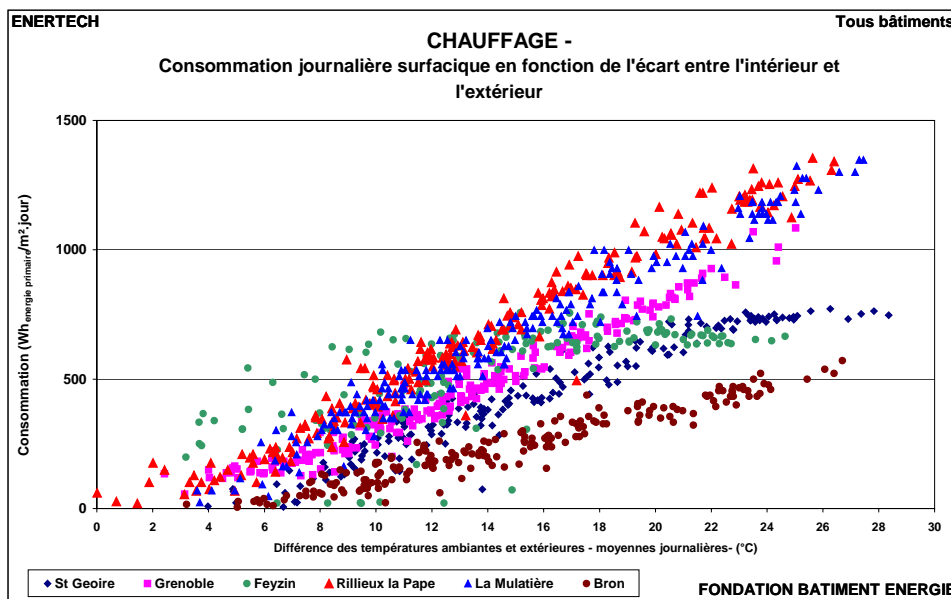
Figure 1.1 : Comparaison des consommations annuelles surfaciques de chauffage (énergie primaire)

I.1.2 Déperditions

La figure 1.2 représente la consommation journalière surfacique des différents immeubles en fonction de l'écart de température moyen entre l'intérieur et l'extérieur. On considère ici les besoins de chauffage, on prend donc en compte l'énergie électrique pour les bâtiments chauffés à l'électricité et la consommation mesurée par les compteurs de chaleur pour les autres. Pour se ramener à des besoins dans les logements, on ne considère qu'un rendement de distribution hors logement (93%). En effet, comme on s'appuie sur la température intérieure réellement mesurée on n'applique donc pas de rendement d'émission, ni de rendement de régulation. Cette représentation permet d'évaluer les déperditions du

bâtiment (ces dernières étant proportionnelles à l'écart des températures intérieure /extérieure). On a ajouté sur ce graphique les résultats obtenus pour un bâtiment performant (consommation de 55 kWh/m².an). On observe que :

- La consommation augmente linéairement avec l'écart de température pour toutes les opérations à l'exception de Feyzin, opération pour laquelle la régulation du plancher chauffant en fonction de la température extérieure ne fonctionne plus.
- Plus les bâtiments sont déperditifs (donc de mauvaise qualité thermique), plus le gain de température intérieure dû aux apports gratuits est faible. Ce gain va de 1,9°C (Rillieux) à 4,4°C (Saint Geoire) alors qu'on a mesuré 4,9°C pour le bâtiment performant (Bron).
- On voit que pour les deux bâtiments disposant de plancher chauffant électrique fonctionnant uniquement en heures creuses lorsque l'écart de température augmente la courbe n'est plus linéaire un palier se forme. Cela signifie qu'on a atteint la limite de puissance du plancher. Il est cependant étonnant que l'appoint (convecteurs électriques) ne prennent alors pas la suite.
- La pente des droites de régression de chaque bâtiment représente les déperditions (puissance/degré) de chacun, et donc le niveau de qualité d'isolation de leur enveloppe. Ainsi c'est le bâtiment de Saint Geoire qui possède le coefficient directeur le plus faible traduisant ainsi un niveau d'isolation supérieur aux autres opérations. Vient ensuite le bâtiment de Grenoble, légèrement isolé puis enfin ceux de la Mulatière et Rillieux La Pape qui ne sont pas isolés. On a exclu de cette comparaison Feyzin car l'allure de la courbe n'est pas suffisamment linéaire pour extrapoler les résultats.
- A l'exception de Saint Geoire les déperditions sont partout plus de deux fois supérieures à celles du bâtiment performant (Bron).



