

Audit énergétique bâtiment

ADEME



Agence de l'Environnement
et de la Maîtrise de l'Énergie

Maîtres d'ouvrages & bureaux d'études

RAPPORT TYPE - JUIN 2011



N'imprimez que si nécessaire !

Vous voulez imprimer
certains passages
de ce document ?

Demandez-vous
si cela vous sera
vraiment utile.

Si c'est le cas, imprimez
en recto-verso !

Liste des figures	4	4.2 - Description du bâtiment	45
Liste des tableaux	5	4.2.1 - Description du bâti	45
1 Préambule	6	4.2.2 - Analyse des équipements techniques	53
1.1 - Le Conseil en Orientation Énergétique	13	4.2.3 - Analyse de l'utilisation du bâtiment	89
1.2 - Le pré-diagnostic énergétique	13	4.2.4 - Synthèse des atouts et dysfonctionnements du bâtiment	95
1.3 - L'Audit Énergétique	14	5 Analyse des consommations	96
1.4 - L'Étude de faisabilité	16	5.1 - Les consommations de chauffage	98
1.5 - Le diagnostic « spécialisé »	16	5.1.1 - Analyse des factures des consommations réelles	98
2 Résumé	18	5.1.2 - Modélisation énergétique du bâtiment	100
3 Objectifs de l'audit	31	5.2 - Consommations d'électricité	105
3.1 - Contexte de l'étude et objectifs poursuivis	32	5.2.1 - Analyse des factures des consommations d'électricité	105
3.2 - Contenu du rapport	34	5.2.2 - Analyse tarifaire	109
3.3 - Descriptifs des campagnes de mesures	35	5.2.3 - Analyse des mesures électriques	111
3.4 - Éléments mis à disposition pour l'audit	36	5.3 - Consommations d'eau	114
3.5 - Limites	36	5.4 - Synthèse	115
4 Présentation du bâtiment	37	5.4.1 - Récapitulatif des consommations et des dépenses du bâtiment	115
4.1 - Données de contexte	38	5.4.2 - Étiquette énergétique du bâtiment	117
4.1.1 - Localisation, masques et données météo	38	6 Préconisations et scénarii	118
4.1.2 - Description générale	40	6.1 - Présentation des actions/ préconisations	120
4.1.3 - Usage du bâtiment et zonage fonctionnel	43	6.2 - Définition des scénarii de travaux	129
4.1.4 - Travaux à venir	45	6.3 - Présentation des scénarii	130
4.1.5 - Études réalisées	45		

6.4 - Analyse économique de la sensibilité des scénarii travaux aux évolutions des coûts (prix fiscalité) des énergies	135
7 Financements envisageables	136
7.1 - Les aides financières	137
7.2 - Les aides fiscales	138
7.3 - Les Certificats d'Économie d'Énergie	141
7.4 - Les autres financements possibles	143
8 Conclusion	144
Annexes	146
Annexe A : Méthodologie des mesures et des calculs	146
Annexe B : Caractéristiques thermiques minimales RT Existant	146
Annexe C : Déperditions thermiques du bâtiment	146
Annexe D : Plans des réseaux	146
Annexe E : Non conformités - Améliorations	146
Annexe F : Modèles d'éclairage de secours «performant»	146
Annexe G : Certificats d'économies d'énergie (Fiches CEE)	146
Annexe H : Informations complémentaires	146
Remerciements	147
Glossaire pédagogique	148

Liste des figures

Figure 1 : Les phases de l'audit	32	Figure 32 : Vues des équipements des salles de bain : VMC et rayonnant électrique	74
Figure 2 : Évolution des DJU moyens	39	Figure 33 : Vues des dispositifs de soufflage/reprise d'air dans un salon	75
Figure 3 : Rose des vents du site	39	Figure 34 : Les 6 ballons petites et moyennes capacités - le ballon 500 l et son bouclage	76
Figure 4 : Plan schématique de l'établissement	39	Figure 35 : Vue des caissons d'extraction et de la Centrale de Traitement d'Air	79
Figure 5 : Vue aérienne de l'établissement	41	Figure 36 : Hétérogénéité de l'apport en lumière naturelle / Atelier 2	80
Figure 6 : Répartition des zones de chauffage du bâtiment	44	Figure 37 : Éclairage artificiel réel et théorique de l'atelier d'art n°2	83
Figure 7 : Analyse thermographique des parois	51	Figure 38 : Exemple d'une robinetterie âgée, généralisée sur le bâtiment	88
Figure 8 : Analyse thermographique des ouvrants	51	Figure 39 : Enregistrements de température	93
Figure 9 : Analyse thermographique d'un pont thermique "plancher bas - mur"	51	Figure 40 : Consommation de chauffage (gauche) et coût de chauffage (droite) pour 2004/2006	98
Figure 10 : Analyse thermographique "plancher intermédiaire - mur"	51	Figure 41 : Consommation annuelle type	99
Figure 11 : Vue des masques en béton de la façade sud	52	Figure 42 : Ratios de consommation 2004/2006	99
Figure 12 : Les deux chaudières et leurs brûleurs ; l'alimentation gaz (en jaune)	53	Figure 43 : Répartition des consommations de chauffage (hiver) par poste :	104
Figure 13 : Schéma de principe de la chaufferie	54	Figure 44 : Consommation d'électricité (gauche) et facture d'électricité en euro (droite) pour 2004/2006	106
Figure 14 : Nourrice générale et panoplie des 5 circuits de chauffage	56	Figure 45 : Répartitions des consommations électriques communes par usages	107
Figure 15 : Exemples de calorifuges non satisfaisants	56	Figure 46 : Consommation électrique type annuelle	107
Figure 16 : Radiateur et ventilo-convecteur	60	Figure 47 : Répartition de la tarification électrique annuelle	107
Figure 17 : Circuit 3 radiateurs "Administration" - Courbe de chauffage	62	Figure 48 : Consommation électrique annuelle type du bâtiment	108
Figure 18 : Radiateur électrique à bain d'huile	65	Figure 49 : Mesure du facteur de puissance	111
Figure 19 : Représentation synoptique du réseau de production thermique	67	Figure 50 : Puissances apparente, active et réactive de l'éclairage sur 5 jours	112
Figure 20 : Vue du groupe GF2	68	Figure 51 : Puissances apparente, active, et réactive de l'éclairage sur 3 jours	112
Figure 21 : Vue des pompes réseau primaires	68	Figure 52 : Courbe de consommation au général sur la période de mesure / mise en évidence d'une puissance plancher	113
Figure 22 : Vue d'une des deux chaudières fioul	68	Figure 53 : Répartition des consommations et des dépenses	115
Figure 23 : Vues des échangeurs des circuits eau chaude et eau glacée de la sous-station	69	Figure 54 : Étiquettes Énergie et Climat pour les logements	117
Figure 24 : Vue des pompes de distribution en sous-station	69	Figure 55 : Étiquettes Énergie et Climat pour les bâtiments à usage autre que logement	117
Figure 25 : Vue de la CTA n° 11 (chambres aile Casino) et Vue de la CTA n°52 (chambres aile Alice)	71		
Figure 26 : Vue de la CTA n° 1 (soufflage bar Américain) et de l'extracteur associé	71		
Figure 27 : Vues de la salle Empire et des dispositifs de soufflage/reprise d'air (côté zone vitrée)	72		
Figure 28 : Vue des CTA n° 28 et 29 : soufflage cuisines Debussy – Ravel et cuisine gastronomique	72		
Figure 29 : Vue d'une UTA	73		
Figure 30 : Vues d'une grille de soufflage et d'une grille de reprise	74		
Figure 31 : Vues de deux exemples de boîtier de régulation	74		

Liste des tableaux

Tableau 1 : Fiche identité B1	8	Tableau 29 : Récapitulatif des consommations et dépenses énergétiques	116
Tableau 2 : Fiche identité B2	9	Tableau 30 : Tableau récapitulatif des interventions préconisées	121
Tableau 3 : Fiche identité B3	10	Tableau 31 : Tableau de synthèse des crédits d'impôt	139
Tableau 4 : Fiche identité B4	11	Tableau 32 : Liste des gains kWh cumac	142
Tableau 5 : Fiche identité B5	11	Tableau 33 : Taux de couverture des investissements en fonction du tarif d'achat des CEE	142
Tableau 6 : Fiche identité B6	11		
Tableau 7 : Fiche de synthèse	33		
Tableau 8 : Caractérisation des surfaces du bâtiment	41		
Tableau 9 : Taux d'occupation des différentes salles de l'établissement	44		
Tableau 10 : Composition des murs	46		
Tableau 11 : Composition des planchers	47		
Tableau 12 : Composition des toitures	47		
Tableau 13 : Composition des vitrages	48		
Tableau 14 : Synthèse des compositions des parois déperditives	49		
Tableau 15 : Différents ponts thermiques rencontrés dans le bâtiment	50		
Tableau 16 : Détail du nombre d'émetteurs par réseau et affectation	59		
Tableau 17 : Exemple de planning de chauffe	64		
Tableau 18 : Rendement global du chauffage	65		
Tableau 19 : Répartition des différents types de luminaires	86		
Tableau 20 : Habitudes de consommations électriques	92		
Tableau 21 : Caractéristiques du contrat souscrit pour la fourniture de gaz	98		
Tableau 22 : Caractéristiques des parois	100		
Tableau 23 : Caractéristiques du contrat souscrit pour l'électricité	105		
Tableau 24 : Consommations annuelles pour les 5 années étudiées	106		
Tableau 25 : Analyse des répartitions des consommations suivant les différentes tranches horaires	108		
Tableau 26 : Analyse des dépassements de puissance sur les 3 années étudiées	109		
Tableau 27 : Simulation tarifaire sur les 3 années étudiées	110		
Tableau 28 : Relevés des compteurs d'eau au 01/05/07	114		

I - Préambule

I.1 - Le Conseil en Orientation Énergétique	13
I.2 - Le pré-diagnostic énergétique	13
I.3 - L'Audit Énergétique	14
I.4 - L'Étude de faisabilité	16
I.5 - Le diagnostic « spécialisé »	16

Afin de répondre à la demande des professionnels, l'ADEME a édité ce rapport type d'audit énergétique bâtiment, dont le but est d'illustrer le contenu (types d'informations, niveau de précisions, résultats attendus, etc) et l'esprit général de ce dernier.

L'audit énergétique bâtiment se veut avant tout un outil d'aide à la décision. D'une manière générale, une grande importance devra être accordée à la pédagogie tout au long du rapport. Les auteurs de l'audit devront faire ressortir les conseils, expertises, remarques ou informations complémentaires visant à éclairer le lecteur dans ses choix (pour convaincre et faciliter le passage à l'acte).

Ce rapport type se veut également un document pédagogique et opérationnel, illustré d'exemples. Il s'adresse aussi bien aux maîtres d'ouvrages (futurs lecteurs de l'audit et décideurs) qu'aux bureaux d'études (rédacteurs).

Il constitue une base de travail sans toutefois être un modèle absolu : il appartiendra aux professionnels de l'adapter en fonction des cas particuliers rencontrés sur le terrain. De même, l'ensemble des remarques et des conseils présents dans ce rapport type sont fournis à titre indicatif, ils devront notamment être adaptés en fonction de l'évolution de la réglementation ou du cahier des charges de la prestation.

Comment lire ce rapport type ?

Afin de faciliter la lecture du document, l'ensemble des parties suit la même disposition :

1. Méthodologie générale pour traiter cette partie;
2. Illustration (exemple concret avec texte et figures) – Sur fond de couleur ;

Les différentes parties du rapport type sont illustrées d'exemples tirés de typologies de cas très différentes (bâtiments administratifs, collège, Ecole supérieure, etc.) mais essentiellement de cas de bâtiments tertiaires, afin que ce dernier soit le plus complet et le plus exhaustif possible.

Les 3 cas principaux utilisés sont présentés ci-dessous, à l'aide de leur fiche d'identité énergétique.

D'autres cas concrets complémentaires sont utilisés ; ils sont présentés dans des tableaux.

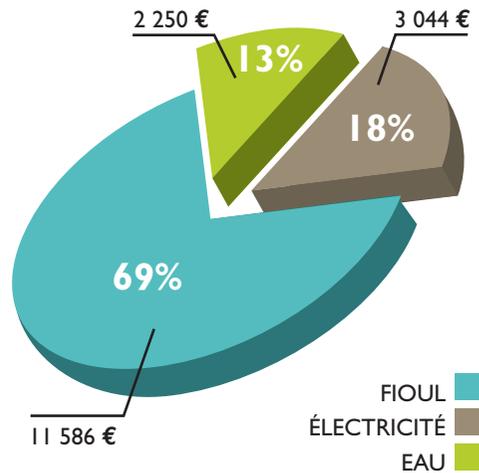
Fiche identité énergétique **BI**

Données administratives	
Nom	Immeuble xx
Activité	Logement
Localisation	Lyon (69)
Année de construction	1965

Données d'activités	
Nombre de bâtiments	1
Surface chauffée	1 107 m ²
Volume chauffé	3 264 m ³
Nombre de logements	15

Type d'énergie			
Chauffage	Fioul	ECS	Fioul

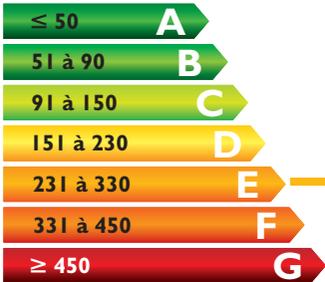
Répartition des dépenses annuelles



Bilan des consommations annuelles	
Électricité	27 675 kWh _{elec}
Chauffage	178 250 kWh _{pCl} (DJU 2597-base 20°C)
Eau	900 m ³

Consommations énergétiques : (pour les consommations d'énergie totale)

Bâtiment économe

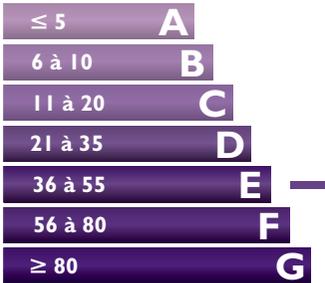


282
kWhEP/m²
.an

Bâtiment énergivore

Émissions de Gaz à Effet de Serre : (pour les consommations d'énergie totale)

Faible émission de GES



50
kg CO₂/m²
.an

Forte émissions de GES

Tableau 1 : Fiche identité BI.

Fiche identité énergétique **B2**

Données administratives	
Nom	Hôtel xx
Activité	Hôtellerie
Localisation	Nice (06)
Année de construction	19 ^{ème} siècle

Données d'activités	
Nombre de bâtiments	1
Surface chauffée	27 600 m ²
Volume chauffé	93 840 m ³
Nombre de chambres	200

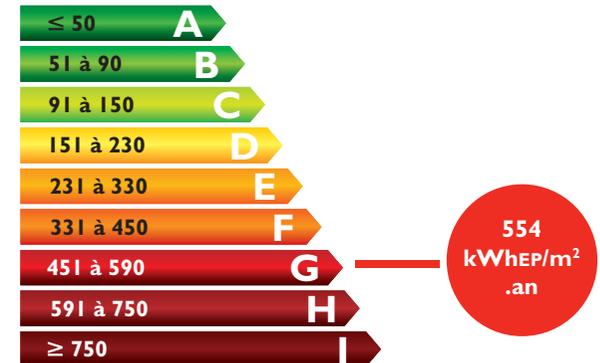
Type d'énergie			
Chauffage	Électricité	ECS	Électricité

Répartition des dépenses annuelles
NC

Bilan des consommations annuelles	
Électricité	4 305 000 kWh _P CS
Climatisation	(DJU 2597-base 20°C)
Électricité	1 372 000 kWh _P CS
Autres usages	
Eau	NC

Consommations énergétiques : (pour les consommations d'énergie totale)

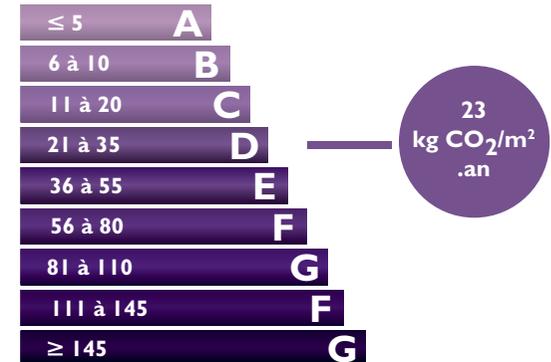
Bâtiment économe



Bâtiment énergivore

Émissions de Gaz à Effet de Serre : (pour les consommations d'énergie totale)

Faible émission de GES



Forte émissions de GES

Tableau 2 : Fiche identité B2.

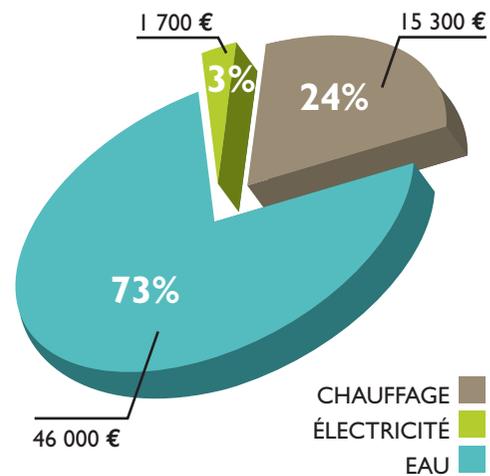
Fiche identité énergétique **B3**

Données administratives	
Nom	École xx
Activité	Enseignement technologique
Localisation	Pontarlier (25)
Année de construction	1971

Données d'activités	
Nombre de bâtiments	1
Surface chauffée	6 769 m ²
Volume chauffé	20 360 m ³
Nombre de classes	235

Type d'énergie			
Chauffage	Gaz propane	ECS	Électricité + gaz propane pour 2 logements annexes

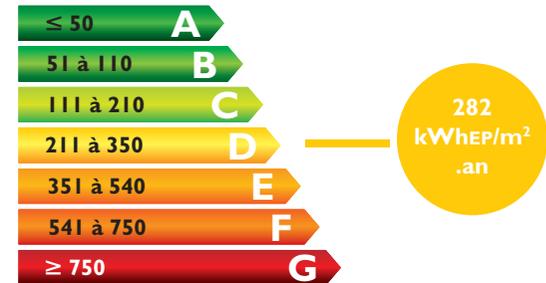
Répartition des dépenses annuelles



Bilan des consommations annuelles	
Électricité	143 100 kWh _{PCS}
Chauffage	1 350 000 kWh _{PCS}
Eau	710 m ³

Consommations énergétiques : (pour les consommations d'énergie totale)

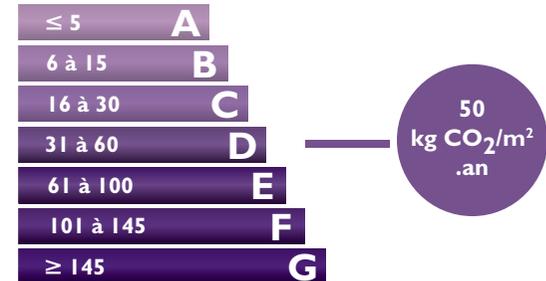
Bâtiment économe



Bâtiment énergivore

Émissions de Gaz à Effet de Serre : (pour les consommations d'énergie totale)

Faible émission de GES



Forte émissions de GES

Tableau 3 : Fiche identité B3.

Autres cas utilisés

B4	Activité	Établissement scolaire
	Localisation	Sud-Ouest de la France
	Année de construction	1982
	Surface	4 025 m ²
	Type de chauffage	Électrique (convecteurs)
	Consommation de gaz en 2006	7 936 kWh
	Consommation d'électricité en 2006	291 568 kWh
	Particularité	L'installation de chauffage ressort comme le point négatif de ce site car l'utilisation de l'énergie électrique est très onéreuse en coût de fonctionnement et elle permet difficilement d'obtenir un confort satisfaisant.

Tableau 4 : Fiche identité B4.

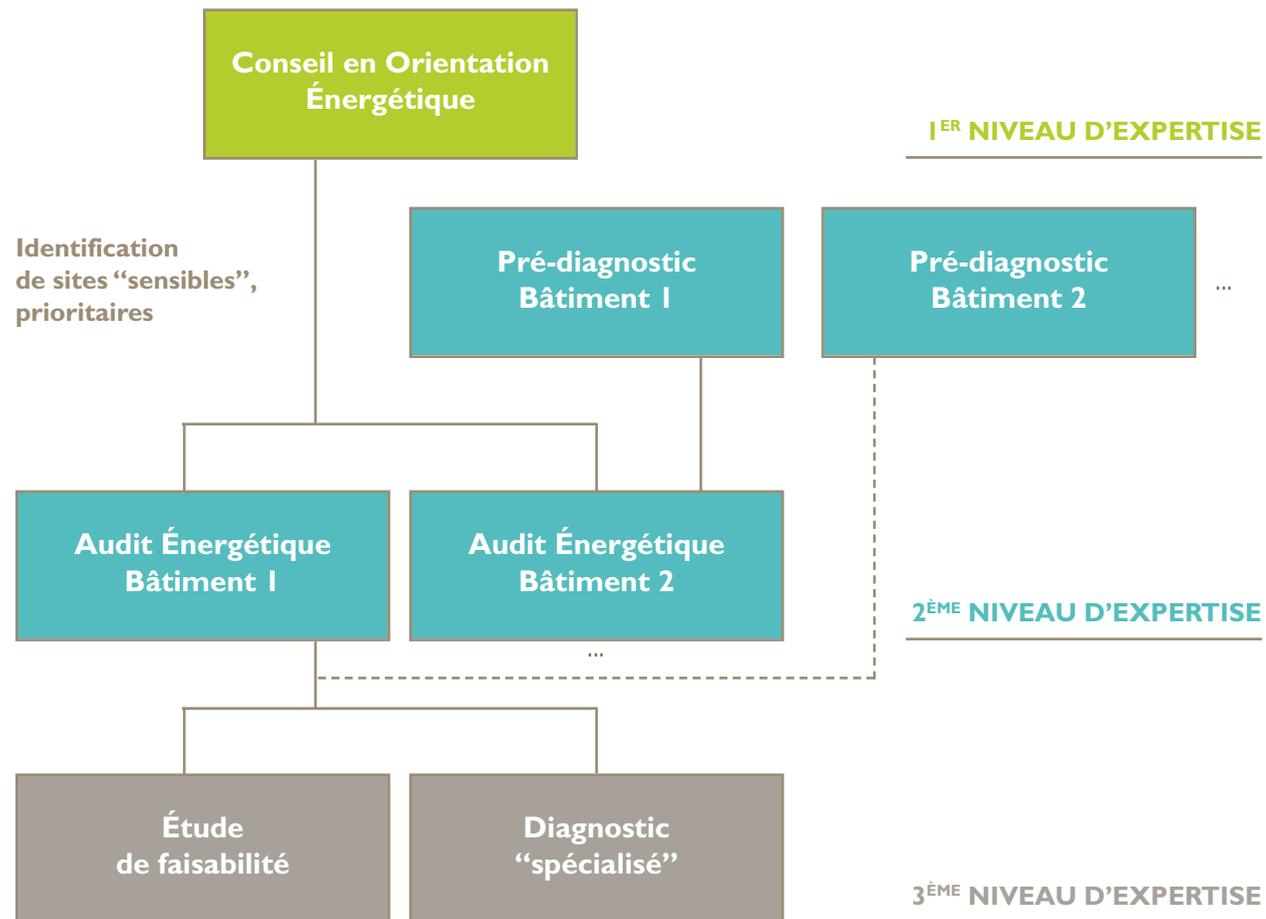
B5	Activité	Tertiaire (Administration)
	Localisation	Nord de la France
	Année de construction	1953 + rénovation années 90
	Surface	11 800 m ²
	Type de chauffage	Gaz
	Consommation de gaz en 2006	1 170 000 kWh
	Consommation d'électricité en 2006	892 000 kWh
	Particularités	- Apport de lumière naturelle important sur le bâtiment mais absence de masque. - Besoins de refroidissement permanents de locaux techniques.

Tableau 5 : Fiche identité B5.

B6	Activité	Établissement scolaire
	Localisation	Nord de la France
	Année de construction	1978
	Surface	3 205 m ²
	Type de chauffage	Fioul
	Consommation de gaz en 2006	311 780 kWh
	Consommation d'électricité en 2006	116 977 kWh
	Particularités	Chauffage au fioul (cuve enterrée de 25 000 L)

Tableau 6 : Fiche identité B6.

Positionnement de l'audit énergétique par rapport aux autres études "énergie - bâtiment"



I.1 - Le Conseil en Orientation Énergétique

Généralement, la première étape pour un maître d'ouvrage n'effectuant pas un suivi rigoureux de ses bâtiments / son patrimoine - collectivité type Département, Région ou commune ou gestionnaire d'un patrimoine privé type banques, assurances, etc - est de faire réaliser un Conseil en Orientation Énergétique (COE) de tout ou partie de son patrimoine (exemple : bâtiments communaux, collèges pour un Département, lycées pour une Région).

Le COE est caractérisé par deux niveaux d'analyse :

- une première analyse « globale » permet au maître d'ouvrage de prendre la mesure de l'impact « macroscopique » de son patrimoine, tant en termes énergétiques (consommations annuelles en énergie primaire, combustible, électricité, eau...), qu'environnementaux (émissions de GES annuelles liées au « fonctionnement » des bâtiments...), ou encore en considérant le budget « fluides » lié, l'ensemble appuyé par divers ratios et indicateurs (kWh/m², équivalents logements...).
- le second niveau d'analyse est réalisé site par site et comporte plusieurs postes : état des lieux de l'existant (bâti, installations techniques, équipements...), modélisation thermique « simplifiée » (sur la base d'hypothèses), analyse des consommations fluides, élaboration de préconisations d'amélioration et d'optimisation en matière de bâti, installations techniques (chauffage, ventilation, ECS, éclairage), gestion des énergies, maintenance des équipements, énergies renouvelables ou même sensibilisation des occupants...

Ainsi, le but de cette étude préliminaire de COE est d'identifier les enjeux économiques et environnementaux, d'identifier et mettre en exergue les sites, bâtiments sensibles et prioritaires, nécessitant la mise en œuvre d'une expertise plus approfondie, à savoir un diagnostic technique et énergétique complet du bâtiment.

Le COE permet aussi d'examiner l'organisation interne du maître d'ouvrage et doit examiner la possibilité / faisabilité de la mise en place d'une organisation spécifique type cellule –énergie. Enfin, il s'agit pour chaque bâtiment de définir les enjeux, les potentiels et les moyens à mettre en œuvre.

Le COE est donc composé de 2 aspects :

- un aspect technique qui permet une approche patrimoniale,
- un aspect organisationnel qui permet d'examiner l'organisation existante et d'envisager une nouvelle organisation optimisée.

I.2 - Le pré-diagnostic énergétique

Le pré-diagnostic se focalise sur un bâtiment en particulier.

Le pré-diagnostic est un bilan technique simplifié, portant sur un bâtiment, destiné à :

- identifier les enjeux économiques et environnementaux,
- identifier et hiérarchiser les améliorations possibles,
- engager des investissements simples ou déclencher des études techniques ou des démarches plus conséquentes.

Aussi, il ne paraît pas opportun pour un maître d'ouvrage de faire réaliser à la fois une mission de COE et de pré-diagnostic sur l'ensemble de ses bâtiments.

1.3 - L'Audit Énergétique

Contrairement au COE, l'audit énergétique va généralement se focaliser sur un bâtiment en particulier.

L'audit énergétique comporte :

- Une analyse approfondie d'un bâtiment,
- Une proposition d'un programme d'actions basé sur une étude technico-économique comparative des différentes solutions techniques et/ou organisationnelles envisageables selon un ou plusieurs scénarii d'exigences.

L'audit énergétique peut s'envisager soit, selon la connaissance du maître d'ouvrage de la caractérisation énergétique du bâtiment, comme le renforcement du travail interne par une expertise externe, soit comme un approfondissement du pré-diagnostic ou d'un COE sur les bâtiments à forts enjeux ou techniquement complexes. Cette expertise comprend sensiblement les mêmes étapes de travail que le pré-diagnostic, la différence primordiale résidant dans la méthodologie, le niveau de détail et d'analyse employé et l'utilisation éventuelle de moyens de mesures :

- **Pré-analyse**, « prise de connaissance » avant la visite du site sur la base de documents existants : plans, DOE, données de consommations, études éventuellement déjà réalisées...
- **Visite du site**, accompagnée d'un relevé détaillé : « reportage photo » des composantes structurales et techniques, descriptif des composantes du bâti (menuiseries, façades, toitures, planchers... en nombre, surface et constituants – nature des parois et isolants, épaisseurs...), listing détaillé des équipements thermiques, électriques, aérauliques, etc.... le tout accompagné d'une évaluation qualitative de l'état et des performances de chacune de ces composantes. La visite du site doit permettre de comprendre l'utilisation du bâtiment (horaires d'occupation, température de chauffage, ouverture des fenêtres, allumages des luminaires,...) Il faut noter tout ce qui permettra de se rapprocher de l'utilisation réelle du

bâtiment : une entrevue avec le gestionnaire du bâtiment peut permettre de mieux appréhender son fonctionnement.

- **Modélisation thermique du bâtiment** : sur la base des plans, données (DOE...) et relevés réalisés lors de la visite, l'auditeur va ensuite mettre en œuvre un modèle thermique du bâtiment, qui, positionné dans son environnement géographique et climatique de « référence » (localisation, altitude, température de base, DJU trentenaire...), va permettre de dégager diverses grandeurs caractérisant la performance énergétique du bâtiment et indispensables à la suite de l'étude : consommation théorique de chauffage, puissance requise, coefficients G1, G2, Ubât...
- **Analyse des consommations - confrontation au modèle** : sur la base des consommations « fluides » fournies par le maître d'ouvrage (combustible : gaz naturel, FOD, gaz propane, bois..., électricité, eau) sur trois années consécutives minimum de préférence, le diagnostiqueur va ensuite analyser « ce qui est » et émettre un avis critique par rapport à « ce qui devrait être » :
 - **combustible** : détermination d'une consommation moyenne de chauffage (MWhPCI/PCS/an) et ratio(s) associé(s) (kWh/m².an...) et confrontation aux grandeurs théoriques émanant de l'étape de travail précédente - interrogations et recherche d'explications quant aux écarts éventuellement constatés.
 - **électricité** : détermination d'une consommation moyenne en électricité (kWh/an) et ratios associés (kWh/m².an), répartition par usages si possible (éclairage, climatisation, production ECS, ...), mais aussi analyse tarifaire (critique de la bonne adéquation ou non du type de tarif – bleu, jaune, vert – et option tarifaire – puissance souscrites notamment – avec les besoins).
 - **eau** : détermination d'une consommation moyenne en eau (m³/an) et ratios associés (m³/m².an, litres/repas, litres/occupant...), répartition par usages si possible (sanitaires, ECS, usages spécifiques, ...).

