

6. CHAUFFAGE

- 6.1. Les systèmes de chauffage
- 6.2. Les besoins terminaux de chauffage
- 6.3. Les bilans et interventions de chauffage
 - 6.3.1. Combustible
 - 6.3.2. Electricité

6.1 LES SYSTEMES DE CHAUFFAGE

Principe de classement

Nous n'aborderons ici que les systèmes dits centraux ou intégrés, les systèmes dits divers étant examinés avec l'application sectorielle "maison individuelle" (paragraphe 8.1.)

La base de classement adoptée est le "fluide chauffant" :

- soit l'eau chaude,
- soit l'électricité,
- soit un autre fluide, plus rare (exemple : air chaud, vapeur, etc.).

Dans certains cas, le fluide chauffant est dit *secondaire*, car il extrait sa chaleur d'un autre fluide, dit *primaire*, alimenté à partir d'une chaufferie centrale. C'est en particulier le cas de certains chauffages collectifs.

La production de chaleur est traitée au paragraphe 7.1.

Le chauffage à eau chaude

Les différents systèmes utilisés peuvent être classés selon 3 points de vue différents :

- le mode d'émission,
- le mode de distribution
- le mode de régulation.

Nous allons adopter ce classement pour examiner les points principaux concernant les économies d'énergie.

1. En matière d'*émission*, il faut faire une distinction importante entre deux catégories d'émetteurs :

- les radiateurs, ou convecteurs d'une part, alimentés par de l'eau chaude à 80°C pour la température extérieure de base,
- les panneaux à tubes enrobés d'autre part, à température d'alimentation plus faible (moins de 60°C aux conditions extérieures de base, et souvent plutôt 50°C).

Les radiateurs et convecteurs peuvent être équipés de robinets manuels ou automatiques (thermostatiques) permettant un réglage pièce par pièce. Ils peuvent, en outre, être équipés de compteurs de chaleur, soit à évaporation (placés sur le corps de chauffe), soit à partir de robinets spéciaux.

La très grande majorité de panneaux à tubes enrobés ne peuvent recevoir de robinet de réglage, ni de compteur. De plus, la plupart des installations françaises sont du type dit "à dalle pleine", possédant une émission d'un même ordre de grandeur vers le haut et vers le bas, ne permettant pas des réglages séparés entre les locaux du dessus et ceux du dessous.

Tous ces éléments jouent un rôle important en matière d'*équilibrage*, c'est-à-dire d'adéquation des émissions aux besoins. Un bon équilibrage exige un calcul préalable soigné, et un ajustement éventuel sur place, grâce à des dispositifs intégrés aux installations, permettant d'avoir une distribution homogène des températures intérieures.

2. Le mode de *distribution* n'a pas une importance considérable sur le plan des économies d'énergie. Que le système soit à deux tuyaux ou à un tuyau (figure 6.1.1, les capacités d'adaptation restent sensiblement les mêmes. Il faut toutefois mettre à part les systèmes à un tuyau en série qui, solidarissant plusieurs émetteurs placés dans des locaux différents, à la suite les uns des autres, ne permettent pas de les équilibrer ni de les régler séparément.

3. Le mode de *régulation* est souvent un élément clé du diagnostic, qu'il s'agisse du mode existant, ou de ceux – nouveaux – qui peuvent être envisagés.

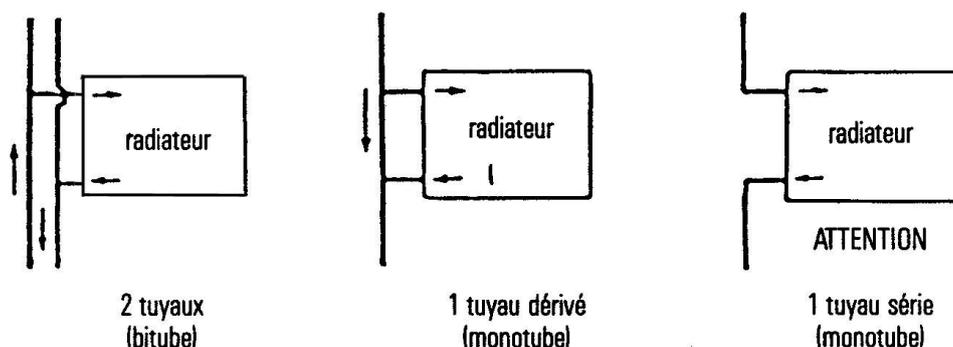


Figure 6.1. 1- Les 3 principaux modes de distribution (chauffage à eau chaude)

La plupart du temps, l'installation de chauffage à eau chaude comporte un réglage central minimal. Ce réglage peut être assuré par un *aquastat* qui asservit la combustion à la température d'eau, cette dernière pouvant être fixée par l'utilisateur en tournant une molette adéquate. Cette solution présente beaucoup d'incertitudes et d'imperfections. Normalement, le rôle de l'aquastat devrait être un rôle de sécurité, limitant la température d'eau, par exemple à 80°C. Un deuxième organe assure alors la régulation.

Il existe généralement une *régulation centrale* fonctionnant soit "sur température intérieure", soit sur "température extérieure". Avec les chaudières tout ou rien, il est possible d'asservir le fonctionnement du brûleur à un *thermostat intérieur* placé dans un local "représentatif", par exemple la salle de séjour d'un logement. La difficulté réside dans le choix du local représentatif. Ce dispositif permet, en tout cas, pour les petites installations, une commande aisée, à la disposition de l'utilisateur, avec éventuellement une horloge intégrée pour les ralents.

La solution la plus fréquente, et quasi unique pour les installations importantes, est basée sur la régulation de la température d'eau *en fonction de la température extérieure*. Dans les petites installations, cette régulation peut comporter une simple action tout ou rien sur la chaudière. Dans les grandes installations, il s'agit généralement d'une régulation par mélange, avec vannes spéciales, le tout éventuellement équipé d'une horloge automatisant les arrêts et ralents.

Il est presque toujours recommandable de compléter ces réglages centraux par des réglages localisés, et d'équiper les radiateurs et convecteurs de *robinets thermostatiques*, qui permettent de régler séparément l'émission dans chaque local. Ceci n'exclut pas le réglage central, mais le complète.

Le chauffage électrique

En diagnostic, le chauffage électrique ne se rencontrera généralement qu'en bâtiment relativement récent. Le classement des systèmes que nous utilisons repose sur le mode d'émission. A chaque mode correspond normalement un type de régulation.

Le mode le plus simple, dit généralement *direct*, repose sur l'emploi de convecteurs électriques, en principe équipés chacun d'un thermostat d'ambiance. Ce système ne présente pas, à priori, sur le plan des économies d'énergie, de difficultés particulières, quand le matériel est en bon état. Un dispositif, plus ou moins centralisé, de programmation ou commande accompagne parfois le réglage décentralisé, en particulier dans le domaine tertiaire (hôtels par exemple) où l'utilisateur n'est pas naturellement conduit à gérer le chauffage.

Il existe aussi, comme en chauffage à eau chaude, un mode d'émission par panneaux à éléments chauffants enrobés dans les planchers. Ce mode d'émission présente les mêmes difficultés qu'avec l'eau chaude. Afin de faciliter le réglage, qui ne peut être décentralisé, le système peut être *mixte* : planchers chauffants pour le chauffage de fond, convecteurs pour le chauffage d'appoint. Les planchers sont réglés centralement, en fonction de la température extérieure, pour fournir une température de l'ordre de 12°C (les usagers demandent malheureusement souvent plus). Les convecteurs permettent à chaque usager de régler les températures par complément. En collectif, l'électricité utilisée pour le chauffage des planchers figure dans les charges collectives, celle utilisée pour les convecteurs est normalement décomptée au compteur individuel du logement.

Cette description sommaire ne concerne que les usages directs de l'électricité. L'usage indirect, à partir de chaudières ou pompes à chaleur, par des systèmes à eau chaude (ou air chaud) étant essentiellement traité au niveau de la production de chaleur (paragraphe 7.1.).

Les autres fluides chauffants

Le fluide venant ensuite, par ordre d'importance, est l'*air chaud*. Selon qu'on utilise en habitat individuel, en collectif, ou en tertiaire, les procédés varient fortement. C'est la raison pour laquelle il est difficile de traiter ce fluide lors des applications que la figure 6.1.2. essaie de résumer. Dans les cas B et C, il s'agit d'aérothermes, dont l'alimentation en chaleur est assurée par l'eau chaude et relève donc des techniques correspondantes. Il faut noter toutefois qu'on peut en plus arrêter presque complètement l'émission en arrêtant le ventilateur de l'aérotherme. Par contre, dans les cas A et D, la chaleur est distribuée aux différents locaux par air, et les problèmes d'équilibrage et de régulation sont tout à fait typiques de ce fluide. L'utilisation correcte de ces techniques exige des compétences qui n'existent pas partout.

Cette dernière observation est encore plus importante pour le fluide suivant qui est la *vapeur* (d'eau). Ce fluide est tellement rare dans les installations françaises (vapeur dite basse pression) qu'il n'existe guère de spécialistes compétents. Si le diagnostiqueur se trouve face à une installation de ce type, il conviendra d'en tenir compte.

Les chauffages collectifs

Quand il s'agit de distribuer de la chaleur à de multiples bâtiments, a fortiori lorsqu'il s'agit de chauffages urbains, l'analyse économique montre l'intérêt d'opérer à haute température, très en dessus de 100°C. (Ceci pour des problèmes de sécurité). D'où le schéma quasi général suivant :

- en fluide primaire à haute température (eau surchauffée à 180°C par exemple, plus rarement vapeur haute pression),
- dans une sous-station par bâtiment, un échangeur recevant la chaleur du fluide précédent et le cédant au fluide suivant,
- en fluide secondaire à température usuelle (eau chaude 80-90°C, au moins, etc.) assurant la distribution de chaleur à l'intérieur des bâtiments.

Chaque échangeur possède sa régulation, et le circuit secondaire correspondant relève alors des techniques déjà analysées.

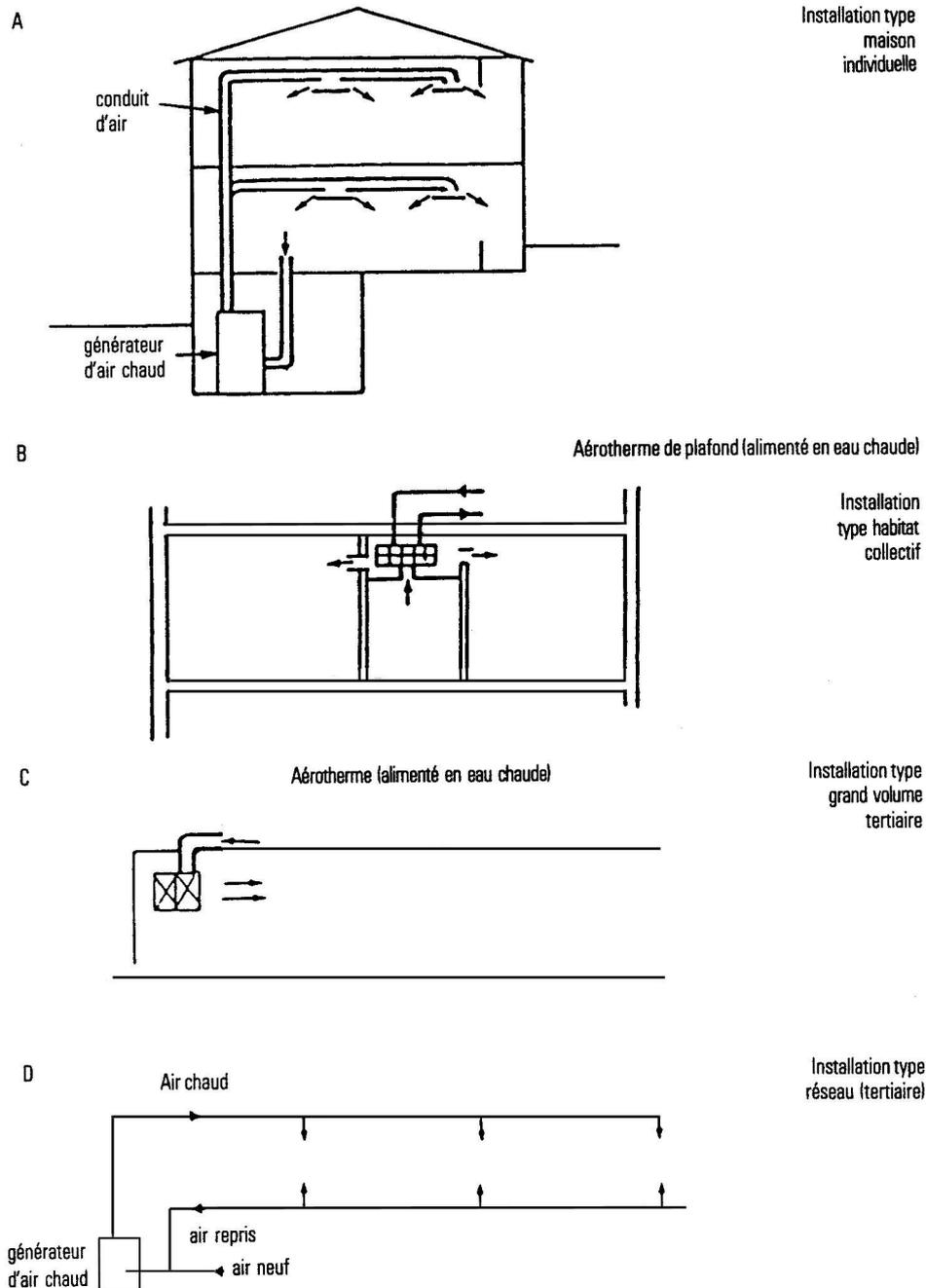


Figure 6.1. 2 - Principaux systèmes de chauffage à air chaud

6.2 LES BESOINS TERMINAUX DE CHAUFFAGE

L'articulation de calcul

Dans la plupart des systèmes de chauffage, les besoins terminaux s'écriront :

$$(6.2) 1 \quad \text{TERCHA} = \text{BN}$$

TERCHA : besoins terminaux de chauffage [kWh/an],
BN : besoins nets [kWh/an].

Les besoins nets s'écriront :

$$(6.2) 2 \quad \text{BN} = \text{BB} - \text{AUT}$$

BB : besoins bruts [kWh/an]
AUT : apports gratuits utiles [kWh/an]

Le paragraphe suivant indique comment se calculent les apports gratuits utiles, les besoins bruts, les besoins nets.

Les besoins bruts correspondent à la chaleur qui serait nécessaire si les apports gratuits étaient négligeables. Les besoins nets correspondent au contraire à la chaleur qu'il est nécessaire de fournir aux locaux compte tenu des apports gratuits (figure 6.2.1).

Avec certains systèmes de chauffage, essentiellement le chauffage par panneaux, les besoins terminaux (TERCHA) ne compensent pas seulement les besoins nets (figure 6.2.2) mais aussi les pertes à l'émission (PEREMCHA), qui sont, dans le cas des panneaux, les pertes vers des zones non chauffées ou vers l'extérieur. La formule (6.2.1) est donc une formule fréquente d'emploi, mais il conviendra parfois d'utiliser la formule suivante :

$$(6.2) 3 \quad \text{TERCHA} = \text{BN} + \text{PEREMCHA}$$

Nous indiquerons, dans un paragraphe ultérieur, les moyens de calculer PEREMCHA.