Opération	Température de base	Déperditions mesurées (W/m ²) (DT=30°C)	Gain de température intérieure dû aux apports gratuits (°C)
Rillieux	-11°C	65	1.9
Mulatière		62	2.6
Grenoble		51	3.0
Saint Geoire		43	4.4
Bron		26	4.9

Figure 1.2 : Evaluation des déperditions des bâtiments étudiés / Comparaison à un bâtiment performant

1.2 EAU CHAUDE SANITAIRE

Le graphique de la figure 1.3 donne les consommations surfaciques d'ECS en énergie primaire. On voit que les chauffe eau électriques consomment près de deux fois plus d'énergie primaire que les installations collectives à combustible. Les valeurs obtenues pour ces dernières sont cependant globalement élevées, en comparaison de la consommation moyenne actuelle des bâtiments construits avant 1975. Cela s'explique notamment par des volumes consommés importants.

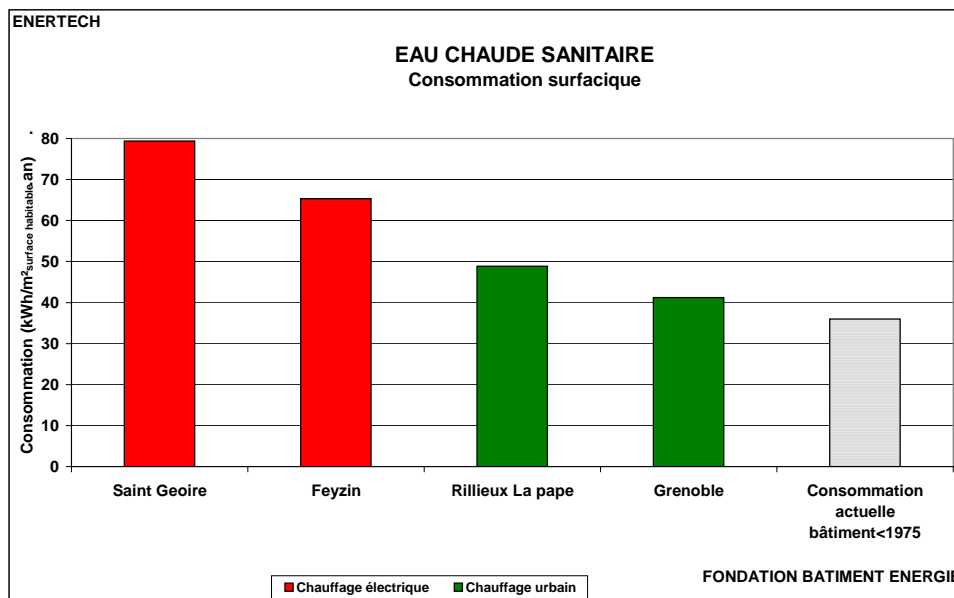


Figure 1.3 : Comparaison des consommations annuelles surfacique d'eau chaude sanitaire (énergie primaire)

Nous avons représenté sur le graphique de la figure 1.4 la consommation volumique d'ECS mesurée sur plusieurs bâtiments lors de campagnes de mesures. Les consommations ont toutes été ramenées à la température de 55°C afin de pouvoir les comparer entre elles. Nous remarquons que les volumes puisés à Rillieux et Grenoble sont parmi les plus importants. Le volume moyen puisé à Rillieux est trois fois supérieur à la consommation d'eau chaude mesurée sur l'opération la moins consommatrice !