À ce stade et pour étayer l'analyse, il est souhaitable que l'ensemble des ratios évoqués, que ce soit en combustible, électricité ou eau, soient confrontés à ceux issus de bases de données internes (i.e. établies sur la base de divers COE ou audits réalisés) ou émanant d'organismes spécialisés (guides sectoriels, enquêtes, statistiques, etc.).

■ **Proposition d'améliorations** : sur la base du travail précédent, la dernière grande phase de l'audit énergétique et technique passe par la formulation de préconisations comportementales, techniques, fonctionnelles ou organisationnelles dans les domaines suivants :

- **bâti** : amélioration des performances globales de l'enveloppe : isolation des façades ou des planchers, reprise des menuiseries extérieures, ...
- **chauffage** : rénovation de chaufferie, remplacement des émetteurs, reprise de la régulation, expertise éventuelle...
- **ventilation** : mise en place d'une VMC si inexistante, simple ou double flux selon les cas...
- **eau** : mise en place de robinets mitigeurs, de simples dispositifs type mousseurs, chasses d'eau double capacité...
- **équipements électriques** : sources d'éclairage économes...
- **gestion des énergies** : paramétrage de la régulation du chauffage en adéquation avec les besoins, gestion de l'éclairage selon les usages, temporisation du fonctionnement de certains équipements...
- **contrats d'entretien/exploitation** : mise en place si nécessaire de contrat de maintenance intégrant des objectifs d'économies d'énergie, clause d'intéressement, garantie totale des équipements, contrats de performance énergétique, etc.
- **énergies renouvelables** : évaluation de l'intérêt et de la pertinence de la mise en œuvre d'une étude d'opportunité technico-économique solaire thermique ou PV, biomasse, géothermie...

Afin d'aiguiller au mieux le maître d'ouvrage, chacune de ces préconisations doit être illustrée par les éléments suivants :

- investissement prévisionnel,
- économie annuelle potentielle, à la fois en termes énergétique et économique,
- temps de retour sur investissement,
- valorisation ou aide envisageable (CEE, crédit d'impôt...),
- « pertinence » de l'action (action urgente et indispensable, action permettant des économies sans investissement significatif, action prioritaire avec temps de retour < 5 ans, action utile dont la mise en œuvre peut être différée...).

Au final, cette analyse des actions doit amener à une proposition d'un ou plusieurs programmes d'actions, aussi appelé scénario.

Les scénarii peuvent être élaborés suivant différents objectifs définis par le maître d'ouvrage :

- Réduction de x% des consommations (ex. scénario Facteur 4).
- Facture énergétique annuelle après travaux de x euros.
- Travaux avec temps de retour de x années.
- Intégration des objectifs énergétique dans un plan de rénovation.

Ainsi, l'audit énergétique et technique incarne une analyse exhaustive et approfondie du site considéré, avec évaluation du potentiel d'économies d'énergies et d'optimisation dans tous les secteurs liés au bâtiment et à son fonctionnement.

C'est à ce stade et sur cette base que peuvent être entreprises des missions de maîtrise d'œuvre sur un axe particulier (rénovation chaufferie centrale par exemple...), même si cette concrétisation peut être encore être précédée d'une étude de faisabilité, notamment lorsque l'on s'intéresse à l'emploi d'énergies renouvelables sur le site considéré.

I.4 - L'Étude de faisabilité

L'étude de faisabilité est une analyse approfondie sur les plans technique, économique, environnemental... préalablement à la prise de décision d'investissements.

Qu'elle concerne la biomasse, la géothermie, le solaire thermique, photovoltaïque, ou encore un plan de comptage, la récupération de chaleur, etc., l'étude de faisabilité doit permettre de mesurer l'intérêt «global» d'un tel projet, en envisageant les différents critères suivants :

- techniques : choix et caractéristiques des équipements et matériels en adéquation avec les contraintes des bâtiments,
- économiques et financiers : investissement initiaux, possibilité de financements...
- environnementaux : économies en énergie primaire engendrée par le projet, quantité d'émissions de CO₂ « évitées »...

Au delà de ces aspects, il est nécessaire de ne pas occulter l'étude du financement et du montage juridique de l'opération, en envisageant l'exploitation de l'installation sur toute sa durée de vie (notion de DSP, concession, affermage, compte d'exploitation prévisionnel, TRI...). C'est cette étape primordiale qui permettra d'évaluer la rentabilité et la viabilité réelle ou non du projet.

I.5 - Le Diagnostic « spécialisé »

Le diagnostic « spécialisé » se focalise un axe d'amélioration d'un usage particulier, avec le même niveau d'expertise que l'étude de faisabilité : chauffage / climatisation / ventilation / installations électriques...

Quel que soit le type d'équipement concerné, cette expertise vise à donner au maître d'ouvrage de manière exhaustive, l'ensemble des éléments pour une décision ferme quant à la mise en œuvre de travaux éventuels :

- ensemble des choix techniques envisageables - comparaison, avantages, inconvénients (descriptifs niveaux APD voire APS),
- économies d'énergie et autres avantages engendrées,
- investissements liés, aides, temps de retour,
- conclusions et conseils,
- ...

Le périmètre du diagnostic spécialisé doit être défini avec précaution pour éviter soit une analyse faussée par un périmètre d'étude trop restreint, soit de passer à côté d'une solution.

Synthèse par rapport aux besoins et attentes des maîtres d'ouvrages

1^{ER} NIVEAU D'EXPERTISE

Volonté d'identifier des bâtiments prioritaires, de définir des étapes à conduire et d'obtenir une première estimation d'un potentiel d'économies d'énergie.

- sur un **patrimoine** de bâtiments  **COE**
- sur un **bâtiment en particulier**  **Pré-diagnostic énergétique**

2^{ÈME} NIVEAU D'EXPERTISE

Volonté de définition d'un plan d'actions, sur la base d'éléments chiffrés (investissement, économies, temps de retour) ou d'approfondir les pistes d'économies d'énergie et autres optimisations techniques déjà identifiées (suite à un COE / pré-diag ou autre).

- sur un **bâtiment en particulier**  **Audit énergétique**

3^{ÈME} NIVEAU D'EXPERTISE

Vérification de la pertinence (précisions technico-économiques : rentabilité, investissement, temps de retour, aides et autres subventions...) d'une solution technique clairement identifiée et détermination des caractéristiques techniques permettant la rédaction des documents de consultation.

- sur un **bâtiment en particulier**  **Étude de faisabilité**
Une solution technique en détail
-  **Diagnostic "spécialisé"**
Un usage ou poste de consommation

2 - Résumé du Rapport

Le résumé est destiné au décideur/élu/maître d'ouvrage.

Résumer, dans cette partie, les différents points importants de l'étude :

- Objectif de l'audit.
- Présentation des caractéristiques du bâtiment.
- Analyse des consommations .
- Présentation des préconisations et des scénarii.

Mettre en avant l'analyse puis amener les conclusions de l'étude.

Ajouter la fiche de synthèse* du bâtiment étudié.

La fiche de synthèse donne :

- le nom du bâtiment,
- son activité,
- ses caractéristiques (volume, surface, ...),
- Son emplacement,
- Les énergies utilisées dans le bâtiment et les consommations,
- L'étiquette énergétique du bâtiment,
- Une évaluation du bâtiment,
- Les améliorations préconisées.

Ci-après sont présentés 2 résumés :

- Le 1^{er} est très détaillé mais il n'est pas précis par rapport aux solutions préconisées.
- Le 2^{ème}, moins long, s'intéresse d'avantage aux préconisations.

* Cette fiche de synthèse rassemble les informations demandées sur www.diagademe.fr

Résumé

Dans le cadre de sa politique de développement durable, le Département réalise un audit énergétique général des bâtiments publics du Département.

L'audit énergétique de l'établissement scolaire XXX a fait l'objet de la commande n°010 du 12 janvier 2008 de la part du Département.

Le but de cet audit est double :

- augmenter le confort de vie du bâtiment. Ce confort est aussi bien thermique que visuel, acoustique, olfactif...
- diminuer les consommations d'énergie et de ressources : gaz, électricité, eau...

Cet audit énergétique met donc en évidence les points forts et faibles du bâtiment en terme de confort et de consommations énergétiques. Il en ressort une série de préconisations, chacune chiffrée, argumentée et évaluée en investissement, en gains de confort et d'énergie.

Qualité globale du bâti

Construit en 1971, le bâtiment est représentatif de cette époque. Presque exclusivement construit en béton, il ne comporte que très peu d'isolation thermique. Il n'est pas isolé ni en sous face de plancher, ni au niveau des murs. Il est par ailleurs faiblement isolé en plafonds.

Le bâtiment n'est étanche ni à l'air ni à l'eau ; les huisseries sont vétustes et on relève de nombreuses traces de rouille sur les châssis métalliques. Les interfaces de murs préfabriqués laissent apercevoir des traces de condensation.

On remarque que par rapport aux parois du bâtiment en lui-même, les ouvrants ainsi que les liaisons entre murs et planchers sont à l'origine d'une bonne partie des déperditions thermiques.

Le coefficient U_{bat} (coefficient moyen de déperdition thermique) du bâtiment est de $0,81 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ alors que la valeur de référence définie par la réglementation thermique actuelle est de $0,590 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$; cette valeur de référence peut être prise comme objectif.

Le bâtiment, à quelques rares exceptions, près n'est pas ventilé artificiellement. Il est ventilé naturellement via l'ouverture manuelle des nombreuses fenêtres ou par le biais de grilles de façade récentes situées derrière les radiateurs et dans les sanitaires. Les grilles extérieures présentent un inconvénient majeur en hiver ; les courants d'air sont non maîtrisables dans leur occurrence et leur importance : ils demandent un surplus de chauffage aléatoire (surtout les jours de vents).

De même, si les apports de lumière naturelle par les nombreuses baies vitrées sont un des atouts principaux du bâtiment, la plupart des protections solaires mises en place sont internes au bâtiment, ce qui ne permet pas de limiter la surchauffe en été.

Confort

L'analyse des températures révèle qu'en journée, certains locaux atteignent des températures importantes et la plupart présentent des températures toujours au moins égales, en occupation, à 21°C. La température de nuit oscille entre 17 et 19°C.

De plus, suite à l'interview des usagers du bâtiment, il apparaît que :

- Le bâtiment est, dans l'ensemble, correctement chauffé en hiver, à l'exception notable du grand auditorium systématiquement froid, des bureaux administratifs, et des ateliers de travail orientés au nord qui ont tendance à être légèrement sous-chauffés.
- À l'exception de la bibliothèque qui accuse un gros niveau d'inconfort dès les beaux jours et toute la journée, l'ensemble du bâtiment est agréable en été et en demi-saison. L'énorme potentiel de ventilation naturelle offert par les grands volumes et le nombre, la taille et la disposition des fenêtres et portes fenêtres semble être bien utilisé.
- Aucun problème particulier de ventilation n'est soulevé, sauf en local sérigraphie, lieu de dégagement de produits chimiques.

Consommations énergétiques

Consommations de chauffage (gaz) :

- | | |
|---|--|
| • Consommation annuelle de chauffage : | 1.350.000 kWh _{pcs,ef} /an |
| • Consommation annuelle ramenée au m ² : | 199 kWh _{pcs} ef/m ² /an |
| • Coût annuel TTC : | 46 000 € TTC/an |
| • Coût annuel au m ² : | 6,80 € TTC/m ² /an |
| • Prix moyen du kWh : | 0,034 €/ kWh _{pcs,ef} |
| • Émission Gaz à Effet de Serre : | 278 tonnes CO ₂ /an |

Consommations électriques :

- | | |
|---|--|
| • Consommation annuelle d'électricité : | 143 100 kWh _{ef} /an |
| • Consommation annuelle ramenée au m ² : | 21 kWh _{ef} /m ² /an |
| • Coût annuel TTC : | 15 300 euros TTC /an |
| • Prix moyen du kWh : | 0,1068 €/ kWh _{pcs,ef} |
| • Émission Gaz à Effet de Serre : | 14 tonnes CO ₂ /an |
| • Puissance résiduelle consommée : | 5 kW |

Préconisations

De par l'âge du bâtiment, son mode constructif et la qualité de ses ouvrants, les efforts d'étude et de travaux devront se concentrer d'abord sur le bâti, autant sur l'amélioration des coefficients thermiques des différents éléments que sur l'assemblage de ceux-ci. Le but est de limiter les ponts thermiques, d'assurer l'étanchéité à l'air et l'étanchéité à l'eau des jonctions.

De plus, des préconisations avec un temps de retour court sont à réaliser rapidement en ce qui concerne les installations électriques (adaptation de la capacité de stockage d'eau chaude sanitaire, pose de détecteurs de présence, etc.) et thermiques (mise en place d'une horloge sur les CTA et VMC, d'un condenseur sur la première chaudière, etc.), pour être en conformité avec la réglementation et/ou améliorer significativement leurs performances.

Enfin, des améliorations ayant un temps de retour plus long (luminaires à ballasts électroniques, production d'électricité photovoltaïque, etc.) permettraient, sur le long terme, d'économiser encore davantage d'énergie et de se situer en deçà des seuils réglementaires, avec des niveaux de performance comparables à ceux des bâtiments les plus récents.

Dans tous les cas, ces actions doivent aller de pair avec des actions de type comportementales, gratuites, qui doivent être adoptées au plus vite par les usagers : bonne utilisation de l'éclairage, maintenance et entretien régulier, extinction des appareils électriques hors période d'utilisation, etc.

L'ensemble des préconisations retenues pour ce bâtiment est récapitulé sur la fiche de synthèse.

Enjeux

Économique

La facture énergétique de l'établissement témoin s'élève chaque année à 61 300€ TTC. Cette facture est relativement élevée par rapport au volume chauffé et aux installations électriques recensées.

Le cumul des préconisations retenues pour ce bâtiment peut faire économiser jusqu'à 30% de la facture énergétique annuelle soit 18 400 euros.

Environnemental

Actuellement, l'établissement est responsable de l'émission d'environ 292 tonnes de CO₂ par an, ce qui correspond à l'émission annuelle de 70 véhicules de type 4x4.

Les préconisations de cet audit permettraient de diminuer ce chiffre de 20% environ, soit d'éviter l'émission de 14 véhicules de type 4x4.

L'émission anthropique de CO₂ est l'une des causes principales de l'augmentation de l'effet de serre et du réchauffement actuel du climat.

Un bâtiment qui consomme moins d'énergie est aussi un bâtiment qui émet moins de CO₂. Ainsi l'amélioration des performances énergétiques d'un bâtiment fait partie intégrante d'une démarche environnementale ou de développement durable.

EXEMPLE 1

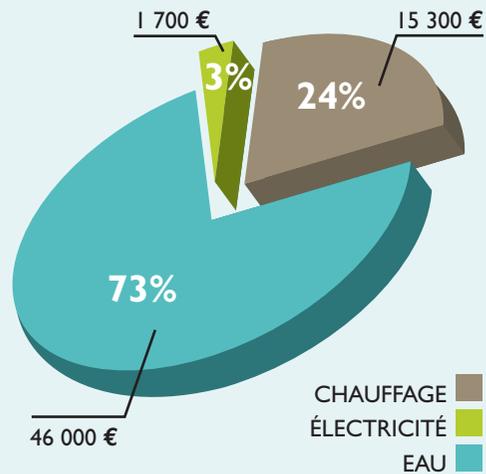
Fiche identité énergétique B3

Données administratives	
Nom	École xx
Activité	Enseignement technologique
Localisation	Pontarlier (25)
Année de construction	1971

Données d'activités	
Nombre de bâtiments	1
Surface chauffée	6 769 m ²
Volume chauffé	20 360 m ³
Nombre de classes	235

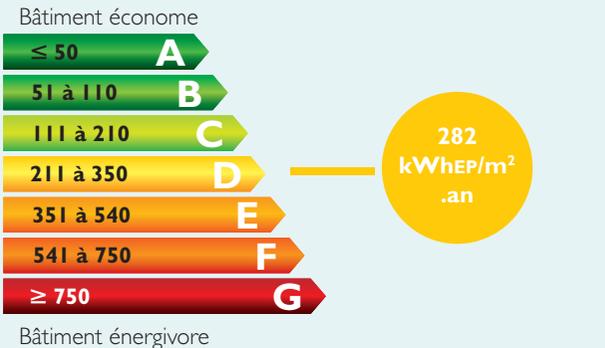
Type d'énergie			
Chauffage	Gaz propane	ECS	Électricité + gaz propane pour 2 logements annexes

Répartition des dépenses annuelles



Bilan des consommations annuelles	
Électricité	143 100 kWh _{PCS}
Chauffage	1 350 000 kWh _{PCS}
Eau	710 m ³

Consommations énergétiques : (pour les consommations d'énergie totale)



Émissions de Gaz à Effet de Serre : (pour les consommations d'énergie totale)

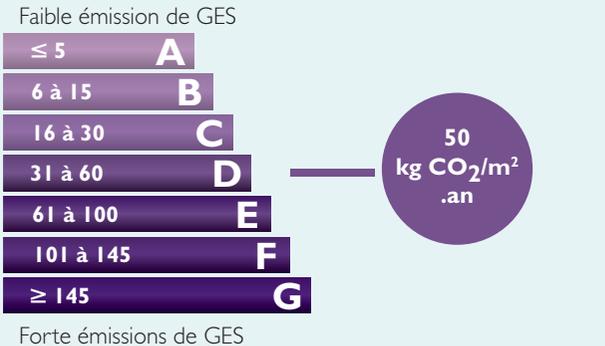


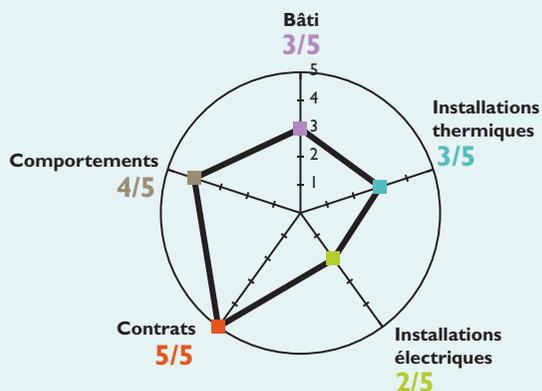
Tableau 3 : Fiche d'identité B3.

EXEMPLE 1

■ Fiche de synthèse

Analyse des performances actuelles

Notation :
 1 Bon état / respect de la réglementation thermique
 5 Très mauvais état / Non respect de la réglementation thermique



		Préconisation			
	N°	Objet de la préconisation	Investissement (€ HT)	Temps de retour actu. (an)	Économie éner./an (kWhEF)
Bâti	1	Remplacement des ouvrants doubles vitrages sur menuiseries aluminium U = 2 W/(m².K)	21 000	78	4 106
	2	Mise en place d'un condenseur sur la première chaudière	10 000	14	21 327
Installations thermiques	3	Mise en place d'une horloge sur les CTA et les VMC	1 000	1	30 707
	4	Nettoyer les grilles de ventilation régulièrement	0	0	-
Installations et systèmes électriques	5	Adaptation de la capacité de stockage d'Eau Chaude Sanitaire	1 500	16	359
	6	Mise en place de luminaires à ballasts électroniques	120 000	28	14 143
	7	Utilisation du mode de gestion économique des ordinateurs	0	0	-
	8	Remplacement du transformateur électrique	30 000	23	-
Gestion énergétique	9	Suivi des consommations énergétiques	20 000	27	7 939
Énergie renouvelable	10	Production d'électricité solaire avec injection totale sur le réseau	147 000	-	19 550
	11	Chauffage par géothermie indirecte	870 000	55	119 699

Tableau 7 : Fiche de synthèse.

Contenu de l'Étude

Le Parc Naturel a lancé une démarche globale de développement de l'efficacité énergétique et de l'emploi des énergies renouvelables et locales. Dans le cadre de cette démarche, des audits énergétiques sont conduits sur des bâtiments touristiques publics ou privés. Cet audit concerne le Centre de jeunesse, bâtiments touristiques.

Le but de cet audit énergétique est de faire un état des lieux du site en terme d'isolation et d'exploitation des bâtiments afin de définir un plan d'action à entreprendre pour des améliorations thermiques.

Les différentes préconisations font l'objet d'une description, d'une estimation des investissements, d'un calcul des économies d'énergies et financières et d'un temps de retour. Ces éléments permettront de définir une liste de préconisations et de hiérarchiser les investissements à entreprendre.

Analyse du bâti et des installations techniques

■ Analyse du bâti

Il y a 6 bâtiments sur le site :

- Le pavillon principal de plein pied avec un sous sol. Il est composé de 4 ailes : l'aile Ouest, l'aile centrale, l'aile Sud et l'aile Est. Il accueille la cuisine, le restaurant, les bureaux de l'administration, des salles de classes ainsi que des chambres.
- Le pavillon bois sur 2 niveaux. Il accueille des salles de classes.
- Le pavillon Sud, bâtiment sur 2 niveaux dont un en sous sol. Il accueille des chambres.
- Le pavillon Est, bâtiment sur 2 niveaux dont un en sous sol. Il accueille des chambres.
- Le pavillon Médical, bâtiment de plein pied. Il accueille des chambres, l'infirmerie et un logement de fonction.
- Le pavillon Buanderie, bâtiment sur 2 niveaux. Il accueille les ateliers, la buanderie et un logement de fonction.

À l'exception du pavillon Bois, l'ensemble des bâtiments possède des murs en béton de 30 cm d'épaisseur non isolés.

Les murs du pavillon Bois sont constitués d'un bardage bois et de lambris séparés par de la laine de verre de 5 cm d'épaisseur.

La majorité des baies vitrées est équipée de simple vitrage sur menuiserie bois. Il y a des doubles vitrages dans le pavillon Est, ainsi que dans le pavillon Buanderie.

À l'exception du pavillon Buanderie construit sur terre plein, les bâtiments sont construits sur sous sol ou sur vide sanitaire. Le plancher bas est alors isolé par une projection de fibres en sous face.

Les toitures des bâtiments sont isolées par 10 cm de laine de verre placés sur le plancher des combles. Il y a 2 exceptions :

- le pavillon Est dont la toiture n'est pas isolée,
- le pavillon Bois dont la toiture est isolée par 20 cm de laine de verre.

Les bâtiments sont certes actuellement mal isolés, mais l'amélioration de leur isolation est facile à mettre en œuvre.

■ Analyse des installations techniques

Les bâtiments sont chauffés à l'aide de 2 chaufferies :

- 1 chaufferie principale installée dans le pavillon principal. Elle alimente le chauffage des pavillons principal, Sud, Est, Médical et Bois
- 1 chaufferie secondaire installée dans le pavillon buanderie qui alimente les réseaux de chauffage de ce bâtiment.

Les chaudières sont alimentées en fioul et en propane.

Dans l'ensemble des bâtiments à l'exception de l'aile Est du pavillon principal, l'émission de chaleur est assurée par des radiateurs fonte équipés de robinets thermostatiques et de tés de réglage.

Dans l'aile Est du pavillon principal, l'émission de la chaleur est réalisée par des radiateurs acier équipés de tés de réglages et de robinets simples.

Les installations sont anciennes et sont surdimensionnées.

Il y a un seul contrat EDF pour l'ensemble du site ; c'est un tarif Vert A5 de 80 kVA, plutôt bien adapté pour le fonctionnement actuel.

L'éclairage du site est assuré par des tubes fluorescents et par des luminaires équipés d'ampoules à incandescence.

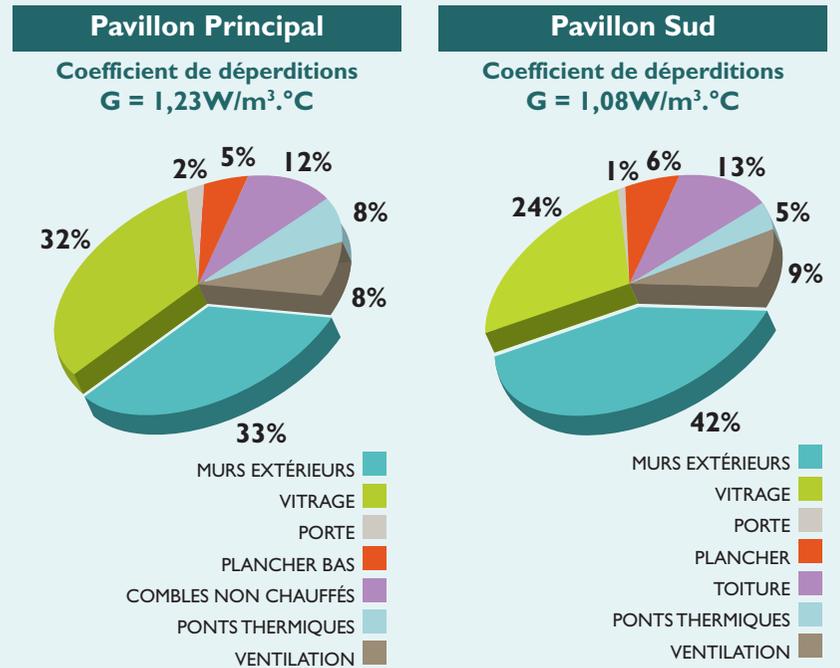
Les luminaires commencent à être vétustes ce qui engendre de l'énergie réactive et quelques pénalités.

Déperditions thermiques

L'étude au § 2 ci-après donne le détail des déperditions bâtiment par bâtiment.

Les principaux postes de déperditions sont:

- les murs des bâtiments,
- les baies vitrées des bâtiments,
- la toiture du Pavillon Est et du Pavillon Buanderie.



Consommations d'énergie

Les énergies utilisées sur le site sont le fioul et le propane pour :

- le chauffage des bâtiments,
- la production d'eau chaude sanitaire du pavillon principal, du pavillon Est et du pavillon buanderie.

L'électricité pour :

- la production d'eau chaude sanitaire du pavillon Sud et du pavillon Infirmerie,
- l'éclairage,
- l'électroménager,
- le matériel technique pour la logistique (chaufferie, ...).

et un peu de propane pour la cuisson en cuisine.

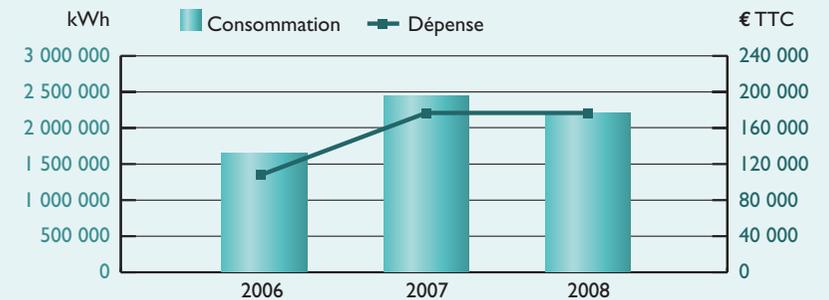
■ Consommation de chauffage

La consommation moyenne annuelle de fioul sur 3 ans est de 408 110 kWh, celle de propane est de 1 672 790 kWh, soit un total de 2 080 900 kWh d'énergie consommée pour le chauffage et la production d'ECS.

Le ratio de chauffage global de 35 Wh/m³/DJU est supérieur au ratio moyen de 25 Wh/m³/DJU généralement rencontré dans les bâtiments de type logements.

Cela est dû à la mauvaise isolation des bâtiments et à la vétusté des chaudières.

Évolution des consommations et des dépenses



■ Consommation d'électricité

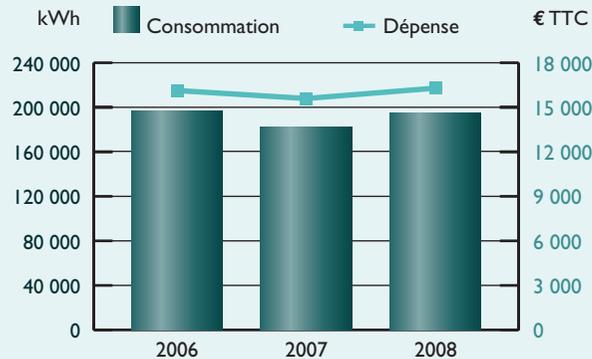
La consommation d'électricité moyenne annuelle sur 3 ans est de 192 900 kWh pour l'ensemble du site.

Le ratio de consommation électrique hors chauffage ramenée à la surface est de 21 kWh/m².

En ne prenant en compte que les surfaces normalement occupées (hors sous-sol), le ratio électrique est de 31 kWh/m².

C'est un ratio légèrement supérieur au ratio moyen de 30 kWh/m² généralement rencontré dans les bâtiments de type logements.

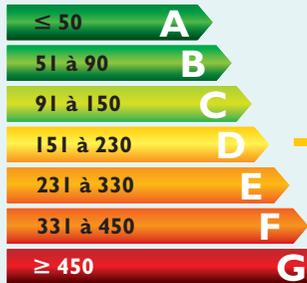
Évolution des consommations et des dépenses



Consommations énergétiques :

(pour le chauffage, la production d'eau chaude sanitaire, l'électricité liée à la chaufferie et à la VMC)

Bâtiment économe



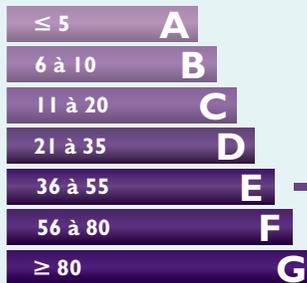
222 kWhEP/m².an

Bâtiment énergivore

Émissions de Gaz à Effet de Serre :

(pour le chauffage, la production d'eau chaude sanitaire, l'électricité liée à la chaufferie et à la VMC)

Faible émission de GES

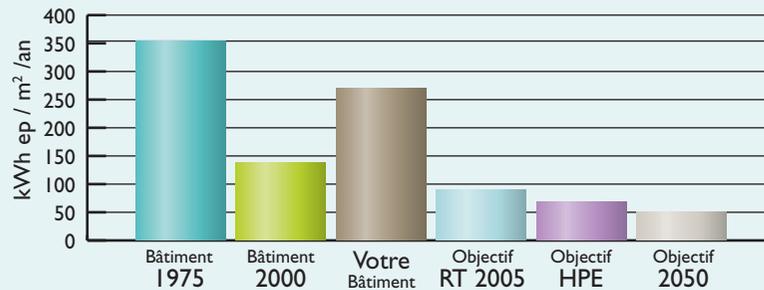


62 kg CO₂/m².an

Forte émissions de GES

EXEMPLE 2

Consommation en énergie primaire des logements
(chauffage et eau chaude sanitaire)



	kWh _{EP} /m ²	Étiquette énergie	kg CO ₂ /m ²	Étiquette GES
Total Général	222	D	62	F
Pavillon Principal	246	E	69	F
Pavillon Sud	170	D	47	E
Pavillon Est	223	D	62	F
Pavillon Bois	194	D	54	E
Pavillon Médical	249	E	69	F
Pavillon Buanderie	288	E	86	G

Propositions d'amélioration

Les différents audits sur le bâti et sur les installations techniques ont amené des propositions permettant de faire des économies d'énergies ou purement financières.