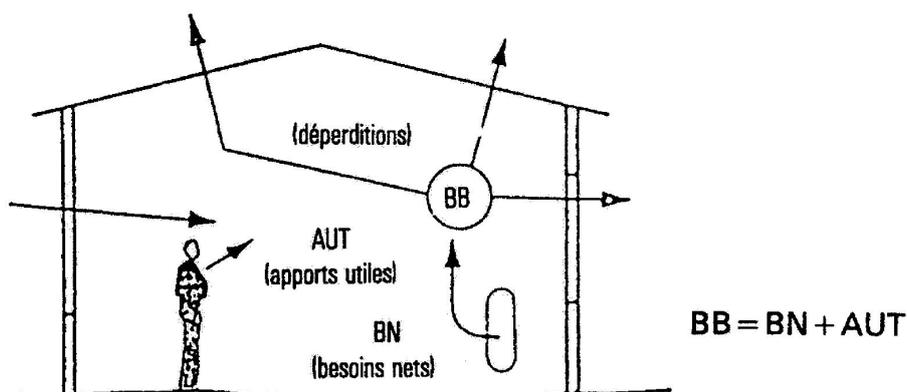


Figure 6.2. 1 - Les besoins bruts (déperditions) sont compensés par la somme des besoins nets et des apports utiles

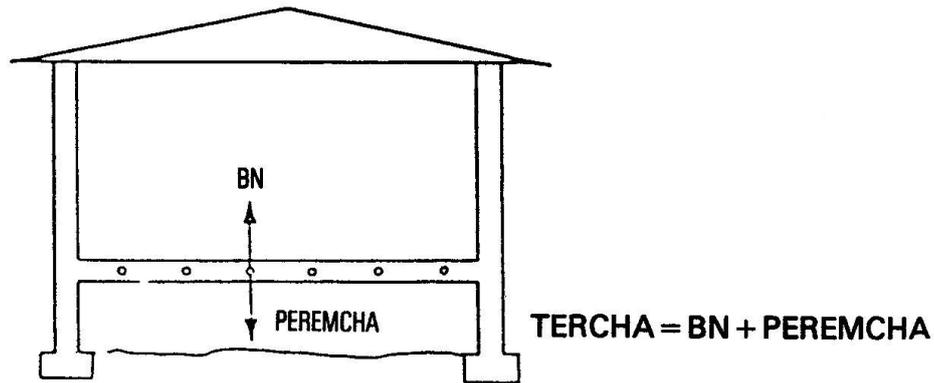


Figure 6.2. 2 - Avec certains systèmes, il y a des pertes à l'émission (PEREMCHA)

Les besoins bruts

Pour calculer les besoins bruts, il faut connaître les consignes de température intérieure. C'est un paramètre qui est d'ailleurs fondamental en diagnostic, la maîtrise de la température intérieure constituant une des sources principales d'économie d'énergie.

Quatre éléments principaux fixent le niveau de température intérieure :

1. Le *comportement des usagers* par leur action sur les régulateurs, surtout quand il y a répercussion directe sur les coûts, par exemple :
 - en chauffage central individuel,
 - en chauffage collectif avec comptage,
 - en chauffage électrique mixte avec chauffage de fond bien réglé ;
2. La *modulation* liée aux intermittences de fonctionnement ou aux ralentis, de nuit et de fin de semaine par exemple ;
3. La *capacité et la précision* de la régulation terminale ;
4. L'*équilibrage*.

L'influence des usagers (habitat)

Quand l'utilisateur paie directement sa consommation, ou du moins paie au prorata de celle-ci, l'expérience prouve qu'il y a une réduction systématique des températures intérieures, surtout quand le climat n'est pas trop sévère (figure 6.2.3.). Dans ce domaine, chaque famille (il s'agit surtout de l'habitat) a un comportement relativement stable, la figure 6.2.3. illustrant le cas moyen, noté moy, et les deux cas tout à fait extérieurs, notés max et min. Entre les deux se placent les différentes familles, selon des schémas que nous précisons par la suite (paragraphe 8.1.. Bien noter qu'il s'agit là des températures moyennes quotidiennes, sur le jour et la nuit, et sur toutes les pièces du logement. En chauffage collectif sans comptage, la température est sensiblement constante intérieurement, et suit des profils que nous étudierons au paragraphe 8.2, le profil type étant celui d'une température intérieure constante pendant l'hiver, à 19°C par exemple.

L'influence des intermittences et ralentis

Une grande partie des réductions de consommation peut être obtenue par ralenti ou arrêt programmé. C'est le cas, en particulier, en tertiaire où les profils de température de nuit, ou de fin de semaine ont souvent l'une des deux allures indiquées figure 6.2.4.

On peut montrer que, si l'intermittence est périodique (ce qui est le cas général), l'économie apportée en chauffage continu est indiquée par l'écart moyen de température ($T_i - T_e$) pendant le cycle. Plus le local se refroidit vite, plus l'économie est importante.

Malheureusement, l'allure des courbes de refroidissement (courbes AB de la figure 6.2.4) dépend fortement de l'inertie du bâtiment, notion qu'il est difficile de quantifier simplement. Sauf dans le cas où le diagnostiqueur dispose d'un logiciel puissant répondant à cette préoccupation, il faut se contenter de résultats statistiques.

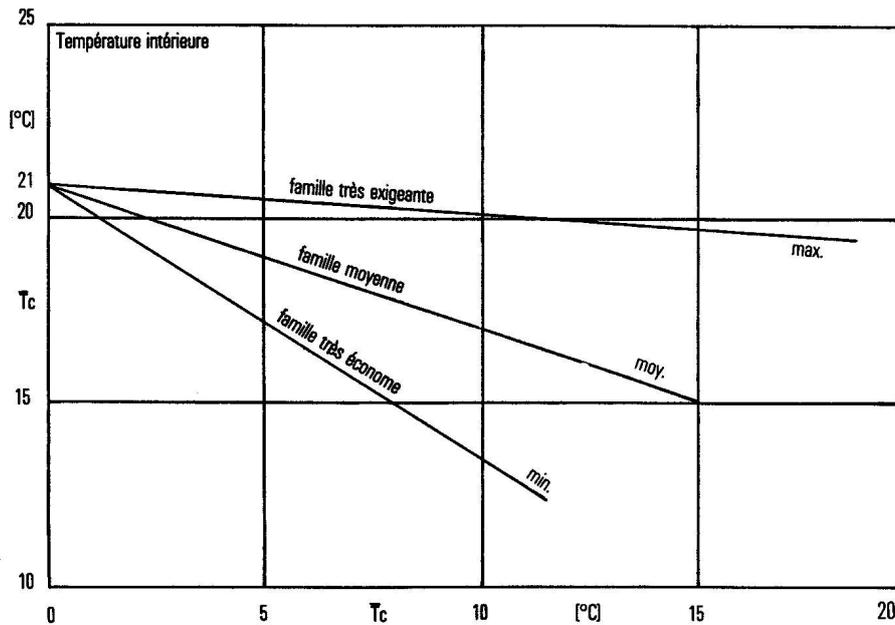


Figure 6.2. 3 - Comportement des usagers (1983)

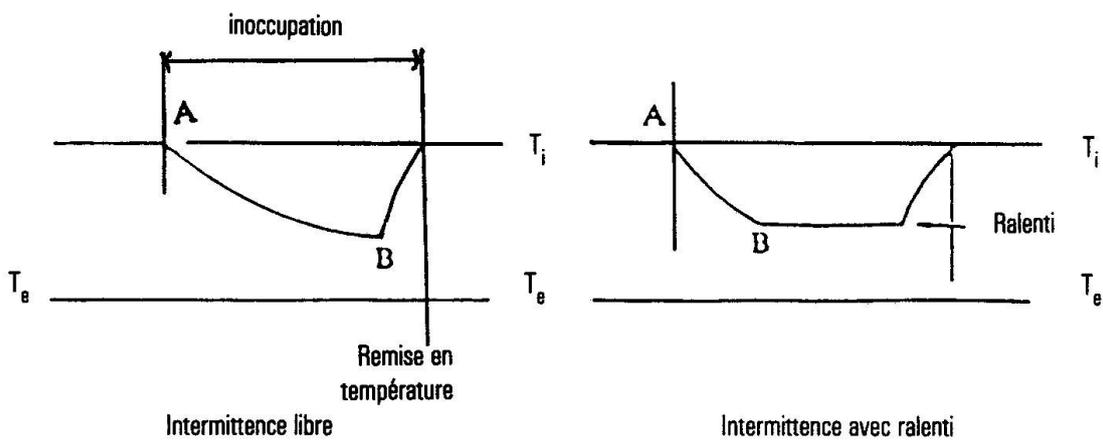


Figure 6.2. 4 - Les deux modèles d'intermittence

La figure 6.2.5. illustre ces résultats, avec les conventions suivantes :

- a) *structure légère* : murs extérieurs légers ou creux, planchers légers (ex : bois), cloisons très légères ou peu nombreuses ;
 b) *structure semi-légère* : murs extérieurs légers ou creux, planchers béton ou corps creux, cloisons courantes (peu de mur intérieur) ;
 c) *structure semi-lourde* : murs de pierre + planchers bois, ou murs de parpaings + planchers béton, murs et cloisons courants et assez nombreux (exemple : habitat) ;
 d) *structure lourde* : murs pierre épais, planchers type voûté, etc.

Inoccupation	8 h	14 h	20 h
Structure :			
- légère	22	46	70
- semi-légère	14	32	55
- semi-lourde	8	22	45
- lourde	4	13	30

Figure 6.2. 5 - Exemple d'économies (en %) pour des cycles quotidiens en intermittence libre

CLIMAT	Coefficient climatique CCL	HK			Economie (%)	
		Continu 19°C	Avec ralenti (*)	En intermittence libre	Avec ralenti (*)	En intermittence libre
Doux	1,5	43	31	31	28	28
Assez doux	2,1	56	41	40	26	28
Moyen	2,7	70	53	50	25	28
Froid	3,3	84	64	60	24	28
Très froid	3,9	99	76	71	23	28

(* : voir texte) (CCL et HK : voir suite)

Figure 6.2. 6 – Exemples d'économies d'énergie dans les magasins

CLIMAT	Coefficient climatique CCL	HK			Economie (%)	
		Continu 19°C	Avec ralenti (*)	En intermittence libre	Avec ralenti (*)	En intermittence libre
Doux	1,5	31	26	24	18	22
Assez doux	2,1	43	36	33	16	22
Moyen	2,7	55	48	43	14	22
Froid	3,3	70	61	54	12	22
Très froid	3,9	84	75	65	11	22

(* : voir texte) (CCL et HK : voir suite)

Figure 6.2. 7 – Exemples d'économies d'énergie dans les magasins

La figure 6.2.5. illustre les économies que permettent d'atteindre ces structures¹ en fonction de différents programmes d'intermittence libre (voir figure 6.2.4.)

Dans la plupart des installations modernes, la remise en température étant relativement rapide, nous donnons ici des valeurs type correspondant à la remise en température de 2 heures.

Il faut prendre garde aux résultats précédents qui ont une signification limitée parce qu'il s'agit d'intermittence "libre". En effet, la plupart des installations actuelles, pour protéger les biens intérieurs, ne fonctionnent pas en intermittence libre, mais avec ralenti (figure 6.2.4.). Les règles donnant l'économie sont alors assez délicates. Nous ne donnerons, pour le moment, que deux exemples :

a) celui de *bureaux* chauffés à 19°C, 9 heures par jour, avec ralenti de nuit à 14°C et de fin de semaine à 8°C,

b) celui de *magasins* de vente chauffés 11 heures par jour, 6 jours par semaine à 17°C, avec ralenti hors occupation à 14°C.

Les économies correspondantes (par rapport au chauffage continu) sont indiquées figures 6.2.6 et 6.2.7, pour des structures semi-légères. Des méthodes plus détaillées seront fournies par la suite, en particulier paragraphe 8.3.

L'équilibrage

Lorsque le système de chauffage est basé sur la distribution d'un fluide chauffant vers des émetteurs (ou des bouches de soufflage), le calcul des installations et leur mise en service doit assurer un bon équilibrage, c'est-à-dire une émission aussi adaptée que possible aux besoins de chaque local.

Ce calcul s'exécute pour des locaux non occupés et non ensoleillés (sans chaleurs gratuites). Le diagnostiqueur doit, si possible, vérifier cet équilibrage, dans les conditions précitées (pas de soleil, occupation nulle ou faible, pas de dégagement de chaleur). Cette vérification rapide doit permettre de voir comment se répartissent les températures dans les différents locaux, et de déterminer ce que nous appelons l'*écart moyen d'équilibrage* (DELEQ).

Si les déséquilibres sont assez répartis, cet écart moyen est égal à la moyenne entre la température maximale (local le plus chauffé) et la température minimale (local le moins chauffé). Si le déséquilibre est tout à fait inégal, il faut opérer autrement. Par exemple, si deux locaux sont à 19°C, deux à 20,5°C, un à 22°C (tous robinets ouverts), et si la température recherchée est 19°C, l'écart moyen d'équilibrage est égal à :

$$\frac{2 \times 19 + 2 \times 20,5 + 1 \times 22}{5} - 19 = 1,2 \text{ degré}$$

Ce déséquilibre augmente les besoins, ainsi que nous le chiffrerons par la suite.

(¹) D'après une étude détaillée de 50 cas, sans ameublement.

Les conditions extérieures

La méthode traditionnelle de calcul des besoins de chauffage utilise la notion de degré-jour. Nous reviendrons ultérieurement sur cette notion, qui présente quelques difficultés d'emploi. La solution adoptée ici repose sur un *coefficient climatique* qui caractérise la "sévérité climatique" du lieu indépendamment de toutes hypothèses, par exemple sur les températures intérieures ou les durées de chauffage.

Pour calculer le coefficient climatique d'un lieu, il suffit de connaître :

- le département,
- l'altitude (ALT) en mètres.

Quand on connaît le département, on peut fixer le coefficient climatique au niveau zéro : CC0, qui est donné par la figure 6.2.8. Le coefficient climatique local (CCL) s'obtient par les formules suivantes :

SITES NON COTIERS :

- altitude \leq 600 m :
(6.2) 4
$$\text{CCL} = \text{CC0} + 0,001 \times \text{ALT}$$
- altitude $>$ 600 m :
(6.2) 5
$$\text{CCL} = (\text{CC0} - 0,4) + \frac{\text{ALT}}{600}$$

SITES COTIERS :

- (6.2) 6
$$\text{CCL} = \text{CC0} - 0,2$$

Chaque site sera désormais caractérisé par son coefficient climatique local (CCL).

Calcul des besoins bruts

Tous les éléments fournis jusqu'ici sont des préliminaires. Sur le plan pratique, la première phase du bilan consiste tout simplement à calculer les besoins bruts. Pour cela, nous utilisons la formule suivante :

(6.2) 7
$$\text{BB} = \text{U} \times \text{HK}$$

BB : besoins bruts [kWh/an],

U : coefficient de déperditions [W/K],

HK : coefficient (kilodegrés-heures par an) représentant l'influence sur l'ensemble de la saison de chauffage des écarts de température, entre l'intérieur et l'extérieur.

Les paragraphes 8.1, 8.2 et 8.3 fourniront des éléments plus détaillés, et adaptés à chaque cas, pour l'estimation des coefficients HK. La figure 6.2.9 illustre deux cas types, et montre l'influence du coefficient climatique local. Par exemple à Lille (CCL = 3,1), le chauffage individuel d'une famille moyenne (voir figure 6.2.3.) avec régulation par pièce correspondant à des besoins bruts égaux à (HK = 70 par interpolation) :

$$\text{BB} = 70 \times \text{U} \text{ [kWh/an].}$$

Si, par exemple, U = 700 [W/K], BB = 4.900 [kWh/an].