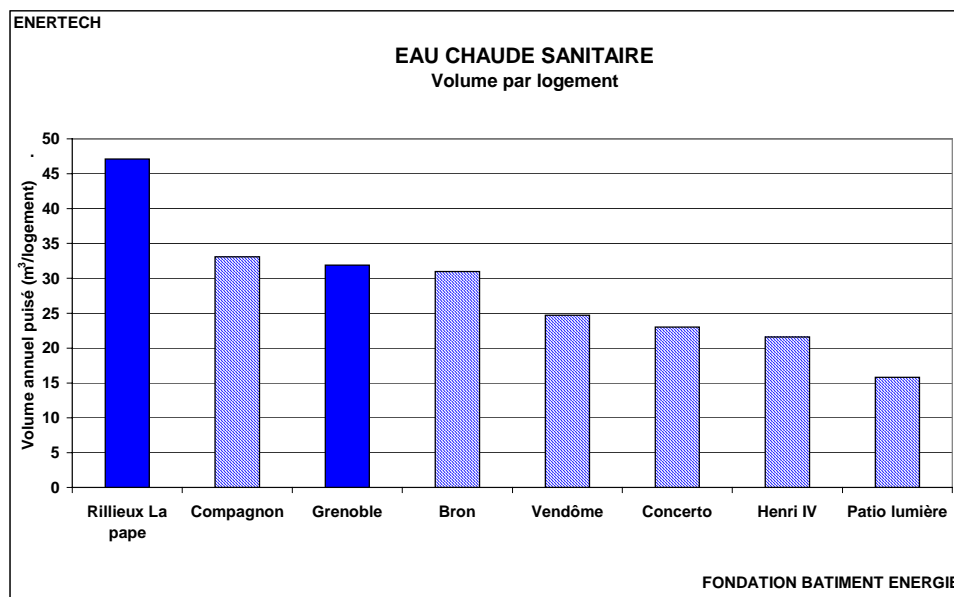


Figure 1.4 : Volumes ECS (à 55°C) annuels moyens puisés par logement pour différentes opérations – Les opérations hachurées sont des opérations neuves type BBC de la ZAC de Bonne à Grenoble

Cette comparaison de bâtiments récents, performants sur le poste ECS, et de bâtiments anciens montre que la question de l'eau chaude sanitaire, rarement abordée dans les projets de rénovation thermique, doit être envisagée de manière beaucoup plus volontariste avec l'idée et surtout la conviction que c'est un poste qui doit permettre de très grosses économies sur les consommations d'énergie.

1.3 SERVICES GENERAUX

Le graphique de la figure 1.5 représente la consommation électrique des services généraux des différentes opérations. Nous les avons comparées à d'autres bâtiments de type BBC construits récemment. On s'aperçoit que la consommation mesurée ici est inférieure à celle des bâtiments neufs ce qui s'explique par la présence dans ces derniers de parkings en sous sol, d'ascenseurs, d'installations de ventilation (qui couvrent souvent près de la moitié de la consommation), d'éclairage de secours en abondance, etc. Or on ne trouve pas ces équipements dans nos cinq opérations (à l'exception de ventilation simple flux sur certains bâtiments). Cependant ces consommations paraissent élevées pour les seuls usages qu'elles couvrent, à savoir éclairage pour Feyzin et Saint Geoire, éclairage, chaufferie et ventilation (seulement à Grenoble et Rillieux) pour les autres. Il sera donc impératif d'optimiser ces postes de consommation si on ne souhaite pas que ce poste double voire triple après réhabilitation.