Ces propositions sont plus ou moins rentables mais mettent en évidence les gisements d'économies.

■ Améliorations sur le bâti

Les améliorations thermiques se situent essentiellement au niveau des murs et des baies vitrées.

Il est proposé :

- la mise en place d'une isolation sur les murs,
- la mise en place de double vitrage,
- le renforcement de l'isolation en toiture.

■ Améliorations sur les installations techniques

Les améliorations concernent :

- le remplacement des lampes à incandescence
- la mise en place de ballasts électroniques
- la mise en place de capteurs solaires thermiques pour la production d'ECS
- le débouage et l'équilibrage des réseaux
- le remplacement de la chaudière actuelle par une chaudière bois

Conclusion

■ Bilan énergétique

Le ratio de chauffage global est supérieur au ratio moyen généralement rencontré dans les bâtiments de type Logements du fait de la mauvaise isolation des bâtiments et la vétusté des chaudières.

Au niveau électrique, il y a un seul contrat pour l'ensemble du bâtiment.

Le ratio électrique est équivalent au ratio moyen généralement rencontré dans les bâtiments de type Logement.

Il y a beaucoup d'énergie réactive du fait de la vétusté de l'éclairage.

Le site a un mauvais indice au niveau des étiquettes énergétiques et de GES dû à la mauvaise isolation des bâtiments et à l'utilisation d'énergie fossile pour le chauffage.

Les premières économies, qui peuvent être obtenues aisément, s'appliquent aux installations techniques avec des temps de retour sur investissement inférieurs à 10 ans.

Les économies les plus importantes seront obtenues par une isolation des bâtiments mais avec des investissements beaucoup plus conséquents.

■ Énergies renouvelables

L'utilisation des énergies renouvelables est possible pour ce site mais nécessite des investissements importants.

Le bois énergie est la meilleure solution mais nécessitera au préalable des améliorations thermiques du bâti. Il est à signaler que la proximité du site X, gros consommateur d'énergie peut permettre la réalisation d'une chaufferie commune au bois avec des liaisons par un réseau de chaleur. Une étude de faisabilité technico économique donnerait plus de précision.

La mise en place de capteurs solaires pour la production d'eau chaude sanitaire du site est une opération intéressante à réaliser du fait de la gratuité de cette énergie.

■ Hiérarchisation des travaux

Afin d'être le plus efficace dans la maîtrise de l'énergie, nous proposons un ordre de réalisation des travaux :

Nature de la prestation	Investissement (€ TTC)	Économie d'énergie (kWh)	Économie financière (€ TTC)	Temps de retour (années)
Remplacement des lampes à incandescence	1 440	4 000	330	2,0
Utilisation de ballasts électroniques pour l'éclairage	2 900	11 570	970	2,0
Désembouage et traitement de l'eau	9 600	41 620	3 280	2,0
Renforcement des isolations en toiture	126 500	362 500	28 540	3,0
Capteurs solaires	236 800	183 210	14 430	10,5
Isolation des murs	717 600	654 500	51 540	10,0
Mise en place de double vitrage	423 400	366 400	28 850	11,7
Équilibrage du réseau de chauffage	129 200	62 430	4 920	14,5
Chaufferie bois	280 000	29 100	74 460	3,0

Remarque : calcul des temps de retour

Pour chaque proposition d'amélioration, le temps de retour est calculé en intégrant l'augmentation annuelle du prix de l'énergie.

On considère une augmentation de :

- 7% par an pour le fioul
- 3% par an pour le bois
- 2% par an pour l'électricité

■ Scénarii

Plusieurs scénarii ont été étudiés:

- Programme de travaux pour atteindre les consommations de chauffage équivalentes à celle de la RT 2005 (90 kWh/m²SHON)
- Programme de travaux pour atteindre les consommations de chauffage équivalentes au niveau HPE (70 kWh/m²SHON)

Rappel des données actuelles

Centre de jeunesse	
Surface utile (m ² chauffés)	9 355
Surface chauffée (m ² chauffés)	6 342
Volume chauffé (m ³ chauffés)	18 706
Consommation de fioul	408 110 kWh
Consommation de propane	1 672 791 kWh
Ratio de consommation par rapport à la surface utile, en énergie primaire	222 kWh_{EP}/m².an

Scénario 1 : RT 2005

Interventions	Investissement	Économies annuelles			Nouveau ratio de consommation
		(€ TTC)	(kWh)	% Énergie	
Libellé	(€ TTC)	(€ TTC)	(kWh)	% Énergie	kWh _{EP} /m ² .an
Isolation des murs	717 600	51 540	654 500	31%	152
Mise en place de double vitrage	423 400	28 850	366 400	18%	183
Renforcement des isolations en toiture	126 500	28 540	362 500	17%	184
TOTAL	1 267 500	71 107	1 383 400	66%	75

Scénario 2 : Niveau HPE

Interventions	Investissement	Économies annuelles			Nouveau ratio de consommation
		(€ TTC)	(kWh)	% Énergie	
Libellé	(€ TTC)	(€ TTC)	(kWh)	% Énergie	kWh _{EP} /m ² .an
Isolation des murs	717 600	51 540	654 500	31%	152
Mise en place de double vitrage	423 400	28 850	366 400	18%	183
Renforcement des isolations en toiture	126 500	28 540	362 500	17%	184
Chaufferie bois	280 000	74 460	29 100	2%	219
Désembouage et traitement de l'eau	9 600	3 280	41 620	2%	218
Équilibrage réseau	129 200	4 920	62 430	3%	216
Capteurs solaires thermiques	236 800	14 430	183 210	9%	203
TOTAL	1 923 100	82 976	1 614 314	78%	50

L'efficacité énergétique des bâtiments ne pourra atteindre le niveau requis par la RT 2005 que par l'isolation des bâtiments. En effet, ceux-ci ne sont absolument pas isolés et la diminution très nette des consommations nécessite des travaux importants.

Par la suite, des améliorations techniques peuvent être envisagées, plus particulièrement une chaufferie bois.

Seule la pose de capteurs solaires peut être envisagée avant les travaux d'isolation.

3 - Objectifs de l'audit

3.1 - Contexte de l'étude et objectifs poursuivis	32
3.2 - Contenu du rapport	34
3.3 - Descriptifs des campagnes de mesures	35
3.4 - Éléments mis à disposition pour l'audit	36
3.5 - Limites	36

3.1 - Contexte de l'étude et objectifs poursuivis

Présenter dans cette partie :

■ Contexte

Raisons particulières éventuelles du maître d'ouvrage de mener cette étude, s'il s'agit d'un programme national, d'un programme impulsé par un groupe ou une maison mère, si l'audit rentre dans le cadre d'une action plus large type agenda 21, Plan Climat Énergie Territoriaux (PCET), programme de travaux ou remplacement / défaillance de système ou ISO 14001, conditions et date du déroulement de l'étude.

EXEMPLE 3

Contexte

Dans le cadre de sa politique de développement durable, le Département réalise un audit énergétique général des bâtiments publics du Département.

L'audit énergétique de l'établissement scolaire X a fait l'objet de la commande n°010 du 12 janvier 2008 de la part du Département.

L'audit se décompose en 5 phases distinctes :

- 
- 1 - Collecte préalable des renseignements
 - 2 - Modélisation et analyse énergétique
 - 3 - Propositions d'améliorations, hiérarchisation des solutions et montage financier
 - 4 - Analyse des opportunités de recourir aux énergies renouvelables
 - 5 - Rédaction du rapport et restitution des résultats

Figure 1 : Les phases de l'audit

La visite du site a été réalisée le 20 février 2008 en présence du maître d'ouvrage et du responsable des services techniques.

■ **Objectifs :**

Définition sommaire de l'audit énergétique

Buts spécifiques de l'audit énergétique (problèmes déjà identifiés)

EXEMPLE 4

Objectifs

Le but de cet audit est double :

- augmenter le confort de vie du bâtiment. Ce confort est aussi bien thermique que visuel, acoustique, olfactif...
- diminuer les consommations d'énergie (moins x% en x années) et de ressources : gaz, électricité, eau...

Cet audit énergétique vise donc à mettre en évidence les points forts et faibles du bâtiment en termes de confort et de consommations énergétiques.

Il passe par une analyse fine des données techniques et comportementales du site. Il en ressort une série de réponses aux problèmes soulevés, chacune s'étayant d'une proposition de travaux, évaluée en investissement, en gains de confort et d'énergie.

Il est ensuite proposé une hiérarchisation des travaux selon leur niveau d'urgence et leur impact énergétique et environnemental

L'audit s'établit principalement sur les relevés suivants :

- caractéristiques constructives du bâtiment : plans, modes constructifs, qualité des matériaux et composants.
- systèmes techniques qui le composent : chauffage, ventilation, éclairage...
- utilisation propre : fréquentation, type activités pratiquées, plannings.

3.2 - Contenu du rapport

Ex : l'étude se compose du présent rapport ainsi que d'une fiche de synthèse et des annexes.

EXEMPLE 5

Contenu

La présente étude comprend 2 parties.

La première partie s'adresse en priorité aux « techniciens ».

Elle comprend la description et l'analyse de l'existant:

- références météorologiques,
- le bâti, avec le calcul détaillé des déperditions,
- les différents fluides (électricité, gaz, eau),
- la détermination théorique des besoins et la comparaison avec le réel.

La deuxième partie s'adresse davantage aux « décideurs ».

Elle concerne la recherche des moyens à mettre en œuvre pour améliorer l'existant en proposant des scénarii d'interventions :

- amélioration sur le bâti,
- amélioration sur les équipements,
- impacts thermiques et économiques des mesures d'amélioration proposées.

Enfin, une synthèse regroupe l'ensemble des mesures d'amélioration proposées.

3.3 - Descriptifs des campagnes de mesures

Pour la bonne réalisation des objectifs de l'audit, des campagnes de mesures peuvent être réalisées.

Il s'agit ici de préciser les mesures et les protocoles opératoires utilisés.

- Indiquer les mesures et protocole opératoire impliqués.
- Indiquer les objectifs poursuivis.

EXEMPLE 6

Les mesures spécifiquement réalisées dans le cadre de l'audit

La réalisation de la présente étude a nécessité de réaliser les mesures suivantes. Les résultats de ces mesures sont donnés dans le corps du rapport, aux paragraphes correspondants. Pour une description détaillée des méthodologies utilisées, se référer à l'annexe A.

■ Mesures de consommations électriques

Une campagne de mesures des consommations électriques a été lancée en concertation avec les services techniques de la mairie. En plus de mesurer la consommation globale (mesure en tête de réseau du 25 avril au 7 mai soit une semaine de vacances + une semaine d'activité), elle vise à identifier les consommations spécifiques suivantes :

- Ballon d'ECS de 500 litres,
- éclairage d'un atelier (bois),
- éclairage d'une salle de boxes étudiants.

Des pinces ampèremétriques et des wattmètres numériques enregistreurs ont été posées sur le TGBT (Tableau Général Basse Tension) afin de déterminer la puissance appelée et les consommations correspondantes pour les principaux usages.

NB : la mesure spécifique des consommations électriques de la chaufferie (brûleurs, pompes...) n'a pas pu être réalisée du fait du non fonctionnement des installations lors de l'audit.

■ Mesures de d'éclairage

Elles visent soit à définir un niveau d'éclairage moyen, soit à établir une cartographie précise des différents éclairages d'une pièce. Elles ont été réalisées de jour, sans éclairage artificiel de sorte à qualifier l'accès à l'éclairage naturel, toujours prioritaire tant au niveau du confort visuel qu'au niveau des réductions des consommations électriques.

Dans un deuxième temps, ces mêmes mesures ont été répétées avec l'éclairage artificiel afin de quantifier sa pertinence, son apport et son adéquation aux besoins. Le détail de ces mesures et les conclusions à y apporter son repris dans le chapitre « éclairage ». Ces mesures ont été réalisées les 22 et 23 avril.

■ Mesures de combustion

Ces mesures réalisées sur chacun des deux brûleurs des chaudières donnent les rendements de combustion ainsi que la teneur des fumées en dioxyde de carbone CO₂, oxygène O₂ et monoxyde de carbone CO.



POINT RÉGLEMENTAIRE

Le code de l'environnement prévoit que « les chaudières alimentées par des combustibles gazeux, liquides ou solides dont la puissance nominale est supérieure ou égale à 4 kW et inférieure ou égale à 400 kW font l'objet d'un entretien annuel (...) ».

L'arrêté du 15 septembre 2009 indique que « l'entretien comporte la vérification de la chaudière, le cas échéant son nettoyage et son réglage, ainsi que la fourniture des conseils nécessaires portant sur le bon usage de la chaudière en place, les améliorations possibles de l'ensemble de l'installation de chauffage et l'intérêt éventuel du remplacement de celle-ci ».

Il définit ensuite les spécifications techniques relatives à l'entretien annuel des chaudières.

EXEMPLE 6

■ **Mesure du débit de fuites d'eau**

Le contrôle visuel des compteurs d'eau en parfaite inoccupation du bâtiment permet de constater la présence et l'ampleur de fuites sur les réseaux de plomberie. Ces fuites peuvent survenir n'importe où sur le réseau (soudure fragile) ou sur les appareils terminaux (joint fuyard, mécanisme de chasse d'eau défectueux...)

■ **Mesure des températures**

Les températures intérieures et extérieures ont été mesurées dans les différentes zones du bâtiment, en continu sur une période de 8 jours (du 22 au 30 avril). Les résultats sont présentés dans la partie 5.g « températures ».

■ **Thermographie Infrarouge du bâtiment**

Les mesures de thermographie infrarouge ont été réalisées en façade et à l'intérieur du bâtiment dans le but d'identifier les défauts d'étanchéité des ouvrants, la présence de ponts thermiques, l'absence de calorifugeage des tuyauteries.

REMARQUE :

Les mesures de thermographie Infrarouge, facultatives, ont été réalisées à titre pédagogique afin de compléter les autres mesures réalisées. Elles sont présentées en p.51 de la partie suivante intitulée "Étude de Bâtiment".

3.4 - Éléments mis à disposition pour l'audit

Plans masse : préciser l'échelle, et l'année
Plans de niveau : préciser l'échelle et l'année
Factures d'énergie, et liées au contrat d'exploitation
Contrat d'approvisionnement en énergie et d'entretien-maintenance
Caractéristiques des équipements techniques

3.5 - Limites

Présenter dans cette partie :

- Les limites ou restrictions éventuelles de l'étude (équipement qui sera remplacé, partie dont l'usage est nouveau, etc.)

EXEMPLE 7

Limites

Cette étude ne porte pas sur certains appareillages spécifiques (machines, outils, fours à gaz, compresseurs...).

4 - Présentation du bâtiment

4.1 - Données du contexte	38
4.1.1) Localisation, masques et données météo	38
4.1.2) Description générale	40
4.1.3) Usage du bâtiment et zonage fonctionnel	43
4.1.4) Travaux à venir	45
4.1.5) Etudes réalisées	45
4.2 - Description du bâtiment	45
4.2.1) Description du bâti	45
4.2.2) Analyse des équipements techniques	53
4.2.3) Analyse de l'utilisation du bâtiment	89
4.2.4) Synthèse des atouts et dysfonctionnements du bâtiment	95

Cette partie consiste à donner des caractéristiques générales du bâtiment.

4.1 - Données du contexte

4.1.1) Localisation, masques et données météo

Repérer :

- les masques lointains significatifs qui viennent entamer l'accès au soleil du bâtiment,
 - les masques proches,
- et joindre des photos.

Se renseigner sur les données météorologiques du site :

- zone climatique au sens de la réglementation thermique,
- températures extérieures de base,
- DJU annuels moyens et réels pour les années pour lesquels on dispose des factures,
- pluviométrie annuelle moyenne,
- insolation annuelle moyenne,
- vent dominant (joindre la rose des vents) : Il est important de repérer la direction des vents dominants, qui refroidissent les pièces qui y sont exposées, surtout en hiver.

Noter :

- la puissance maximale du vent sur le site
- le pourcentage de temps pendant lequel le bâtiment est exposé au vent.

Préciser l'origine des données, quelle(s) station(s) météo utilisée(s) ?



ZOOM1 LES DJU

Les Degrés Jours Unifiés (DJU) sont utilisés pour qualifier la rigueur d'un climat et caractériser ainsi une consommation de chauffage.

Les DJU représentent l'écart de température entre une température intérieure conventionnelle de 18°C et la température extérieure moyenne de la journée (données Météo France, moyenne trentenaire). Ils sont calculés chaque jour pour une centaine de stations météorologiques en France.

ex : pour une journée dont la température extérieure moyenne est de +5°C, les DJU sont de 18°C – 5°C = 13°C.

EXEMPLE 8

■ Localisation

L'établissement diagnostiqué est l'école XXXX, situé au X rue XXX 25300 Pontarlier.

Situé à 20 minutes du centre ville, le bâtiment est implanté en zone périurbaine, encadrée par deux routes, desservies par une rocade toute proche. Une ligne de bus dessert un arrêt spécifique en face de l'entrée principale.

■ Masques proches et lointains

Aucun masque lointain significatif ne vient entamer l'accès au soleil du bâtiment.

En masques proches, on note la présence des grands arbres (feuillus) dans les patios et la cour d'honneur. Les autres masques proches sont ceux du bâtiment sur lui même.

■ Données météorologiques du site

Définies à partir de la / des station(s) météorologique(s) de Besançon, les données climatiques du site sont les suivantes :

- Zone climatique au sens de la RT 2005 : H1c
- Températures extérieures de base : - 13°C Hiver ; + 31°C été.
- DJU annuels moyen sur les 3 années étudiées (2005, 2006 et 2007) = 2880 (correction d'altitude 3°C/valeur, cf. annexe A).



Évolution des Degrés Jours Unifiés Mensuels

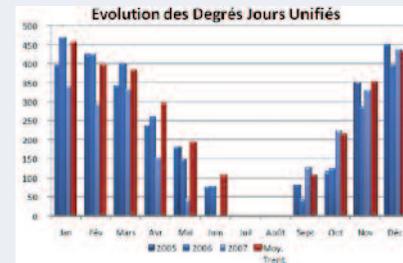


Figure 2 : Évolution des DJU moyens

- Pluviométrie annuelle moyenne = 1137 mm.
- Insolation annuelle moyenne : 1796 heures
- Fréquences météorologiques :
 - 24 j de brouillard/an ;
 - 30 j d'orage/an ;
 - 2 j de grêle/an ;
 - 27 j de neige/an.
- Vent dominant : voir rose des vents (figure 3).

Fréquence des vents en fonction des provenance en %

La direction principale des vents est Sud Ouest/ Nord Est ; le vent dominant est de provenance Sud/Ouest.

Les vents restent relativement faibles en puissance (< 8 m/s toute l'année). La région est peu ventée en fréquence : 43% de l'année, les vents sont négligeables (< 1.5 m/s).

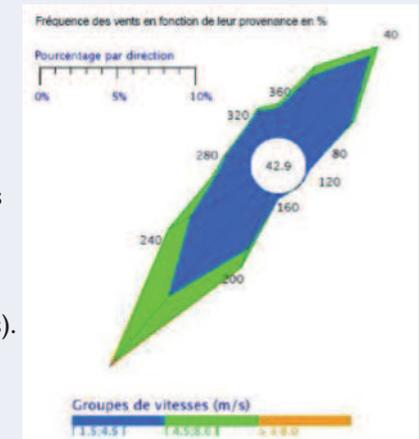


Figure 3 : Rose des vents du site

4.1.2) Description générale

Préciser :

- le nom du bâtiment ainsi que son adresse, la situation du bâtiment par rapport au centre ville, dans quel type de zone il se trouve.
Exemple : rurale, urbaine, périurbaine...
- la localisation du bâtiment sur une carte,
- le type de bâtiment (usage) et année de construction,
- les principes constructifs,
- le nombre d'étages (au maximum aux points les plus hauts du bâtiment)
- l'orientation principale du bâtiment,
- si le bâtiment subit des mitoyennetés avec d'autres bâtiments.
Si oui, préciser combien.
- décrire les différents moyens de transport qui desservent le bâtiment
Exemple : routes, bus...

Noter la présence de cours ou de patios.

■ Année de construction

La date de construction du bâtiment donne une idée sur sa qualité d'isolation.

■ Type d'architecture

Décrire la forme générale du bâtiment. Exemple : « nombreux volumes imbriqués », forme d'une lettre de l'alphabet : H, T, Y...

Une photographie aérienne du bâtiment peut être jointe.

Le coefficient de forme peut également être calculé.

■ Surface utile

Donner la surface utile du bâtiment. Elle sera utile pour des ratios au m² de la consommation énergétique.

■ Volume chauffé

Donner le volume chauffé du bâtiment. Il sera utile pour des ratios au m³ de la consommation énergétique pour le chauffage.

■ Rénovations éventuelles

Prendre en compte les rénovations ou extensions éventuelles qui ont été entreprises sur le bâtiment, en précisant le type et l'année.

Exemple : nouvelle isolation, nouvelles fenêtres...

■ Description du bâtiment

Le bâtiment est construit en R+2 en son point le plus haut ; il est principalement orienté nord/ sud, et ne souffre pas de mitoyenneté. Il bénéficie à l'extérieur d'une vaste parcelle alternant surface grises (parkings) et vertes (pelouses, terrain de sport). À l'intérieur du bâti, on trouve plusieurs cours et patios largement arborés.

On note ici la présence d'une chaufferie municipale au bois d'une puissance de 5 MW à moins d'un kilomètre.

EXEMPLE 9

Plan schématique de l'établissement

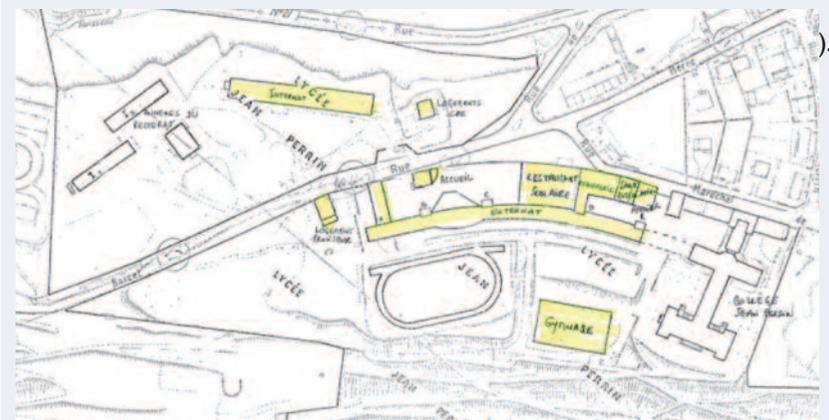


Figure 4 : Plan schématique de l'établissement

EXEMPLE 10

Construit en 1971, le bâtiment est représentatif de cette époque, ne comportant pas ou peu d'isolation thermique. D'une surface utile d'environ 7000 m² (pour une SHON de 7830 m²), il accueille plus de deux cent étudiants pour un corps enseignant et administratif de plus de trente cinq personnes. Les surfaces sont réparties comme indiqué dans le tableau 1.

École XXX					
Classement ERP : R4					
Désignation	Fonction principale	Niveaux	Année	Surface utile (m ²)	SHON (m ²)
Bât. A	Enseignement	R+2	1971	6 769	7 509
Bât. A	Restauration	R0	1971	321	321
Superficie de plancher hors œuvre totale				7 090 m ²	7 830 m ²
Désignation	SU	SHON m ²	HSP	Volume	
Bât. A	6 769	7 509	3,00	22 527	
Bât. A	321	321	5,80	1 862	
7 090 m ²		7 830 m ²		24 389 m ³	

Tableau 8 : Caractérisation des surfaces du bâtiment

L'usage principal du bâtiment étant l'enseignement professionnel, du matériel spécifique à cette activité est présent sur le site :

- Machine 1 ;
- Machine 2 ;
- Machine 3.

■ Architecture

Son concept architectural revêt un véritable caractère artistique, offrant de grands volumes imbriqués, et de nombreuses façades vitrées. Le bâtiment est constitué de trois parties rectangulaires (cf. figure 5).



Figure 5 : Vue aérienne de l'établissement

EXEMPLE 10

■ Rénovations

Le bâtiment a subi certains travaux majeurs durant les dernières années. En voici un relevé :

- Chauffage : rénovation des chaudières (81-82) avec changement d'énergie (abandon du fuel, passage au gaz de ville). Réfection du circuit primaire.
- Étanchéité des toitures + léger complément d'isolation (de 1988 à 1996). Restent quelques fuites très sporadiques. (NOTA : garantie décennale terminée).
- Réfection totale des panoplies hydrauliques en chaufferie (1996).
- Changement des portes vitrées coté sud mais pas coté nord (très anciennes et perméables). Rue intérieure + ateliers sud : changement des huisseries par SV châssis alu ou PVC (2000).
- Installation de six ventilo-convecteurs en galerie d'exposition (en hauteur pour libérer les murs) (2003).
- Mise en sécurité (2002-2003) : recanonnements coupe feu : installation de portes coupe feu, enclouonnement des cages d'escalier, trappes et dômes de désenfumage ; condamnation de l'ouverture des fenêtres de la bibliothèque sur le hall d'expo. ; flocages coupe feu en sous sols, pièces de stockage + vestiaires et imprimerie.
- Salle informatique : traitement thermique des plafonds par 200mm de laine de verre + acoustique des sols par moquette. (2004)
- Réfection des enduits extérieurs. Toutes les façades ont été repeintes. Travaux terminés (2007).

Ses travaux ont été effectués sans prise en compte particulière de la performance énergétique.



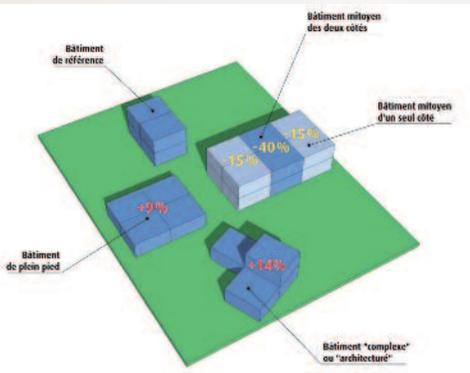
ZOOM2

LE COEFFICIENT DE FORME

Le coefficient de forme (Cf) est le rapport entre la surface de l'enveloppe (Se) et le volume d'un bâtiment :

$$Cf = \frac{Se}{V}$$

Son calcul permet de comparer des formes différentes par rapport à un volume à chauffer donné. La recherche d'une compacité accrue a une justification économique, les déperditions thermiques par les parois sont réduites et la géométrie de l'enveloppe est plus simple à mettre en place.



Exemple de coefficient de forme en fonction de géométries standards.

4.1.3) Usage du bâtiment et zonage fonctionnel

■ **Effectif journalier**

Préciser l'effectif journalier du bâtiment, aussi bien du personnel que des personnes extérieures faisant usage du bâtiment.

■ **Activité principale**

Décrire l'activité principale du bâtiment et le matériel spécifique que cela implique dans le bâtiment.

Exemple : école, centre de tri postal, musée...

■ **Organisation générale du temps et de l'espace**

Donner le calendrier annuel avec les périodes d'occupation et d'inoccupation du bâtiment.

Exemple : Juillet et août pour les écoles.

Préciser les horaires d'occupation pour chaque pièce ou chaque zone homogène du bâtiment.

■ **Occupation programmée et occupation aléatoire**

Analyser les plannings afin de détecter les pièces occupées régulièrement ainsi que celles occupées aléatoirement. Un tableau de résumé peut-être joint sous cette forme ;

Taux d'occupation hebdomadaire	Nombre de salles concernées
> 75%	
Entre 30 et 75%	
< 30%	

EXEMPLE 11

Effectifs et plannings

■ **Organisation générale du temps et de l'espace**

Les étudiants sont présents de fin septembre à fin juin et selon le calendrier scolaire de l'académie.

En période scolaire le bâtiment est occupé du lundi au vendredi de 8h à 20h. Des cours du soir sont dispensés pour trente à quarante personnes tous les soirs jusqu'à 20h sauf le vendredi. Certains événements exceptionnels (expositions, colloques...) sont programmés dans l'année.

Le concierge habite son logement toute l'année.

Le logement du directeur est désaffecté de cette fonction, il est utilisé en tant que :

- salle des professeurs,
- chambre de commodité pour un intervenant extérieur,
- stockage divers (archives...).

Le personnel est absent de la mi-juillet à la fin août, période durant laquelle l'établissement est complètement fermé.

■ Occupation programmée et occupation aléatoire

Les étudiants sont présents de fin septembre à fin juin et selon le calendrier scolaire de l'académie.

Une analyse des plannings fournis par la direction de l'établissement amène à la conclusion suivante : nous pouvons distinguer deux types d'occupation des locaux: l'occupation programmée (et maîtrisable) et l'occupation libre (aléatoire) pour les travaux autonomes.

En occupation régulière :

- Le bâtiment administratif est occupé de manière traditionnelle selon un mode de fonctionnement de bureaux,
- Le logement du gardien est occupé également traditionnellement selon un mode de fonctionnement de logement.

Le planning maîtrisable de l'occupation des salles peut se résumer dans le tableau suivant :

Salles (valeurs exprimées en pourcentage de surface)	Taux d'occupation hebdomadaire
25%	> 75%
33%	Entre 30 et 75%
42%	< 30%

Tableau 9 : Taux d'occupation des différentes salles de l'établissement

On remarque qu'une majorité des pièces est utilisée à moins de 75%.

En occupation aléatoire :

L'occupation aléatoire des salles correspond aux travaux autonomes des élèves qui au fur et à mesure du cursus de formation (5 ans) gèrent de manière de plus en plus indépendante leurs projets artistiques. Ainsi les ateliers peuvent être occupés à n'importe quel moment de la semaine par un nombre variable d'étudiants. Ceci répond à une exigence de mise à disposition de moyens matériels de création.

La conclusion évidente est qu'une grande surface du bâtiment est chauffée en hiver pour un nombre restreint d'élèves. La problématique centrale peut être posée en ces termes : comment organiser une occupation des salles qui reste opérationnelle tout en permettant une meilleure gestion des périodes de chauffe et d'éclairage. Il conviendra donc de concentrer nos recherches d'optimisation sur la réalisation de ces travaux autonomes, leurs durées, leurs lieux de réalisation, leur foisonnement...

NB : Rappelons que selon les années et la répartition des élèves par option, les plannings peuvent changer dans des proportions significatives. Certains ateliers (photo, bois...) hébergent un technicien qui est mis à la disposition des élèves quel que soit leur nombre.

■ Zonage du climat intérieur

L'orientation du bâtiment et son usage quotidien) permettent de définir des zones approximatives (figure 6) dans lesquelles le climat intérieur du bâtiment est différent (voir aussi la partie 6.g « mesure des températures »).