Départements	CC0	ZENS	Départements	CC0	ZENS
01 Ain	2,6	3	49 Maine-et-Loire	2,6	3
02 Aisne	3,0	1	50 Manche	2,8	2
03 Allier	2,6	4	51 Marne	2,9	1
04 Alpes	2,1	7	52 Marne (Haute)	2,9	2
05 Hautes-Alpes	2,2	6	53 Mayenne	2,7	3
06 Alpes-Maritimes	1,7	7	54 Meurthe-et-Moselle	2,9	1
07 Ardèche	2,2	5	55 Meuse	2,9	1
08 Ardennes	3,0	1	56 Morbihan	2,6	3
09 Ariège	2,2	6	57 Moselle	2,9	1
10 Aube	2,9	2	58 Nièvre	2,7	3
11 Aude	1,9	7	59 Nord	3,1	1
12 Aveyron	2,2	5	60 Oise	3,0	1
13 Bouches-du-Rhône	1,8	7	61 Orne	2,8	2
14 Calvados	2,9	2	62 Pas-de-Calais	3,1	1
15 Cantal	2,5	4	63 Puy-de-Dôme	2,6	4
16 Charente	2,3	5	64 Pyrénées-Atlantiques	2,1	5
17 Charente-maritime	2,3	5	65 Pyrénées (Hautes)	2,2	6
18 Cher	2,6	3	66 Pyrénées-Orientales	1,7	7
19 Corrèze	2,6	4	67 Rhin (Bas)	2,9	1
20 Corse (2A+2B)	1,7	7	68 Rhin (Haut)	2,9	1
21 Côte d'Or	2,7	3	69 Rhône	2,5	3
22 Côtes-du-Nord	2,7	3	70 Saône (Haute)	2,8	2
23 Creuse	2,6	4	71 Saône-et-Loire	2,6	3
24 Dordogne	2,3	5	72 Sarthe	2,7	2
25 Doubs	2,8	3	73 Savoie	2,7	3
26 Drôme	2,2	5	74 Savoie (Haute)	2,7	3
27 Eure	2,9	2	75 Paris	2,5	2
28 Eure-et-Loir	2,8	2	76 Seine-Maritime	3,0	1
29 Finistère	2,7	3	77 Seine-et-Marne	2,8	2
30 Gard	1,8	7	78 Yvelines	2,8	2
31 Garonne (Haute)	2,1	5	79 Deux-Sèvres	2,5	4
32 Gers	2,3	5	80 Somme	3,0	1
33 Gironde	2,3	5	81 Tarn	2,2	5
34 Hérault	1,8	7	82 Tarn-et-Garonne	2,2	5
35 Ille-et-Vilaine	2,7	3	83 Var	1,7	7
36 Indre	2,6	3	84 Vaucluse	2,0	7
37 Indre-et-Loire	2,6	3	85 Vendée	2,5	4
38 Isère	2,6	4	86 Vienne	2,6	4
39 Jura	2,7	3	87 Vienne	2,6	4
40 Landes	2,2	5	88 Vosges	2,9	1
41 Loir-et-Cher	2,7	3	89 Yonne	2,7	3
42 Loire	2,5	4	90 Territoire de Belfort	2,9	2
43 Loire (Haute)	2,5	4	91 Essonne	2,8	2
44 Loire-Atlantique	2,5	3	92 Hauts-de-Seine	2,7	2
45 Loiret	2,8	2	93 Seine-Saint-Denis	2,7	2
46 LOT	2,3	5	94 Val-de-Marne	2,7	2
47 Lot-et-Garonne	2,3	5	95 Val d'Oise	2,8	2
48 Lozère	2,2	5			

Figure 6.2. 8 - Coefficients climatiques niveau zéro (CC0) et zones d'ensoleillement (ZENS)

	CCL
--	-----

SITUATION	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7	3,0	3,3	3,6	3,9
- chauffage individuel à réglage parfait local par local (famille moyenne)	28	35	42	50	58	67	76	87	97
- chauffage à température intérieure constante (20°C) pour une durée de chauffage :									
de 150 jours	37	40	44	48					
de 210 jours	45	50	55	60	65	70	76	81	86
de 270 jours			61	67	74	80	87	94	100

Figure 6.2. 9 - Valeurs des coefficients HK pour différentes situations et différents climats

Calcul des apports gratuits

Jusqu'ici, nous n'avons fait apparaître qu'incidemment l'un des paramètres importants : la *durée de chauffage*. Cette durée est souvent difficile à déterminer. Elle doit être un élément important du relevé de diagnostic. Elle constitue, en tous cas, un élément très important des jugements à porter et des calculs à effectuer. Des notions plus complètes seront données dans la suite de ce chapitre, mais aussi aux paragraphes 7.2, 8.2, et 8.3.

Les chaleurs gratuites devront être calculées pour la durée du chauffage (DCH), à *fixer*. D'une manière générale, tout élément de chaleur gratuite sera calculé par une formule du type :

$$(6.2) \quad 8 \quad \quad \quad AG = AGJ \times DCH$$

AG : *apport gratuit [kWh/an]*,
 AGJ : *apport gratuit journalier [kWh/j]*,
 DCH : *durée de chauffage en jours [j/an]*.

Les apports gratuits sont soit d'origine interne, soit d'origine externe.

Les apports gratuits d'*origine interne* sont fournis en détail, application par application (paragraphes 8.1. à 8.3.).

Les apports gratuits d'*origine externe* correspondent au flux de rayonnement parvenant à travers les vitrages.

Le mode de calcul le plus simple de ces apports repose sur l'usage du tableau de la figure 6.2.10. Ce tableau donne les apports journaliers par mètre carré (net) de vitrage¹, pour des ensoleillements normaux. Si la façade considérée n'est pas ensoleillée en hiver, il faudra corriger au jugé.

(¹) Ceci exclut les petites baies

ORIENTATION									
ZENS	S	S-SE S-SW	SE SW	E-SE W-SW	E W	E-NE W-NW	NE NW	N-NE N-NW	N
1	1,65	1,60	1,50	1,25	1,10	0,90	0,70	0,55	0,50
2	1,65	1,60	1,45	1,15	1,00	0,75	0,60	0,50	0,45
3	1,70	1,65	1,45	1,10	0,95	0,70	0,55	0,45	0,40
4	1,75	1,65	1,50	1,15	1,00	0,75	0,55	0,50	0,45
5	1,80	1,75	1,55	1,20	1,05	0,80	0,60	0,50	0,45
6	1,85	1,75	1,55	1,15	0,95	0,70	0,55	0,45	0,45
7	2,225	2,10	1,80	1,20	1,00	0,70	0,50	0,40	0,40

Figure 6.2. 10 – Valeurs des apports gratuits à travers les vitrages en kilowattheures par mètre carré et par jour pour les cas courants (voir ZENS à la figure 6.2.8)

Rien n'interdit, évidemment, d'utiliser une méthode plus élaborée pour étudier l'influence des masques. Mais le bénéfice en précision sera souvent faible dans l'existant.

Les apports utiles et les besoins nets

Les besoins nets se calculent à partir des besoins bruts et des apports utiles :

$$BN = BB - AUT$$

Encore faut-il définir comment passer des apports gratuits (AG) dont les principes de calcul ont été donnés au paragraphe précédent, aux apports utiles. La procédure proposée est la suivante, valable dans la majorité des cas.

On calcule d'abord l'importance relative des apports gratuits par l'expression :

$$(6.2) 9 \quad XAG = \frac{AG}{BB} = \frac{\text{apports gratuits totaux}}{\text{besoins bruts}}$$

On calcule ensuite les besoins nets par l'une des formules suivantes, selon la valeur de XAG :

- $XAG \leq 0,5$:

$$(6.2) 10 \quad BN = BB - AG$$

- $XAG > 0,5$:

$$(6.2) 11 \quad BN = BB \times e^{-(1,4 \times XAG)}$$

Ces formules sont pratiquement valables pour la quasi-totalité des bâtiments avec une précision de quelques pour cents.

Pour des *bâtiments très légers*, sans capacité thermique intérieure appréciable, il pourra être prudent de substituer aux équations 6.2.10 et 6.2.11, les équations suivantes :

- $XAG \leq 0,4$:

$$(6.2) 12 \quad BN = BB - AG$$

- $XAG > 0,4$:

$$(6.2) 13 \quad BN = BB \times e^{-(1,2 \times XAG)}$$

Les pertes à l'émission (planchers chauffants)

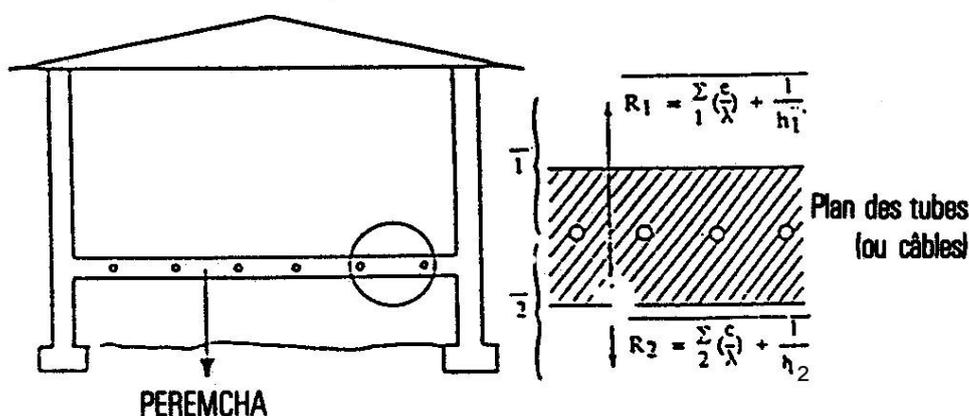
Pour calculer les pertes à l'émission (PEREMCHA de la formule 6.2.3), nous allons supposer que le bâtiment à étudier possède un plancher chauffant sur vide sanitaire (figure 6.2.11).

1. La méthode proposée consiste à calculer d'abord les besoins nets comme indiqué précédemment, en négligeant le fait que le plancher soit chauffant, *c'est-à-dire en tenant compte des déperditions par le plancher comme si celui-ci n'était pas chauffant*. Ce qui donne BN.

2. Ensuite, on calcule les pertes à l'émission par la formule :

$$(6.2) \quad 14 \quad \text{PEREMCHA} = \frac{R1}{R2} \times \text{BN}$$

R1 et R2 étant respectivement les résistances vers l'espace chauffé et vers l'espace non chauffé, telles que définies à la figure 6.2.11.



R1 = somme des résistances «vers le haut », à partir du plan chauffant (résistance superficielle incluse).

R2 = somme des résistances « vers le bas », à partir du plan chauffant (résistance superficielle basse incluse).

Figure 6.2. 11 - Exemple de calcul de PEREMCHA

Les pertes à l'émission (allèges)

Bien qu'il soit très difficile de chiffrer les pertes par les allèges se trouvant derrière les radiateurs ou les convecteurs, il peut être très utile de les estimer, et d'étudier une réduction. Une première approximation peut être obtenue en calculant ces pertes de la manière suivante :

$$(6.2) \quad 15 \quad \text{PEREMCHA} = 20 \times K \times S \times \text{HK}$$

K : coefficient de transmission (DTU) de la paroi à l'arrière de l'émetteur,

S : surface apparente de l'émetteur,

HK : valeur servant à calculer les besoins bruts.

Cette formule repose sur une approximation des échanges entre l'émetteur et la paroi en situation moyenne d'hiver, qui ne donne qu'un *ordre de grandeur*.

L'influence de la stratification

Les calculs précédents sont basés sur une température intérieure uniforme. Il est rare que ce soit exactement le cas. Mais il est possible, en pratique, de distinguer :

- les locaux de hauteur sous plafond modérée (2,5 à 2,7 m) pour lesquels le phénomène de stratification, quel que soit le système de chauffage, aux taux de ventilation habituels, n'introduit pas d'écart très significatif,
- les locaux de hauteur sous plafond importante, qui exigent une évaluation plus complète du champ de température, avant et après intervention.

Dans ce dernier cas, il est malheureusement difficile de faire des prévisions, surtout si la paroi haute est mal isolée et joue un rôle essentiel. On peut en tout cas observer l'existant et étudier l'influence qu'apporteraient des équipements susceptibles d'améliorer la situation. Ces équipements peuvent être :

- soit des appareils aérauliques de destratification,
- soit des équipements de chauffage induisant des stratifications réduites (panneaux suspendus, aérothermes à grande vitesse de soufflage).

Les degrés-jours

Les méthodes précédentes n'utilisent pas les degrés-jours. Toutefois, ceux-ci sont nécessaires pour boucler les bilans. Il importe donc d'apporter, à ce sujet, quelques précisions. Le degré-jour est par définition, chaque jour, la différence entre une température intérieure de référence (dite souvent de base) et la température extérieure. Sur une période donnée – une décennie, un mois, une saison – on effectue le total des résultats.

Les *degrés-jours unifiés*¹ définis par le DTU "Exploitation de chauffage" sont basés sur une température intérieure de référence de 18°C.

Les degrés-jours unifiés sont dits "base 18" (température intérieure de référence fixée à 18°C). Il est possible d'utiliser des degrés-jours utilisant d'autres bases.

L'un des points importants à prendre en compte, c'est l'origine des degrés-jours et surtout le choix de la base. Quand on examine les consommations jour par jour, avec un écart de température intérieure-extérieure égal à $(T_i - T_e)$, les consommations n'apparaissent pas proportionnelles à cet écart, mais à une valeur un peu plus faible :

$$(T_i - T_e - D)$$

D étant ce qu'on peut appeler le *décalage* (figure 6.2.12). Tout se passe comme s'il suffisait de chauffer à $(T_i - D)$, au lieu de T_i , pour obtenir néanmoins la température T_i . Ce décalage est lié aux apports gratuits. On peut montrer que :

$$D = \frac{P_g}{U}$$

P_g : apports gratuits utiles moyens, en watts,

U : coefficient de déperditions [W/K].

⁽¹⁾ A partir des relevés météorologiques contrôlés dans chaque décennie, le COSTIC établit les valeurs de degrés-jours unifiés qui sont publiées dans le bulletin METEOCLIM (éditeur : SEDIT, Domaine de Saint-Paul, 78470 Saint-Rémy-les-Chevreuse, Tél. 01.30.85.20.10). Il existe également des tables donnant les valeurs moyennes sur un certain nombre d'années, tables sur lesquelles nous reviendrons.

Dans les bâtiments classiques, le décalage est souvent de 2 à 3 degrés. C'est pourquoi la température de base de 18°C des degrés-jours unifiés correspondait en réalité à un chauffage de 20 à 21°C, fréquemment rencontré avant les crises de 1973-79. Comme il s'agit de valeurs de référence contractuelles, la base n'a pas été modifiée. Mais il est bien évident qu'aujourd'hui, il vaut mieux utiliser les degrés-jours unifiés comme base contractuelle, ou de contrôle des consommations, que comme base stricte de prévision des consommations.

Quand on se trouve face à une consommation réelle, il est donc recommandé d'en effectuer d'abord la correction, en multipliant par le coefficient :

$$\frac{DJ_r}{DJ_m}$$

DJ_m : degrés-jours de la période de chauffage pour la saison considérée (Météoclim),

DJ_r : degrés-jours de référence : voir figure 6.2.13.A et 6.2.13.B.

C'est la consommation ainsi corrigée que l'on considérera comme valeur réelle et que l'on confrontera aux valeurs calculées.

Le diagnostiqueur doit avoir une bonne habitude de la manipulation des degrés-jours. Il veillera à utiliser une documentation cohérente, les données pouvant être légèrement différentes selon les origines (COSTIC, Météorologie Nationale, EDF) pour des raisons de détails.