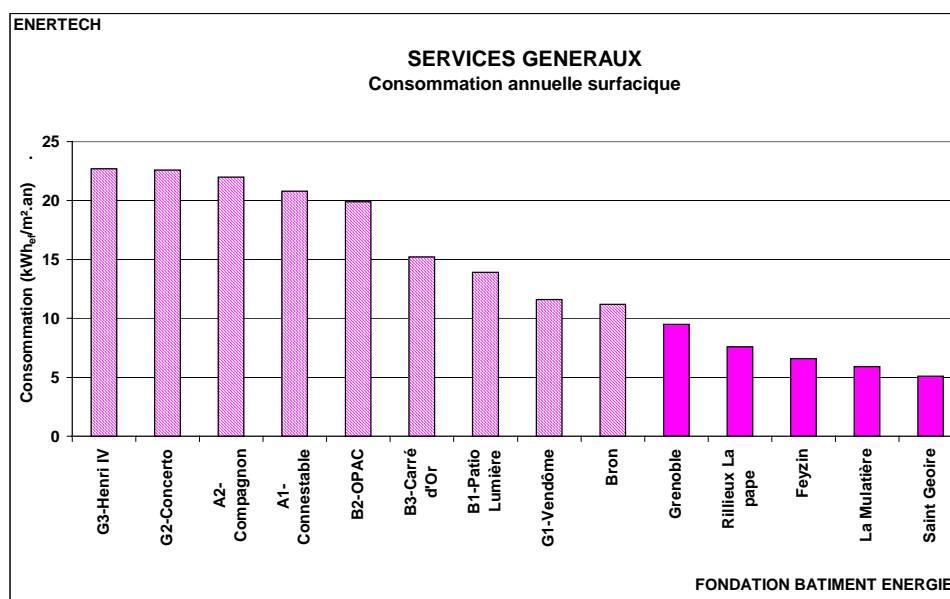


Figure 1.5 : Comparaison de la consommation des services généraux de différentes opérations - Les opérations hachurées sont des opérations neuves type BBC de la ZAC de Bonne à Grenoble

1.4 CONFORT

1.4.1 Hiver

Le graphique de la figure 1.6 compare les températures maintenues en hiver dans les différents bâtiments. Dans tous les cas la température est très largement supérieure à la valeur réglementaire de 19°C. Si dans les bâtiments récents, très bien isolés, le respect d'une température de 19°C est compatible avec le confort parce qu'il n'y a plus de parois froides, il n'en est pas de même avec les bâtiments

anciens, pas ou peu isolés. L'un des intérêts de la rénovation thermique sera donc de pouvoir abaisser la température de chauffage, et donc de réduire doublement la consommation de chauffage.

On observe aussi que les deux opérations en chauffage électrique sont celles qui présentent les températures les plus basses. Ceci confirme ce que l'on sait depuis longtemps : plus une énergie est chère, plus on tente de s'en passer en limitant sa température de chauffage. On remarque dans tous les cas l'absence d'organe de régulation terminale qui ne permet donc pas de récupérer les apports internes.