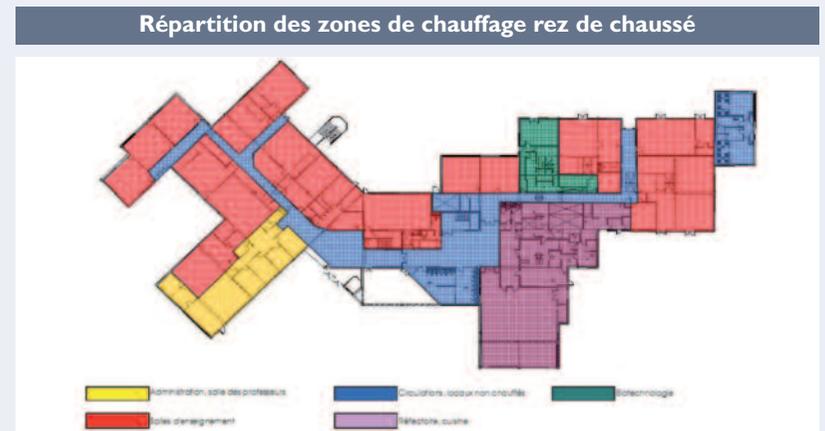


Figure 6 : Répartition des zones de chauffage du bâtiment

Les parties en bleu (couloirs et zones non occupées) étant non chauffées, le volume chauffé du bâtiment revient approximativement à 20 360 m³.

4.1.4) Travaux à venir

Préciser le type de travaux proches envisagés afin que le bâtiment soit étudié en tenant compte de ces derniers.

Ex : nouvelle isolation, nouvelles fenêtres...

EXEMPLE 12

De même, afin d'en tenir compte lors des préconisations, les travaux proches envisagés sont répertoriés ci-dessous :

- Réfection des huisseries nord ; devis faits.



LE CONSEIL DE L'EXPERT

- « - Vérifier que le coefficient d'isolation U_w est bien inférieur à la valeur limite autorisée par la RT existant.
- Pour certains travaux de rénovations, il est recommandé de réaliser une étude de faisabilité technico-économique au préalable. »

EXEMPLE 13

4.1.5) Études réalisées

Préciser si des études ont été réalisées sur le bâtiment. Noter les points de préconisations.

Une étude de performance énergétique a été réalisée en 1997. Elle préconisait d'ajouter une isolation intérieure dans l'aile nord du bâtiment.

4.2 - Description du bâtiment

4.2.1) Description du bâti

Préciser dans cette partie les compositions de chaque élément constructif du bâtiment.

Caractériser l'étanchéité à l'air du bâtiment.

Préciser l'existence de protections solaires.

On pourra analyser ici les résultats de l'analyse par thermographie infrarouge du bâtiment afin d'infirmer ou de confirmer les observations.



ZOOM3 BBC

BBC BATIMENT BASSE CONSOMMATION EN RENOVATION

Le label « Bâtiment Basse Consommation rénovation, BBC Rénovation 2009 » est calculé selon les méthodes de calcul de la réglementation thermique existant (Th C-Ex), définies dans l'arrêté du 29 septembre 2009 publié au journal officiel du 01 octobre 2009,

L'exigence est simple : pour pouvoir obtenir le label BBC – rénovation, l'exigence principale est de ne pas dépasser une valeur de consommation de 80 kWh_{ep} par m² de SHON et par an, à moduler selon les régions, pour les constructions résidentielles.

En ce qui concerne les bâtiments à usage autres que d'habitation, l'objectif est d'atteindre une consommation conventionnelle d'énergie primaire inférieure ou égale à 40% de celle définie dans la RT globale.

4.2.1.1) Composition des parois

Détailler :

- La composition des murs
- La composition des planchers
- La nature des huisseries
- Les défauts d'isolation

Faire une synthèse des éléments et les comparer avec les différents standards existants (ex : Standard RT 2005, Standard BBC, ...).

■ pour les murs :

- les différents matériaux qui les constituent (nature et épaisseur),
- la résistance thermique du mur $m^2.K.W^{-1}$ ou son équivalent en conductivité thermique $W/m^2.K$.

On comparera la résistance thermique des murs avec les valeurs minimales imposées par la RT existant et on joindra des photos des défauts observés : Exemple : traces de condensation.

EXEMPLE I4

Composition des parois

Le bâtiment est presque exclusivement construit en béton :

■ Mur

On rappelle que l'arrêté du 3 mai 2007 relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des bâtiments existants (RT existant élément par élément), impose une résistance thermique minimale $R = 2,3 m^2.K.W^{-1}$ pour les murs donnant sur l'extérieur ; soit un coefficient de transmission thermique maximal $U = 0,43 W.m^{-2}.K^{-1}$.

Nature	Illustration
<p>Mur extérieur 1 (correspondant à l'extension de 2005) Les murs sont composés de : -une plaque de plâtre préfabriquée, -un bloc aggloméré de béton, -une couche de laine de roche, -un bardage.</p> <p>U = 0,35 W.m⁻².K⁻¹</p>	
<p>Mur extérieur 2 Les murs sont composés de panneaux préfabriqués juxtaposés sans continuité du béton, une simple finition d'enduit béton est appliquée sur la face intérieure. Ces panneaux sont constitués de deux peaux de béton brut de 9cm séparés par une feuille de polystyrène expansé de 2cm d'épaisseur.</p> <p>U = 1,63 W.m⁻².K⁻¹</p>	

Tableau 10 : Composition des murs

■ pour les planchers (hauts et bas)

- la présence éventuelle d'un vide sanitaire sous le plancher,
- le type d'isolant utilisé et l'épaisseur appliquée,
- le type de toiture
 - Exemple : terrasse, inclinée,
- la composition de la toiture ainsi que l'épaisseur de chacune des couches.

On comparera la résistance thermique des planchers avec les valeurs minimales imposées par la RT existante.

EXEMPLE 15

■ Planchers

On rappelle que l'arrêté du 3 mai 2007, relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des bâtiments existants (RT existant élément par élément), impose une résistance thermique minimale $R = 2,3 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ pour les planchers bas donnant sur l'extérieur ou sur un parking collectif ; soit un coefficient de transmission thermique maximal $U = 0,43 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$.

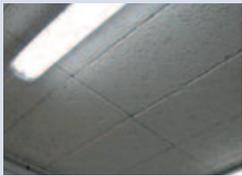
Nature	Illustration
<p>Plancher bas</p> <p>Les planchers bas sont composés de:</p> <ul style="list-style-type: none"> -une dalle de béton, -une couche de fibrastyène. <p>$U = 0,37 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$</p>	

Tableau 11 : Composition des planchers

■ Toiture

On rappelle que l'arrêté du 3 mai 2007, relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des bâtiments existants (RT existant élément par élément), impose :

- une résistance thermique minimale $R = 4 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ pour les rampants de toiture de pente inférieure à 60° ; soit un coefficient de transmission thermique maximal $U = 0,25 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$.
- Pour les toitures terrasses :
 - une résistance thermique minimale $R = 2,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$;
 - soit un coefficient de transmission thermique maximal $U = 0,4 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$.

Nature
<p>Les toitures sont constituées de dalles béton :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Toitures terrasse : béton 15 cm + laine de verre 4 à 5 cm + étanchéité + qq cm de graviers. <p>$U = 0,46 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$</p> <ul style="list-style-type: none"> - Toitures inclinées (50°) : béton 4 cm + laine de verre 2 cm + étanchéité <p>$U = 0,20 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$</p> <p>On note la présence de très nombreuses poutres de soutènement en sous face de plafonds.</p>
Illustration



Tableau 12 : Composition des toitures

■ pour les menuiseries extérieures

- la nature des huisseries (bois, PVC, aluminium...),
- l'état des huisseries, les défauts d'étanchéité et joindre des photographies,
- le type de vitrage et leur date d'installation - exemple : simple, double, triple,
- la présence ou non de volets et leurs caractéristiques (volets bois, volets roulants manuels/électriques, persiennes métalliques...).

On comparera le coefficient de transmission thermique des menuiseries avec les valeurs maximales imposées par la RT existant.

EXEMPLE 16

■ Vitrage

On rappelle que l'arrêté du 3 mai 2007, relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des bâtiments existants (RT existant élément par élément), impose un coefficient de transmission thermique maximal $U_w = 2,6 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ pour les ouvrants à menuiserie coulissante et $2,3 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ dans les autres cas.

Nature	Illustration
Vitrage 1 Les ouvrants sont en double vitrage 4-12-4 sur menuiserie PVC. U = 2.8 W.m⁻².K⁻¹	
Vitrage 2 Les ouvrants sont en double vitrage 4-12-4 sur menuiserie aluminium. U = 4.2 W.m⁻².K⁻¹	
Vitrage 3 Cette paroi est en pavés de verre. U = 3 W.m⁻².K⁻¹	

Tableau 13 : Composition des vitrages

■ Synthèse

EXEMPLE 17

		Composition	Coefficient thermique (W.m ⁻² .K ⁻¹)	Références	
				RT 2005	BBC
Mur	Extérieur Type 1	Plâtre + Béton + Iso LdR + bardage	0,35	Extérieur ou pente sup. à 60° = 0,43	Min = 0,18 Max = 0,31
	Extérieur Type 2	Double peau Béton (2 x 9cm) + Iso. Polyst. (2cm)	1,63		
Vitrage	Type 1	DV 4/12/4 PVC	2,8	Ouvrant : Coulissant = 2,6 Autres = 2,3	Min = 0,7 Max = 1,7
	Type 2	DV 4/12/4 Alu	4,2		
	Type 3	Pavés de verre	3		
Toiture	Terrasse	Béton (15cm) + Iso LdV (5cm) + Étanchéité + graviers	0,46	Terrasse = 0,4 De pentes inf. à 60° = 0,25	Min = 0,1 Max = 0,15
	Inclinée	Béton (4cm) + Iso LdV (2cm) + Étanchéité	0,2		
Plancher		Dalle Béton + Iso Fibrast.	0,37	Donnant sur l'extérieur = 0,43	Min = 0,25 Max = 0,41

Tableau 14 : Synthèse des compositions des parois déperditives

■ **Concernant l'isolation**

- Repérer les ponts thermiques qui caractérisent les défauts d'isolation du bâtiment. Il s'agira de déterminer les travaux d'isolation à prévoir.
- Illustrer les défauts d'isolation observés par la thermographie infrarouge.



ZOOM4
LES PONTS THERMIQUES

Un pont thermique est une zone ponctuelle ou linéaire qui, dans l'enveloppe d'un bâtiment, présente un défaut ou une diminution de résistance thermique (à la jonction de deux parois en général). Les jonctions entre deux matériaux de résistance thermique ou de conductivité thermique différentes créent un pont thermique. La constitution de la paroi influe sur les ponts thermiques. Ainsi, avec une isolation extérieure, une grande partie des ponts thermiques sont réduits ou supprimés.

EXEMPLE 18

■ **Ponts thermiques**

À proprement parler, un pont thermique caractérise un défaut d'isolation entre deux parois isolées. Comme le bâtiment ne l'est pas ou peu, les cas présentés ci-dessous se réfèrent à l'extension réalisée en 2005.

On rappelle, à titre d'information, que l'arrêté du 24 mai 2006 relatif aux caractéristiques thermiques des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments (RT 2005), précise que le coefficient de transmission thermique linéique moyen d'un pont thermique ne doit pas dépasser $1,2 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$ pour les bâtiments à usage autre que d'habitation.

Les ponts thermiques constituent des zones de fortes déperditions thermiques, l'humidité peut s'y condenser.

Nature	Illustration
Plancher haut = $\varnothing 64 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$	
Plancher bas = $\varnothing 62 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$	
Plancher intermédiaire = $\varnothing 82 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$	
Refend = $\varnothing 25 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$	

Tableau 15 : Différents ponts thermiques rencontrés dans le bâtiment

4.2.1.2) Analyse thermographique infrarouge

Illustrer les défauts d'isolation observés par la thermographie infrarouge.

EXEMPLE 19

Analyse thermographique infrarouge

L'analyse thermographique d'un bâtiment permet de visualiser les déperditions thermiques de celui-ci et d'illustrer la présence de ponts thermiques, confortant ainsi les observations et relevés réalisés sur le terrain.

■ Analyse des parois

Le système d'accroche de l'isolant crée des ponts thermiques ponctuels.

Analyse thermographique des parois



Figure 7 : Analyse thermographique des parois

■ Analyse des ouvrants

On remarque que par rapport aux parois du bâtiment en lui-même, les ouvrants sont à l'origine d'une bonne partie des déperditions thermiques.

Analyse thermographique des ouvrants

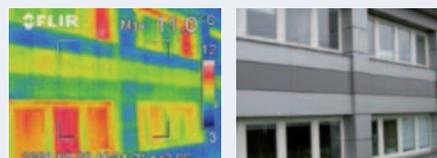


Figure 8 : Analyse thermographique des ouvrants

■ Analyse des ponts thermiques

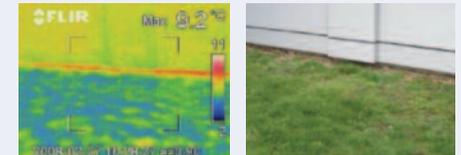


Figure 9 : Analyse thermographique d'un pont thermique "plancher bas - mur"

La photo ci-dessus illustre parfaitement le pont thermique entre un plancher bas et un mur.

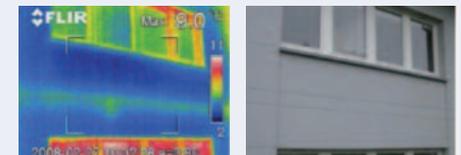


Figure 10 : Analyse thermographique "plancher intermédiaire - mur"

La photo ci-dessus illustre le pont thermique entre un plancher intermédiaire et un mur.

4.2.1.3) Qualification de l'étanchéité

Préciser :

- l'état des huisseries
 - Exemple : traces de rouille, défauts de jointolement,
- la présence d'éventuelles traces de condensation,
- la présence de grilles de ventilation naturelle.

EXEMPLE 20

■ Étanchéité

Le bâtiment est étanche à l'air et à l'eau, les huisseries sont en bon état.

Attention cependant, les nombreuses grilles de ventilation naturelle au dos des radiateurs sont sources d'infiltrations d'air. Même souhaités, ces flux sont non quantifiables et posent problème dans la bonne connaissance des paramètres de ventilation des pièces à chauffer.



ZOOMS ETANCHEITE ET VENTILATION

Un bâtiment étanche à l'air est un bâtiment qui ne doit pas laisser s'échapper des calories par des entrées d'air parasites au niveau des jonctions entre éléments de parois. Pour autant, renouveler l'air d'un bâtiment est une nécessité vitale :

- pour y apporter un air neuf et pourvoir aux besoins en oxygène des occupants;
- pour évacuer les odeurs et les polluants qui s'y accumulent ;
- pour éliminer l'excès d'humidité ;
- et enfin pour fournir aux appareils à combustion l'oxygène dont ils ont besoin pour fonctionner sans danger pour la santé.

4.2.1.4) Dispositifs de protections solaires

- Vérifier la présence de protections solaires
 - Exemple : stores, volets, rideaux

EXEMPLE 21

■ Protections solaires

Les fenêtres sud du bâtiment sont insérées dans des masques en béton faisant occultation et étagère à lumière.

Vue des masques en béton de la façade sud



Figure 11 :
Vue des masques en béton de la façade sud

Pour des raisons soit de confort, soit de besoins fonctionnels, un certain nombre de vitrages au travers du bâtiment sont occultés. Ainsi on trouve de manière plus ou moins définitive, plus ou moins manœuvrable, et plus ou moins en bon état :

- des stores intérieurs,
- des voiles et rideaux,
- des masques en plastique noir,
- des peintures noires sur vitrages.

Outre les masques en béton, l'ensemble des protections mises en place sont internes au bâtiment. De manière générale, on préférera les protections solaires extérieures aux protections intérieures : elles arrêtent les rayons du soleil avant qu'ils ne pénètrent la surface vitrée et permettent ainsi de limiter la surchauffe du bâtiment.

Enfin, le dôme au dessus du bâtiment principal est occulté du soleil au printemps par application d'un revêtement extérieur blanc à base de chaux ; celui-ci limite les apports solaires et part de lui même au bout de 4 à 5 mois.

4.2.2) Analyse des équipements techniques

Analyser dans cette partie les systèmes et équipements relatifs aux postes suivants :

- Chauffage,
- ECS,
- Éclairage,
- Informatique,
- Eau potable sanitaire,
- Climatisation / rafraîchissement,
- Renouvellement et traitement de l'air,
- Installations électriques,
- Machines process,
- ...

NB : Les plans des différents réseaux (chauffage, ventilation, etc.) sont présentés en annexe D.

4.2.2.1) Le Chauffage

■ Production

- Donner le type d'énergie utilisée - ex : gaz, électricité, fioul...
- Donner une appréciation et les caractéristiques de l'alimentation / stockage en énergie (état canalisations gaz, type de cuve fioul/propane (enterré, simple ou double peau) et volume...).

Préciser pour chaque type de générateur installé :

- la marque, le modèle, la puissance (kW), l'année de fabrication de la chaudière,
- le nombre et le type de brûleur,
- le rendement des générateurs (voir analyses combustion sur les cahiers de maintenance ou procéder à des mesures instantanées),
- une appréciation de l'état général de la production.
- Joindre éventuellement des photos des chaudières et des brûleurs (en mauvais état)
- Donner le schéma de principe de la chaufferie.

EXEMPLE 22

■ Production

- Le chauffage de l'établissement se fait par le gaz naturel. L'arrivée de gaz se fait par une canalisation en acier noir T10 de diamètre 50/60 sur une bouteille tampon dimensionnée au 1/1000^{ème}.

La production de chauffage est assurée par 2 chaudières à gaz de ville :

- de DIETRICH CFE 818 ; puissance nominale 1 MW ; année 1981 ; brûleur 2 allures SICMA (rendements mesurés > 90% sur les deux allures),
- de DIETRICH CFE 809 ; puissance nominale 500 kW ; année 1985 ; brûleur modulant ELCO neuf (rendements mesurés > 90% sur les deux allures extrêmes).

Les non-conformités relatives à la chaufferie sont présentées en annexe E.

Les deux chaudières et leurs brûleurs



Figure 12 : Les deux chaudières et leurs brûleurs ; l'alimentation gaz (en jaune)

Principe de la chaufferie

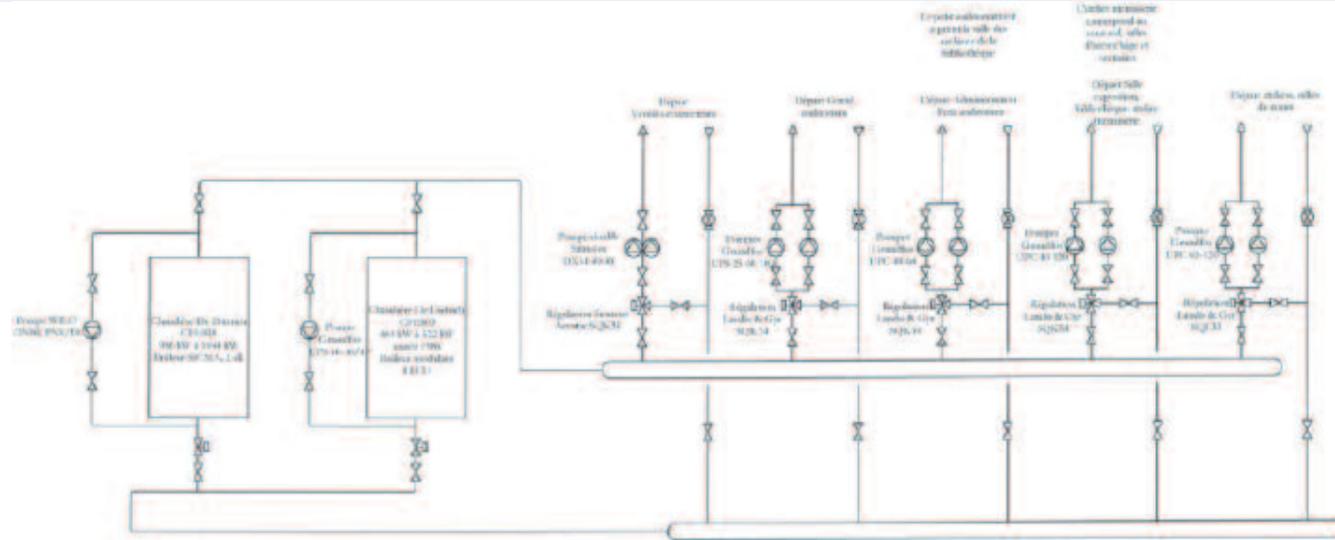


Figure 13 : Schéma de principe de la chaufferie

■ Conformité réglementaire de la chaufferie

Donner un avis sur les principaux points réglementaires exigés en chaufferie (attention à la réglementation : > 70 kW, >200 kW) : ventilation, organes de sécurité (extincteurs, détection gaz, BAES, soupapes chaudières...), éléments divers (disconnecteur, ferme-porte, barre anti-panique...).



POINT RÉGLEMENTATION

L'arrêté du 22 juin 1998 relatif aux réservoirs enterrés de liquide inflammable et leurs équipements annexes, stipule, à travers ses articles 5 et 12, que "Les réservoirs simple enveloppe enterrés (type cuve fioul) installés avant juin 1998 doivent être transformés ou remplacés (réservoir double peau acier ou fosse constituant une enceinte fermée et étanche avec détection de fuite) au plus tard le 31 décembre 2010."

■ Distribution

Panoplie hydraulique et circuits

- Énumérer les différents circuits.
- Donner une appréciation quant à l'homogénéité et la pertinence de la conception générale de la distribution (nombre de circuits, zones desservies, usages...)
- Joindre des photos de la nourrice générale et des différents départs
- Préciser le type de circulateur - ex : circulateur simple ou double
- Donner le type de vanne sur départ circuit - ex : circuit régulé en tête avec vanne type 3 voies à montage « mélange », circuit à « température constante » (vanne ¼ de tour classique)
- Détecter les fuites éventuelles.
- Donner la nature et les caractéristiques de l'expansion (vase à membrane, groupe de maintien de pression...).

Réseaux et calorifuge

- Donner la nature du calorifugeage des canalisations, en chaufferie et sur la distribution secondaire (simple manchon, coquille laine de verre finition plâtre/PVC),
- Donner une appréciation de l'état général du calorifuge (total ou partiel, en bon état ou dégradé...),
- Joindre éventuellement des photos de calorifuges non satisfaisants,

Équilibrage

Vérifier la présence d'organes d'équilibrage assurant une bonne distribution du chauffage dans les émetteurs les plus lointains de la chaufferie (vannes d'équilibrage sur les retours des circuits en chaufferie et/ou en pied des colonnes montantes).

EXEMPLE 23

Distribution

Ces chaudières alimentent une nourrice de départ sur laquelle elles sont raccordées selon une boucle de Tickelmann. On ne recense pas de bouteille de découplage ni de bouteille tampon, mais on peut supposer que le volume d'eau global de l'installation est suffisant.

■ Panoplie hydraulique et circuits

Sur la nourrice, on compte 5 circuits de chauffage, régulés par vanne trois voies sur le départ :

1. Circuit dédié ventilo-convecteurs « Galerie d'exposition ».
2. Circuit radiateurs « Grand Auditorium ».
3. Circuit radiateurs « Administration ».
4. Circuit radiateurs « Archives, bibliothèque, salles d'accrochage au sous-sol ».
5. Circuit radiateurs « Ateliers et salles de cours ».

Ce dernier circuit assure seul 75% de la puissance de chauffe totale du bâtiment. Quelle que soit la qualité des systèmes de régulation, un problème de répartition des réseaux vient entacher sensiblement le bon fonctionnement du chauffage.

En fonction d'une réorganisation probable de l'utilisation des salles et donc de la future répartition des espaces chauffés dans le temps et dans l'espace, les différents circuits pourront faire l'objet d'une réorganisation, voire de nouvelles créations (dissociation de certains réseaux).

EXEMPLE 24

Nourrice générale et panoplie des 5 circuits de chauffage



Figure 14 : Nourrice générale et panoplie des 5 circuits de chauffage

Les circulateurs sont doubles ou doublés (2 circulateurs simples en parallèle). Ils sont à vitesse fixe et probablement largement dimensionnés. Les pompes doubles sont commutées soit en cas de panne, soit de manière systématique pour répartir équitablement les durées de fonctionnement.

Les vannes de régulation de marque Landis&Gyr sont de type 3 voies à montage « mélange ».

On note quelques fuites minimales et, a priori l'absence de disconnecteur.

■ Réseaux et calorifuge

Le calorifuge en chaufferie dans son ensemble est en bon état car relativement récent, son épaisseur est de 25 mm.

La distribution du chauffage à travers les bâtiments se fait par des réseaux acier peu ou pas bien calorifugés : on retrouve des épaisseurs allant de 13 à 32 mm dans des états de conservation plus ou moins corrects (cf. photos suivantes).

On rappelle que tout réseau traversant un local non chauffé se doit d'avoir une isolation performante, telle que définie dans la réglementation thermique, dans toutes les circulations, notamment les vides sanitaires et les galeries techniques...



POINT RÉGLEMENTATION

Il conviendra donc de calorifuger correctement les réseaux ; il faut que le coefficient de perte soit inférieur à $2,6d+0,2$ où d est le diamètre extérieur du tube exprimé en m.

Exemples de calorifuges non satisfaisants



Figure 15 : Exemples de calorifuges non satisfaisants



POINT RÉGLEMENTATION

La réglementation thermique 2005 indique que « la partie [du système de distribution] située hors volume chauffé a une isolation de référence classe 2 ».

La classe 2 correspond à celle définie dans la méthode Th-C-E où le U moyen du réseau est donné par une formule. Les épaisseurs à mettre en œuvre sont indiquées dans un tableau précalculé.

Diamètre extérieur de tube en cm	CLASSE 2				
	Coefficient de perte UI (W/m.K)	Conductivité thermique (W/m.K)			
		0.03	0.04	0.05	0.06
10	0.23	2	5	8	14
20	0.25	7	12	19	27
30	0.28	11	17	25	36
40	0.3	14	21	30	42
60	0.36	17	26	37	50
80	0.41	20	29	41	54
100	0.46	22	32	43	57
200	0.72	27	37	49	62
300	0.98	28	39	51	64
Plan	(0.88)	31	41	51	62

- Conductivité thermique de l'isolant = 0.04 W(m.K)
- Diamètre extérieur du conduit sans isolant = 30 mm
- Épaisseur de l'isolant = 17 mm
- Coefficient de perte du conduit = 0,28W/(m.K)

■ Équilibrage

À priori, peu d'organes d'équilibrage assurent une bonne distribution du chauffage dans les radiateurs les plus lointains. Aucune remarque particulière des utilisateurs n'a fait état de carence en chauffage dans des pièces géographiquement éloignées de la chaufferie, on peut donc penser que les réseaux ont été conçus plutôt surdimensionnés afin de faciliter l'écoulement de l'eau chaude jusqu'aux extrémités les plus lointaines.

Notons que les six ventilo-convecteurs de la galerie d'exposition sont pourvus chacun d'une vanne de réglage de précision.

■ **Émetteurs**

- Préciser le type d'émetteurs et les caractéristiques principales liées en précisant si un fonctionnement basse température est possible avec ce type d'émetteurs
 - Exemple : radiateurs (acier/fonte, distribution bitube/monotube), ventilo-convecteurs (2 tubes/4 tubes si émission de chaud et de froid), plancher chauffant, aérothermes, ...
- Vérifier la présence de vannes thermostatiques sur les radiateurs.

Un tableau du type suivant peut-être rajouté pour détailler le nombre d'émetteurs par réseau :

N° de circuit	Pièces concernées	Surface chauffée		Radiateurs (nombre)	Avec vanne thermostatique (nombre)	Ventilo convecteurs (nombre)	Puissance totale des émetteurs		Puissance par m ² (W/m ² chauffé)
		m ²	%				W	%	
I									
X									
Total									

- Préciser quel écart de température entre le radiateur et la température ambiante a été pris en compte pour le calcul de la puissance des émetteurs.
- Joindre des photos des émetteurs.
- Calculer la puissance moyenne d'émission installée (en W/m²),
- Rappeler la puissance de la chaudière.
- En déduire le rendement de production et de régulation.
- Évaluer si le nombre d'émetteurs demeurera pertinent et adapté aux besoins dans le cas de projets susceptibles de modifier significativement les besoins de chauffage du bâtiment (travaux d'isolation par exemple).

EXEMPLE 2.5

■ Émetteurs

À l'exception des six ventilo-convecteurs neufs (Major2 de chez CIAT) qui chauffent le hall d'exposition, la totalité des pièces est chauffée par radiateurs d'époque, en acier, haute température. Certains seulement sont pourvus de vannes thermostatiques, certains encore n'ont plus de vanne du tout. Un détail du nombre d'émetteurs par réseau est fourni dans le tableau ci-après :

N° de circuit	Pièces concernées	Surface chauffée		Radiateurs (nombre)	Avec vanne thermostatique (nombre)	Ventilo convecteurs (nombre)	Puissance totale des émetteurs		Puissance par m ² (W/m ² chauffé)
		m ²	%				W	%	
1	Hall d'entrée	300	5	0	0	6	18 000	2	60
2	Salle de réunion	265	4	6	2	0	35 374	3	133
3	Bureaux administratifs	599	10	36	15	0	96 881	9	162
4	Bibliothèque	799	13	35	13	0	134 019	12	168
5	Ateliers et salles	4 223	68	129	0	0	830 487	74	197
Total		6 186	100	206	30	6	1 114 761	100	180

Tableau 16 : Détail du nombre d'émetteurs par réseau et affectation

NB : La puissance des émetteurs est calculée sur la base d'un écart de température de 60°C entre la température du radiateur et de l'ambiance.

EXEMPLE 2.5

Radiateur et ventilo-convecteur



Figure 16 : Radiateur et ventilo-convecteur

La puissance d'émission installée (dernière colonne du tableau) est en moyenne de 180 W/m^2 . Cette valeur est très élevée mais cohérente avec la performance énergétique du bâti. Notons que la puissance d'émission installée totale est de $1\ 114\ 761 \text{ W}$ pour une puissance de chaudière de $1\ 500\ 000 \text{ W}$. Le rendement de production, régulation et distribution attendu en conception était donc de 75%.

Dans l'optique d'une augmentation importante de la qualité de l'isolation thermique globale du bâtiment, le nombre de radiateurs pourra s'avérer trop important.

Afin d'éviter des surchauffes ou un retour de réseau avec une température trop élevée, il faudra donc soit fermer ces radiateurs surnuméraires à l'aide de la vanne de réglage, soit les supprimer.