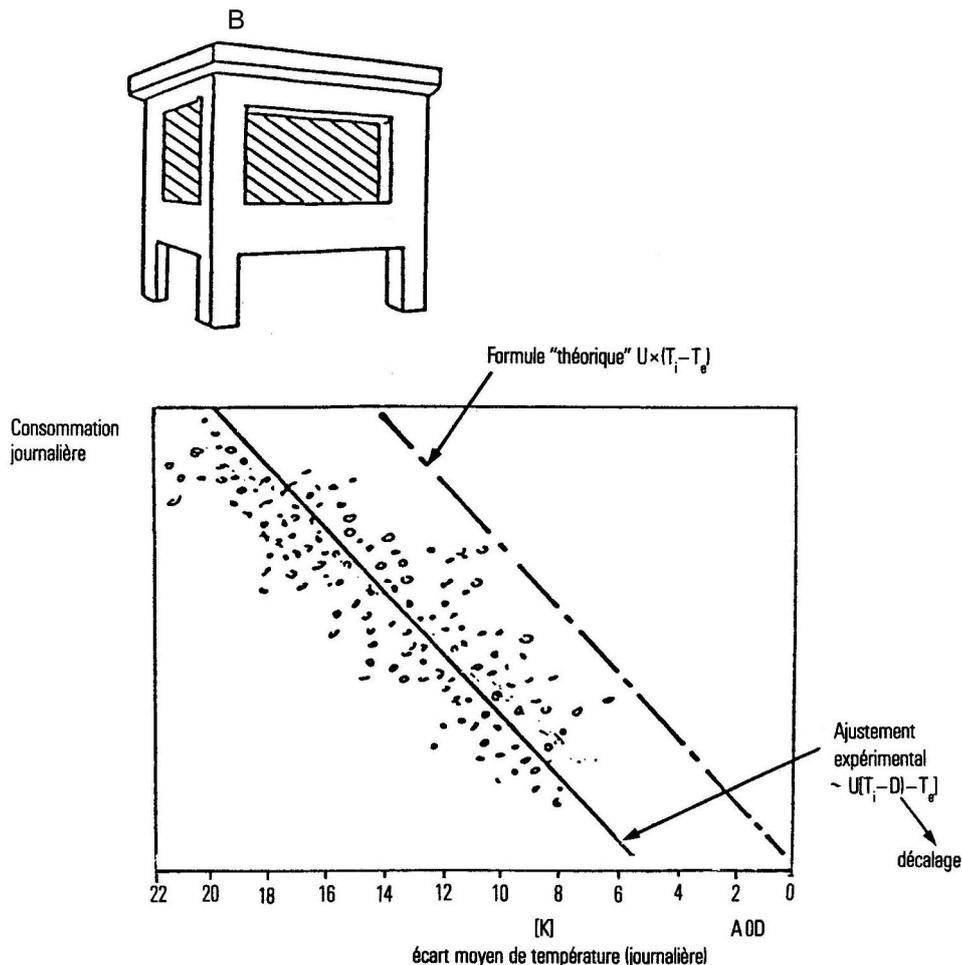


Figure 6.2. 12 - Expérience fondamentale sur les degrés-jours

DJU ₁₈	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin
-------------------	-------	------	------	------	-------	------	------	-------	-----	------

Dunkerque	71	171	300	385	419	376	360	285	185	104
Boulogne-sur-Mer	81	174	304	381	420	387	366	299	201	118
Abbeville	105	206	342	423	447	392	363	290	187	102
Lille	105	218	352	445	467	409	372	290	184	96
Saint-Quentin	101	221	371	462	478	413	369	283	178	89
Reims	93	225	366	453	478	414	361	278	170	72
Romilly	90	222	369	457	481	407	352	254	157	70
Auxerre	78	204	358	444	470	389	340	253	154	63
Château-Chinon	113	238	398	472	512	439	400	305	212	111
Langres	115	250	417	516	540	458	411	299	199	98
Metz	102	236	388	494	510	436	376	275	159	66
Nancy	106	246	393	493	518	436	384	284	174	72
Strasbourg	87	240	390	509	524	428	375	256	149	54
Mulhouse-Bâle	82	237	388	507	533	430	376	270	152	56
Belfort	105	252	406	518	541	438	395	280	177	80
Luxeuil	102	251	401	514	519	422	383	286	178	74
Besançon	84	220	374	490	500	405	358	259	157	66
Dijon	68	214	375	491	498	400	348	238	144	51
Mont- Saint-Vincent	109	240	399	488	522	345	404	303	205	100
Mâcon	69	209	360	484	480	384	338	237	139	44
Ambérieu	84	213	366	484	499	390	348	258	142	53
Lyon	62	192	347	460	471	369	327	234	124	39
Grenoble-Saint-Geoirs	99	231	371	497	490	395	368	288	171	73
Challes-les-Eaux	75	223	385	513	538	426	362	247	138	48
Bourg-Saint-Maurice	111	252	409	543	569	448	404	297	184	92
Lus-la Croix-Haute	156	311	449	552	601	490	469	371	255	152
Embrun	76	222	375	494	539	425	391	279	164	79
Millau	56	173	324	391	450	372	316	241	125	49
Gourdon	56	152	312	395	426	337	309	229	142	60
Le Puy-en-Velay	112	250	390	482	523	421	399	316	206	100
Saint-Etienne Bouthéon	90	217	361	459	491	387	358	282	169	70
Clermont-Ferrand	76	204	338	434	457	370	329	259	152	61
Vichy	83	210	345	450	466	372	348	274	170	63
Limoges-Bellegarde	91	206	336	417	442	372	333	257	160	77
Bourges	73	190	343	434	452	366	330	242	153	57
Nevers	91	223	362	451	467	379	341	263	169	71
Tours	68	183	336	418	431	359	323	244	151	61
Orléans	82	206	349	436	457	390	340	266	167	73

Figure 6.2.13.A - Degrés Jours Unifiés

DJU ₁₈	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin
Chartres	90	211	355	440	458	401	349	267	171	80
Paris-Orly	76	198	343	432	450	388	338	244	152	61
Paris-Montsouris	58	172	320	408	426	362	311	226	133	47
Paris-Le Bourget	80	198	340	421	445	381	342	250	156	62
Beauvais	102	219	362	438	465	401	364	279	184	90
Rouen-Boos	111	217	354	434	457	399	386	297	196	110
Cap de la Hève	77	174	297	384	416	370	344	284	190	101
Caen	93	194	314	387	419	372	350	273	194	103
Alençon	94	211	344	419	444	382	342	265	179	81
Cherbourg-Maupertus	108	189	298	369	387	361	364	304	221	131
Dinard	85	175	292	361	386	349	329	261	178	100
Brest Guipavas	102	183	278	336	363	332	326	276	202	117
Rennes	75	176	304	380	389	348	316	248	163	71
Le Mans	79	189	334	409	430	374	321	248	156	64
Angers	65	169	320	399	405	351	307	241	156	61
Nantes	58	160	296	377	381	336	302	233	144	55
La Rochelle	36	127	263	355	371	314	282	215	123	42
Poitiers	70	179	326	404	428	350	315	244	156	59
Cognac	44	146	294	365	390	314	284	213	123	40
Bordeaux	45	139	284	356	380	303	276	207	123	41
Cazaux	38	129	276	339	358	298	272	212	116	40
Agen	44	146	296	377	400	317	279	212	111	34
Mont-de-Marsan	43	149	288	364	384	310	273	205	101	35
Biarritz-Aérodrome	26	100	224	302	315	254	246	204	111	41
Pau	47	142	279	358	374	311	286	222	117	48
Toulouse-Blagnac	37	139	293	364	400	318	277	211	102	35
Carcassonne	22	119	258	330	380	302	263	195	91	25
Perpignan	6	70	198	279	316	253	218	144	48	4
Montpellier	12	107	241	320	364	285	256	166	71	8
Nîmes	9	92	245	327	365	282	247	157	57	6
Montélimar	30	141	297	398	425	332	290	192	87	19
Marignane	7	97	221	323	360	276	240	158	49	4
Toulon	2	48	157	238	275	222	215	135	43	3
Saint-Raphaël	10	84	199	296	326	262	245	168	82	11
Nice	1	56	175	262	291	244	223	149	56	5
Bastia	2	59	156	248	281	241	233	161	62	5
Ajaccio	5	63	168	260	299	249	242	182	80	11

Figure 6.2. 13.B – Degrés Jours Unifiés (calculés sur 30 ans, à partir de températures minimales et maximales quotidiennes)

$$\left(18 - \frac{T_{\min} + T_{\max}}{2}\right) \text{ Valeurs médianes}$$

Remarques sur les calculs de consommation

Liaison avec les autres méthodes

Pour les lecteurs qui souhaitent étudier comment la procédure proposée est reliée à d'autres méthodes, voici les indications essentielles.

La formule de base des paragraphes précédents peut être exprimée de la manière suivante :

$$(6.2) 16 \quad BN = (U \times HK) - AUT$$

où à partir d'une formule du type :

$$(6.2) 17 \quad BN = BB \times f (XAG)$$

Les méthodes "Th" (Th. B, Th. C), parues ou à paraître, utilisent une formule du type 6.2.17, avec $f = 1 - F$ (F étant donné dans les règles en fonction de XAG).

Les méthodes plus traditionnelles utilisent une formule du type :

$$(6.2) 18 \quad \frac{G \times V \times DH_r}{1.000}$$

G : coefficient volumique de déperditions [W/m^3K],

V : volume [m^3],

DH_r : degrés-jours à température intérieure de référence tenant compte du décalage.

Cette formule est identique à 6.2.18 si l'on remarque que $G = U/V$, et si l'on écrit :

$$T_r = T_i - \frac{1.000 \times AUT}{U \times NH}$$

NH : nombre d'heures de chauffage de la saison,

1.000 x AUT : apports gratuits utiles en wattheures par an,

U x NH : wattheures par degré.

Utilisation d'autres méthodes

Il est possible d'utiliser d'autres méthodes de calcul des bilans, en particulier des méthodes plus développées, sous réserve de cohérence et d'application des mêmes bases et principes pour la détermination des consommations avant et après intervention.

Nous allons donner ici l'exemple d'une telle méthode, non seulement à titre d'illustration, mais aussi parce qu'elle permettra d'expliquer comment ont été déterminés les coefficients HK utilisés dans ce chapitre et les suivants.

La cohérence doit surtout résider dans la manière d'exprimer la récupération des apports gratuits. Dans la méthode que nous allons exposer, le point de départ est une simulation heure par heure de bâtiments de différentes inerties dans des sites climatologiques différents. Il est apparu que si l'on regroupe les résultats par décade, la récupération des chaleurs gratuites conduit au résultat indiqué par les formules 6.2.10 et 6.2.11, sous réserve de calculer les besoins bruts et les apports gratuits par décade.

On a montré, par la suite, que la sommation sur la saison de chauffage des besoins bruts, des apports gratuits et des besoins nets conduisait à utiliser, avec une précision généralement suffisante, les mêmes formules pour toute la saison. Mais, au départ, la méthode est décadaire. Il est donc possible de substituer, à la présentation par valeurs annuelles données plus haut, une analyse des valeurs décadaire.

La corrélation étroite entre les résultats de simulation et les formules 6.2.10. et 6.2.11. n'est obtenue que si les besoins bruts sont calculés heure par heure. Si, à chaque heure, l'écart de température entre l'intérieur et l'extérieur est égal à E, il y correspond une valeur E des degrés-heures, donc 0,001 E de HK (HK correspond à des kilodegrés-heures). Il suffit de sommer les valeurs correspondantes sur la décade pour avoir la valeur de HK décadaire.

Il a pu être démontré que cette valeur décadaire dépendait simplement de l'écart moyen entre la température intérieure et la température extérieure. Dans cette méthode, les valeurs à déterminer, *décade par décade*, pour calculer le coefficient HK annuel, sont donc : la température intérieure moyenne (à la décade) et la température extérieure moyenne.

Pour la *température extérieure*, on peut opérer de la manière suivante :

- a) soit adopter directement des valeurs d'observation,
- b) soit exploiter ces valeurs pour établir des modèles de variation de la température extérieure au cours de l'année.

C'est cette dernière méthode, qui facilite le lissage des observations et l'élimination des paramètres microclimatologiques, qui a été adoptée, chaque climat pouvant être caractérisé par un ou plusieurs paramètres.

On peut, par exemple, adopter comme premier paramètre la température moyenne annuelle (notée ici T). On peut y ajouter un deuxième paramètre, tel que l'oscillation entre le mois le plus chaud et le mois le plus froid, etc. Pour établir les tableaux qui figurent dans ce guide, compte tenu d'une assez grande homogénéité des climats français, il n'a été tenu compte que d'un seul paramètre, mais il est bien évident que l'on peut utiliser une méthode plus fine.

Pour l'établissement des tableaux du présent guide, tenant compte des particularités françaises (oscillation moyenne entre le mois le plus chaud et le mois le plus froid de 16°C), le modèle utilisé repose sur un seul paramètre : la température moyenne annuelle, lissée entre stations. On remarque, en effet, que les degrés-jours sont étroitement liés à cette valeur, la formule suivante permettant de passer aux degrés-jours unifiés annuels (12 mois) :

$$(6.2) 19 \quad \text{DJ} = 6.000 - 300 T$$

Pour caractériser un site, nous avons adopté la notion de coefficient climatique, correspondant aux kilodegrés-jours, ce qui donne :

$$(6.2) 20 \quad \text{CC} = 6 - 0,3 T$$

A chaque coefficient climatique correspond donc une température moyenne annuelle et un profil de températures décadaires types si l'on utilise cette méthode à un seul paramètre.

Décade par décade, on connaît donc la température extérieure. Reste à déterminer la température intérieure. Celle-ci (décade par décade) est calculée en deux phases :

- la première phase, dite de référence, consiste à admettre une régulation suivant parfaitement la consigne (apports gratuits nuls, régulation parfaite) ;
- la seconde phase consiste à introduire les imperfections de la régulation et les défauts d'équilibrage.

Pour ce qui concerne la première phase, la température intérieure de référence (moyenne de la décade) est fixée de la manière suivante :

1. S'il s'agit d'un chauffage strictement continu, c'est la température correspondante qui est prise pour référence ;
2. S'il s'agit d'un chauffage individuel, ou d'un chauffage collectif avec comptage, c'est la température (*fonction de la température extérieure moyenne de la décade*) donnée figure 6.2.3. (ou par un modèle analogue : voir paragraphe 8.1.) qui est adoptée ;
3. S'il s'agit d'un chauffage de type tertiaire, avec des ralenti, c'est la température intérieure moyenne qui est prise en compte, et qui va dépendre de l'inertie mais aussi de la température extérieure moyenne de la décade (si l'intermittence n'est pas libre).

Le calcul de référence est donc fait décade par décade. L'introduction des défauts d'équilibrage ou des imperfections de régulation se fait à partir d'observations directes que l'on peut résumer de la manière indiquée figure 6.2.14. Les *valeurs de cette figure* doivent être utilisées avec précaution. Elles coïncident bien avec certaines observations globales, par exemple sur le comptage. Mais on ne saurait les considérer comme absolues et définitives.

CORRECTIF DELTI	Chauffage individuel ou collectif avec comptage			Chauffage collectif sans comptage, Tertiaire
	famille très économe	famille moyenne	famille très exigeante	
• chauffage électrique réglé par pièce	0	0	0	0
• chauffage à eau chaude				
- robinets thermostatiques	0,4	0,4	0,4	0,4
- thermostat intérieur avec horloge	0,8	0,8	0,8	-
- thermostat intérieur sans horloge	0,8	1,2	1,2	-
- thermostat extérieur	1,2	1,2	1,2	1,2
- aquastat central	1,2	1,5	1,5	1,5

Figure 6.2. 14 - Elévations moyennes de température liées aux différents systèmes de régulation

Les valeurs de HK s'obtiennent de la manière suivante :

$$(6.2) \quad 21 \quad \quad \quad \text{HK} = \text{HKREF} + 0,024 \times \text{DELTI} \times \text{DCH}$$

HKREF : valeur de HK de référence, calculée comme indiquée plus haut ;
DELTI : élévation moyenne de température donnée par la figure 6.2.14 ;
DCH : durée de chauffage (jours par an).

La méthode décadaire que nous venons de présenter sous une forme simplifiée peut être affinée :

- d'abord par prise en compte plus détaillée du climat local (modèle de climat extérieur à 2 ou 3 paramètres au lieu d'un),
- ensuite par calcul décadaire des bilans, en particulier quand les performances dépendent du climat ou de la charge (pompes à chaleur, chaudières à condensation, etc.).

D'autres méthodes, décadaire ou mensuelles, peuvent être également acceptées, sous réserve de cohérence interne stricte.

6.3 LES BILANS ET INTERVENTIONS DE CHAUFFAGE

6.3.1 Combustible

Articulation de la méthode

Quelle que soit la méthode utilisée (voir chapitre précédent), il est recommandé, pour analyser chaque type d'opération ou groupe d'opérations, d'établir un bilan préalable sur l'état initial qui sera comparé au bilan final après chaque intervention.

Si l'on reste sur le plan des besoins nets :

$$(6.3.) \quad 1 \quad \quad \quad \text{BN} = U \times \text{HK} - \text{AUT}$$

les interventions sur la ventilation et sur le bâti portant sur U, les interventions sur le chauffage proprement dit porteront sur les valeurs HK, celles-ci dépendant essentiellement des usagers, de l'équilibrage et de la régulation, etc. Les valeurs seront, de ce fait, indiquées aux chapitres sectoriels (chapitre 8). Il est néanmoins utile de fournir ici un premier survol de la procédure proposée.

Principe d'évaluation

Il est bien évident qu'en matière de diagnostic de chauffage, il faut, tout en tenant compte des fluctuations, ne pas oublier qu'il existe de multiples risques d'erreurs ou d'écarts inopportuns contre lesquels il faut se prémunir.

Pour essayer de réduire les risques d'erreurs de toute nature, la stratégie suggérée par la suite (chapitre 8) varie selon les situations, mais peut être classée en quatre grandes catégories, la formule de référence étant toujours la formule 6.3.1., les valeurs U et AUT étant *calculées*, et la valeur HK celle qui sert de pivot à la stratégie.