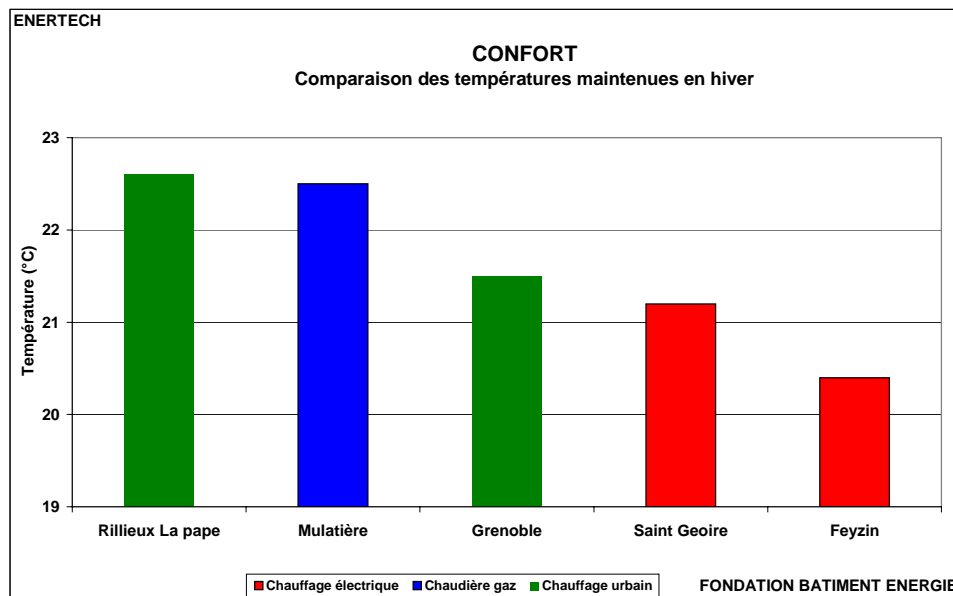


Figure 1.6 : Comparaison des températures maintenues en hiver dans les différents logements

I.4.2 Été

Le graphique de la figure 1.7 représente les températures moyennes atteintes en été. Elles sont globalement très élevées. C'est à Grenoble que la valeur est maximum. Cependant les mesures n'ont pas été faites la même année que les quatre autres opérations. On voit que les valeurs mesurées pour les trois opérations de la région lyonnaise sont proches (entre 24,3 et 24,8°C). Enfin la température à Saint Geoire est très largement inférieure. On ne remarque d'ailleurs dans cet immeuble aucun inconfort. Cela s'explique peut-être par la localisation de l'opération hors centre ville et en altitude (environ 500 mètres). Saint Geoire est loin des îlots de chaleur urbains et l'ouverture des fenêtres la nuit est possible.

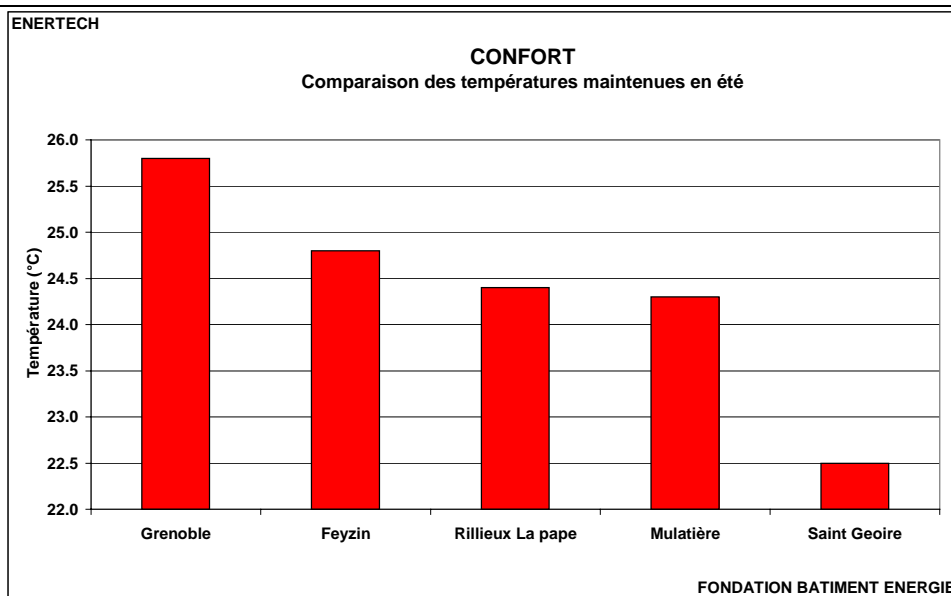


Figure 1.7: Comparaison des températures maintenues en été dans les différents logements

A l'exception de Saint Geoire le nombre d'heures moyen annuel où la température dépasse 28°C est toujours supérieur à 180, soit plus de 7 jours. Dans les logements les plus chauds on a dépassé cette température plus de 20% du temps, voire 35% dans le cas le plus défavorable (Feyzin) ! Il y a donc un réel inconfort qui tient probablement au bâti mais aussi à la mauvaise gestion des ouvertures de fenêtres/protections solaires des logements ainsi qu'à la surabondance des consommations électrodomestiques dont on a montré depuis longtemps par mesure qu'elles constituaient la première cause de surchauffe dans les logements en été.