■ Régulation

Régulation en chaufferie/sous-station

- Préciser les fonctions de la régulation
 - Exemple : circuits chauffage, cascade chaudières...
- Préciser les caractéristiques de la régulation : automates de régulation (marque, type, date de mise en service), courbes d'eau fonction de la température extérieure ou non, programmeur d'intermittence journalier/hebdomadaire...
- Préciser le type de pilotage
 - Exemple : conduite au cas par cas de chacun des automates, Gestion Technique Centralisée avec supervision informatique (donner dans ce cas un avis quant à la convivialité et la clarté du logiciel)...
- Décrire les sondes de température qui commandent les circuits de chauffage (sondes sur départs circuits, sondes d'ambiance le cas échéant, sondes extérieures...)
- Préciser les possibilités de paramétrage/réglage de la régulation en termes de : consignes de température (confort, réduit, hors-gel), « zoning » (gestion par salle, groupe de salles, bâtiment global), programmation (journalière, calendrier hebdomadaire, annuel)...

EXEMPLE 26

■ Régulation en chaufferie

Les chaudières sont régulées individuellement ou en cascade, pilotées par la GTC.

La régulation des départs se fait par vannes 3 voies reliées à la GTC. Ces vannes sont commandées par :

- 1 sonde extérieure située en façade nord de la chaufferie à environ 4 m du sol. Cette dernière est à l'abri du soleil sauf à partir d'avril où un soleil du matin pourrait éventuellement venir en perturber le fonctionnement.
- 5 sondes intérieures (galerie d'exposition, auditorium, accueil, salle 21 (sérigraphie), salle 24 (expo 1er étage), bibliothèque) afin d'assurer une correction sur température ambiante qui prenne en compte les apports solaires.

Les circuits sont régulés selon quatre niveaux de consigne (hors gel, réduit, confort et relance).

Les circuits sont régulés selon quatre niveaux de consigne (hors gel, réduit, confort et relance).

On a la possibilité d'avoir plusieurs sondes intérieures pour un même départ et de piloter cela selon quatre modes de consigne :

1. moyenne des températures des sondes
2. travail sur la sonde la plus basse (en absence de soleil)
3. travail sur la sonde la plus haute (en présence de soleil)
4. panachage de 1, 2 et 3 en fonction de la température extérieure.

En cas d'absence de demande de chauffage, lors de la fermeture complète d'une vanne trois voies, le circulateur correspondant est coupé. De plus, à la coupure de tous les circulateurs, l'armoire électrique de chaufferie est à son tour coupée de manière à supprimer toute consommation électrique.

On ne note pas de régulation sur contact de feuillure.

EXEMPLE 27

Régulation terminale

- Donner le pourcentage de présence de robinets thermostatiques sur les radiateurs.
- Préciser la présence de thermostats d'ambiance, relances temporisées... (cas de locaux chauffés par aérothermes par exemple).

■ Régulation terminale

Des vannes thermostatiques sont en service sur 15% des radiateurs seulement (voir aussi tableau ci dessus). On les trouve uniquement sur le bâtiment administratif ; elles sont toutes déjà assez anciennes.

La Gestion Technique Centralisée (GTC)

- Préciser qui prend en charge le paramétrage et le pilotage de la GTC (exploitant, personnel rattaché au site...).
- Vérifier que les températures de consigne en confort / en réduit et les programmations horaires liées sont en bonne adéquation avec les usages (bureaux, salle de sport, école, logement...)
- Rappeler les températures réglementaires.



LA BONNE IDÉE !

EXEMPLE 28

■ La Gestion Technique Centralisée (GTC)

La GTC est pilotée par les services techniques de la mairie qui sont totalement maîtres du programme et autonomes par rapport au fournisseur originel. Elle a été développée en interne de manière très poussée et on note dans la pertinence et la finesse de celle-ci tout le poids du retour d'expérience de ses nombreuses années de fonctionnement.

Elle est gérée en régie depuis les services techniques de la mairie. Elle remonte les informations suivantes :

- alarmes,
- consignes et programmes,
- calage de paramètres (programmation, horaires, courbes ...).

Elle se compose de 82 points pour l'école : 32 alarmes, 32 commandes et 18 mesures.

Consignes, lois et courbes de régulation :

Circuit 3 radiateurs "Administration" - Courbe de chauffage

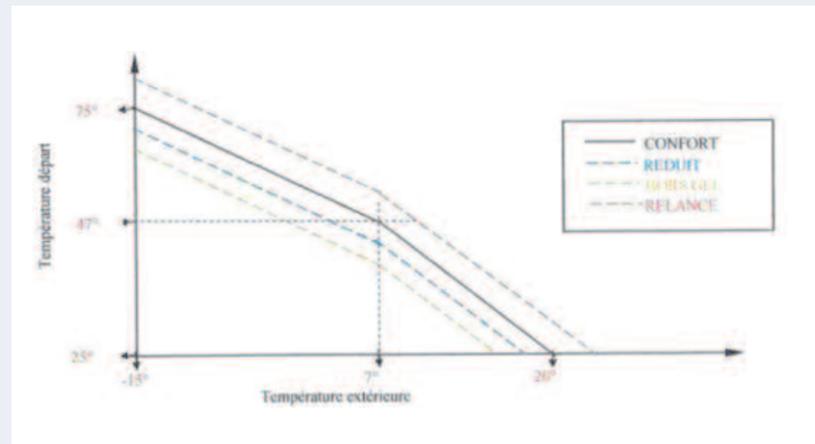


Figure 17 : Circuit 3 radiateurs "Administration" - Courbe de chauffage

Consignes

- Décalage de courbe (à partir de la courbe confort) :

Hors gel	Réduit	Relance
- 20°C	- 10°C	+ 20°C

- Température ambiante :

Hors gel	Réduit	Relance	Confort
10°C	17°C	22°C	22°C

Les températures de consigne en confort, sont de :

- 18°C pour l'auditorium,
- 19,5°C pour les ateliers et salles de classe,
- 21°C pour la bibliothèque et la galerie d'exposition,
- 22°C pour le bâtiment administratif.



POINT DE VIGILANCE

Ces consignes, notamment les deux dernières sont très hautes, ce qui révèle le besoin d'une température ambiante élevée pour assurer le confort. On rappellera ici qu'en première approximation, chaque degré de consigne en moins peut diminuer de 7% les consommations de chauffage.



POINT RÉGLEMENTATION

RAPPEL : La température réglementaire de confort est fixée à 19°C par l'article R131-20 du code de la construction et de l'habitation.

Les températures de consignes en confort pour la bibliothèque, la galerie d'exposition et le bâtiment administratif devraient donc être revues à la baisse.

La programmation horaire

- Donner un exemple de planning de chauffe pour les locaux « type » du site objet de l'étude (exemple dans un collège/lycée : salles de classes, bureaux, réfectoire, dortoirs internat...).
- Existe-t-il un régime réduit, voire de hors-gel le cas échéant pour les périodes d'inoccupation ou d'inactivité?

EXEMPLE 29

■ La programmation horaire

	Circuit	Lundi		Mardi à Jeudi		Vendredi	
Ateliers	R1	7h00	19h45	7h00	19h45	7h00	19h45
Salle de réunion	R2	7h00	19h30	7h00	17h45	7h00	15h00
Bureaux administratifs	R3	7h00	19h30	7h00	19h30	7h00	18h00
Hall d'entrée	R4	7h00	20h00	7h00	20h00	7h00	20h00

Tableau 17 : Exemple de planning de chauffe

En sus de la programmation hebdomadaire type, un certain nombre d'événements exceptionnels comme des colloques peuvent être ajoutés ou retranchés par dérogation au programme. Cet affinage est réalisé tous les vendredis matin pour la semaine suivante. Une fois l'évènement exceptionnel passé, le programme se remet automatiquement au standard, de lui même sans intervention manuelle d'un programmeur.

■ La gestion des vacances

En période de vacances des étudiants, seul le bâtiment administratif reste chauffé normalement, le reste du bâtiment étant maintenu en régime réduit.

Étalonnage des sondes

- Énumérer les différents types de sondes utilisées et préciser si elles font l'objet d'une correction automatique.

EXEMPLE 30

■ Étalonnage des sondes

Les sondes de température sont des Pt100 qui sont fiables mais dont la finesse de mesure peut se perdre dans le signal électrique si les câbles de raccordement sont trop longs. Une correction automatique de ce problème de bruit de mesure se traite par pont de Wheatstone.

Il est envisagé de travailler en sondes Pt 1000, beaucoup moins sensibles et largement suffisantes pour la précision requise.

■ Rendement général de chauffage

- Donner les rendements de production, de distribution, d'émission et de régulation réels et ceux fixés comme objectifs.
- Dresser les points forts et les points faibles du système de production, de distribution, d'émission et de régulation.
- Calculer le rendement général de chauffage en multipliant les rendements de production, de distribution, d'émission et de régulation.

EXEMPLE 31

	Points positifs	Point négatifs
Production	Bons rendements des brûleurs 1 brûleur modulant Entretiens réguliers des installations de chaufferie Suivi des performances	Chaudières âgées Technologie traditionnelle (pas de condensation) Perte de 10% entre PCI et PCS
	Rendement estimé (de 0 à 1): 0,81	Objectif : 0,91 à 0,93
Distribution	Panoplie propre Réseaux circulant en partie en pièces chauffées	Pompes à vitesse fixe Calorifuges absents ou trop faibles en réseau Pas d'équilibrage Longues boucles de distribution
	Rendement estimé (de 0 à 1): 0,88	Objectif : 0,95
Émission	Radiateurs à bonne inertie	Radiateurs sur murs non isolés Grilles de ventilation naturelle au dos des radiateurs
	Rendement estimé (de 0 à 1): 0,9	Objectif : 0,95
Régulation	Bonne gestion par la GTC Programmation cohérente Régulation sur Text avec correction sonde ambiance	Pilotage par sondes intérieures pas assez fin Pas de vanne thermostatique
	Rendement estimé (de 0 à 1): 0,95	Objectif : 0,95
	Rendement global de l'installation: 0,61	Objectif : 0,78 à 0,80

Tableau 18 : Rendement global du chauffage

■ Autres chauffages

- Décrire les équipements éventuels de chauffage d'appoint, indépendants de la production centralisée en chaufferie : radiants gaz, convecteurs électriques, chaudières individuelles gaz...

EXEMPLE 32

■ Autres chauffages

Du fait de l'insuffisance du chauffage central, notamment dans le bâtiment administratif, il est fait recours à des radiateurs électriques mobiles à bain d'huile. Bien entendu cet usage, bien que répondant aux problématiques de confort, est énergétiquement à proscrire.

Radiateur électrique à bain d'huile



Figure 18 : Radiateur électrique à bain d'huile

4.2.2.2) Climatisation / Rafraîchissement

Quand une climatisation existe, il faut l'étudier au même titre que le chauffage.

■ Production

Indiquer les principes généraux de la production

- Production centralisée d'eau glacée par groupes frigorifiques à condensation par air, condensation par eau, refroidissement de l'eau assuré par des tours aéro-réfrigérantes sèches (dry coolers), des tours humides, sur nappe...
- Système à détente directe de type monobloc, split, multisplit, multisplit à débit de réfrigérant variable

Préciser le type de machine frigorifique employée

- Installation à compression de fluide frigorigène
 - Type de compresseur : vis, scroll, à piston
 - Type de variation de charge : vitesse variable, marche/arrêt de compresseur ou de pistons, variation de volume
 - Nombre de circuits de fluide frigorigène
 - Type de fluide frigorigène (R22, R407c, R404, R134a, R717, R744), nature du fluide organique, inorganique, CFC, HCFC, HFC, indiquer le GWP et ODP du fluide
- Installation à absorption
 - Type de machine : simple effet, double effet, ...
 - Type de mélange utilisé : ammoniac / eau, eau / bromure de lithium, ...
 - Énergie utilisée pour la régénération : eau chaude, gaz, ...

Indiquer la présence ou non d'une valorisation thermique des rejets de chaleur : préchauffage d'ECS, ...

Préciser pour chaque machine frigorifique installée :

- la marque, le modèle, la puissance frigorifique aux conditions nominales (W), l'année de construction et/ou de mise en service,
- le nombre de circuits, le type de compresseur.

Préciser la nature de l'équipement de découplage hydraulique entre primaire (production) et secondaire (distribution) : bouteille de mélange, canalisation de bypass, ...

Joindre des photos de l'installation, un plan de repérage des machines,

Donner le schéma de principe de la production, si nécessaire,

Indiquer la date des dernières recharges en fluide frigorigène et leur volume.



POINT RÉGLEMENTATION

La réglementation concernant les Fluides Frigorigènes est en place.

L'article R 543-75 à R 543-123 du code de l'Environnement (qui abroge le décret n°2007-737 du 7 mai 2007) réglemente les conditions de mise sur le marché, d'utilisation, de récupération et de destruction des substances suivantes : CFC, HCFC et HFC.

L'objectif de ce décret est double :

- répondre aux obligations dictées par le règlement n°842/2006 du Parlement Européen et du Conseil du 17 mai 2006.
- limiter les émissions de ces gaz par une politique de confinement en responsabilisant tous les acteurs concernés.

EXEMPLE 33

Climatisation / Rafraîchissement

Les installations de climatisation de l'Hôtel de X sont intégrées à un grand réseau de production/distribution thermique primaire, impliquant les bâtiments suivants :

- l'Hôtel X,
- le Casino,
- le Café X,
- le Sporting d'Hiver,
- les Terrasses,
- la Thalasso.
- l'Hermitage,

Chaque site est équipé d'un ou plusieurs groupes frigorifiques (pompe à chaleur) en fonctionnement mixte (chaud/froid) alimentant le réseau de distribution primaire de type 4 tubes (aucune portion en change-over selon nos informations, à l'exception de quelques distributions terminales - anciennes chambres de l'Hôtel X notamment).

Pour simplifier, on peut prendre pour hypothèse que le réseau s'équilibre et fonctionne selon le principe des «vases communicant», en fonction de la demande spécifique à chaque bâtiment : le surplus de calories ou de frigories issues d'une production donnée compense le défaut existant sur l'un ou l'autre des sites. Toutefois, en cas de surplus d'énergie globale, les calories ou frigories résiduelles sont évacuées au niveau de l'échangeur primaire eau douce/eau de mer situé en périphérie du réseau.

La représentation synoptique du réseau est la suivante :

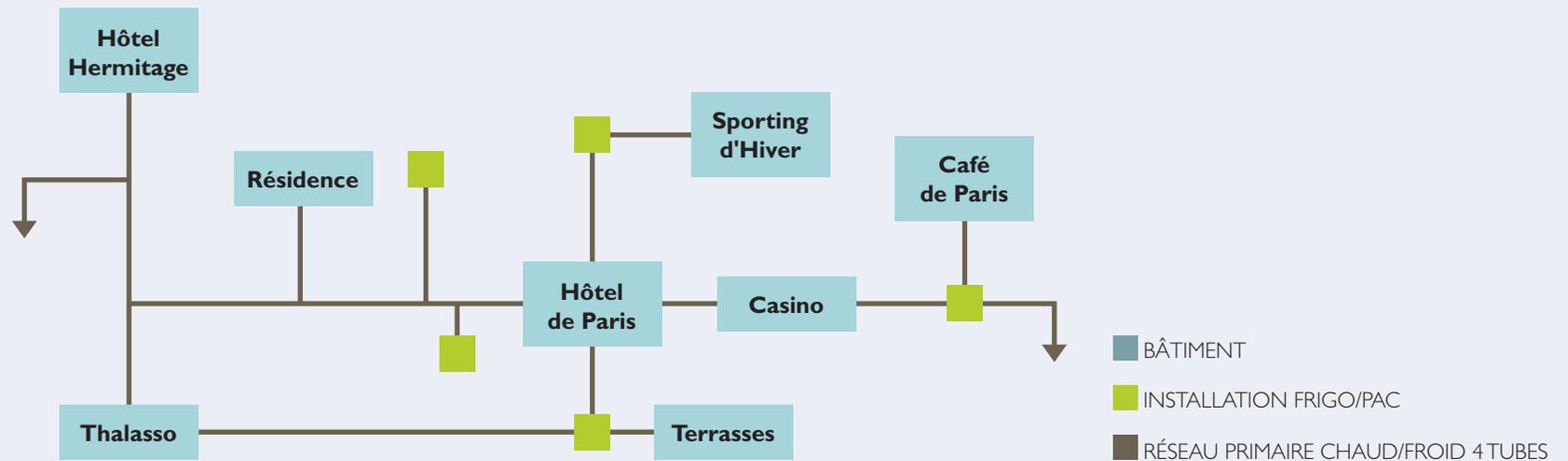


Figure 19 : Représentation synoptique du réseau de production thermique

■ Production : Les générateurs thermiques de l'Hôtel X

L'Hôtel X est équipé de deux groupes de production d'eau glacée identiques, situés dans la chaufferie au sous-sol, dont les caractéristiques techniques principales sont les suivantes :

Marque	CARRIER
Type	30 HCX 190
Année	2003
Fluide	HFC-134a
Type	2 compresseurs à vis semi-hermétiques, 2 circuits frigorifiques, 1 condenseur tubulaire, 1 évaporateur tubulaire
Puissance frigorifique nominale	638 kW
Puissance absorbée nominale	141 kW
Puissance absorbée max	287 kW

Le groupe référencé GF1 est prioritaire pour la production d'ECS du bâtiment. Le groupe référencé GF2 est spécifique à la distribution chauffage / rafraîchissement du bâtiment, mais sert aussi de secours sur l'ECS en cas de défaillance du GF1.

La chaufferie abrite en outre deux chaudières fioul de marque HOVAL en secours ECS en cas de défaillance des groupes frigorifiques.

Vue du groupe GF2



Figure 20 : Vue du groupe GF2

Vue des pompes réseau primaires



Figure 21 : Vue des pompes réseau primaires

Vue d'une des deux chaudières fioul



Figure 22 : Vue d'une des deux chaudières fioul

EXEMPLE 33

■ Sous-station

Entre les étages R+4 et R+5 (donc entre la partie originale du bâtiment et la réhausse) se situe une sous-station de distribution eau chaude/eau glacée intermédiaire, alimentant l'ensemble des installations secondaires des étages R+5 à R+8 (la distribution des niveaux inférieurs s'effectue directement depuis la chaufferie).

Le réseau eau chaude est équipé de deux échangeurs à plaque de marque VICARB (1984).

Le réseau eau glacée est quant à lui équipé d'un unique échangeur à plaques, dont les principales caractéristiques sont les suivantes :

Marque	CIAT
Type	PW35.11-211
Puissance	465 kW

Lors de notre visite, des travaux étaient en cours pour l'ajout d'un échangeur supplémentaire en parallèle (appoint de puissance).



Figure 23 : Vues des échangeurs des circuits eau chaude et eau glacée de la sous-station

Les pompes de distribution secondaire disposent de variateurs de fréquence.

Vue des pompes de distribution en sous-station



Figure 24 : Vue des pompes de distribution en sous-station

■ Distribution

Distribution primaire

- Indiquer les départs :
 - Zones desservies, les équipements desservis (vérifier l'homogénéité des zones et des équipements)
- Préciser pour chaque départ :
 - Le type de pompes : simple, double, débit, pression dans les conditions nominales
 - Le type de régulation :
 - Température constante et variation du débit : présence de variateur de vitesse sur les pompes et de vannes de décharge
 - Température variable et débit constant : vannes 3 voies
 - Température constante et débit constant
 - Les dispositifs d'équilibrage sur chaque réseau : pieds de colonnes, distribution par niveaux
 - Joindre éventuellement des photos de la nourrice générale et des différents départs
 - Indiquer la présence de fuites éventuelles

Réseaux et calorifuge

- Vérifier l'état du calorifuge,
- Joindre éventuellement des photos de calorifuges non satisfaisants.

EXEMPLE 34

Distribution

La quasi-totalité du bâtiment est chauffée/rafraîchie tout au long de l'année, couloirs compris.

■ Les Centrales de Traitement d'Air

L'hôtel X est équipé de 54 Centrales de Traitement d'Air assurant l'apport d'air neuf, le recyclage de l'air intérieur, ainsi que son traitement avant acheminement vers les terminaux de distribution (batteries chaude et froide, filtration).

La majorité des CTA est localisée sur les diverses toitures terrasses ou encore dans le vide sanitaire situé entre les niveaux 4 et 5 du bâtiment.

Les CTA du bâtiment sont plus ou moins vieillissantes (antérieures à 1985 pour les plus anciennes, 2006 pour les plus récentes), de puissances chaudes/froides et de débits variés (1500 à 22 000 m³/h environ).

D'une manière générale, les installations sont de deux grands types :

- CTA 100% air neuf,
- CTA air neuf/air repris.

Différentes conceptions d'installations sont employées selon les zones de l'hôtel considérées. Les principales sont répertoriées ci-après.

■ Les Chambres

Les différents ensembles de chambres (aile Alice, aile Beaux Arts, ailes Rotonde Est et Ouest, aile Casino) sont chacun équipés d'une CTA 100% air neuf spécifique, assurant un renouvellement d'air de 90 m³/h par chambre. Chacune de ces CTA est associée à un extracteur VMC classique de l'air vicié (90 m³/h par chambre), sans aucune récupération d'énergie à ce niveau. 15 dispositifs de ce type existent aujourd'hui.

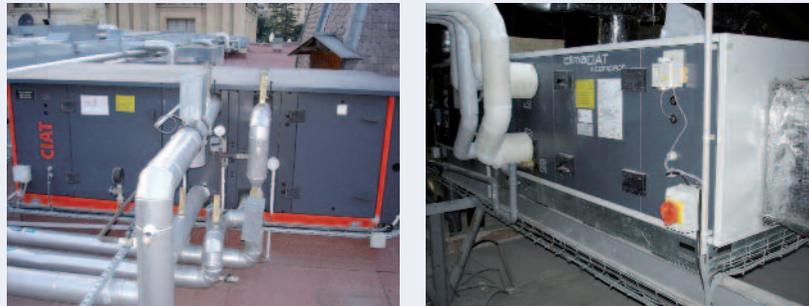


Figure 25 : Vue de la CTA n° 11 (chambres aile Casino) et Vue de la CTA n° 52 (chambres aile Alice)

■ Le bar américain

Le bar américain est muni d'une installation du même principe que celui vu pour les chambres (CTA 100% air neuf + extracteur associé situés au sous-sol).



Figure 26 : Vue de la CTA n° 1 (soufflage bar Américain) et de l'extracteur associé



POINT DE VIGILANCE

En outre, la CTA peut fonctionner selon deux allures (petite vitesse PV : 6000 m³/h – grande vitesse GV : 12 000 m³/h), le réglage étant manuel. Ainsi, en cas d'omission des occupants, l'installation est susceptible de fonctionner en GV de manière injustifiée et inutile (périodes d'inoccupation).

■ Les salons

L'Hôtel X comporte une dizaine de salons, au RdC et R+1 notamment, qui font office de salles de réunion ou de réception.

Comme les chambres, ils sont équipés d'une CTA air neuf/air repris spécifique, généralement de type multizone (plusieurs salons alimentés + extracteur dans les sanitaires associés), garantissant un apport d'air neuf de 20% minimum.

Deux installations dérogent pourtant à cette règle : les salons Ravel et Bosio, équipés chacun d'une centrale 100% air repris (aucun apport d'air neuf).



POINT DE VIGILANCE

La régulation de ces installations s'effectue sur sonde d'ambiance seule, et ce quel que soit le taux d'occupation de ces pièces, qui peut être fortement variable.



LA BONNE IDÉE !

■ **La salle Empire**

La salle de restaurant Empire est équipée d'une installation performante : 2 CTA en reprise jusqu'à 80% (donc 20% d'air neuf minimum), associées à un extracteur classique assurent le chauffage et le rafraîchissement de cette salle remarquable.

L'ensemble est régulé par des sondes de qualité d'air, des variateurs de fréquence agissant sur l'extraction et le soufflage, mais la priorité étant donnée au Free Cooling.

Ce dispositif est tout à fait adapté pour cette salle de très grand volume (hauteur sous plafond de près de 8 m), où le confort aéraulique revêt une importance toute particulière.



Figure 27 : Vues de la salle Empire et des dispositifs de soufflage/reprise d'air (côté zone vitrée)

■ **Les cuisines**

D'une manière générale, les cuisines sont équipées de CTA 100% air neuf spécifiques, à commande PV/GV manuelle, associées à de petites unités de reprise d'air.



Figure 28 : Vue des CTA n° 28 et 29 : soufflage cuisines Debussy – Ravel et cuisine gastronomique



POINT DE VIGILANCE

Aucune CTA de type double flux n'a été recensée. Des systèmes de récupération d'énergie sur l'air extrait sont aujourd'hui inexistantes. Des pistes d'optimisation et d'amélioration seront proposées à ce niveau dans la suite du rapport .

■ Émetteurs

Préciser le type d'émetteurs

- Ventilo-convecteur, unité de traitement d'air,
- Émetteurs statiques : planchers, plafond, ...
- Centrale de traitement d'air (modulation d'air neuf,...)

Préciser les dispositifs de régulation terminale

- Régulation hydraulique :
Vannes 2 voies, Vannes 3 voies montées en diviseuse, par action tout ou rien ou proportionnelle.
- Régulation aéraulique : marche permanente, marche, arrêt et sélection allure par utilisateur, marche, arrêt et sélection allure par l'appareil.
- Régulation terminale autonome (1 régulateur par appareil), plusieurs appareils liaisonnés, pilotage de l'installation par GTC.

Indiquer pour chaque type d'équipement

- La marque, le modèle, les caractéristiques selon les normes d'essais, ou documentation constructeur notamment : la puissance totale (sensible et latente), la proportion de puissance sensible, la puissance électrique consommée pour les différentes vitesses.
- Si possible indiquer les vitesses câblées des ventilo-convecteurs.

■ Synthèse émetteurs / départs

Indiquer pour chaque départ :

- Les zones desservies et les émetteurs présents.
- Indiquer la puissance froid disponible aux émetteurs (pour les petites vitesses) et le ratio en W/m^2 .

EXEMPLE 35

Émetteurs

■ Les chambres, les couloirs et autres locaux

D'une manière générale, chaque chambre dispose d'une unité terminale de soufflage d'air de type UTA (Unité de Traitement d'Air) ou d'un ventilo-convecteur classique, placé le plus souvent en faux-plafond sur le palier de la pièce, équipé de ses batteries chaude/froide terminales (chauffage : arrivée de l'air à 18°C environ – complément sur batterie terminale).

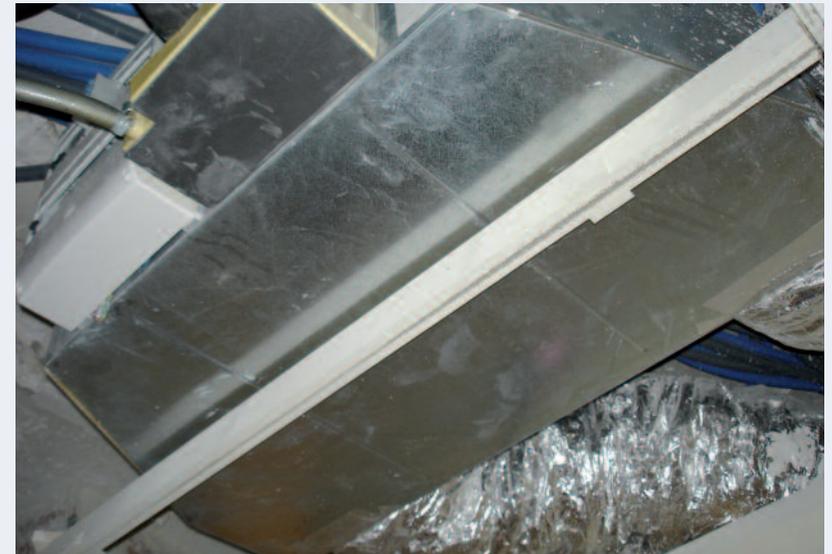


Figure 29 : Vue d'une UTA

EXEMPLE 35

Le soufflage par grille en position haute est gainé, la reprise souvent en vrac est réalisée par l'intermédiaire de grilles en position haute ou basse.



Figure 30 : Vues d'une grille de soufflage et d'une grille de reprise

Ces unités assurent le soufflage d'un mélange air neuf/air repris (débit d'air neuf 90 m³/h), le débit de soufflage global étant voisin de 600 m³/h.

Les usagers disposent d'un boîtier de commande permettant la sélection de 3 vitesses de soufflage d'une part (PV/MV/GV) et d'un décalage de la consigne de température +/- 3 à 5°C d'autre part (consignes = 22°C en hiver - 23°C en été). Le fonctionnement des installations est interrompu en cas d'ouverture des fenêtres (asservissement à un contact de feuillure).



LE CONSEIL DE L'EXPERT

« Lors de l'entretien et du ménage des chambres, les agents de service se doivent d'ajuster les paramètres suivants : vitesse de soufflage minimum et pas de décalage de consigne sur la température. »

La consigne Hiver est très haute, ce qui révèle le besoin d'une température ambiante élevée pour assurer le confort. On rappellera qu'en première approximation, chaque degré de consigne peut diminuer de 7% les consommations de chauffage correspondantes.



Figure 31 : Vues de deux exemples de boîtier de régulation

Les chambres disposent en outre d'une extraction deVMC classique 90 m³/h et d'un système de chauffage de type électrique au niveau des salles de bain (rayonnants classiques ou câbles au sol).



Figure 32 : Vues des équipements des salles de bain :VMC et rayonnant électrique

EXEMPLE 35

Ce type d'UTA et VMC équipent également les locaux plus spécifiques tels que les salles de restaurant, bureaux offices, vestiaires...
Au total, le bâtiment totalise près de 600 de ces équipements terminaux.

■ **Les salons**

Dans les salons, dans un souci d'esthétique, le soufflage est le plus souvent dissimulé au niveau des corniches ; la reprise d'air s'effectue par l'intermédiaire de grilles en position basse.

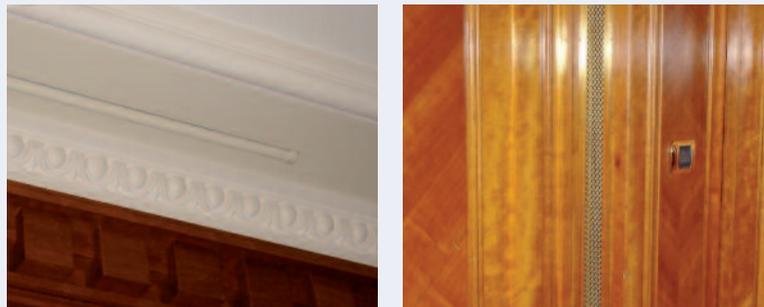


Figure 33 : Vues des dispositifs de soufflage/reprise d'air dans un salon

■ **Régulation /GTC**

- Préciser les fonctionnalités de la GTC : report d'information uniquement, report et pilotage partiel, report et pilotage total de l'installation.
- Indiquer les principaux menus de la GTC.
- Indiquer les caractéristiques techniques de la GTC : logiciel, protocole compatible.