Les quatre catégories sont les suivantes :

1. *Quand il s'agit de chauffage divisé*, la valeur de HK est choisie en fonction de la situation climatique, et a priori sur la base de valeurs relatives à un usager moyen (voir paragraphe 8.1.). Ceci afin que le diagnostic, qui ne porte que sur le bâti, puisse se poursuivre avec des conventions simples.
2. *Quand il s'agit de chauffage central individuel* (ou équivalent) les besoins nets calculés sont confrontés aux consommations constatées. Et la valeur de HK apparente qui en résulte est confrontée à la valeur probable résultat des observations de comportement. Cette confrontation doit normalement permettre de choisir une valeur probable de HK, qui permet de poursuivre l'analyse ultérieure du bâti et de l'installation de chauffage. Si la valeur observée est peu vraisemblable, il y a lieu de rechercher l'origine de l'écart, qui se trouve souvent dans des erreurs de données ou de calcul : erreurs sur les consommations, erreurs de calcul de U.
3. *Quand il s'agit de chauffage collectif*, en habitation, la méthode est analogue. Mais la valeur probable de HK est celle correspondant à la famille de comportement moyen.
4. *Quand il s'agit de tertiaire*, la méthode est analogue à celle du paragraphe précédent, sauf que la valeur de HK est déterminée non seulement en fonction de la régulation, mais aussi en fonction de la gestion des locaux, faisant intervenir : durées d'interruptions quotidiennes et hebdomadaires, température de plein chauffage et de ralenti, etc. Au contraire de ce qui se passe en habitat (existant), où les apports gratuits sont relativement peu importants, ceux rencontrés en tertiaire peuvent être d'un ordre de grandeur très important. En cas d'écart anormal, il faudra également revoir l'estimation de ces apports gratuits, dont certains peuvent être *négatifs* (dégagement de froid des vitrines frigorifiques).

6.3.2 Electricité

Présentation

Le poste chauffage électrique est un poste tout à fait particulier, très différent des autres usages de l'électricité traités dans la suite de ce document.

La détermination de la consommation annuelle d'énergie est réalisée sans trop de difficultés. La méthode utilisée a fait ses preuves dans de nombreux diagnostics traditionnels. Elle est développée dans les chapitres précédents.

Par contre le coût d'exploitation annuel est plus délicat à connaître avec précision. La méthode permet de retrouver un coût approché pour différents cas-types. La précision obtenue est la seule à attendre d'une méthode manuelle.

Les systèmes de chauffage étudiés sont ceux dont le comptage est collectif, et qui possèdent une régulation globale complétée par des régulations terminales. C'est-à-dire que la méthode permet de calculer les consommations pour :

- chauffage bi-jonction (si appoint collectif),
- chauffage base + appoint (si appoint collectif),
- chauffage direct par convecteurs,
- chauffage direct par planchers chauffants,
- chauffage de base seul pour tous les cas.

Il n'est pas prévu de calculer les consommations individuelles dans les solutions de chauffage mixte (cas des logements), d'une part parce qu'aucune comparaison n'est possible entre consommations théorique et réelle et surtout parce que le comportement des utilisateurs est très variable. Le chauffage direct individuel est traité au paragraphe 8.1.

Les économies sont chiffrées par différence entre les consommations avant et après intervention.

Le tableau suivant (figure 6.3.2.1.) décrit l'enchaînement des différents paramètres utilisés dans la méthode. Chacun d'eux fait l'objet d'indications précises, quant à sa détermination ou à son calcul, dans la suite de ce chapitre.

<u>LIBELLE</u>	<u>CODE</u>	<u>INTERVENTION</u>
Pertes thermiques [W/K]	U	sur le bâti
	x	
Coefficient d'utilisation [-]	HK	sur l'utilisation
	=	
Besoins bruts [kWh/an]	BB	
	-	
Apports utiles [kWh/an]	AUT	sur la récupération
	=	
Besoins nets [kWh/an]	BN	
	+	
Pertes à l'émission des planchers chauffants [kWh/an]	PEREMCHA	sur l'isolation du plancher bas
	=	
Besoins terminaux de chauffage [kWh/an]	TERCHA	
	x	
Rendement de production [-]	COPCHA	sur la production
	=	
Consommation primaire de chauffage [kWh/an]	COPRIMCHA	
	x	
Prix des kWh [FHT]	PKWH	sur la tarification
	=	
Consommation [FHT]	FCOPRIMCHA	

Figure 6.3.2. 1 - Synthèse du bilan chauffage électrique

Les relevés

Les relevés peuvent être décomposés en deux parties principales, le bâti et les installations.

- **Relevés sur le bâti**

Avant tout, il y a intérêt à se procurer les plans de la construction, ou au minimum le plan de masse orienté. En possession de ce dernier il est aisé et rapide de vérifier quelques dimensions, et on est assuré de partir sur de bonnes bases. Dans la négative, il faut schématiser le bâtiment, l'orienter et relever les cotes extérieures. C'est la première opération, le calcul des déperditions étant basé sur l'enveloppe du bâtiment. Ensuite, la visite se poursuit par l'observation des façades par l'extérieur.

On fait pour cela le tour du bâtiment en représentant chaque façade par un rectangle (avec repère sur le plan de masse) dans lequel on dessine les fenêtres ou ouvertures différentes avec le nombre de fois où elles sont rencontrées (voir figure 6.3.2.2.).

Les cotes des ouvertures sont relevées par l'extérieur chaque fois que c'est possible (fenêtres du rez-de-chaussée identiques à celles des étages) ou dans un deuxième temps, lors de la visite intérieure des locaux.

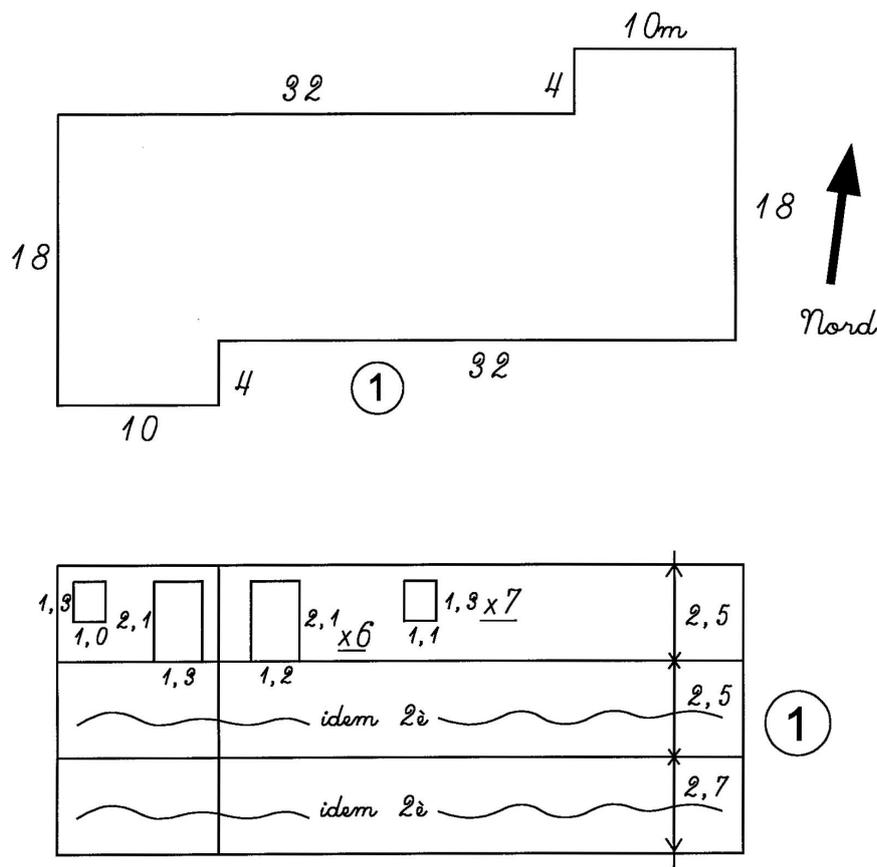


Figure 6.3.2. 2. - Les relevés du bâti

L'équipement idéal se limite pour ces opérations à une boussole, un double-mètre ruban métallique et une canne télescopique de 5 m. Cette dernière permet de mesurer les longueurs horizontales importantes, des hauteurs de fenêtres d'étage à partir du sol et remplace le double décimètre lorsqu'on est seul.

La visite à l'intérieur des locaux doit permettre :

- de mesurer les cotes non obtenues par l'extérieur (fenêtre principalement),
- de mesurer les hauteurs sous plafond des différents niveaux,
- de connaître la constitution des parois, fenêtres (encadrement, vitrage), plancher et surtout murs extérieurs. Démonter les prises ou interroger les services d'entretien qui ont eu à percer des trous,
- de déterminer le renouvellement d'air, principe, type de bouches, débits,...

Un entretien avec le maître d'ouvrage, avec son représentant ou avec un responsable des services techniques est impératif. Il connaît en général la "vie" du bâtiment, quels ont été les travaux réalisés, les pannes ou les défauts rencontrés, les petits problèmes divers souvent riches d'enseignements et qui permettent d'orienter les investigations.

Nous insistons sur le fait qu'il faut écrire, noter tous les détails, car si l'étude n'est pas réalisée en continuité avec les relevés, ou si plusieurs bâtiments sont diagnostiqués en même temps, les mélanges ou les oublis seront regrettables.

• Relevés sur les installations

Précisons en introduction que l'intervention sur une armoire électrique ne peut être réalisée que par des personnes habilitées.

Signalons aussi qu'il faut éviter, tant que faire se peut, de modifier les réglages en place ou de couper des circuits même temporairement.

La première opération consiste à observer le poste de comptage : relever les compteurs d'énergie et indicateurs de puissance atteinte dès l'arrivée (noter les coefficients multiplicateurs). La comparaison avec les relevés effectués en fin de période même de quelques jours, pourra être instructive. Ensuite, il faut :

- reconnaître les différents circuits (cage d'escaliers, façades,...),
- noter s'il existe des comptages divisionnaires ou s'il y a possibilité d'en installer,
- relever les caractéristiques de la régulation centrale, niveaux de consigne, heures de ralenti,...
- s'entretenir avec le responsable technique afin de connaître les défauts de fonctionnement rencontrés ou les réclamations des usagers,...

Enfin la visite dans les locaux, doit permettre d'apprécier le niveau de confort des occupants : mesure de la température ambiante par exemple mais surtout entretien avec ceux-ci. Il faut profiter de cette visite pour relever le type de convecteurs, la puissance, la position (façade ou refend), la régulation.

RECAPITULATIF**RELEVES CHAUFFAGE****Sur le bâti :**

- Plan de masse côté et orienté.
- Constitution des parois.
- Dimensions des ouvertures.
- Hauteur sous plafond.
- Type de ventilation et débits d'air ou taux de renouvellement d'air.
- Entretien avec le responsable.

Sur les installations :

- Examen du poste de comptage.
- Relevé des consommations et puissances en début et en fin de diagnostic.
- Analyse des différents circuits, possibilités de comptage divisionnaire.
- Type de régulation, actions, niveaux de consigne, heures de ralenti.
- Position des sondes.
- Examen des appareils de production et de la régulation terminale.
- Entretien avec le responsable technique.

Les questions à se poser :

- La qualité des ouvrants est-elle suffisante, les joints sont-ils bien conservés ?
- L'isolation des murs est-elle satisfaisante ?
- La puissance installée n'est-elle pas trop importante ?
- Peut-on abaisser la puissance souscrite ?
- Possibilité de comptage général chauffage, ou par zone ?
- Les appareils sont-ils en bon état ?

Consommation d'énergie

• Articulation du calcul

Pour la plupart des systèmes de chauffage électrique, les besoins terminaux s'écrivent :

$$(6.3.) 2 \quad \text{TERCHA} = \text{BN}$$

TERCHA : *besoins terminaux de chauffage [kWh/an]*
 BN : *besoins nets [kWh/an]*

Les besoins nets s'écrivent :

$$(6.3.) 3 \quad \text{BN} = \text{BB} - \text{AUT}$$

BB : *besoins bruts [kWh/an]*
 AUT : *apports gratuits utiles [kWh/an] (voir paragraphe 6.2.)*

Rappelons la formule de détermination des besoins bruts :

$$\text{BB} = U \times \text{HK en kWh/an}$$

Les différents constituants du coefficient de déperditions U sont :

$$(6.3.) 4 \quad U = \text{UPAR} + \text{UVENT en W/K, voir les chapitres 4 à 6.}$$

Le coefficient HK dépend essentiellement du niveau de la température de chauffage, mais aussi du type de régulation et des intermittences ou ralentis (liés en fait à la température de chauffage), et enfin de la température extérieure (coefficient climatique dans la méthode).

• Précision de la régulation

Il existe plusieurs types de régulateurs. Un thermostat électronique est plus performant qu'un thermostat électromécanique dont le différentiel est plus élevé et la consommation varie en rapport. La figure 6.3.2.3. donne l'exemple d'un thermostat de type ELEXENCE dont le différentiel est inférieur à 0,5 °C.

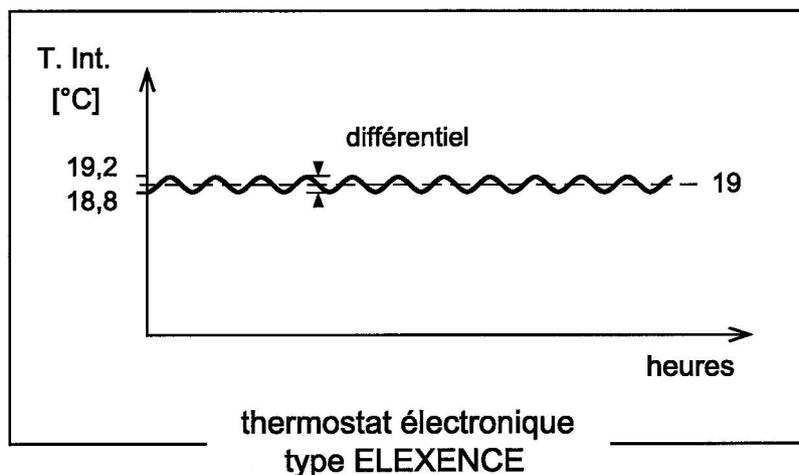


Figure 6.3.2. 3. - Faible différentiel d'un thermostat électronique.

Les appareils très anciens peuvent avoir un différentiel supérieur à 2 °C. De construction plus récente, les thermostats de catégorie A ont un différentiel inférieur à 2 °C.

Cependant, cette précision de plus ou moins un degré n'est pas entièrement satisfaisante pour le confort. La figure suivante (figure 6.3.2.4.) montre pourquoi l'utilisateur est obligé de remonter la consigne.

Si 18,8 °C est acceptable par rapport à 19 °C demandé, le différentiel de 2 °C oblige à afficher une consigne de 19,8 °C (c'est à dire 20 °C). Pour satisfaire au confort minimal, les locaux sont surchauffés pendant une grande partie du temps.

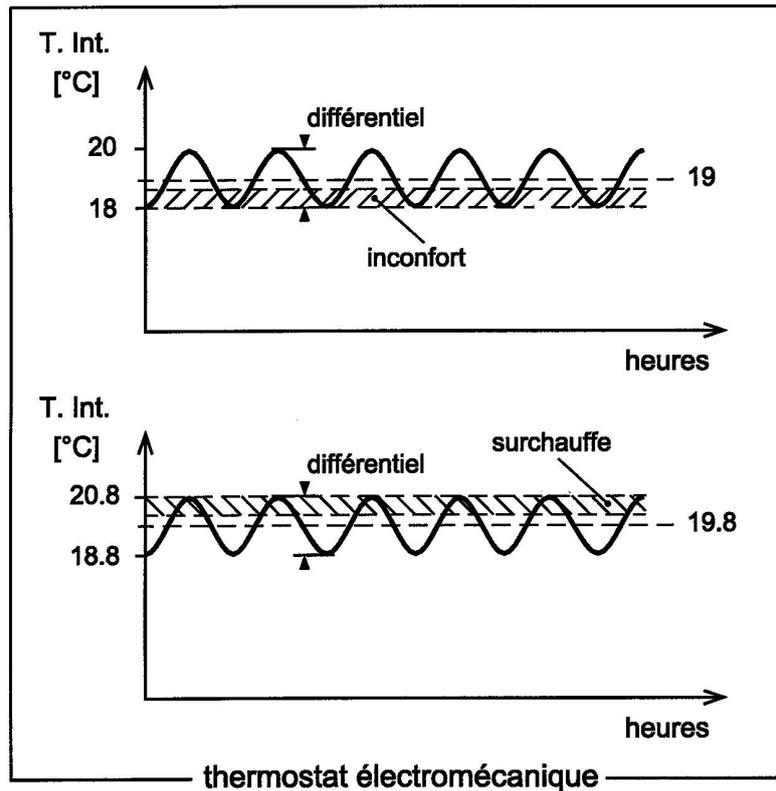


Figure 6.3.2. 4 - Augmentation de la température ambiante du fait d'un différentiel trop important avec un thermostat électromécanique

Le tableau suivant (figure 6.3.2.5) donne les coefficients HK de base pour différentes températures de chauffage et pour les différentes zones climatiques.