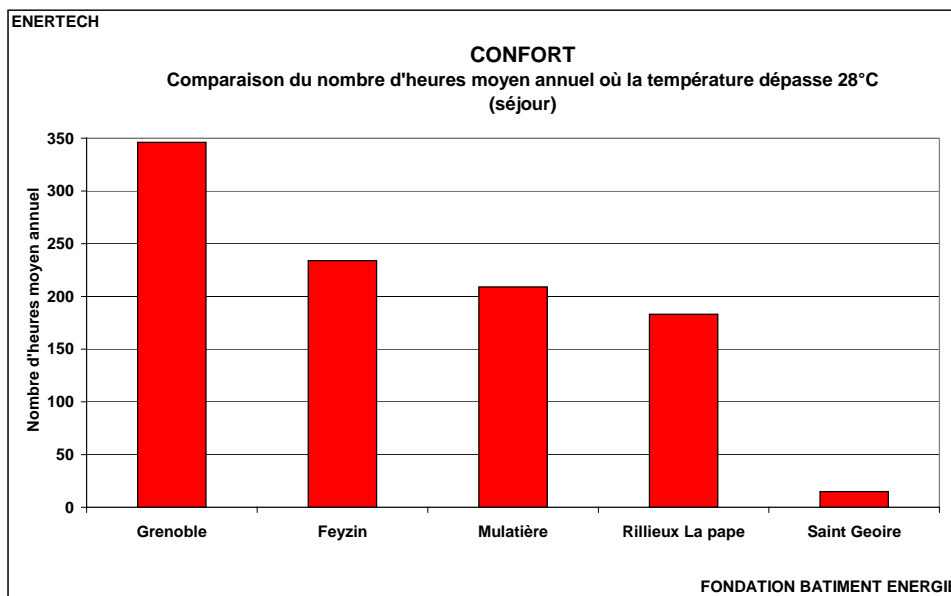






Figure 1.8 : Comparaison du nombre d'heures moyen annuel où la température dépasse 28°C dans le séjour

Partie II : Travaux prévus et planning

Le tableau suivant résume l'ensemble des travaux prévus pour les différentes opérations étudiées. Il s'agit de rénovations performantes mais *a priori* pas extrêmement ambitieuses. Il est notamment à déplorer que des niveaux d'isolation plus élevés n'aient pas été mis en œuvre. De plus aucun immeuble ne sera équipé de régulation terminale très efficace. Ainsi au mieux des robinets thermostatiques seront posés et on ne trouve hélas aucun système à Grenoble. On risque donc d'observer dans la campagne de mesures post travaux des niveaux de température toujours trop élevés, conduisant à des surconsommations. Car dans les bâtiments performants, le poids d'un degré supplémentaire dans les surconsommations est d'environ 15%.

On constate que les travaux de tous les projets ont pris du retard. Nous pourrions réinstrumenter les premiers bâtiments (Feyzin et Saint Geoire) au cours de l'hiver 2011-2012. Les travaux sont en cours à Rillieux mais n'ont toujours pas commencé à Grenoble et La Mulatière. Avec les délais prévus actuellement par les Maîtres d'Ouvrage, la fin du projet n'aura pas lieu avant juin 2014.