EXEMPLE 36

■ **Régulation /GTC**

Le fonctionnement de l'ensemble des installations du réseau, primaires (groupes de production...) et secondaires (CTA...) est géré par une Gestion Technique Centralisée de marque Honeywell.

Le poste de supervision se situe dans un local spécifique à proximité du Casino.

La GTC comporte plus de 10 000 points de consigne/acquisition.

4.2.2.3) L'Eau Chaude Sanitaire (ECS)

- Préciser les modes de production ECS du bâtiment : sur chaudière(s) (instantané, semi-instantané, à accumulation), indépendant (préparateur gaz ou cumulus électrique...).
- Recenser tous les ballons d'ECS du bâtiment et leurs caractéristiques (capacité...).
- Joindre éventuellement des photos des ballons (en mauvais état).
- Vérifier la présence d'eau chaude à tous les lavabos.
- Préciser la présence ou non d'un bouclage et son efficacité : est-il calorifugé ? la pompe de bouclage est-elle opérationnelle ?
- Préciser la température de stockage de l'ECS.
- Préciser la présence ou non de traitements d'eau (adoucisseur, traitement chloré et/ou filmogène...).
- Préciser si la production est stoppée ou non pendant les vacances (hors activité) prolongées.

EXEMPLE 37

Sont recensés ci-dessous les ballons d'eau chaude sanitaire :

1. Labo photo : 500 litres électrique avec pompe de bouclage, montée à l'envers + réseaux pas isolés. Un départ mitigé pour utilisation locale (développement photos). Alimentation triphasée 3*1500 W
2. Logement concierge : un ballon 200 l / 2 personnes
3. Cuisine logement de fonction : 15 l désaffecté
4. Sanitaires tour ouest : 50 l récent
5. Toilettes administration (rdc) : 30 l
6. Logement de fonction : 150 l surdimensionné et quasiment inutilisé (eau jaune).
7. Cave logement du gardien : 50 l pour tirage local (1 évier) : inutilisé



Figure 34 : Les 6 ballons petites et moyennes capacités - le ballon 500 l et son bouclage

On n'a pas d'eau chaude dans les sanitaires de la bibliothèque ainsi que dans les sanitaires rdc et étage de la rue intérieure. Aucune plainte à ce sujet n'est enregistrée à l'exception du personnel de nettoyage qui souhaiterait avoir de l'eau chaude à chaque lavabo.

4.2.2.4) Renouvellement et Traitement de l'air

Présenter les principes généraux de renouvellement d'air

- Présenter les zones homogènes en termes de renouvellement d'air (locaux bénéficiant du même dispositif de traitement d'air).
 - Exemple : un logement, un plateau de bureau, ...
- Indiquer le principe permettant le renouvellement d'air : ventilation naturelle, ventilation mécanique.
 - Exemple pour un plateau de bureau : extraction d'air mécanique dans les sanitaires, possibilité d'ouvrir les fenêtres.

■ Vents dominants

- Repérer la direction des vents dominants :
 - Refroidissement des pièces qui y sont exposées, surtout en hiver.
 - Risques de re-circulation de l'air extrait.

■ Ventilation naturelle

- Relever tous les types de ventilation naturelle :
 - Exemple : grilles de façade, grilles d'extraction naturelle, ouverture manuelle des fenêtres...
- Fournir éventuellement des photos des installations en mauvais état.
- Indiquer le principe de fonctionnement du dispositif, est-il assisté mécaniquement ?
- Quel est le principe de gestion de la ventilation naturelle ?

■ Ventilation artificielle

Relever tous les types de ventilation artificielle :

- Exemple : VMC, extracteur mécanique, tourelle d'extraction, CTA (air neuf/air repris ou double flux), hotte...

Préciser le mode de gestion/fonctionnement de ces équipements :

- fonctionnement permanent, intermittent (relance manuelle...), asservissement à une horloge/GTC...

Préciser le type de renouvellement d'air :

- Simple flux – extraction du débit d'air hygiénique : extracteur mécanique simple
- Simple flux – soufflage d'air neuf, caisson de soufflage :
 - indiquer la présence d'une ou plusieurs batteries de préchauffage, ou pré-rafraîchissement,
- Double flux – renouvellement du débit d'air hygiénique : centrale double flux sans caisson de mélange,
 - Indiquer la présence de récupérateur de chaleur (type : échangeur à plaques, caloduc, batterie à eau, roue, ...),
- Double flux – renouvellement d'air et traitement des ambiances : centrale double flux avec caisson de mélange,
 - Indiquer la présence de récupérateur de chaleur (type : échangeur à plaque, caloduc, batterie à eau, roue, ...),
 - Indiquer les possibilités de modulation du taux d'air neuf : taux d'air neuf fixe, taux d'air neuf variable (par action manuelle, motorisation des volets...),
 - Indiquer les principes de régulation du taux d'air neuf (régulation par rapport à qualité d'air, humidité, ...).

Pour chaque équipement de ventilation mécanique (extracteur, CTA) :

- Indiquer la marque, le modèle, l'année, les caractéristiques-constructeurs :
 - débit nominal (ainsi que la pression disponible), puissance électrique absorbée, déterminer le rendement global.
 - type et rendement des échangeurs de chaleur.
- Indiquer la localisation des équipements :
 - extérieur (toiture, ...) intérieur (local au sous sol, ...).

Réseaux et grilles de soufflage et d'extraction

- Indiquer la localisation des réseaux et les principes généraux de distribution,
- Indiquer le type de gaine (conduit rigide, flexible), la présence et l'état de l'isolation thermique,
- Indiquer la présence d'organes d'équilibrage,
- Prendre en photos les gaines détériorées le cas échéant.
- Indiquer pour les grilles et diffuseurs employés :
 - Les types et les localisations :
 - Exemple : pour le soufflage : diffuseur rectangulaire en faux plafond installées dans les bureaux et salles de réunion, extraction dans les circulations par des grilles carré 600 x 600 et dans les sanitaires par des bouches de petit débit.
 - Exemple : bouche d'introduction d'air autoréglable / hygroréglable encastrée dans les menuiseries du salon et des chambres, bouche d'extraction autoréglable / hygroréglable dans les pièces d'eau, sanitaires et cuisine, possibilité d'extraction grand débit en cuisine.
 - État d'encrassement des grilles d'extraction et des entrées d'air.
 - Photo des bouches de soufflage, grilles de reprise...

■ Synthèse par zone homogène identifiée

- Indiquer les débits d'air par zone, le débit d'air par usager.
- Rappeler les principes de renouvellement d'air.

■ Mode de gestion

- Indiquer les modes de gestion des équipements mécaniques :
 - Arrêt ou réduit en période d'inoccupation, plages horaires, modalités de programmation (sur la GTC, sur la régulation de la centrale).
 - Relance sur temporisation;
- Indiquer les possibilités de mise en place de programmation
 - L'extraction des sanitaires est-elle indépendante du traitement des autres locaux ?
 - L'équipement de renouvellement assure-t-il le chauffage des locaux ou une autre fonction (traitement d'air) ?
- Le contrat d'entretien couvre-t-il les organes de renouvellement d'air ?



POINT RÉGLEMENTATION

Les dispositions réglementaires relatives à l'aération des logements (débits extraits...) sont définies dans le cadre de l'arrêté du 24 mars 1982 et celui du 28 octobre 1983.

Les dispositions réglementaires relatives à la ventilation des bâtiments tertiaires (débit air neuf...) sont définies dans le cadre du règlement sanitaire départemental type (titre III : Dispositions applicables aux bâtiments, autres que ceux à usage d'habitation et assimilés).

EXEMPLE 38

■ **Vent dominants**

Le vent dominant reste faible mais contribue en hiver, de part sa provenance, à rendre difficile le chauffage des bureaux ouest du bâtiment administratif, les plus exposés et parallèlement les moins bien chauffés.

■ **Ventilation naturelle**

Le bâtiment à quelques rares exceptions près n'est pas ventilé artificiellement. Il est ventilé naturellement par le biais :

- De nombreuses grilles de façade généralement situées derrière les radiateurs.
- De systèmes de gaines et grilles d'extraction naturelle dans les sanitaires.
- De l'ouverture manuelle des nombreuses fenêtres.

Les grilles extérieures présentent un inconvénient majeur en hiver : les courants d'air sont non maîtrisables dans leur occurrence et leur importance : ils demandent un surplus de chauffage aléatoire (surtout les jours de vents).

■ **Ventilation artificielle**

Deux types de ventilation mécanique sont présents dans les locaux :

- les caissons d'extraction,
- les Centrales de Traitement d'Air (CTA).

Le caisson d'extraction assure la ventilation dans les bureaux et les sanitaires du bâtiment.



Figure 35 : Vue des caissons d'extraction et de la Centrale de Traitement d'Air

La consommation électrique estimée est de 15 270 kWh/an.

Enfin, quelques pièces asservies à des activités génératrices de poussières et/ou composés organiques volatils sont pourvues d'une ventilation spécifique :

- Ateliers bois et fer : VMC à commande manuelle en fonction de la présence, à double débit 700 et 1300 m³/h, puissances électriques 35/85W.
- Sérigraphie : extracteur gros débit asservi à l'éclairage ; salle non compensée en amenée d'air.
- Cabine de peinture : ventilation intégrée au process et asservie à celui-ci mais pouvant extraire des débits importants.
- Labo photo : présence d'une hotte sous sorbonne.

Au niveau du local d'archives, une ventilation à commande manuelle permet de renouveler l'air. Très peu utilisée, elle présente l'inconvénient de brasser de la poussière.

4.2.2.5) L'éclairage

Lister les points forts et points faibles du bâtiment concernant l'éclairage et sa gestion.

■ Éclairage naturel

Étudier la répartition des accès à la lumière du jour de chaque pièce. Pour mémoire on rappelle qu'un facteur de lumière du jour moyen de 2,5% est performant.

Repérer les éléments bloquant la diffusion de la lumière

- Exemple : poutres aux plafonds, peintures vieillissantes...

Joindre éventuellement l'image de la simulation d'hétérogénéité de l'apport de lumière naturelle pour chaque pièce à problèmes étudiée.

EXEMPLE 39

Comme il est dit en introduction, l'éclairage de ce bâtiment est à la fois son point fort :

- architecture offrant de grands volumes largement vitrés,
- lumière zénithale disponible via les dômes installés sur certaines terrasses,
- verrières donnant sur les patios intérieurs arborés,

et son point faible :

- certaines zones, qui se trouvent être les lieux de création sont très insuffisamment pourvues d'éclairage naturel et artificiel,
- les luminaires sont hors d'âge et très largement déficients,
- les commandes d'éclairage ne permettent pas une gestion rationnelle de l'intermittence, d'où un énorme gaspillage constaté par les utilisateurs.

■ Éclairage naturel

L'éclairage naturel est un point fort du bâtiment, il sera bien entendu à préserver dans les lieux où il est largement disponible.

S'il est abondant, il n'est pas disponible partout, et de manière uniforme. Une étude particulière menée sur l'atelier n°2 montre la mauvaise répartition de l'éclairage naturel dans cette pièce qui souffre d'une grande hétérogénéité (Facteur de Lumière de Jour FLJ moyen excellent mais très inégalement réparti). Pour mémoire, on rappelle qu'un FLJ moyen de 2,5% est performant.

En plus de la mauvaise répartition des accès à la lumière du jour, on note également que les nombreuses poutres présentes en sous face de plafonds dans ses ateliers bloquent la diffusion horizontale de cette lumière.

De plus certaines peintures intérieures vieillissantes sont ternes et absorbent la lumière au lieu de la diffuser.

Enfin, les cloisonnements internes des boxes de travail (cloisons mobiles pour travail et affichage des œuvres), sont autant de labyrinthes que la lumière ne peut suivre pour se répartir de façon homogène.

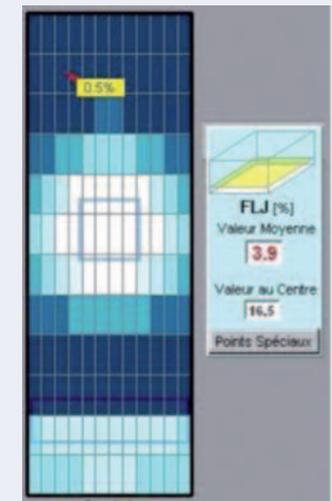


Figure 36 : Hétérogénéité de l'apport en lumière naturelle / Atelier 2

■ Éclairage artificiel (intérieur)

- Repérer et classer les luminaires rencontrés dans le bâtiment en fonction de leur ancienneté :
 - Exemple : lampes à incandescence, tubes fluorescents, halogènes, fluorescentes...
- Donner les puissances de chaque type de lampe.
- Préciser le type de ballast maintenant les tubes fluorescents :
 - Exemple : électronique, ferromagnétique...
- Donner une image de la simulation d'éclairage artificiel réel et théorique
- Repérer l'éclairage défaillant ou inadapté des points de vue de la qualité énergétique, du confort visuel et de la sécurité.
- Préciser les éléments de l'éclairage qui ne donnent pas un bon rendu de couleurs.
- Préciser si l'éclairage artificiel est suffisant (en Lux).
- Quantifier les rendements énergétiques : sont-ils plutôt bons ou mauvais ?
- Lister les éclairages qui devront être remplacés par des systèmes à haut rendement énergétique :
 - Exemple : lampes à incandescence, lampes halogènes les plus puissantes et les plus utilisées.
- À l'inverse, lister les émetteurs d'éclairage « performants » d'ores et déjà mis en place : ampoules fluocompactes, tubes fluorescents à ballasts électroniques T5.
- Vérifier l'état des rampes de tubes fluorescents.



POINT RÉGLEMENTATION

Les États de l'Union Européenne ont approuvé le 8 décembre 2008 l'interdiction progressive des ampoules à incandescence depuis juin 2009, avec un abandon total en 2012, selon le calendrier suivant (politique française plus volontariste que celles des autres états) :

- Les ampoules à incandescence de 100 W ont disparu des magasins dès le 1^{er} juin 2009,
- un an plus tard, c'était le tour des 75 W, et en 2011 ce sera celui des 60 W,
- en 2012, même les 25 et 40 W devraient être introuvables.
- Certaines ampoules halogènes, les moins performantes, cesseront d'être vendues courant 2016.

EXEMPLE 40

■ **Éclairage artificiel (intérieur)**

On recense de très nombreux types de lampes dans le bâtiment :

- Lampes à incandescence, de la simple ampoule au hublot en passant par les globes plus ou moins dépolis :



- Tubes fluorescents, dans un très large éventail de type et d'âge, on peut identifier trois générations :



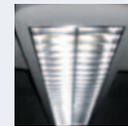
Les plus anciens : tubes fluorescents d'époque, ballast hors d'âge, absence de réflecteur et de grille de diffusion, verrerie ôtée pour plus de lumière.



Verrerie peu transmissive, rendements énergétiques faibles

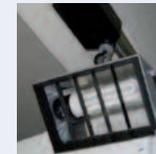


La génération intermédiaire : tubes fluorescents de qualité et d'âge moyens, présence de réflecteurs et de grilles de première génération ; grande disparité des lampes : 1 x 58W ; 2 x 58W ; 3 x 36W...



Luminaires récents: réflecteurs et diffuseurs optimisés, faible luminance et grand rendement énergétique.

- Les lampes fluo-compactes :



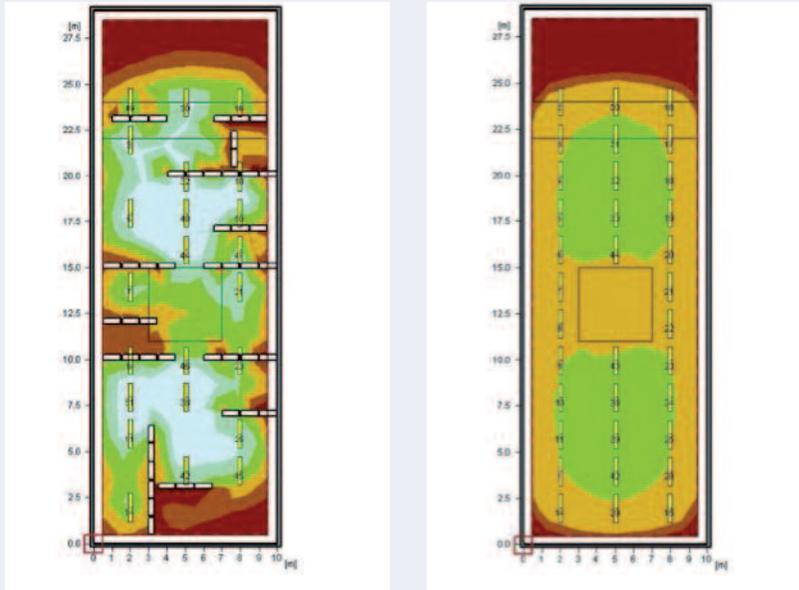
- Les lampes halogènes et autres spots :



EXEMPLE 40

Pour l'éclairage artificiel, le nombre et la répartition des luminaires ont été étudiés en détails sur l'atelier n°2. Les deux cartographies ci après représentent l'éclairage de l'atelier tel qu'il est avec sa grande hétérogénéité, et tel qu'il devrait être avec un éclairage suffisamment puissant et uniformément réparti.

Éclairage artificiel réel et théorique de l'atelier d'art n°2



Avec le modèle de gauche (l'existant), on atteint péniblement les 300 lux dans les parties les plus éclairées.

À droite, l'éclairage orange et vert se situe entre 300 et 750 lux.

Figure 37 : Éclairage artificiel réel et théorique de l'atelier d'art n°2

Vue l'étendue de l'inventaire ci-dessus, on retiendra les points suivants :

- Une partie de l'éclairage est défaillant à tous points de vue : qualité énergétique, confort visuel, sécurité...
- L'éclairage des ateliers de création est incompatible avec la nécessité de rendu des couleurs.
- L'éclairage artificiel est insuffisant en quantité (en lux).
- Les rendements énergétiques des luminaires sont très faibles de par leur âge.
- Les ampoules à incandescence sont encore présentes : elles éclairent peu par rapport à ce qu'elles consomment et doivent être remplacées par des ampoules à haut rendement énergétique.
- Les lampes halogènes les plus puissantes et les plus utilisées doivent également être remplacées par des lampes à haut rendement énergétique.
- Les rampes de tubes fluorescents ne sont plus entretenues de par leur âge, ce qui contribue à la médiocrité d'éclairage de certains ateliers.
- La grande disparité des luminaires ne facilite ni la maintenance ni une politique générale d'achats.

■ La gestion de l'éclairage

La gestion de l'éclairage est primordiale aussi bien dans l'espace (selon le besoin du lieu) que dans le temps (en fonctions des personnes présentes dans la pièce, de la lumière naturelle disponible).

Repérer le type de commande

- Exemple : interrupteurs simples, boutons poussoirs simples/sur minuterie (avec télérupteur), détection de présence...

Repérer la présence, de programmation sur horloge ou GTC, d'interrupteurs crépusculaires à seuil, de gradation automatique d'éclairement, d'interrupteurs horaires, ...

Vérifier qu'il existe un zonage des lumières, c'est-à-dire qu'il existe des commandes séparées pour les lumières proches des façades et celles au centre du bâtiment.

EXEMPLE 41

Exemple :

■ Les commandes et la gestion de l'éclairage

Alors que la gestion de l'éclairage est primordiale,

- dans l'espace : selon le besoin du lieu
- dans le temps : en fonction de la présence de personnes, de la lumière naturelle disponible.

... l'éclairage artificiel de l'établissement est généralement piloté manuellement par interrupteurs fonctionnant en tout ou rien et par rampes. L'absence quasi-totale de détection de présence, minuteries, programmations sur horloge, interrupteurs crépusculaires à seuils, gradation automatique d'éclairement, contribue au gaspillage d'énergie tel que souligné au chapitre « discussion avec les utilisateurs ».

Malgré les campagnes de communication en interne auprès des étudiants, les lumières restent allumées continuellement dans des pièces vides.

■ Éclairage extérieur

Donner le type d'éclairage extérieur existant autour du bâtiment et leur puissance.

Calculer la puissance totale de l'éclairage extérieur.

Repérer le mode de gestion (automatique ou manuel)

- Exemple : interrupteur crépusculaire, programmation dans le temps, détecteurs de mouvements...

EXEMPLE 42

■ Éclairage extérieur

L'éclairage extérieur se compose de :

- 4 tubes fluorescents en sous face des bancs de la cour,
- 13 lampes en appliques murales dans les cours intérieures. Les ampoules sont à incandescence 60 W pour 10 d'entre elles et fluocompactes 2*9 W pour les 3 autres,
- 13 lampadaires équipés de lampes à décharge de 125 W chacune.

La puissance totale est donc de 2300 W, à laquelle on peut rajouter épisodiquement la consommation des 2 projecteurs de 1000 W qui éclairent le terre-plein extérieur.

Cet éclairage extérieur n'est ni piloté automatiquement par interrupteur crépusculaire, ni programmé dans le temps pour une coupure après 20h, mais actionné entièrement manuellement par le gardien.

On notera enfin qu'il serait bon d'étudier le remplacement ou la mise en arrêt ponctuelle des lampes à décharges, grosses consommatrices d'énergie.

■ Éclairage de sécurité

Citer les différents types d'éclairage ainsi que leurs puissances.

EXEMPLE 43

■ Éclairage de sécurité

L'éclairage de sécurité se compose de 65 BAES de marque Luminox et de puissance unitaire 7W, soit une puissance permanente engendrée de 455W et une consommation annuelle de 4000 kWh (2,8% de la consommation électrique totale).

Les lampes arrivant en fin de vie, il serait intéressant de les remplacer par un nouveau modèle qui ne consommerait que 0,7 W, divisant alors par dix la consommation permanente.

Figurent en annexe F des fiches d'information pour l'achat de BAES à haute performance énergétique.

Conclusion sur l'éclairage

Préciser si les éléments suivants sont satisfaisants ou non :

- nombre d'émetteurs,
- type d'éclairage,
- puissance de l'éclairage,
- rendement énergétique des éclairages,
- indice des Rendus des Couleurs (IRC) des éclairages,
- commande des éclairages.

Conclusion sur l'éclairage

L'éclairage naturel reste à privilégier.

Le type et la quantité des luminaires et de leur commande doit faire l'objet d'une étude spécifique pour chaque local avec la préoccupation générale du juste besoin au juste moment, avec un rendement maximal lumen/Watt. L'éclairage est à revoir intégralement en nombre, type, puissance, rendement énergétique, Indice de Rendu des Couleurs (IRC) et commande.

EXEMPLE 44

La répartition des luminaires par pièce est la suivante :

	Incandescence		Décharge		Fluorescence	
	Incandescence classique	Halogène	Sodium haute pression	Vapeur de mercure	Tube Fluorescent	Lampe fluocompacte
Amphithéâtre	-	5	12	-	-	1
Salles cours	-	10	-	-	23	7
Ateliers	5	-	9	-	12	-
Couloirs	-	-	4	8	-	-
Locaux techniques	11	-	3	-	-	-
Hall d'entrée	-	-	4	-	-	-
Extérieur	10	2	-	-	3	-
Sécurité	65	-	-	-	-	-
Puissance	1 915	3 500	1 394	1 175	1 098	72

Puissance totale : 9 151 W

Tableau 19 : Répartition des différents types de luminaires

4.2.2.6) Les installations électriques

- Donner les caractéristiques du contrat souscrit pour les installations électriques (type, option tarifaire, puissances souscrites...).
- Vérifier qu'il y ait suffisamment de prises électriques et que l'utilisation de rallonges n'est pas nécessaire. En effet, bien souvent, lorsque des rallonges sont utilisées, l'installation est à la limite de la disjonction.
- Vérifier la présence d'interrupteurs permettant de couper tous les appareils électriques.
- Vérifier la présence de sous-compteur(s) électrique(s).



POINT RÉGLEMENTATION

Par l'arrêté du 26 février 2003, mis en application du décret du 2 février 1987 modifié, un plan national impose la décontamination et l'élimination des transformateurs contenant des PCB (PolyChloroBiphényles) et des PCT (PolyChloroTerphényles) ou Pyralène avant fin juin 2008 si la date de fabrication de l'installation se situe entre 1974 et 1980 et avant fin juin 2010 dans tous les cas.

EXEMPLE 45

L'installation électrique est raccordée au réseau par souscription d'un tarif jaune 72 kVA depuis 2002 (anciennement tarif vert / transformateur au pyralène évacué).

Les installations électriques ont été entièrement refaites depuis le poste jusqu'aux tableaux de distribution inclus lignes et tableaux. Malheureusement, ils ont été refaits à l'identique sans mise à jour des nouveaux besoins (ordinateurs, portables, vidéo projection...).



POINT DE VIGILANCE

Ainsi l'insuffisance notable de prises électriques donne lieu à l'apparition de nombreuses rallonges en cascade. En termes de puissance, les lignes sont souvent à la limite de disjonction.



On trouve en salle vidéo un interrupteur général clairement signalé qui coupe tous les appareils électriques.

On ne relève pas de sous-compteur électrique.

4.2.2.7) L'informatique

- Compter le nombre de postes présents dans le bâtiment
- Donner la puissance électrique correspondante.
- Vérifier la programmation de veilles automatiques.

EXEMPLE 46

Il existe :

- une trentaine de postes informatiques dans la salle informatique,
- six postes administratifs,
- sept postes en bibliothèque, soit au total plus d'une quarantaine de postes.

On peut estimer la puissance électrique correspondante entre 12 000 et 16 000 W. Afin d'éviter tout gaspillage, on peut programmer, sans délai et sans coût, une veille automatique non dérogeable et à seuils (veille, veille prolongée avec arrêt du moniteur, arrêt du disque dur) et opter, lors des renouvellements, pour du matériel labellisé Energy Star. La gestion du parc informatique peut s'inspirer des préconisations du « Guide d'achat et de gestion des équipements et des infrastructures pour des serveurs sobres en énergie » (www.efficient-servers.eu).

4.2.2.8) Machines process

Donner la puissance et les horaires d'utilisation de ces machines :

- Exemple : lecteurs-trieurs, imprimantes, compresseurs d'air, déchiqueteuses de documents, équipement de création et de traitement de microfilms...

EXEMPLE 47

L'établissement compte au total une dizaine de machine process spécifiques, qui fonctionnent de 8h à 19h. La puissance électrique correspondante est d'environ XX kW.

4.2.2.9) Eau potable sanitaire

- Vérifier le compteur d'eau général pour détecter les fuites. Ces fuites correspondent à la consommation du week-end ramenée à un résultat annuel,
- Repérer les appareils sanitaires, économes ou non : robinets mélangeurs ou mitigeurs, simples « Presto », présence de mousseurs, chasses d'eau classiques ou double capacité...
- Joindre éventuellement des photos des appareils sanitaires âgés,
- Vérifier que l'eau chaude arrive rapidement au robinet,
- Noter la présence ou non d'arrosage extérieur.

EXEMPLE 49

Lors de la vérification au compteur d'eau général, aucune fuite d'eau n'a été enregistrée.

S'il n'y a pas de fuite en revanche l'ensemble des appareils sanitaires sont âgés et non économes en eau :

- Chasse d'eau 10 litres ou à tirette automatique.
- Réservoirs des cuvettes WC inadaptés à des chasses 3/6 litres.
- Aucun mitigeur.
- Aucun mousseur.

De plus sur certains lavabos, l'eau chaude est très longue à venir, source d'un grand gaspillage d'eau (grande longueur de réseau).

On notera enfin qu'il n'existe pas d'arrosage extérieur.

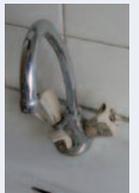


Figure 38 : Exemple d'une robinetterie âgée, généralisée sur le bâtiment

4.2.3) Analyse de l'utilisation du bâtiment

Retour des avis des utilisateurs,

Une partie substantielle de l'audit énergétique repose sur les témoignages des utilisateurs du bâtiment qui sont confrontés toute l'année aux qualités et défauts du site.

Ces interviews doivent être menées en prenant soin d'aborder systématiquement un certain nombre de points majeurs :

■ Confort d'été :

La température intérieure du bâtiment est-elle agréable ?

La ventilation est-elle suffisante ?

La disposition des fenêtres est-elle bien choisie ?

■ Confort d'hiver :

Le bâtiment est-il correctement chauffé (défaut de chauffage ou à l'inverse surchauffe) ?

Les différentes zones du site sont-elles chauffées de manière homogène ?

Les fenêtres sont-elles fréquemment ouvertes en hiver ?

Remarque-t-on un effet de paroi froide ?

■ Satisfaction par rapport à l'éclairage :

Y a-t-il assez de lumière naturelle ?

Les lumières artificielles sont-elles satisfaisantes ?

Y a-t-il des dispositifs de gestion automatiques de la lumière artificielle ?

■ Satisfaction par rapport à la ventilation :

Y a-t-il des courants d'air dans le bâtiment ?

Des problèmes d'odeurs ?

■ Maintenance :

Qui assure l'entretien et la maintenance des installations thermiques et/ou d'éclairage ?

Y a-t-il un contrat de maintenance ? Si oui, précisez ses modalités.

■ Audit des habitudes de consommation électrique :

Les appareils électriques sont-ils éteints tous les soirs ? Pendant les vacances ?

Mais il faut également laisser s'exprimer toute remarque, très souvent révélatrice de problèmes a priori non identifiables.

Noter le nom et la fonction des principales personnes ayant participé aux interviews.

Discussion avec les utilisateurs – ressentis

Afin de connaître le ressenti des utilisateurs du bâtiment, des entretiens ont été réalisés lors de la visite du site.

Les différentes personnes qui ont participé à ces échanges sont notamment :

- M. X, directeur d'établissement,
- M. Y, responsable technique du bâtiment,
- M. Z, concierge de l'établissement,
- Mme la Bibliothécaire,
- MM. A, B et C, des services techniques de la mairie.

De plus, un certain nombre de témoignages divers ont été récoltés au gré des rencontres auprès d'étudiants de 1^{ère}, 3^{ème} et 5^{ème} années, ainsi que de membres du corps enseignant et administratif.

L'ensemble de ces personnes sont ici remerciées de leur collaboration et de leur disponibilité.

■ Confort d'hiver

Depuis la réfection de la chaufferie, le confort d'hiver s'est très nettement amélioré. Le bâtiment est dans l'ensemble correctement chauffé à l'exception notable du grand auditorium systématiquement froid, des bureaux administratifs sur pilotis ($T_{max} = 15^{\circ}\text{C}$, murs toujours froids), et des ateliers de travail (notamment « peinture ») orientés au nord qui ont tendance à être légèrement sous chauffés.