Il s'agit de chauffage continu.

La méthode de calcul de HK est précisée en annexe 14.5.

CCL	14°C		19°C		20°C		21°C	
	DCH	HK	DCH	HK	DCH	HK	DCH	HK
1,5	130	20	160	36	190	45	220	55
1,6	130	21	160	38	190	47	220	56
1,7	130	23	170	40	200	49	230	58
1,8	140	25	170	42	200	51	230	60
1,9	140	27	180	44	210	53	240	62
2,0	140	28	180	46	210	55	240	65
2,1	150	30	190	49	220	58	250	68
2,2	150	32	190	52	220	61	250	71
2,3	160	33	200	55	230	64	260	74
2,4	160	35	200	58	230	67	260	77
2,5	170	37	210	60	240	70	270	80
2,6	170	39	210	62	240	72	270	82
2,7	180	40	220	64	250	74	280	84
2,8	180	42	220	67	250	77	280	87
2,9	190	44	230	70	260	80	290	90
3,0	190	46	240	73	270	83	290	93
3,1	200	48	250	76	280	86	300	96
3,2	210	50	260	80	290	90	300	99
3,3	220	53	270	83	300	93	300	102
3,4	230	56	280	87	300	96	300	104
3,5	240	58	290	90	300	99	300	106
3,6	250	60	300	93	300	101	300	108
3,7	260	62	300	95	300	103	300	110
3,8	270	64	300	97	300	105	300	112
3,9	280	66	300	100	300	107	300	115

Figure 6.3.2. 5. - Coefficients HK de base pour chauffage continu

Pour nos calculs de base, nous avons adopté les conventions suivantes (voir aussi paragraphe 1.3) :

- . Etablissements hospitaliers : 21 °C
- . Bureaux : 20 °C
- . Hôtels : 20 °C
- . Logements : 19 °C
- . Locaux scolaires : 19 °C
- . Chauffage de base seul : 14 °C

L'observation par le diagnostiqueur de comportements différents pourra entraîner le choix d'une température de base plus élevée ou plus basse. Par exemple, un petit immeuble de bureaux d'une entreprise "familiale" pourra être chauffé à 19 °C plutôt qu'à 20 °C.

Il reste enfin à introduire la notion de durée de chauffage. Généralement cette durée n'est pas libre mais imposée par le syndic de copropriété ou par l'exploitant. La durée varie peu d'une année à l'autre ou entre les différents exploitants. Elle varie par contre avec le coefficient climatique. La durée "classique" est indiquée en face du coefficient climatique CCL dans les différents tableaux qui suivent.

Il peut être nécessaire de connaître les HK pour des durées inhabituelles.

Nous donnons ci-dessous un exemple de variation du coefficient HK en fonction de la durée de chauffage pour Paris, avec un coefficient climatique de 2,50 et pour un chauffage continu à 20 °C.

DCH	150	180	210	240	270	300
HK	50	58	64	70	73	76

Figure 6.3.2. 6. - Variation du HK en fonction de la durée de chauffage
(CCL = 2,5 $T_{int} = 20$ °C)

La plupart des bâtiments sont équipés d'un système de régulation permettant de réaliser des intermittences ou des ralenti. Le coefficient HK doit alors être pondéré en fonction du ralenti.

La détermination du HK est alors fastidieuse et l'assistance d'un tableur permet la réalisation de ces calculs (figure 6.3.2.7.).

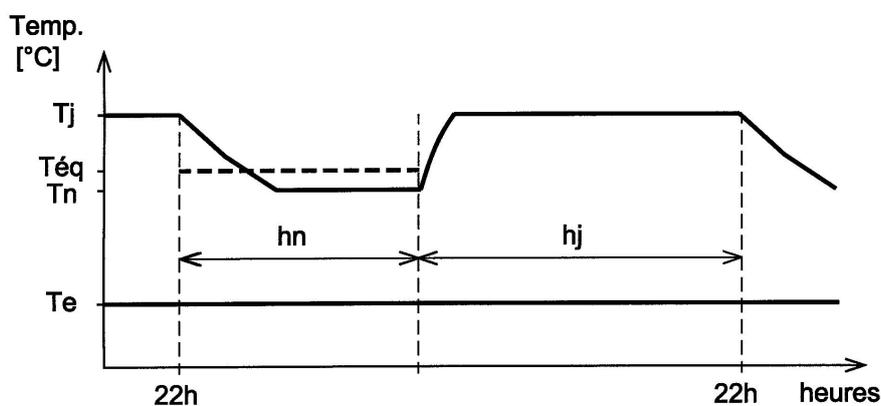


Figure 6.3.2. 7. - Détermination de la température moyenne dans le cas de ralenti.

Plusieurs paramètres sont à prendre en compte pour déterminer la température équivalente sur la durée du ralenti : le niveau et la durée du ralenti mais aussi l'inertie du bâtiment. Dans la méthode manuelle, l'inertie prise en compte est celle d'une structure semi-lourde car elle correspond à la majorité des constructions de ces dernières années.

Le tableau 6.3.2.9. donne les coefficients HK pour différents cas-types que nous détaillons dans le tableau 6.3.2.8. ci-après. On y trouve la température et la durée des périodes de chauffage, de ralenti de nuit, de week-end et de vacances.

BATIMENTS	Scénario n°	CHAUFFAGE		Ralenti NUIT		Ralenti W.E.		Ralenti VAC.	
		Temp. [°C]	Durée	Temp. [°C]	Durée	Temp. [°C]	Durée	Temp. [°C]	Durée
BUREAUX	1	20	7h/18h	16	18h/7h	16	0h/24h		
	2	20	7h/18h	16	18h/7h	12	0h/24h		
	3	20	5h/18h	16	18h/5h	16	0h/24h		
	4	20	5h/18h	16	18h/5h	12	0h/24h		
LOGEMENTS	5	19	6h/22h	17	22h/6h				
	6	19	5h/22h	17	22h/5h				
HOTELS	7	20	17h/9h	17	9h/17h				
ENSEIGNEMENT	8	19	7h/17h	16	17h/7h	16	0h/24h	16	0h/24h
	9	19	7h/17h	16	17h/7h	16	0h/24h	12	0h/24h
	10	19	7h/17h	16	17h/7h	12	0h/24h	12	0h/24h

Figure 6.3.2. 8 - Les différents cas types étudiés (scénarios)
Durées des différentes périodes

COEFFICIENTS HK										
	BUREAUX				LOGEMENTS		HOTELS	SCOLAIRES		
CCL	Scén.1	Scén.2	Scén.3	Scén.4	Scén.5	Scén.6	Scén.7	Scén.8	Scén.9	Scé.10
1.5	33.9	30.8	34.8	32.0	32.6	33.9	40	28	25	24
1.6	35.8	32.4	36.7	33.3	35.1	35.4	42	30	27	25
1.7	37.9	34.3	38.9	35.7	37.6	37.9	44	32	29	26
1.8	39.9	36.2	40.9	37.1	39.8	40.2	47	34	30	27
1.9	42.1	38.2	43.1	39.6	42.3	42.7	49	36	32	29
2.0	44.2	40.1	45.2	41.1	44.4	45.0	51	38	34	31
2.1	46.5	42.2	47.5	43.7	46.7	47.2	54	40	36	33
2.2	48.7	44.3	49.7	45.3	48.9	49.5	56	42	38	35
2.3	51.0	46.5	52.0	48.0	51.3	51.8	59	44	40	37
2.4	53.2	48.6	54.3	49.7	53.4	54.0	61	46	42	39
2.5	55.5	50.9	56.5	52.5	56.0	56.5	64	49	44	41
2.6	57.8	53.0	58.8	54.3	58.3	58.7	66	51	46	43
2.7	59.9	54.9	61.1	56.1	60.7	61.1	69	53	48	45
2.8	62.1	56.7	63.5	57.9	62.8	63.3	71	55	50	47
2.9	64.8	59.6	66.2	60.9	65.7	66.2	74	58	53	49
3.0	68.0	62.6	69.3	63.9	69.3	69.7	77	61	55	52
3.1	71.2	65.6	72.5	68.8	72.6	73.0	80	64	58	54
3.2	74.3	68.6	75.7	70.0	76.0	76.5	84	66	61	57
3.3	77.6	71.8	78.7	73.1	79.4	79.9	87	69	64	60
3.4	79.9	73.9	81.4	75.4	83.0	83.5	90	72	66	63
3.5	82.2	76.0	83.6	76.9	86.5	87.0	93	75	69	65
3.6	84.1	77.7	85.4	78.9	89.1	89.6	95	78	72	68
3.7	86.1	79.7	87.5	81.1	91.6	92.1	97	81	75	70
3.8	88.3	81.9	89.9	83.4	94.1	94.6	99	83	77	72
3.9	90.5	83.8	92.0	85.1	96.1	96.7	101	85	79	74

Figure 6.3.2. 9 - HK pour les différents cas-types de la figure 6.3.2.8

La consommation d'énergie annuelle en kWh/an est obtenue par la formule générale :

$$(6.3.) \quad 5 \quad \text{COPRIMCHA} = (U \times \text{HK} - \text{AUT} + \text{PEREMCHA}) \times \text{COPCHA}$$

COPRIMCHA	: Consommation d'énergie annuelle en kWh/an
U	: Coefficient de déperditions en W/K
HK	: Coefficient en kWh
AUT	: Apports utiles en kWh/an
PEREMCHA	: Pertes à l'émission en kWh/an
COPCHA	: Coefficient de performance du système de production de chaleur

PEREMCHA n'apparaît que pour des systèmes de planchers chauffants.

Pour les systèmes de chauffage électrique à effet Joule, COPCHA est égal à 1. La formule se simplifie alors :

$$\text{COPRIMCHA} = U \times \text{HK} - \text{AUT} + \text{PEREMCHA}$$

NOTA : Le cas de systèmes mixtes est un peu particulier. Le chauffage de base est assuré à 14 °C et l'appoint assure le complément. La régulation de chauffage de base ne prend pas en compte les apports gratuits. C'est la régulation du système d'appoint qui réagit aux apports. Nous considérons dans ce cas que la consommation d'énergie est obtenue par la formule suivante :

$$\text{COPRIMCHA} = U \times \text{HK}_{14} + \text{PEREMCHA}$$

Enfin, lorsque la consommation théorique est obtenue, il est bon de la comparer à la consommation réelle (voir aussi chapitre 2). Cette dernière s'obtient de différentes façons :

- par le gestionnaire s'il existe un compteur divisionnaire pour le chauffage,
- par extrapolation à l'année si des enregistrements ont été réalisés par le diagnostiqueur,
- par soustraction sur la facture globale si les consommations des différentes autres usages sont connues.

Cette comparaison est souhaitable car le diagnostiqueur peut se tromper dans l'estimation d'un ou plusieurs des paramètres, par ailleurs nombreux, qui entrent en ligne de compte dans les calculs de la consommation de chauffage.

Bilan financier d'exploitation

La difficulté d'obtenir le bilan financier provient du fait que la consommation d'énergie ne se répartit pas également sur les heures de la tarification EDF.

Une méthode basée sur le calcul des consommations heure par heure ne peut s'envisager qu'avec un outil informatique. La méthode manuelle du CoSTIC est basée sur une répartition de la consommation annuelle sur les différentes tranches tarifaires. Cette répartition a été obtenue pour tableur et la méthode est explicitée en annexe 14.5. On obtient ainsi des coefficients de répartition qui sont donnés dans ce qui suit en fonction :

- du type de tarif (jaune ou vert),
- du climat (5 zones climatiques),
- du système de chauffage (base, global continu, global avec ralenti).

A - Chauffage de base à 14 °C en continu

Les coefficients de répartition de la consommation annuelle d'énergie sont donnés dans les tableaux des figures 6.3.2.11. et 6.3.2.12. pour un chauffage continu à 14 °C. Ce cas est simple car il n'y a ni ralenti ni apports gratuits (figure 6.3.2.10.).

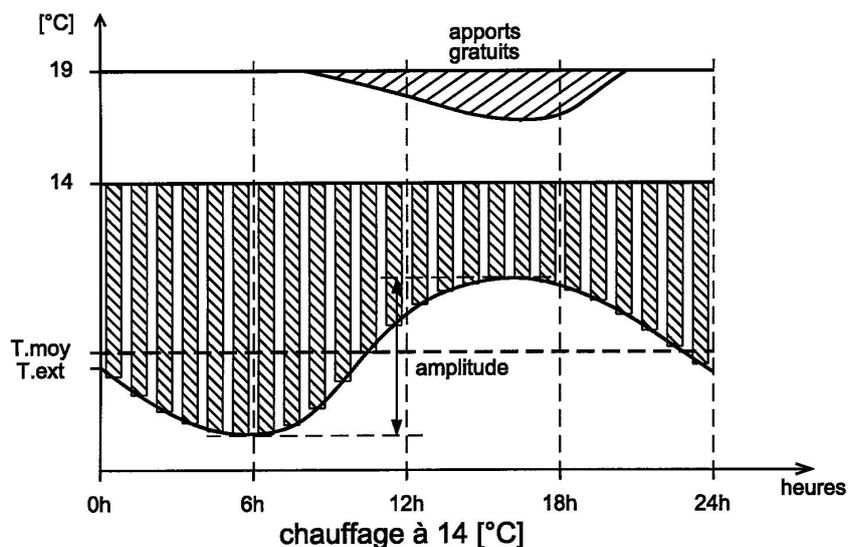


Figure 6.3.2. 10 - Répartition des consommations dans le cas d'un chauffage de base

CLIMAT	CCL	REPHPH	REPHCH	REPHPE	REPHCE
doux	1,5	46,2	51,5	1,1	1,2
assez doux	2,1	46,2	43,1	5,5	5,2
moyen	2,6	45,2	38,0	9,1	7,7
assez froid	3,3	43,3	33,3	13,2	10,2
froid	3,9	40,4	31,0	16,2	12,4

Figure 6.3.2. 11 - TARIF JAUNE : CHAUFFAGE DE BASE A 14 °C
(REP... Coefficient de répartition de la consommation annuelle de chauffage sur les tranches tarifaires)

CLIMAT	CCL	REPP	REPHPH	REPHCH	REPHPE	REPHCE
doux	1,5	46,2	51,5	1,1	1,2	1,4
assez doux	2,1	46,2	43,1	5,5	5,2	1,3
moyen	2,6	45,2	38,0	9,1	7,7	9,0
assez froid	3,3	43,3	33,3	13,2	10,2	12,1
froid	3,9	40,4	31,0	16,2	12,4	14,7

Figure 6.3.2. 12 - TARIF VERT : CHAUFFAGE DE BASE A 14 °C
(REP... Coefficient de répartition de la consommation annuelle de chauffage sur les tranches tarifaires)

La consommation en francs s'obtient à partir de l'une des formules suivantes en fonction du tarif.