	Grenoble	Mulatière	Rillieux	Saint Geoire	Feyzin
					
Surface habitable	2 497	3 805	13 044	1 588	1 048
Nombre de logements	47	55	166	24	16
Production de chaleur	Chauffage urbain	Chaudière gaz à condensation ou pompe à chaleur à absorption gaz	Chauffage urbain	Chauffage collectif bois déchiqueté	Chaudière à condensation à brûleur modulant
Distribution	Désembouage et équilibrage du réseau		Recalorifugeage des canalisations principales		
Emission	Pas de modification / Plancher chauffant	Pas de modification / Radiateurs bitubes	Pas de modification / Radiateurs bitubes	Radiateurs	Radiateurs
Régulation terminale	Aucune	Têtes thermostatiques	Têtes thermostatiques	Têtes thermostatiques dans cuisine et séjour	Têtes thermostatiques
Ventilation	Simple flux hygro B	Double flux avec échangeur de chaleur	Simple flux hygro B	Simple flux hygro B	Simple flux hygro B
Mur	Pas de modification	16cm polystyrène Th32	11cm de polystyrène extérieur	Pas de modification	10 cm de polystyrène expansé extérieur
Plancher bas	Pas de modification	Isolation supplémentaire de 14cm de fibralith (en plus des 2,5 cm existant)	Flocage 11cm sur cave	Pas de modification	10cm de flocage
Toiture	20cm polyuréthane	Isolation supplémentaire de 10cm de Polyuréthane (en plus des 8cm de polystyrène existants)	10cm polyuréthane (Velay) 7cm polyuréthane (autres bât.)	40 cm d'isolant de laine minérale	9cm polyuréthane
Menuiseries	Menuiseries PVC Double vitrage peu émissif	Menuiseries PVC Double vitrage peu émissif	Double vitrage peu émissif 4/16/4 avec volets roulants	Double vitrage peu émissif avec volets roulants	?
ECS	Pas de modification	Pas de modification	Pas de modification	Installation solaire collective individualisée	Installation solaire collective
Objectif rénovation	BBC Effinergie Cep = 96 kWhep/m ² SHON.an	BBC Cep = 65/48 kWhep/m ² SHON.an (chaud gaz cond./PAC)	BBC Cep = 68 kWhep/m ² SHON.an	Pas d'objectif	?

CONCLUSION

A l'exception d'un projet (Feyzin), les niveaux de consommation de chauffage observés sont inférieurs à la moyenne nationale des immeubles construits à la même époque. Cela s'explique par les caractéristiques des bâtiments suivis. En effet, ils sont pour la plupart déjà partiellement isolés et ne représentent donc pas ceux qui offriront le plus gros gisement d'économies d'énergie. La situation est très différente pour l'eau chaude sanitaire car pour toutes les opérations la consommation mesurée est supérieure à la valeur moyenne nationale des bâtiments d'avant 1975.

Il est à déplorer que les programmes de rénovation mis en œuvre sur ces projets pilotes ne soient pas très ambitieux. On risque ici d'échouer à atteindre l'objectif assigné de facteur 4 et de ce fait de « tuer le gisement ». On peut prendre l'exemple de l'isolation des murs. Seuls trois des cinq projets agissent sur ce poste et pour deux opérations l'épaisseur est faible (respectivement 10 et 11cm de polystyrène à Feyzin et Rillieux). Or l'isolant n'est pas ce qui coûte cher, c'est plutôt la main d'œuvre. Rajouter *a posteriori* de l'isolant ne se justifiera pas économiquement.

Il est aussi étonnant que, pour certains projets, malgré des programmes de travaux peu importants on puisse atteindre le niveau BBC rénovation. Attention il s'agit là uniquement d'un calcul règlementaire et la mesure après travaux sera intéressante car elle permettra de calculer l'économie effective. Il risque d'y avoir quelques déconvenues...

Il faudra aussi être très vigilant au confort d'été. On a vu que les bâtiments de l'échantillon sont déjà relativement inconfortables en été (à l'exception de Saint Geoire). Or en les isolant, on risque d'entraîner davantage de surchauffes. Les apports de chaleur qui pénètrent (apports internes et solaires) auront ainsi plus de mal à être évacués. Il faudra s'assurer qu'une stratégie contre l'inconfort d'été a bien été envisagée dans ces projets de rénovation.

Enfin nous ne pouvons pas nous engager sur un délai de réalisation de la mission car pour certains projets les dates de début de travaux ne sont pas encore clairement définies.