Certaines « petites » pièces comme les salles de classe n°1, 4 et 7 ont tendance à être surchauffées ; les fenêtres sont alors ouvertes pour en redescendre la température. Dans l'ensemble, on n'a pas de remarque particulière quant à des effets de paroi froide sauf concernant la porte métallique de l'auditorium derrière l'estrade. Les températures au sein d'une même pièce sont ressenties d'une manière homogène, sauf en cas d'occultation d'un radiateur par une toile par exemple.

■ Confort d'été et en mi-saison

À l'exception de la bibliothèque qui accuse un gros niveau d'inconfort dès les beaux jours et toute la journée, l'ensemble du bâtiment est agréable en été et en mi-saison (sauf cas particulier de canicule). L'énorme potentiel de ventilation naturelle offert par les grands volumes et le nombre, la taille et la disposition des fenêtres et portes fenêtres semble être bien utilisé. Une culture partagée de la ventilation naturelle est bien ancrée dans les esprits de l'ensemble des utilisateurs.

■ Éclairage

Si le bâtiment est admirablement pensé architecturalement pour bénéficier de la lumière extérieure naturelle, il est paradoxal de constater que le problème majeur soulevé par les étudiants est celui de l'éclairage de leurs ateliers de création. De fait, ceux-ci sont soit surexposés à la lumière naturelle alors qu'ils ne devraient pas l'être (atelier photo, certaines salles d'exposition, sérigraphie) soit complètement obscures dans des lieux pourtant réservés à la création et donc à l'expression de couleurs vraies... Dans ce dernier cas, l'éclairage artificiel est justement le plus vétuste et inadapté. Le rendu des couleurs est médiocre.

La direction insiste sur les gaspillages énormes d'énergie électrique par l'éclairage par la non gestion de ce dernier (pièces vides allumées en permanence). Il est urgent de prendre les premières mesures pour stopper le gaspillage.

REMARQUE :

Des solutions simples sont énumérées en fin de rapport dans la partie 9 « préconisations » afin de limiter les gaspillages dus à l'éclairage.

■ Ventilation

Le bâtiment jouissant de grands volumes, l'air y est convenablement brassé. Aucun problème particulier de ventilation n'est soulevé, sauf en local sérigraphie, lieu de dégagement de produits chimiques. Ce problème perdure malgré la présence d'une ventilation asservie à l'éclairage. Les produits chimiques sont très probablement incrustés dans les sols et relarguent en permanence.

Il n'y a plus de courant d'air inconfortable dans la rue intérieure et la galerie d'exposition depuis l'installation de portes automatiques.

Les petites salles 1, 4 et 7 peuvent parfois en hiver avoir un problème de renouvellement d'air insuffisant à la suite d'un cours par exemple. Nous rappelons ici la culture généralisée de l'ouverture des fenêtres et des grandes portes.

■ Audit des habitudes de consommation électrique

Cet audit a été mené pour identifier les comportements des usagers et les procédures de consignations électriques des services techniques lors des périodes de vacances.

Il révèle notamment que :

- L'informatique n'est pas vérifiée le soir par le concierge et reste potentiellement allumée toute la nuit.
- Les ballons d'ECS fonctionnent toute l'année y compris pendant les périodes de vacances.

EXEMPLE 50

	Fonctionnement	Période scolaire octobre à juin inclus	dont période de chauffe novembre à avril inclus	Période occupation limitée 1 ^{ère} quinzaine de juillet + septembre
Postes de consommation électrique	Informatique postes fixes + portables	Le concierge ne passe pas le soir pour éteindre les écrans et les unités centrales. À l'administration, ce sont les personnels administratifs qui gèrent l'extinction de leur ordinateur. Ils sont normalement éteints tous les soirs.		NON
	Électroménager (frigo, distributeur de boisson, MAL, LV)	fonctionne.	Fonctionne	Fonctionne
	Éclairage	Le concierge éteint tout chaque soir.		NON
	Éclairage sécurité	Fonctionne.	Fonctionne	Fonctionne
	Machine process	Cela ne fonctionne que lorsque le personnel technique est là. Donc c'est éteint après chaque utilisation.		
	VMC	Toutes les VMC sont sur commandes. Elles ne sont pas asservies au process (labo photo, extracteur peinture, extracteur sérigraphie, extracteur menuiserie, extracteur ferronnerie).		NON
	Chaufferie (circulateurs)	En fonction de la demande de chauffage les circulateurs sont allumés ou éteints. Quand tous les circulateurs sont éteints, les chaudières sont arrêtées et la chaufferie n'est plus alimentée en électricité. Les radiateurs électriques sont plus ou moins éteints.		
	Chauffage électrique Complémentaire	Il y a du chauffage électrique en cours de peinture et pour le personnel de bureau. Les radiateurs électriques du cours de peinture sont éteints après utilisation. Les radiateurs électriques du personnel sont plus ou moins éteints.		
	conso spécifique (spot plateau, musique, vidéo-projecteur...)	Les appareils spécifiques sont éteints après utilisation. Pas de veille non plus.		NON
	Déshumidificateur	Il tourne en permanence. Il y a une consigne d'hygrométrie sur l'appareil. L'appareil déshumidifie jusqu'à atteindre la consigne puis s'arrête. L'appareil fonctionne toute l'année. Il y a aussi un thermohydrographe qui enregistre en permanence l'hygrométrie et la chaleur, et les mesures sont bonnes.		Fonctionne
	Production d'ECS	Elle fonctionne en permanence.	Fonctionne	Fonctionne

Tableau 20 : Habitudes de consommations électriques

Utilisation des mesures de températures, d'éclairage pour confirmer ou infirmer les avis des utilisateurs

Analyser les mesures effectuées sur le site pour confirmer ou infirmer les avis des utilisateurs.

EXEMPLE 51

■ Températures

Des enregistrements de températures ont été mis en place en plusieurs points du bâtiment. Ils sont reproduits page suivante (figure 39).

Durant les mesures, la température extérieure a évolué entre 18 et 6°C. Les températures intérieures minimales la nuit sont comprises entre 21 et 17°C. Durant le week-end, la température minimale en fin de nuit du dimanche au lundi (6°C extérieur) est selon les locaux, comprise entre 17 et 19°C.

En journée, certains locaux atteignent des températures élevées (plus de 25°C au RC1 niveau 4 très certainement à cause de l'ensoleillement et la plupart présentent des températures toujours au moins égales, en occupation, à 21°C). Ce n'est pas le cas des locaux GCC et SDR au niveau 3.

Enregistrements de température

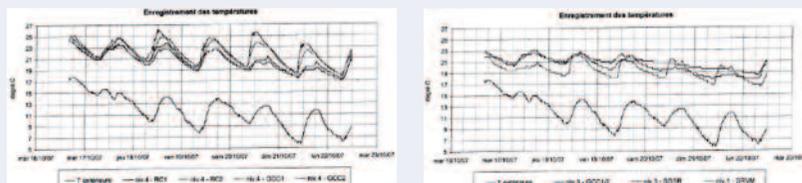


Figure 39 : Enregistrements de température

COMMENTAIRES :

- La baisse de température de nuit est due à des consignes de programmation.
- Les locaux GCC et SDR sont moins exposés au soleil et moins fréquentés, ce qui peut expliquer que leur température soit plus faible.



POINT RÉGLEMENTATION

La limitation de la température de chauffage

Les articles R.131-19 à R.131-24 du code de la construction et de l'habitation instaurent l'obligation de limiter la température de chauffage. Ainsi, l'article R.131-20 spécifie notamment que :

" Dans les locaux à usage d'habitation, d'enseignement, de bureaux ou recevant du public et dans tous autres locaux, à l'exception de ceux qui sont indiqués aux articles R. 131-22 et R. 131-23, les limites supérieures de température de chauffage sont, en dehors des périodes d'inoccupation définies à l'article R. 131-20, fixées en moyenne à 19° C :

Pour l'ensemble des pièces d'un logement ;

Pour l'ensemble des locaux affectés à un usage autre que l'habitation et compris dans un même bâtiment.

La limitation de l'usage des systèmes de refroidissement

Par ailleurs, depuis le 1er juillet 2007, les articles R.131-29 et R.131-30 du code de la construction et de l'habitation limitent l'utilisation des systèmes de climatisation. Ainsi, l'article R.131-29 spécifie notamment que :

"Dans les locaux dans lesquels est installé un système de refroidissement, celui-ci ne doit être mis ou maintenu en fonctionnement que lorsque la température intérieure des locaux dépasse 26 °C."

Analyse du contrat d'exploitation

Décrire dans ce paragraphe les différents contrats d'exploitation et de maintenance en précisant :

- Le type de contrat (PF, MT, MC, CP, MF,...).
- L'étendu des prestations (intégration d'un P2 ou d'un P3).
- Le type de gestion.
- La présence d'un intéressement.

EXEMPLE 52

■ Audit de l'entretien et de la maintenance du bâtiment

Entretien et maintenance du bâtiment et des systèmes sont assurés entièrement par les Services Techniques de la mairie. Toutefois un appel d'offre est en cours pour le nettoyage des chaudières et le ramonage des conduits de fumées de manière systématique (intervention annuelle).

Le réglage des brûleurs et le contrôle des fumées sont également effectués en régie interne. Sur les équipements de chaufferie divers (distribution, circulation...) la maintenance est curative.



LE CONSEIL DE L'EXPERT

« Une chaudière bien entretenue consomme jusqu'à 15% de moins et est sujette à moins de pannes. »

Concernant l'entretien des ventilo-convecteurs, le contrôle des moteurs et le nettoyage des filtres est systématique (annuel).

Enfin l'entretien du parc d'éclairage est assuré par les services techniques sur place.

En cas de panne, un technicien d'astreinte 24H/24 et 7J/7 intervient sur place. Il peut également intervenir à distance sur la GTC depuis un ordinateur portable via une liaison téléphonique.

Le ménage est réalisé tous les soirs par 3 personnes de 17h30 à 19h30 environ.

4.2.4) Synthèse des atouts et dysfonctionnements du bâtiment

Citer les différents points forts déjà existants en faveur d'une utilisation rationnelle de l'énergie.

Énumérer les éléments sur lesquels l'étude doit se concentrer :

- Exemple : amélioration des coefficients thermiques, limitation des ponts thermiques

Nb : Les valeurs minimales de la RT existant par élément figurent en annexe B

EXEMPLE 53

Les inconvénients majeurs du bâtiment en termes énergétiques résident dans sa compacité très faible, la quasi-inexistence d'isolation et son mode d'utilisation : grande intermittence des locaux de par la vocation d'enseignement et de création artistique.

Ses principaux atouts, outre son caractère esthétique et fonctionnel, résident dans de grandes surfaces vitrées qui permettent un excellent accès à la lumière naturelle sur la plupart des locaux, et un accès généralisé à la ventilation naturelle par ouverture facile des portes et fenêtres.



LE CONSEIL DE L'EXPERT

« Cet atout sur le plan de l'éclairage va toutefois de pair avec une baisse des performances énergétiques (absence de protection solaire pour l'été par exemple). »

En résumé, de par l'âge du bâtiment, son mode constructif et la qualité de ses ouvrants, les efforts d'étude et de travaux devront se concentrer sur l'amélioration des coefficients thermiques des différents éléments de l'enveloppe.

Un bâtiment bien isolé est un bâtiment qui met en œuvre des isolants performants bien posés et qui est bien étanche à l'air : les calories ne doivent pas s'échapper par des entrées d'air parasites. Le but pour le bâtiment va être d'assurer l'étanchéité à l'air et à l'eau des jonctions, dans le but d'éviter toute déperdition énergétique supplémentaire.

Des points forts existent déjà en faveur d'une utilisation rationnelle de l'énergie :

- une petite part (20%) des luminaires haute performance constitués d'éclairages par tubes fluorescents à haut rendement sur ballasts électroniques ou lampes fluo-compactes,
- un zonage correct des allumages des luminaires, par pièces (en cours de réalisation),
- une cascade automatique des chaudières en fonction des besoins, des lois d'eau en fonction de la température extérieure sur la boucle primaire et sur chacun des départs de réseau, avec une fonction de réduit en dehors des heures d'ouverture,
- des écrans plats généralisés sur tous les postes informatiques : à titre d'exemple, la consommation moyenne d'un écran cathodique de 15" est évaluée à 80 watts alors que celle d'un écran LCD est de seulement 15 watts; l'économie ponctuelle sur 100 postes s'élève ainsi à 6,5 kW, ce qui représente une économie annuelle pour 220 jours d'activité sur 8 heures de 11 MWh par an (800 € TTC au tarif actuel de l'électricité),
- des chasses d'eau double commande sur un tiers des installations environ.

5 - Analyse des consommations

5.1 - Les consommations de chauffage	98
5.1.1) Analyse des factures des consommations réelles	98
5.1.2) Modélisation énergétique du bâtiment	100
5.2 - Consommations d'électricité	105
5.2.1) Analyse des factures des consommations d'électricité	105
5.2.2) Analyse tarifaire	109
5.2.3) Analyse des mesures électriques	111
5.3 - Consommations d'eau	114
5.4 - Synthèse	115
5.4.1) Récapitulatif des consommations et des dépenses du bâtiment	115
5.4.2) Étiquette énergétique du bâtiment	117

Sur la base des relevés de consommations réelles (payées), ce chapitre analyse dans le détail les consommations énergétiques du site :

- Consommations de chauffage et d'eau chaude.
- Consommations d'électricité.
- Consommations d'eau.

Les données énergétiques (gaz, électricité, fioul, ...) sont exprimées sauf stipulation contraire en énergie finale, c'est à dire celles relevées au compteur.

Les consommations énergétiques sont étudiées sur les 3 dernières années si possible (si toutes les factures ont été fournies). Dans le cas contraire l'analyse est difficile car il n'y a pas de réelle stabilisation.

Si des mesures spécifiques ont été effectuées, elles seront aussi analysées dans cette partie, par exemple les mesures de consommations électriques.

On modélisera ensuite le bâtiment en faisant un calcul de consommations théoriques en explicitant la méthode utilisée.



ZOOM6 METHODES DE CALCUL DES CONSOMMATIONS

On peut faire appel à différentes méthodes de calcul des consommations, chacune avec son champ d'application.

Afin de définir les économies d'énergie envisageables dans le cadre de l'audit, il n'est pas possible de s'appuyer sur des méthodes conventionnelles car il faut prendre en compte et simuler les consommations dans les conditions réelles du bâtiment.

Selon la complexité du bâtiment (nombre de zones thermiques, taille, usages,..) et le degré de précision qu'on souhaite atteindre on s'appuiera sur des méthodes de calcul statiques au pas de temps annuel, mensuel, décadaire, voir horaire ou des méthodes de calcul dynamique toujours au pas de temps horaire.

On peut se reporter au guide AICVF "Calcul Prévisionnel des Consommations" pour un inventaire de ces méthodes et des formules et algorithmes associés.

En dehors des outils de simulation thermique dynamique déjà évoqués, il existe peu de logiciel commercial dédié à l'audit énergétique. L'ADEME propose, dans le cadre des formations qu'elle organise, l'outil Mediademe qui permet de traiter tous les bâtiments en chauffage mais pas les bâtiments climatisés.

5.1 - Les consommations de chauffage

5.1.1) Analyse des factures des consommations réelles

Donner :

- Le type d'énergie utilisée pour chauffer le bâtiment.
- Le fournisseur s'il y a lieu.
- Le type de contrat s'il y a lieu.

Faire un tableau récapitulant les consommations sur les années étudiées (3 au minimum conseillé).

Étudier l'évolution des consommations et des coûts sur les années étudiées. Établir des ratios et les comparer avec des ratios généralement rencontrés dans le même type de bâtiment.

Faire une synthèse de l'analyse.



ZOOM 7 UNITÉS UTILISÉES
POUR LA CONSOMMATION
ENERGETIQUE

- Sur les factures, les consommations de gaz naturel sont le plus souvent mentionnées en kWh PCS ou en m³. Elles sont converties en kWh PCI en les multipliant par un facteur 0,9.
- Les consommations de propane sont mentionnées en tonnes. Elles sont converties en kWh PCI en les multipliant par un facteur 13800.

EXEMPLE 54

■ Relevé

Les consommations de chauffage sont exclusivement couvertes par le gaz. L'abonnement souscrit est un tarif B2S, ce qui est le tarif adapté à cette gamme de chaufferie.

Fournisseur	GDF
Tarif	B2S
Puissance souscrite	-

Tableau 21 : Caractéristiques du contrat souscrit pour la fourniture de gaz

La consommation annuelle de gaz du bâtiment se situe entre 1 200 000 et 1 450 000 kWhpcs selon les années et la rigueur des hivers. La moyenne des trois dernières années est de 1 350 000 kWhpcs. (cf. graphique ci-dessous). Un premier ratio de consommation de chauffage donne 172 kWh_{ef}/m²SHON/an.



Figure 40 : Consommation de chauffage (gauche) et coût de chauffage (droite) pour 2004/2006

EXEMPLE 54

La répartition mensuelle des consommations est la suivante :

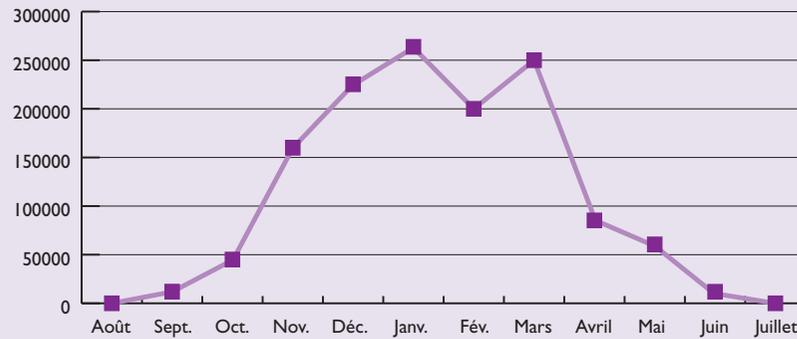


Figure 41 : Consommation annuelle type

■ Ratios

Les ratios (Figure 42) nous permettent de visualiser les consommations en fonction des degrés jours de l'année et de la surface chauffée. On observe une stabilité en 2005/2006, avec un ratio de 102 kWh/DJU. Parallèlement, le ratio moyen de consommation par mètre carré fluctue (irrégularité en fourniture de propane) entre 114 et 158 kWh/m², avec une moyenne de 134 kWh/m².



Figure 42 : Ratios de consommation 2004/2006

En résumé pour les consommations de chauffage :

- Consommation annuelle moyenne de chauffage : 1 350 000 kWh_{pcs,ef}/an
- Coût annuel TTC : 46 000 € TTC/an
- Coût annuel au m² : 33 € TTC/m²/an
- Prix moyen du kWh : 0,034 €/ kWh_{pcs,ef}
- Émission Gaz à Effet de Serre : 278 tonnes CO₂/an

5.1.2) Modélisation énergétique du bâtiment

■ Rappel des hypothèses

Rappeler ici l'ensemble des hypothèses émises dans le rapport :

- Données climatiques :
 - Caractéristiques des parois de déperditions,
 - surfaces,
 - caractéristiques thermiques.
- Autres hypothèses :
 - Renouvellement d'air,
 - température des locaux non chauffés,
 - coefficient d'intermittence,
 - rendement global des installations thermiques,
 - méthode de calcul utilisée (justification du choix).

EXEMPLE 55

■ Données climatiques

Département	Alpes Maritimes (06)
Zone	H3
Température extérieur de base hiver	-2°C
Altitude	0 m
Station météorologique	Nice
DJU (base 18°C)	1 406 (valeur trentenaire, 1 ^{er} oct. - 31 mai)
DJU (base 20°C)	1 504 (majoration 7%)

■ Caractéristiques des parois de déperditions

	Surfaces (m ²)	Coefficient thermique [W/(m ² .K)]
Murs Partie basse	7 576	1,466
Murs Rehausse	1 930	2,103
Vitrages	2 720	5,5
Toitures	6 170	0,829
Plancher bas	2 500	2,321

Tableau 22 : Caractéristiques des parois

■ Autres hypothèses

Renouvellement d'air

Cette grandeur est très difficile à estimer, car elle dépend de nombreux facteurs et notamment :

- le renouvellement d'air global dans les chambres (variable selon la vitesse de soufflage ajustable par les utilisateurs au niveau des unités terminales),
- le taux d'occupation de l'hôtel,
- les entrées d'air parasites (fuites),
- l'ouverture des ouvrants par les occupants,
- ...

Le taux de renouvellement d'air assuré par une ventilation mécanique classique est proche de 0,7 vol/h. Les infiltrations parasites étant significatives au niveau de l'Hôtel X et le renouvellement d'air étant assuré par de nombreuses CTA à haut débit, nous avons retenu une valeur moyenne de 0,8 vol/h.

Renouvellement d'air : 0.8 vol / h

Température des locaux non chauffés

Dans le calcul des déperditions du bâtiment, nous avons considéré uniquement les pertes thermiques avec l'extérieur, et non pas les déperditions entre les chambres, salons et autres pièces climatisées et les locaux non chauffés, comme si la température y régnant était identique. Ces volumes « techniques », qui restent dérisoires par rapport au volume total, sont donc inclus dans le volume total chauffé/rafraîchi.

Cette hypothèse n'a pas d'influence sur le résultat de l'estimation des déperditions de l'hôtel et paraît dans tous les cas raisonnable, au vu de la situation de ces locaux au cœur même du bâtiment et de leur faible volume global.

Coefficient d'intermittence

L'intermittence théorique du chauffage et du rafraîchissement des locaux constitue un autre paramètre délicat à déterminer. Les paramètres de régulation sont probablement très variables d'une zone à l'autre du bâtiment, les usages et activités étant variés (chambres, cuisines, salles de réception ou de restauration, bureaux, magasins, ateliers...).

Nous retenons un coefficient proche de 1, caractéristique d'un niveau de chauffage/rafraîchissement « généreux » du bâtiment et de périodes de réduit restreintes.

Coefficient d'intermittence : 0,98

Rendement global des installations

Rendement d'exploitation :	$K_{ex} = 0,9$
Rendement de distribution :	$K_d = 0,95$
Rendement de régulation :	$K_r = 0,95$
Rendement d'émission :	$K_{em} = 0,95$

Soit le rendement global des installations :

$$K_g = K_{ex} \times K_d \times K_r \times K_{em} = 77\%$$

Déperditions par ponts thermiques

L'isolation des parois extérieures étant quasi-inexistante, les pertes par ponts thermiques (liaisons planchers – murs extérieurs ; liaisons menuiseries – murs extérieurs) ont été négligées devant les déperditions par les parois. En effet, dans ce type de cas, le calcul démontre qu'elles ne représentent que 1 à 2% des pertes globales.

■ Calcul des déperditions du bâtiment

Détailler la répartition des déperditions thermiques selon les postes de déperditions (murs, fenêtres, renouvellement d'air, ponts thermiques, planchers, toitures...)

EXEMPLE 56

■ Déperditions thermiques du bâtiment

À partir de l'ensemble des hypothèses formulées dans le paragraphe précédent, nous avons déterminé le coefficient G du bâtiment (cf. Annexe 2). Ce coefficient représente les pertes thermiques du bâtiment à travers son enveloppe.

Hôtel XXX
G = 0,370 W/(m³.K)

Les puissances nécessaires dans les conditions extérieures de base (chauffage seul), sont les suivantes :

- Pertes par les parois : 632 kW
- Pertes par ventilation : 860 kW
- Coefficient de surpuissance : 1,2
- Puissance générateur : 1412 kW.

Sur cette base, le besoin thermique permettant d'assurer, sans aucun apport gratuit, une température intérieure de 19°C pour la température de base de -7°C s'élève à 97 kW.

■ Calcul des consommations théoriques de chauffage

Donner les calculs effectués pour obtenir les consommations théoriques.

Une annexe peut être ajoutée pour détailler les calculs de consommations théoriques.

Donner la répartition des consommations par poste de déperditions (murs, vitrage, toiture, ...).

Comparer les consommations théoriques avec les consommations réelles.

EXEMPLE 57

■ Consommations théoriques de chauffage

Les consommations de chauffage (hiver) sont calculées sur les bases suivantes :

- Chauffage : 1 504 DJU (base 20°C),
- Coefficient d'intermittence : 0,98.

$$\begin{aligned} \text{Consommation annuelle : } C \text{ (kWh utiles)} \\ = 24 \times G \times V_{\text{bât}} \times \text{DJU} \times 0,001 \times \text{intermittence} \\ + \text{pertes ventilation} \end{aligned}$$

L'été, le rafraîchissement de l'air nécessite l'apport de « frigories », mais aussi de « calories » dans la dernière phase du processus (voir note de calcul en **Annexe 5**).

Ainsi, les consommations de « chauffage » se déroulent tout au long de l'année.

La consommation de chauffage annuelle théorique (besoins de chaleur hiver + été) **pour l'ensemble de l'Hôtel X** est (cf. **Annexe 3**) :

$$\begin{aligned} C &= 4\,560 \text{ MWh}_{\text{utiles}}/\text{an} \\ &\text{dont été } 2\,139 \text{ MWh utiles} \\ &\text{(Pertes production distribution exclues)} \end{aligned}$$

Ceci correspond, en tenant compte des pertes liées aux rendements de production et de distribution, à la consommation en électricité suivante dédiée aux besoins de chaleur :

$$C_{\text{électricité}} = 1\,600 \text{ MWh}_{\text{élec}}/\text{an}$$

EXEMPLE 57

Les consommations de rafraîchissement sont calculées sur les bases suivantes :

- Caractéristiques de l'air intérieur : 21 °C et 50% d'humidité relative,
- 2520 heures de fonctionnement des installations (de mi-juin à fin septembre environ).

La consommation de rafraîchissement annuelle théorique pour l'ensemble de l'Hôtel X est (cf. Annexe 3 et Annexe 5) :

$$C = 7\,589 \text{ MWh}_{\text{utiles}}/\text{an}$$

(Pertes production distribution exclues)

Ceci correspond, en tenant compte des pertes liées aux rendements de production et de distribution, à la consommation en électricité suivante dédiée aux besoins de froid :

$$C_{\text{électricité}} = 2\,661 \text{ MWh}_{\text{élec}}/\text{an}$$

Les consommations et ratios annuels estimés pour la climatisation de l'Hôtel X sont résumés dans le tableau ci-dessous :

	Consommation annuelle		Ratio annuel	
	kWh utiles	kWh _{élec}	kWh _{utiles} /m ²	kWh _{élec} /m ²
Chauffage	4 560 000	1 600 000	165	58
Rafraîchissement	7 583 000	2 661 000	275	96
TOTAL Climatisation	12 143 000	4 261 000	440	154

La concordance entre les consommations estimées et les consommations « réelles » est bonne, avec un écart proche de 1%, que l'on considère les consommations de chauffage ou de climatisation.

L'écart minime résiduel peut être expliqué par les trois facteurs conjugués suivants :

- incertitude quant à l'exactitude de nos calculs,
- incertitude quant à la fiabilité des relevés de compteurs de chaleur,
- incertitude quant à la concordance du périmètre concerné entre nos estimations et les consommations réelles (Hôtel de X à proprement parlé, Hôtel + grande cave...).

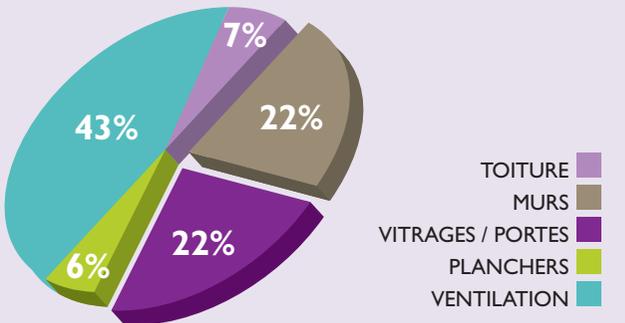


Figure 43 : Répartition des consommations de chauffage (hiver) par poste :

En marge du renouvellement d'air nécessitant une quantité d'énergie très significative, les principaux postes de déperditions concernent en parts égales (22%) :

- les vitrages et portes du fait de l'absence de double vitrage et de la significative perméabilité des fenêtres et persiennes métalliques,
- les murs extérieurs du fait de l'absence d'isolation.

Ces postes constituent les principales voies d'amélioration en termes de performances thermiques du bâti.

5.2 - Consommations d'électricité

5.2.1) Analyse des factures des consommations d'électricité

Définir les postes de consommation d'électricité.

Donner :

- Le fournisseur
- Le type de contrat et ses caractéristiques
- Le nombre d'années pour lesquelles les consommations d'électricité ont été fournies.

Faire un bilan des consommations sur les années étudiées (3 au minimum conseillé).

Étudier l'évolution des consommations et des coûts sur les années étudiées.

Étudier la répartition entre les différents postes de consommations.

Analyse les répartitions annuelles des consommations.

EXEMPLE 58

■ Généralités

Les consommations électriques couvrent l'ensemble des besoins énergétiques hors chauffage : éclairage, ventilation, informatique, eau chaude sanitaire, machines outils... Le tarif souscrit est un tarif Vert 432,2 kVA.

Fournisseur	EDF
Tarif	Vert Longues utilisation
Puissance Réduite	432,2 kW
Heures creuses	22h30 - 06h30

	Pointe	Heures Pleines Hiver (HPH)	Heures Creuses Hiver (HCH)	Heures Pleines Été (HPE)	Heures Creuses Été (HCE)
Puissance souscrite	100	480	620	620	620

Tableau 23 : Caractéristiques du contrat souscrit pour l'électricité

Les consommations d'électricité (feuilles de gestion) nous ont été fournies pour 5 années entières : 2003, 2004, 2005, 2006 et 2007.

EXEMPLE 58

■ État des consommations

Analyse générale

Le tableau ci-dessous résume les consommations annuelles pour les 5 années de facturation étudiées :

	Pointe (kWh)	Heures Pleines (kWh)	Heures Creuses (kWh)	Heures Total (kWh)	Variation
2003	20 254	626 787	936 654	1 583 995	-
2004	27 262	666 325	963 708	1 657 285	+4,6%
2005	36 566	715 785	928 331	1 680 682	+1,4%
2006	28 171	615 358	903 330	1 546 859	- 8,0
2007	18 797	638 952	925 932	1 583 681	+2,4%
Moyenne	26 210	652 641	931 591	1 610 500	

Tableau 24 : Consommations annuelles pour les 5 années étudiées

Ces consommations sont très stables : variation globale de - 0,02% de 2003 à 2007. La consommation moyenne sur ces 5 années est de **1 610 MWh_{élec}**, correspondant à un ratio de consommation de **113 kWh_{élec} / m² habitable** ou **94 kWh_{élec} / m² chauffé** environ.

On observe par ailleurs les tendances suivantes :

- une diminution des consommations en pointe,
- une tendance à la hausse pour ce qui est des consommations en heures pleines,
- une tendance stable pour ce qui est des consommations en heures creuses.