TARIF JAUNE

$$(6.3.) 6 \quad \text{FCOPRIMCHA} = \text{COPRIMCHA} \times (\text{REPHPH} \times \text{PKHPH} + \text{REPHCH} \times \text{PKHCH} + \text{REPHPE} \times \text{PKHPE} + \text{REPHCE} \times \text{PKHCE})$$

- FCOPRIMCHA : Consommation primaire de chauffage en FHT/an
 COPRIMCHA : Consommation primaire de chauffage en kWh/an
 REPHPH : Coefficient de répartition consommation Heures Pleines d'Hiver
 PKHPH : Prix de kWh Heures Pleines d'Hiver en Francs HT
 REPHCH : Coefficient de répartition consommation Heures Creuses d'Hiver
 PKHCH : Prix de kWh en Heures Creuses d'Hiver en Francs HT
 REPHPE : Coefficient de répartition consommation Heures Pleines d'Eté
 PKHPE : Prix de kWh en Heures Pleines d'Eté en Francs HT
 REPHCE : Coefficient de répartition consommation Heures Creuses d'Eté
 PKHCE : Prix de kWh en Heures Creuses d'Eté en Francs HT

(REP : Coefficient de répartition de la consommation annuelle de chauffage sur les tranches tarifaires du tableau 6.3.2.11).

TARIF VERT

$$(6.3.) 7 \text{FCOPRIMCHA} = \text{COPRIMCHA} \times (\text{REPP} \times \text{PKP} + \text{REPHPH} \times \text{PKHPH} + \text{REPHCH} \times \text{PKHCH} + \text{REPHPE} \times \text{PKHPE} + \text{REPHCE} \times \text{PKHCE})$$

- REPP : Coefficient de répartition consommation en heures de Pointe
 PKP : Prix de kWh en pointe en Francs HT

(REP : Coefficient de répartition de la consommation annuelle de chauffage sur les tranches tarifaires dans tableau 6.3.2.12).

B – Chauffage de confort en continu

Pour un chauffage continu aux températures de confort (de 19° à 21 °C), la consommation se répartit différemment du cas précédent car les apports gratuits viennent créer un déphasage (figure 6.3.2.13).

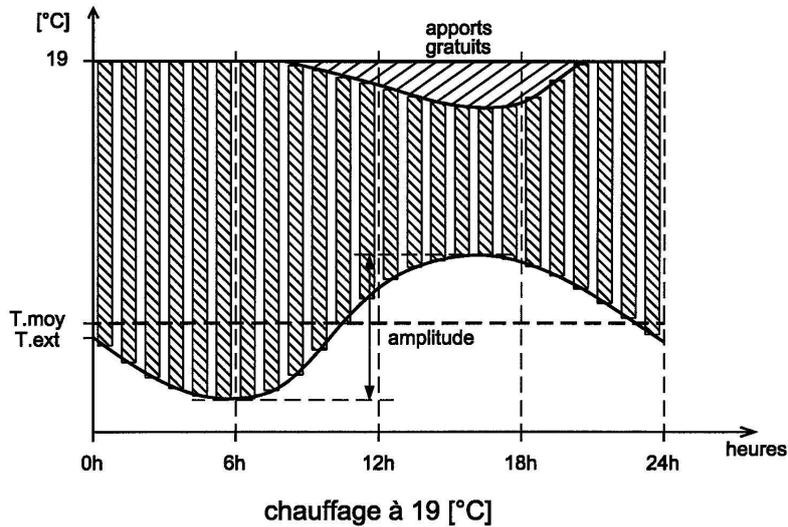


Figure 6.3.2. 13 - Répartition des consommations dans le cas d'un chauffage de confort en continu

La répartition de la consommation annuelle d'énergie pour un chauffage de confort en continu est donnée par les tableaux suivants 6.3.2.14 et 6.3.2.15, en fonction du tarif appliqué.

CLIMAT	CCL	REPHPH	REPHCH	REPHPE	REPHCE
doux	1,5	46,8	42,3	5,7	5,2
assez doux	2,1	46,1	33,8	11,6	8,5
moyen	2,6	41,4	31,8	15,2	11,6
assez froid	3,3	39,0	28,5	18,8	13,7
froid	3,9	36,2	26,5	21,5	15,8

Figure 6.3.2. 14. - TARIF JAUNE : CHAUFFAGE DE CONFORT (REP... : Coefficient de répartition de la consommation annuelle de chauffage sur les tranches tarifaires)

CLIMAT	CCL	REPP	REPHPH	REPHCH	REPHPE	REPHCE
doux	1,5	7,0	33,2	49,0	4,9	6,0
assez doux	2,1	6,6	32,9	40,4	9,9	10,2
moyen	2,6	5,8	29,7	37,7	13,0	13,8
assez froid	3,3	5,4	28,1	34,0	16,1	16,4
froid	3,9	5,1	25,9	31,7	18,4	18,9

Figure 6.3.2. 15 - TARIF VERT : CHAUFFAGE DE CONFORT (REP... : Coefficient de répartition de la consommation annuelle de chauffage sur les tranches tarifaires)

La consommation en francs s'obtient toujours grâce aux formules 6.3.6. pour un tarif jaune et 6.3.7. pour un tarif vert mais avec les coefficients REP... des tableaux 6.3.2.14. et 6.3.2.15.

C – Chauffage avec ralenti

La consommation d'énergie a été calculée à l'aide du HK relatif au cas-type étudié. La répartition de cette consommation se fait d'après les coefficients des tableaux 6.3.2.14. ou 6.3.2.15. Mais les ralentis entraînent une nouvelle répartition de la consommation (figure 6.3.2.16).

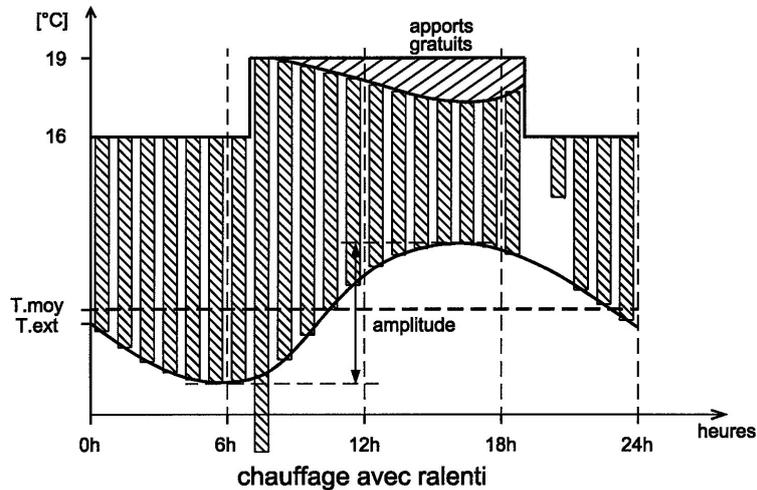


Figure 6.3.2. 16. - Répartition des consommations dans le cas de chauffage avec ralenti

Cette nouvelle répartition est obtenue dans la méthode, en appliquant les corrections suivantes aux coefficients de répartition (figures 6.3.2.17. et 6.3.2.18.). Les corrections sont choisies dans la colonne correspondant au scénario étudié. Utiliser le même scénario que pour le calcul de la consommation (voir figure 6.3.2.8).

	Scén. 1	Scén. 2	Scén. 3	Scén. 4	Scén. 5	Scén. 6	Scén. 7	Scén. 8	Scén. 9	Scén. 10
CORREPHPH	2,1	1,2	1,1	0,2	2,5	1,1	-2,2	- 0,4	- 1,5	- 2,3
CORREPHCH	- 2,1	-1,2	- 1,1	- 0,2	- 2,5	- 1,1	2,2	0,4	1,5	2,3
CORREPHPE	0,7	0,4	0,4	0,0	0,9	0,4	- 0,9	- 0,2	- 0,6	- 0,9
CORREPHCE	- 0,7	- 0,4	- 0,4	0,0	- 0,9	- 0,4	0,9	0,2	0,6	0,9

Figure 6.3.2. 17 - CORREP : TARIF JAUNE
Coefficients de correction des répartitions des consommations

	Scén. 1	Scén. 2	Scén. 3	Scén. 4	Scén. 5	Scén. 6	Scén. 7	Scén. 8	Scén. 9	Scén. 10
CORREPP	- 0,6	- 0,4	- 0,7	- 0,5	0,8	0,8	- 0,4	- 0,5	- 0,6	- 0,6
CORREPHPH	2,4	4,3	1,8	3,5	1,4	0,6	- 1,1	1,4	1,5	1,6
CORREPHCH	- 1,8	- 4,0	- 1,1	- 3,0	- 2,2	- 1,4	1,5	- 0,9	- 0,9	- 1,0
CORREPHPE	0,7	1,4	0,4	1,1	0,8	0,5	- 0,6	0,3	0,4	0,4
CORREPHCE	- 0,7	- 1,4	- 0,4	- 1,1	- 0,8	- 0,5	0,6	- 0,3	- 0,4	- 0,4

Figure 6.3.2. 18 - CORREP : TARIF VERT
Coefficients de correction des répartitions des consommations

La consommation en francs s'obtient à partir de l'une des formules suivantes, en fonction du tarif.

TARIF JAUNE

$$(6.3.) 8 \quad \text{COPRIMCHA} = \text{COPRIMCHA} \times [(\text{REPHPH} + \text{CORREPHPH}) \times \text{PKHPH} \\ + \text{REPHCH} + \text{CORREPHCH}] \times \text{PKHCH} \\ + (\text{REPHPE} + \text{CORREPHPE}) \times \text{PKHPE} \\ + (\text{REPHCE} + \text{CORREPHCE}) \times \text{PKHCE}]$$

FCOPRIMCHA	: Consommation primaire de chauffage en FHT/an
COPRIMCHA	: Consommation primaire de chauffage en kWh/an
REPHPH	: Coefficient de répartition consommation Heures Pleines d'Hiver
CORREPHPH	: Coefficient de correction répartition Heures Pleines d'Hiver
PKHPH	: Prix de kWh en Heures Creuses d'Hiver en Francs HT
REPHCH	: Coefficient de répartition consommation Heures Creuses d'Hiver
CORREPHCH	: Coefficient de correction répartition Heures Creuses d'Hiver
PKHCH	: Prix de kWh en Heures Creuses d'Hiver en Francs HT
REPHPE	: Coefficient de répartition Heures Pleines d'Eté
CORREPHPE	: Coefficient de correction répartition Heures Pleines d'Eté
PKHPE	: Prix de kWh en Heures Pleines d'Eté en Francs HT
REPHCE	: Coefficient de répartition Heures Creuses d'Eté
CORREPHCE	: Coefficient de correction répartition Heures Creuses d'Eté
PKHCE	: Prix de kWh en Heures Creuses d'Eté en Francs HT

TARIF VERT

$$(6.3.) 9 \quad \text{FCOPRIMCHA} = \text{COPRIMCHA} \times [(\text{REPP} + \text{CORREPP}) \times \text{PKP} \\ + (\text{REPHPH} + \text{CORREPHPH}) \times \text{PKHPH} \\ + (\text{REPHCH} + \text{CORREPHCH}) \times \text{PKHCH} \\ + (\text{REPHPE} + \text{CORREPHPE}) \times \text{PKHPE} \\ + (\text{REPHCE} + \text{CORREPHCE}) \times \text{PKHCE}]$$

REPP	: Coefficient de répartition consommation Heures de Pointe
CORREPP	: Coefficient de correction répartition Heures de Pointe
PKP	: Prix du kWh Pointe en Francs HT

Interventions d'économie

Comme pour les relevés, les interventions peuvent être décomposées en deux parties principales, le bâti et les installations.

La bonne isolation du bâti est essentielle dans le cas du chauffage électrique.

Les bâtiments des secteurs qui nous concernent ne se conçoivent pas aujourd'hui sans isolation et double vitrage. De même, le renouvellement d'air doit être contrôlé. Ces interventions sont primordiales et doivent être proposées.

Lorsqu'il existe déjà une isolation de paroi, la surisolation peut être proposée mais il ne faudra pas en attendre des temps de retour très avantageux.

L'isolation de parois entraîne évidemment une diminution des consommations électriques. Mais lorsque les gains sont conséquents, il faut l'accompagner du remplacement des convecteurs dont la surpuissance devient trop importante. On pourra procéder alors à l'abaissement de la puissance souscrite qui permet de réaliser une économie financière annuelle importante.

Pour la ventilation mécanique, les interventions à prévoir sont l'arrêt, le ralenti ou la diminution des débits. Chaque cas est particulier, on ne fera pas d'arrêt ou de ralenti de la VMC par exemple dans les logements car l'occupation est continue. Il faut étudier chaque fois que c'est possible, la séparation des zones à usage spécifique, par exemple les salles de réunion dans les immeubles de bureaux, ou les salles de classe dédiées dans l'enseignement. Il est inutile de renouveler l'air, donc de le réchauffer durant toute une journée alors qu'il n'y a qu'une heure d'occupation du local.

Sur les installations de chauffage les interventions visent 4 objectifs :

- production,
- régulation,
- programmation,
- délestage.

Les appareils de production, convecteurs ou câbles chauffants, sont rarement à remettre en cause, cependant, le cas peut se produire. Si les occupants se plaignent de températures intérieures trop basses, il faudra vérifier la continuité des câbles chauffants dans la dalle (ohmmètre) ou le bon fonctionnement des convecteurs. Les convecteurs " pirates " sont aussi un signe d'un chauffage défaillant.

D'autre part, l'évolution des matériels permet d'obtenir aujourd'hui des convecteurs dont le régulateur (thermostat) a un différentiel inférieur à 0,5 [°C] (catégorie ELEXENCE). Auparavant les différentiels pour la catégorie NF A étaient de l'ordre de 2 °C. Le remplacement des convecteurs anciens devra donc être étudié dans certains cas.

CLIMAT	Régulateur Type B	Régulateur Elexence
doux	- 1,9	- 3,7
assez doux	- 2,1	- 4,2
moyen	- 2,3	- 4,6
assez froid	- 2,9	- 5,7
froid	- 2,9	- 6,0

Figure 6.3.2. 19. - Corrections du HK pour des régulations performantes

Les convecteurs électroniques peuvent maintenant être équipés d'un " fil pilote " qui permet la commande centralisée à distance de ralentis ou de hors-gel.

Ces mêmes fonctions peuvent être transmises par " courant porteur ", ce qui est particulièrement adapté dans le cas de rénovation.

Le tableau suivant donne les corrections à appliquer aux HK dans le cas d'un abaissement de la température pendant toute la durée de la saison de chauffage.

CLIMAT	Abaissement de 3 [°C]		Abaissement de 5 [°C]	
	pdt 8 heures	pdt 12 heures	pdt 8 heures	pdt 12 heures
doux	- 4,0	- 5,9	- 5,0	- 7,4
assez doux	- 4,6	- 6,8	- 6,4	- 9,6
moyen	- 5,1	- 7,6	- 7,4	- 11,1
assez froid	- 6,2	- 9,2	- 9,0	- 13,5
froid	- 6,4	- 9,6	- 9,7	- 14,5

Figure 6.3.2. 20. - Corrections du HK pour abaissements journaliers de la température

Des régulateurs seront le plus souvent présents. Il faut tout d'abord vérifier leur efficacité. Le paragraphe suivant traite de l'instrumentation qui est le meilleur moyen de savoir si la régulation fonctionne comme il est prévu. L'emplacement des sondes doit être vérifié.

La programmation doit "coller" au mieux avec l'occupation du bâtiment. Lorsque c'est possible elle doit tenir compte en même temps des tranches tarifaires. Par exemple le chauffage des logements à partir de 6 h 00 pour obtenir la température de confort à 7 h 00, pourra être décalé afin que la relance soit réalisée en heures creuses, à partir de 5 h 00. La consommation d'énergie est un peu plus importante mais le coût d'exploitation est diminué et la relance décalée.

Le délestage concerne surtout les heures de pointe. L'asservissement au signal tarifaire est ici incontournable. L'économie financière est obtenue par abaissement de la puissance souscrite en pointe. En général on divise les alimentations des appareils en plusieurs secteurs. L'un des secteurs est délesté pendant une période définie, quelques minutes, pendant que les autres sont alimentés, puis c'est le tour du secteur suivant et ainsi de suite.

Il ne faut pas négliger pour autant le confort des occupants. Ainsi les périodes de délestage ne seront pas trop longues. L'économie d'énergie est pratiquement nulle car le fonctionnement régulé qui n'a pas eu lieu pendant le délestage est compensé par un fonctionnement continu lors du relestage.

Exemple : 1 cage d'escaliers avec 3 logements à l'étage. On alimente 2 piles de logements pendant 10 mn, puis on déleste l'une de ces piles pour alimenter celle qui était à l'arrêt, et ainsi de suite...

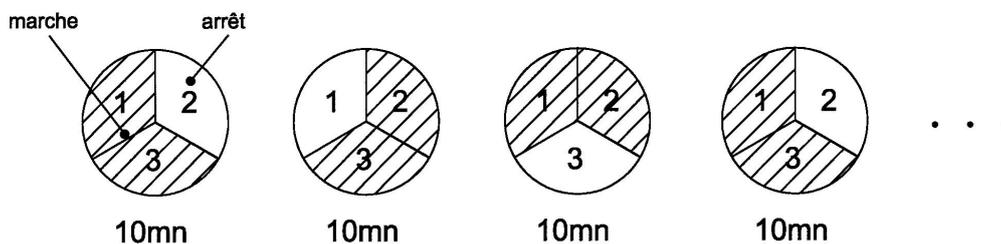


Figure 6.3.2. 21 - Exemple de délestage cyclique

D'autres interventions peuvent être envisagées, mais les économies sont très aléatoires. Il s'agit de systèmes complétant la régulation terminale. Nous donnons des valeurs ci-après mais elles doivent être utilisées avec précautions.

Installation de **contacts de feuillure** qui coupent l'alimentation des convecteurs en cas d'ouverture des fenêtres. Les économies envisageables sont données au tableau 6.3.2.22 pour des locaux scolaires, où cette intervention est souvent réalisée, et pour des bureaux.

CLIMAT	ECONOMIE SUR CONSOMMATION TOTALE CHAUFFAGE	
	SCOLAIRES	BUREAUX
	Eco. par 100 élèves [kWh/an]	Eco. par 100 m ² [kWh/an]
doux	585	80
assez doux	780	105
moyen	975	130
assez froid	1170	155
froid	1365	180

(*) arrêt du chauffage pendant 5 minutes d'interclasse toutes les heures.

(**) arrêt du chauffage pendant 15 minutes par jour chez 50 % des occupants.

Figure 6.3.2. 22 - Economie par installation de contacts de feuillure dans les locaux scolaires (*) et les bureaux (**)

Installation de **détecteurs de présence** dans les locaux à occupation intermittente. Il existe des appareils automatiques, détecteurs à infrarouges ou volumétriques peut-être trop fragiles pour certains locaux, ou des interrupteurs manuels, parfaitement résistants. Ces appareils entraînent des économies, aussi minimes soient-elles, dans des locaux tels que les salles de réunions, ou les salles de classe dédiées par exemple.

ECONOMIE SUR CONSOMMATION TOTALE CHAUFFAGE	
SCOLAIRES	BUREAUX
0,25 %	0,30 %

(*) classes dédiées occupées 50 % du temps

(**) salles de réunions occupées 2 heures par jour

Figure 6.3.2. 23 - Economie par installation de détecteurs de présence dans les salles dédiées (*) et dans les salles de réunions (**)

Citons enfin une intervention qui n'apparaît pas a priori comme une source d'économie. Il s'agit du **comptage divisionnaire**. Le relevé régulier de ces compteurs et l'analyse des résultats permet de détecter immédiatement toute anomalie, et ainsi de déclencher rapidement les interventions. C'est évidemment là que les économies seront réalisées. Plutôt que de laisser dériver un système, sa remise en état rapide évite des surconsommations sur des périodes quelquefois très longues !

Par exemple, le compteur divisionnaire de la salle de sport affiche une consommation électrique le mercredi alors que le chauffage ne devrait pas fonctionner.

RECAPITULATIF**INTERVENTIONS CHAUFFAGE****Sur le bâti :**

- Isolation des murs extérieurs par l'intérieur
- Isolation des murs extérieurs par l'extérieur
- Isolation des planchers sur locaux non chauffés
- Isolation des planchers sur l'extérieur
- Isolation des terrasses
- Isolation des planchers sous combles
- Isolation des parois sur locaux non chauffés
- Pose de doubles vitrages
- Remplacement des fenêtres
- Pose des doubles fenêtres
- Calfeutrement des portes
- Calfeutrement des fenêtres
- Diminution de la VMC
- Arrêt de l'extraction en inoccupation
- Extraction particulière pour locaux spécifiques.

Sur les installations :

- Régulation : thermostats performants
- Programmation : programmateurs centralisés avec horloges de ralenti, par zone, par bâtiment...
- Programmation par courant porteur
- Délestage
- Détecteurs de présence
- Contacteurs de fenêtres
- Compteurs divisionnaires
- Remplacement des appareils vétustes : convecteurs électroniques avec fil pilote
- Diminution de la surpuissance par remplacement des convecteurs et abaissement de la puissance souscrite.

Instrumentation

Dans le cas du chauffage, l'instrumentation doit être systématique. Le seul appareil nécessaire au niveau de l'armoire est l'analyseur électrique mais il est judicieux de l'accompagner d'un enregistrement de la température extérieure. On pourra ainsi extrapoler la consommation réelle à une saison de chauffage moyenne.

$$\text{Conso. réelle annuelle} = \text{Conso. réelle mesurée} \times \frac{\text{DJU moyens annuels}}{\text{DJU moyens mesurés}}$$

L'analyseur doit être placé tour à tour sur les principaux circuits et pendant une période significative, en général une semaine pour les bureaux et les locaux scolaires, une journée pour les logements ou les locaux hospitaliers.

Les paramètres à vérifier sont essentiellement les intensités et les consommations. Le cosinus phi, dans le cas de résistances électriques utilisées pour le chauffage est toujours égal à 1, c'est-à-dire qu'il ne peut pas être amélioré.

Au dépouillement, le tracé des courbes d'évolution des intensités ou des puissances permet des analyses souvent riches d'enseignements. On vérifiera surtout le calage avec les heures tarifaires.

L'exemple ci-dessous montre bien les délestages effectués pendant les 2 heures de pointe du matin entre 9 h 00 et 11 h 00 et du soir entre 18 h 00 et 20 h 00.

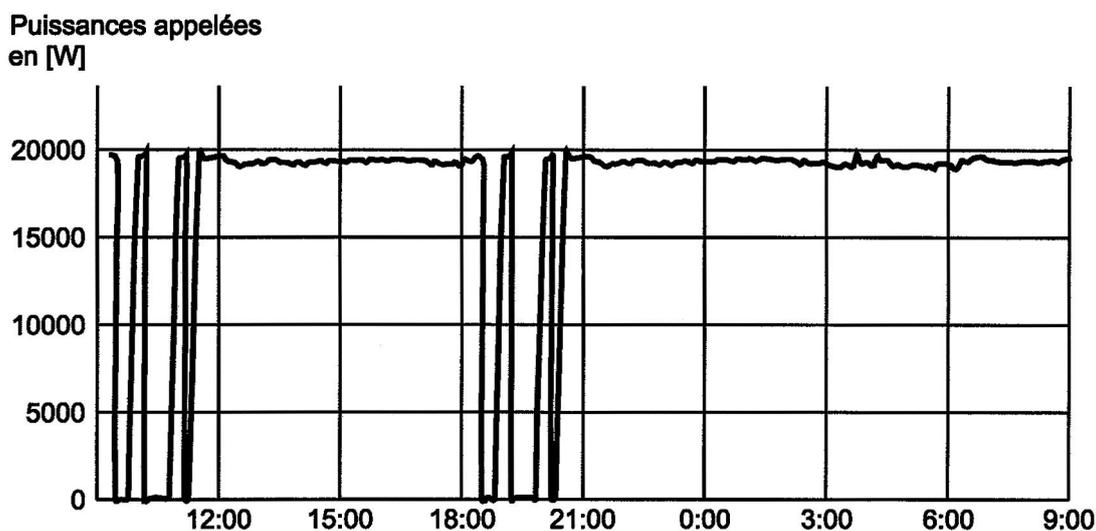


Figure 6.3.2. 24 - Courbe de puissance appelée avec positionnement du délestage

Quelques ratios

Les consommations dépendent d'une quantité de paramètres :

- isolation des parois
- inertie du bâtiment
- orientation
- occupation
- régulation
- programmation des ralentis,...

Des ratios sont donnés dans le tableau ci-dessous mais doivent être utilisés avec toutes les précautions qui s'imposent.

Typologie	Consommations d'électricité
Bureaux	80 à 170 kWh/m ²
Santé	110 à 160 kWh/m ²
Enseignement	50 à 70 kWh/m ²
Logements collectifs	65 à 130 kWh/m ²
Hôtels	60 à 115 kWh/m ²

Figure 6.3.2. 25 - Ratios de consommations d'électricité pour le chauffage électrique

Réglementation

Un décret et sept arrêtés

Les textes comportent **un décret signé le 12 avril 1988 et des arrêtés d'application.**

- "Arrêté du 11 mars 1988 relatif aux équipements et aux caractéristiques thermiques dans les bâtiments sanitaires et sociaux",
- "Arrêté du 13 avril 1988 relatif aux équipements et aux caractéristiques thermiques dans les bâtiments à usage d'hôtellerie",
- "Arrêté du 13 avril 1988 relatif aux équipements et aux caractéristiques thermiques dans les bâtiments à usage de bureaux ou de commerce",
- "Arrêté du 13 avril 1988 relatif aux équipements et aux caractéristiques thermiques dans les bâtiments à usage industriel",
- "Arrêté du 6 mai 1988 relatif aux équipements et aux caractéristiques thermiques dans les bâtiments à usage d'enseignement",
- "Arrêté du 6 mai 1988 relatif aux équipements et aux caractéristiques thermiques dans les bâtiments à usage sportif, à l'exception des piscines et des patinoires",
- "Arrêté du 13 avril 1988 relatif aux équipements et aux caractéristiques thermiques dans les bâtiments du secteur tertiaire non concernés par les six autres arrêtés".

On distingue plusieurs catégories de locaux :

- Catégorie D : Locaux à occupation discontinue
Elle comprend tous "les locaux dont la destination est telle qu'on puisse chaque jour cesser de maintenir la température d'occupation pendant une période continue d'au moins dix heures, dont cinq au moins entre 0 et 7 heures".
- Catégorie C : Locaux à récupération continue dont font partie les autres locaux
Pour la famille des bâtiments sanitaires et sociaux, les locaux de catégorie C ou D sont répartis en deux sous-familles : sont classés en A, les locaux abritant les chambres de malade ou demandant une forte température et en B tous les autres locaux.

Les sept arrêtés sont tous constitués de 4 chapitres qui précisent les exigences en matière de :

- **isolation,**
- **régulation - programmation,**
- **ventilation,**
- **climatisation** (hors de notre propos).

L'isolation

Le chapitre isolation concerne les bâtiments dont la température normale d'occupation est égale ou supérieure à 14 °C.

La limite du coefficient G1, coefficient volumique de déperditions thermiques par transmission à travers les parois, est donnée par l'application à la formule ci-dessous des valeurs des tableaux suivants :

Locaux de catégorie D :

Type de chauffage		I			II		
Zone climatique		H1	H2	H3	H1	H2	H3
a		1,00	1,05	1,15	1,15	1,25	1,35
b	Bâtiment de Famille A	0,40	0,45	0,45	0,45	0,50	0,60
	Autres	0,40	0,45	0,50	0,45	0,50	0,60
c		1,30	1,30	1,40	1,40	1,50	1,50
d		1,80	2,40	3,10	3,10	3,90	4,70
e	Bâtiments : • d'enseignement • sportifs	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
	Autres	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12

Locaux de catégorie C :

Type de chauffage		I			II		
Zone climatique		H1	H2	H3	H1	H2	H3
a	Bâtiment de Famille A	0,85	0,90	0,95	0,90	0,95	1,00
	Autres	0,90	0,95	1,00	0,95	1,00	1,05
b	Bâtiment de Famille B	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,45
	Autres	0,40	0,40	0,45	0,45	0,45	0,50
c		1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30
d		1,20	1,40	1,60	1,40	1,60	2,30
e		0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06

$$G1 < a. \frac{A1}{V} + b. \frac{A2}{V} + c. \frac{P}{V} + d. \frac{A3}{V} + e$$

avec :

A1 : *surface des parois opaques verticales*

A2 : *surface des parois opaques horizontales*

A3 : *surface des parois transparentes ou translucides*

P : *le pourtour des locaux chauffés sur terre-plein ou enterrés*

V : *le volume intérieur chauffé.*

Cette limite peut être majorée en fonction de la catégorie de locaux, de l'inertie thermique, de l'incidence solaire, de la récupération de chaleur,...

La régulation - programmation

Ce chapitre concerne les locaux dont la température normale d'occupation est au moins de 10°C.

Dans ces locaux, toute installation de chauffage doit être équipée d'au moins un dispositif d'arrêt manuel et de régulation en fonction de la température intérieure par local desservi ou par groupe de locaux d'au plus 400 m² ayant les caractéristiques homogènes : même code d'occupation dans le temps, mêmes apports internes, même type d'émetteurs de chaleur, même exposition, même niveau d'indice solaire, même chasse d'inertie de chaque local.

De plus, un dispositif piloté au moins en fonction de la température extérieure doit être installé :

- pour réguler la génération centrale de chaleur desservant plusieurs locaux d'une surface totale de plus de 400 m², sans dépasser 5000 m²,
- pour réguler la base d'un chauffage mixte quelle que soit la surface desservie,
- ou pour limiter l'alimentation d'appareils électriques indépendants assurant le chauffage de locaux de plus de 400 m².

Dans les locaux de catégorie D, l'installation doit aussi être équipée d'un dispositif de commande manuelle et de programmation automatique permettant la fourniture de chaleur dans un ou plusieurs locaux d'occupation (mêmes horaires) et de caractéristiques thermiques homogènes (même classe d'inertie et aucun local n'a un G1 dépassant de plus de 0,4 W/m³.°C le G1 de l'ensemble de ces locaux) selon :

- l'allure normale en période d'occupation,
- l'arrêt pendant l'inoccupation, à l'exclusion de la remise en température et du maintien en température pour raison de sécurité,
- la pleine puissance pour rétablir la température normale d'occupation.

Des dispositifs permettant de suivre les consommations de chauffage, éventuellement confondues avec celles de l'eau chaude sanitaire doivent équiper les installations de plus de 400 m².

La ventilation

Ce chapitre s'applique aux locaux dont la température normale d'occupation est égale ou supérieure à 10 °C, mais ses dispositions ne peuvent s'opposer aux règlements pris en matière de santé, de salubrité, d'hygiène et de sécurité (règlement sanitaire départemental type, règlement de sécurité contre l'incendie, etc...).

Le CSTB a réalisé des "exemples de solution" pour faciliter l'application de cette réglementation.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Guide de Diagnostic Thermique - 1987
AFME chez EYROLLES
- [2] QUALITA N° 35 - Octobre 1993
- [3] Documents tarification - CFE
- [4] Guides sectoriels AICVF (Bureaux)
- [5] Cahier du CSTB n° 205
- [6] 300 questions pratiques d'électricité dans le bâtiment CEGIBAT - Le Moniteur 1992
- [7] DTU Avril 1982 - Règles TH Q77. Mise à jour du calcul du coefficient G des logements
- [8] Consommation électrique des auxiliaires pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire et la ventilation - CoSTIC/EDF
- [9] Chauffage et conditionnement électriques des locaux.
Roland WOLF chez EYROLLES - 1974.
- [10] Climat et Maitrise de l'Energie - MAI 1987 - R. CADIERGUES
ADEME / CoSTIC
- [11] Comportement et Maitrise de l'Energie - MAI 1987 - R. CADIERGUES
ADEME / CoSTIC
- [12] Régulation d'ambiance et Maitrise de l'Energie - JUILLET 1988 -
R. CYSSAU et M. MOREAU - ADEME / CoSTIC
- [13] Normales climatologiques 1951-1980 (températures) - Novembre 1983
Ministère des Transports - Direction de la Métrologie
- [14] PROMOCLIM E n° 3 - Juin 1986 - SEDIT Editeur (voir en annexe)
- [15] PROMOCLIM E n° 4 - Septembre 1986 - SEDIT Editeur
- [16] PROMOCLIM E n° 4 - Septembre 1977 - SEDIT Editeur
- [17] Exemples d'application de la NRT dans les bureaux EDF - Février 1991
- [18] Exemples d'application de la NRT dans l'hôtellerie EDF - Juin 1991