Exemple d'histogramme pouvant illustrer l'évolution des consommations

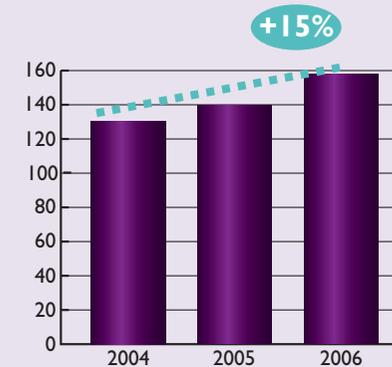


Figure 44 : Consommation d'électricité (gauche) et facture d'électricité en euro (droite) pour 2004/2006

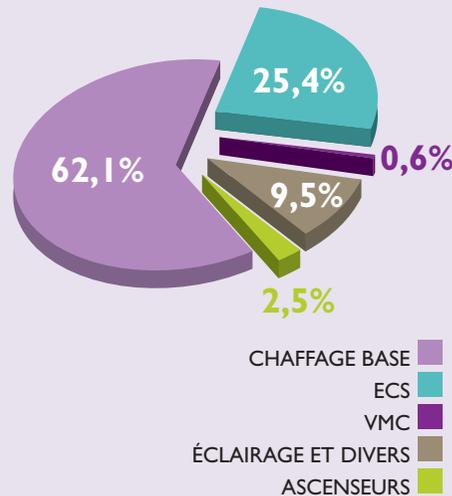
EXEMPLE 59

■ Répartition par usages

Les consommations d'électricité collectives sont dédiées aux usages suivants :

- chauffage de base,
- production d'ECS,
- ascenseurs,
- éclairage des communs, garages, terrasses, voies, jardins, piscine... et équipements divers (portails garages, pompes piscine...),
- fonctionnement de la VMC.

D'après nos estimations, la répartition des consommations électriques communes par usages, à l'échelle de la résidence prise dans son intégralité, est la suivante :



Le principal poste de consommation électrique concerne largement le chauffage de base, à hauteur de 62%. Vient ensuite dans une large part la production d'Eau Chaude Sanitaire (25%), l'éclairage des communs et les équipements divers pour près de 10%, puis les ascenseurs (plus de 2%) et enfin, à la marge, la VMC (<1%).

Figure 45 : Répartitions des consommations électriques collectives par usages

■ Analyse détaillée

La consommation électrique type sur une année est la suivante :

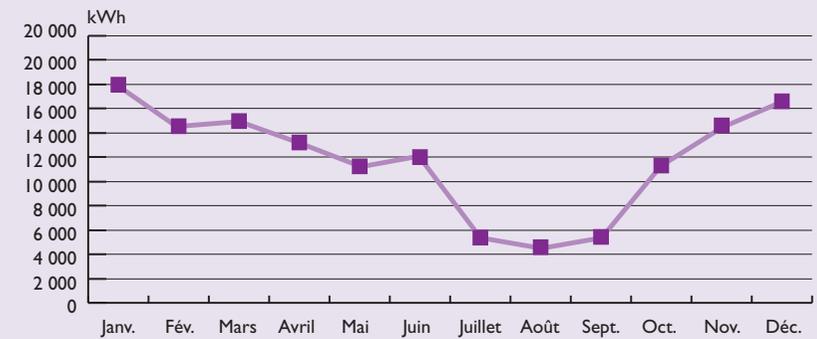


Figure 46 : Consommation électrique type annuelle

La consommation et la tarification électrique est divisée en Heures Creuses et Pleines, saison Été et Hiver, (HCE, HPE, HCH, HPH).

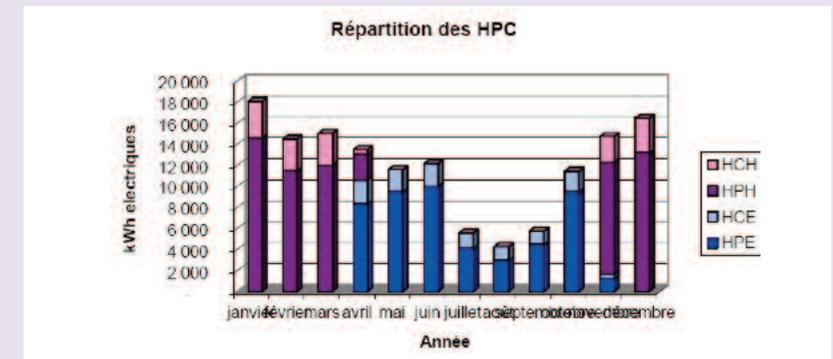


Figure 47 : Répartition de la tarification électrique annuelle

EXEMPLE 59

Il est intéressant d'étudier la répartition des consommations suivant les différentes tranches horaires.

	HPH	HCH	HPE	HCE
Répartition annuelle	45%	11%	35%	9%
Répartition Hiver / Été	56%		44%	
Coût moyen du kWh (Cts €)	14,3		6,3	

	HP	HC
Répartition heures Pleines/Creuses	80%	20%

Tableau 25 : Analyse des répartitions des consommations suivant les différentes tranches horaires

■ Analyse de la répartition annuelle de la consommation

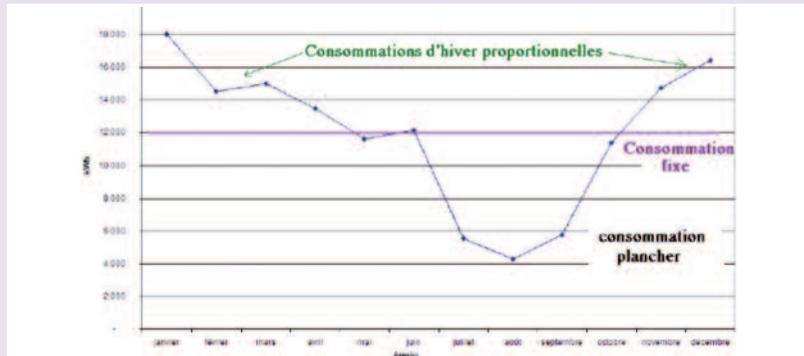


Figure 48 : Consommation électrique annuelle type du bâtiment

On peut distinguer deux périodes :

- Forte consommation : c'est la période d'utilisation du bâtiment avec une courbe non linéaire qui « suit » l'hiver et qui se décompose en :
 - une part fixe d'environ 12 000 kWh/mois (informatique, outillage, éclairage minimum...).
 - une part variable de 0 à 18 000-12 000 kWh = 6 000 kWh/mois qui correspond au fil de l'hiver aux consommations propres de l'éclairage artificiel et de la chaufferie.
- Faible consommation : période de juillet/août/septembre lorsque le bâtiment est totalement fermé ou exploité uniquement par le personnel. On parle alors de talon de consommation ou de consommation résiduelle.

Dans le cas présent, ce talon de consommation correspond vraisemblablement à la veille des appareils électroménagers, l'éclairage de secours et la production d'ECS (cf. 6.f audit des habitudes de consommation électriques).

5.2.2) Analyse tarifaire

Lorsqu'un surcoût a été détecté dans l'analyse des factures d'électricité, il est nécessaire d'étudier les autres contrats existants qui permettraient de diminuer les surcoûts.

Exemple de surcoût possible :

- dépassement de puissance souscrite,
- émission d'énergie réactive,
- paiement en retard,
- contrat non adapté à l'utilisation du bâtiment

EXEMPLE 60

L'analyse tarifaire, vise, à partir des consommations en électricité prises sur une année « type », à vérifier la bonne adéquation du tarif (Vert, Jaune...), de l'option tarifaire (Courtes, Moyennes, Longues Utilisations) et de la puissance souscrite avec les besoins du site.

Cette analyse a été effectuée pour l'abonnement de la résidence Y, sur la base des consommations des années 2005, 2006 et 2007 et des derniers tarifs connus (en date du 16 août 2007).

En 2005, en 2006, comme en 2007, le poids des dépassements des puissances souscrites sur la facturation annuelle globale est significatif :

	Dépassement P	Dépassement HPH	Dépassement HCH	Impact financier
2005	228 kW	308 kW	535 kW	22 520 € TTC Soit 15% de la facture annuelle
2006	105 kW	333 kW	384 kW	11 211 € TTC Soit 9% de la facture annuelle
2007	0 kW	349 kW	448 kW	11 830 € TTC Soit 9% de la facture annuelle

Tableau 26 : Analyse des dépassements de puissance sur les 3 années étudiées

Les dépassements surviennent exclusivement durant les mois d'hiver, et concernent les puissances de Pointe, Heures Pleines et Heures Creuses.

Les résultats de la simulation tarifaire (tarifs en date du 16 août 2007) sont les suivants :

• Base de consommations = année 2005

	Vert LU						Facturation annuelle	Dont dépassements	Jaune LU (€ TTC)
	P (kW)	HPH (kW)	HCH (kW)	HPE (kW)	HCE (kW)	P Réduite (kW)			
Situation actuelle	100	480	620	620	620	432	131 634	20 998 €	132 786
Proposition	200	640	780	550	550	543	118 725	-	137 219

• Base de consommations = année 2006

	Vert LU						Facturation annuelle	Dont dépassements	Jaune LU (€ TTC)
	P (kW)	HPH (kW)	HCH (kW)	HPE (kW)	HCE (kW)	P Réduite (kW)			
Situation actuelle	100	480	620	620	620	432	119 425	15 955	123 342
Proposition	180	620	780	550	550	530	110 552	-	127 109

• Base de consommations = année 2007

	Vert LU						Facturation annuelle	Dont dépassements	Jaune LU (€ TTC)
	P (kW)	HPH (kW)	HCH (kW)	HPE (kW)	HCE (kW)	P Réduite (kW)			
Situation actuelle	100	480	620	620	620	432	117 317	13 514	124 250
Proposition	100	620	790	520	520	507	109 277	-	125 790

Tableau 27 : Simulation tarifaire sur les 3 années étudiées

Le tarif (Vert) et l'option tarifaire (LU) sont adaptés aux besoins et les plus avantageux en termes de facturation annuelle (cf. tarif Jaune LU).

Remarquons que la partie la plus significative de ces dépassements correspond aux Heures Creuses (22h-6h), donc période de chauffage de l'Eau Chaude Sanitaire.

Les consommations en ECS s'élèvent aujourd'hui à 5000 m³/an d'après les relevés fournis, soit 14 m³/jour en moyenne.

Or, la capacité totale de production en ECS est aujourd'hui 35 m³ environ pour les 2 installations cumulées (incertitude quant au nombre de ballons effectivement isolés aujourd'hui), ce qui est largement surdimensionné par rapport aux besoins : une capacité de 20 m³ apparaît comme tout à fait suffisante (absorption des pointes à prendre en compte).

2 ballons supplémentaires peuvent donc être isolés dans chacune des sous-stations, ce qui ramène la capacité de production en ECS à 25 m³, et se traduira par une significative économie en électricité durant les heures creuses, accompagnée d'une limitation des dépassements à ce niveau.

La lecture des facturations actuelles pousserait à revoir les puissances souscrites pour limiter la part importante des dépassements. Toutefois, compte-tenu des recommandations de mesures d'optimisation sur le chauffage (cf. § 6.2 : changement des émetteurs et mise en place d'une meilleure régulation) et sur la production d'ECS (réduction de la production), nous préconisons d'attendre la mesure de l'impact de ces actions, avant de renégocier avec EDF les paramètres de puissance souscrite (les modifications de paramétrage engageant dans la durée).

5.2.3) Analyse des mesures électriques

Si des mesures électriques ont été effectuées sur le bâtiment, leur analyse permet de mieux comprendre les consommations d'électricité et leurs répartitions.

Des pistes pour diminuer les consommations sont donc plus faciles à proposer.

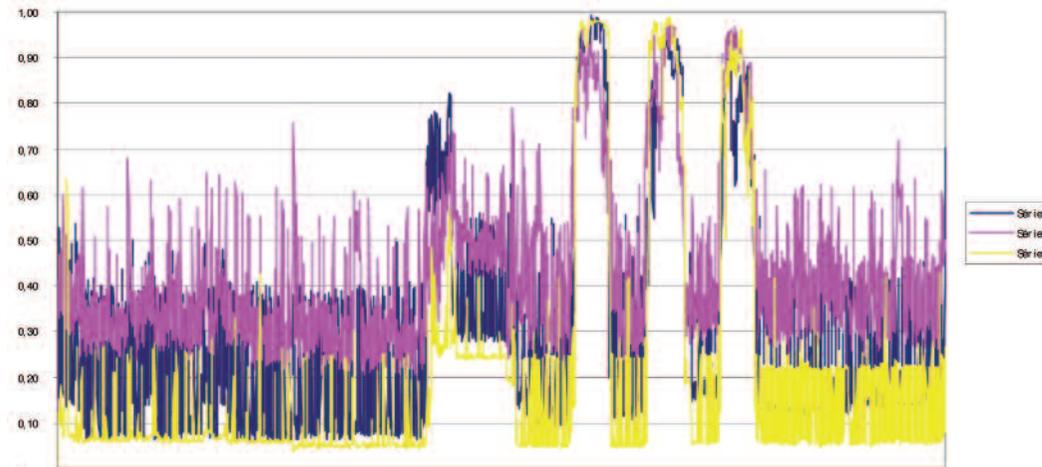


Figure 49 : Mesure du facteur de puissance

EXEMPLE 61

Analyse des mesures

■ Résultat des mesures électriques

Le résultat des mesures de puissance au général entre le 26 avril et le 7 mai amène les conclusions suivantes :

- L'équilibrage des phases est bon.
- Le talon de consommation s'élève à environ 5 kW.
- La puissance moyenne d'un jour ouvré traditionnel de printemps s'élève à 35 - 40 kW.
- Le facteur de puissance révèle un problème: le cosinus Phi moyen est très mauvais (environ 0,3, voir graphique ci contre).



LE CONSEIL DE L'EXPERT

« Afin de remédier à ce problème, nous préconisons l'installation d'un condensateur de correction de facteur de puissance. »

■ Consommations spécifiques

Inventaire des postes de consommation électrique :

- Informatique (postes fixes + portables).
- Électroménager (frigo, machines à café, distributeurs boissons,...).
- Éclairage.
- Éclairage sécurité.
- Production ECS.
- VMC.
- Chaufferie (circulateurs, brûleurs...).
- Chauffage électrique complémentaire.
- Appareillages spécifiques :
 - spots plateaux, musique, vidéo projecteurs,
 - machines outils, compresseurs, process.
- Consommations propres au gardien.

EXEMPLE 61

■ Étude des mesures électriques spécifiques

Mesures sur l'atelier bois

La consommation électrique en inoccupation est parfaitement nulle. On remarque bien les heures pendant lesquelles cet atelier est utilisé, la consommation d'éclairage varie en fonction du nombre de rampes allumées, soit 1700 W, soit 800 W. (9 ou 4 W/m²). Il est possible que certains cours aient eu lieu sans que l'éclairage fonctionne. On note la présence de puissance réactive négative de l'ordre de 250 VAR.

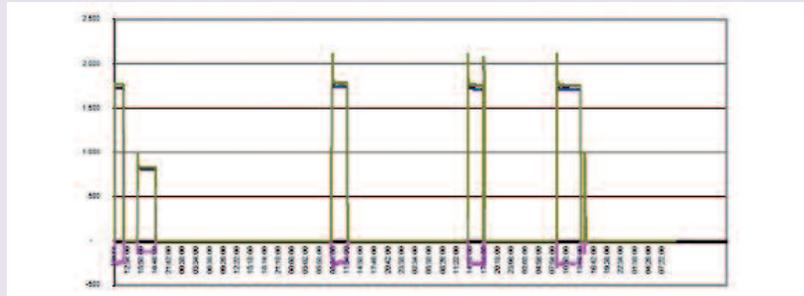


Figure 50 : Puissances apparente, active et réactive de l'éclairage sur 5 jours (apparente en VA, vert ; active en W, bleu ; réactive en VAR, rose)

Mesures sur l'atelier d'art n°2

On peut faire les mêmes constats que précédemment. La consommation d'éclairage varie en fonction du nombre de rampes allumées, soit 5000 W, soit 2500 W (15 ou 7W/m²). La puissance réactive cette fois est très importante, de l'ordre de 2700 VAR, et positive.

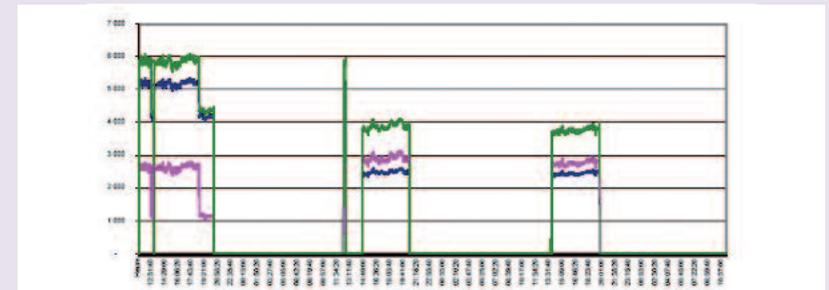


Figure 51 : Puissances apparente, active, et réactive de l'éclairage sur 3 jours (apparente, en VA, vert ; active, en W, bleu, réactive en VAR, rose)

REMARQUE : 7 W/m² correspond à un éclairage très faible.

Mesures sur le ballon d'ECS grande capacité (labo photo)

Le ballon de 500 litres est alimenté par trois épingles de puissance unitaire 1500 W. Il distribue un réseau bouclé. La régulation est de type tout ou rien. Il n'y a pas de relais Heures Creuses. On remarque que les cycles de chauffe sont ininterrompus à la fréquence suivante : 15 minutes ON et 20 minutes OFF.

Ce fonctionnement incessant s'explique par l'absence de calorifuge sur le bouclage, qui refroidit ainsi en permanence l'eau du ballon (voir paragraphe « ECS »). Un relais HC serait inapproprié dans la configuration existante.

La mesure est effectuée à cheval sur deux périodes : une période d'occupation des locaux et une autre pendant le week-end.

La consommation annuelle peut ainsi être établie au prorata de ses deux périodes et se monte à 12.500 kWh, soit 9% de la consommation électrique globale.

■ Mesures en salle informatique

On mesure bien une consommation résiduelle en salle informatique qui sous entend que tout ou partie des ordinateurs reste allumée.

■ Puissance et consommation résiduelles

La puissance résiduelle est la puissance plancher, minimum consommée en permanence. D'après les mesures effectuées au général, elle s'élève à 5 kW en moyenne, oscillant principalement entre 3 et 6 kW.

Participent à cette puissance de façon certaine : l'éclairage de sécurité pour 500W (voir chapitre «éclairage»); le ballon d'eau chaude de 500 litres pour 1200W; les ordinateurs de la salle informatique pour 500W. Le reste provient des autres ballons ECS, des veilles informatiques et des appareils autonomes divers (climatiser salle archives...).

La consommation résiduelle est celle du mois d'août : 4100 kWh/mois, à répartir entre les BAES, la production d'ECS et les consommations propres du concierge.

L'éclairage de sécurité se compose de 65 BAES de marque Luminox et de puissance unitaire 7W, soit une consommation permanente engendrée de 455W et une consommation annuelle de 4000 kWh (2,8% de la consommation électrique totale).

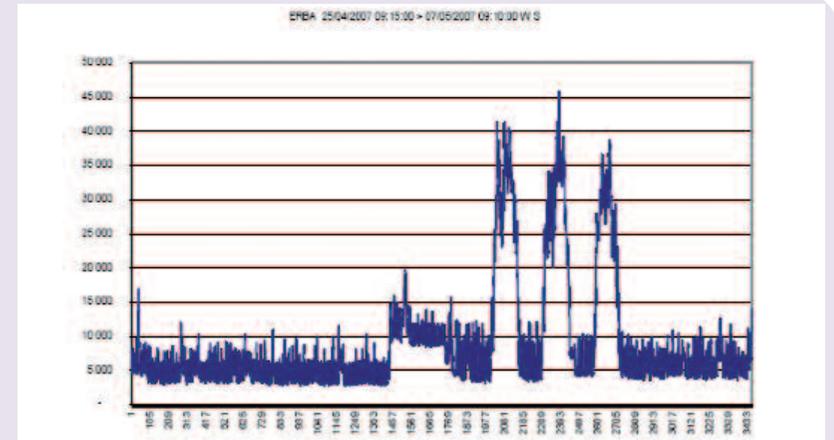


Figure 52 : Courbe de consommation au général sur la période de mesure / mise en évidence d'une puissance plancher



BONNE IDÉE !

Pour réduire la consommation due aux BAES, il existe désormais des éclairages de secours à faible consommation, plus économes en énergie (puissance inférieure à 1,6 W), présentés en annexe F.

Le coût unitaire d'un tel dispositif est de 60 à 70 € HT environ. La mise en place de tels équipements est en outre une opération éligible aux Certificats d'Économie d'Énergie (CEE).

En résumé des consommations électriques, on retiendra :

- Consommation annuelle moyenne d'électricité : 143 100 kWh/ef/an
- Coût annuel TTC : 15 300 euro TTC /an
- Prix moyen du kWh : 0,1068 €/ kWhpcs,ef
- Émission Gaz à Effet de Serre : 14 tonnes CO₂/an
- Puissance résiduelle consommée : 5 kW

5.3 - Consommations d'eau

Détailler les consommations réelles d'eau du bâtiment et les analyser.

EXEMPLE 62

Consommations d'eau

La consommation annuelle moyenne d'eau de l'établissement est de 710 m³, soit 4 m³/jour ouvré. Rapportée au nombre d'utilisateurs (foisonnement 75%), cela fait une consommation quotidienne individuelle de 24 litres, ce qui est sensiblement élevé.

NB : cette consommation inclue celle du gardien en tant qu'habitant des lieux (cuisine, douche...).

Fuites :

Ce contrôle visuel des fuites d'eau a été effectué le 1er mai (bâtiment fermé/gardien absent) et ne met en évidence aucune perte :

Compteurs d'eau sanitaire [m ³]	Compteur général	Sous compteur conciergerie	Sous compteur ancien logement
Relevés du 01/05/07 à 10h	9 431,10	1 460,40	1 134,98
Relevés du 01/05/07 à 19h	9 431,10	1 460,40	1 134,98

Tableau 28 : Relevés des compteurs d'eau au 01/05/07

Conclusion :

En l'absence de fuites, la consommation importante d'eau est due exclusivement aux appareillages sanitaires qui sont vétustes et non hydro-économiques (voir aussi paragraphe « eau potable sanitaire »).

Résumé :

- Consommation annuelle moyenne : 710 m³
- Coût annuel TTC : 1700 €

5.4 - Synthèse

Faire un bilan de l'ensemble des consommations énergétiques.
Comparer le ratio de consommations avec les ratios de standards existants (exemple : Standard RT 2005, Standard BBC, ...).
Réaliser l'étiquette énergétique du bâtiment en précisant la méthode utilisée (3CL ou factures énergétiques).

5.4.1) Récapitulatif des consommations et des dépenses

Reprendre dans un tableau synthétique l'ensemble des consommations et des dépenses du site :

EXEMPLE 63

Synthèse

Récapitulatif des consommations et des dépenses

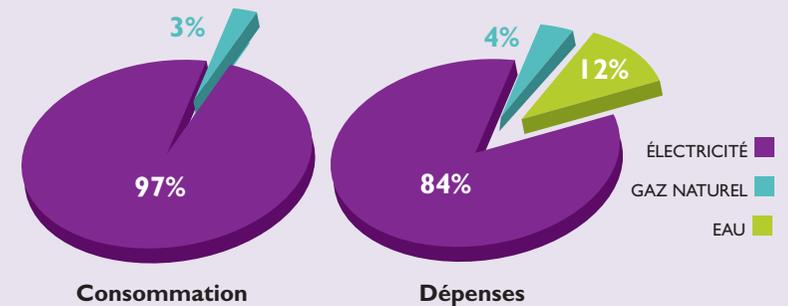


Figure 53 : Répartition des consommations et des dépenses

EXEMPLE 63

Contrat	Année	Consommation d'énergie finale (kWh)	Consommation d'énergie primaire (kWh)	Dépense		Émission de CO ₂ (t)	Ratios	
				Montant (€)	Coût unitaire (€/kWh)		Bâtiment	Référence
Électricité, tarif vert A5 CU	2006	291 568	752 245	33 891	0,116	30		
	2005	254 907	657 660	29 315	0,115	26		
	2004	258 715	667 485	26 636	0,103	27		
Gaz naturel tarif BI	2006	7 936	7 936	1 714	0,216	2		
	2005	2 137	2 137	440	0,206	0		
		*	*	*				
Sous Totaux énergétiques annuels	2006	299 504	760 181	35 605	0,119	32		
	2005	257 044	659 797	29 755	0,116	27		
	2004	258 715**	667 485**	26 636**	0,103	27		
Eau, n°92EA011022 assainissement	2006	***	***	***		0 t.		
	2005	2 012 m ³		4 606 €	2,289 €/m ³	0 t.		
	2004	2 329 m ³		5 077 €	2,180 €/m ³	0 t.		
Totaux annuels	2006			35 605		32		
	2005			34 361		27		
	2004			31 713		27		

* le gaz naturel a été installé en 2005

** Uniquement électricité

*** facture non disponible

Tableau 29 : Récapitulatif des consommations et dépenses énergétiques

5.4.2) Étiquette énergétique du bâtiment

Donner l'étiquette énergétique du bâtiment. Faire attention à ce que l'étiquette corresponde au type de bâtiment. Il y a une étiquette pour les bâtiments de type logement et une étiquette pour les bâtiments à usage autre que logement (seuils différents).

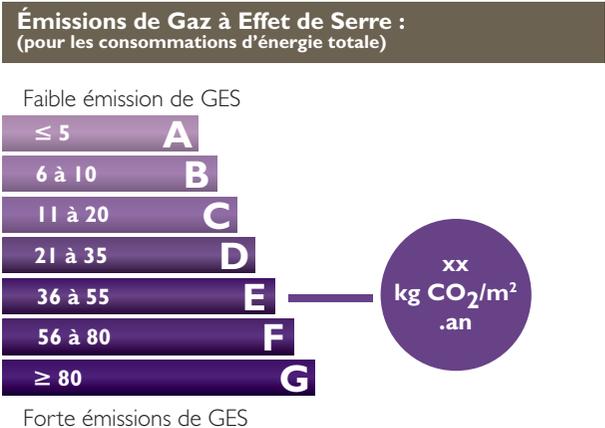
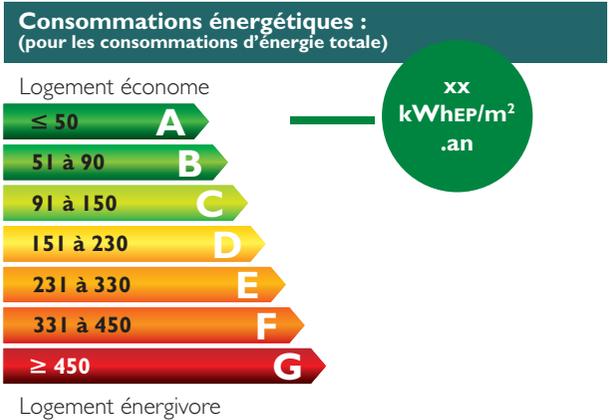


Figure 54 : Étiquettes Énergie et Climat pour les logements

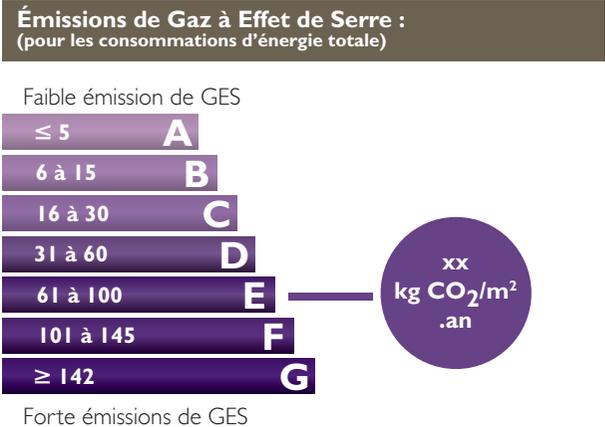
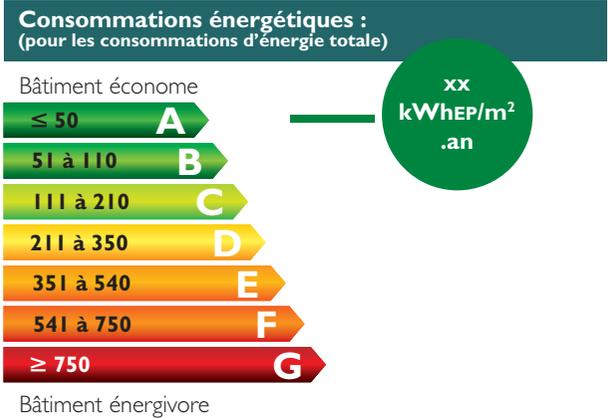


Figure 55 : Étiquettes Énergie et Climat pour les bâtiments à usage autre que logement

6 - Préconisations et scénarii

6.1 - Présentation des actions / préconisations	120
6.2 - Définition des scénarii de travaux	129
6.3 - Présentation des scénarii	130
6.4 - Analyse économique : analyse de la sensibilité des scénarii travaux aux évolutions des coûts (prix et fiscalité) des énergies	135

L'audit doit permettre de mettre en évidence :

- Les **actions urgentes** du point de vue de la sécurité ou de la réglementation
- Les dysfonctionnements des bâtiments et les moyens de palier à ces dysfonctionnements : **actions immédiates**

Ce premier point doit permettre de déterminer des préconisations ne nécessitant pas un investissement conséquent. Ces actions peuvent s'avérer très performantes d'un point de vue économique (ratio économie/investissement important), mais pas toujours suffisantes face aux enjeux environnementaux actuels (faible gain en valeur absolue). Ces actions prises indépendamment les unes des autres ne modifient pas les conditions techniques d'exploitation, exemple :

- Modification des paramètres de régulation.
- Équilibrage des réseaux hydrauliques.
- Utilisation du mode de gestion économique des ordinateurs.
- ...

Les actions à mener à court et moyen terme et les actions utiles, il s'agit généralement des actions dont le potentiel d'amélioration de la performance énergétique est le plus élevé. Cependant, il convient d'identifier correctement les conséquences de ces actions sur le bâtiment :

- Conséquences sur les conditions d'exploitation :

Exemple : le renforcement de l'isolation de l'enveloppe (remplacement de menuiseries, isolation des façades) peut entraîner des conséquences pénalisantes sur le fonctionnement des installations de production de chaleur :

- paramètre de régulation inadapté conduisant à des surchauffes (facilement modifiable),
- production de chaleur surdimensionnée, et fonctionnement dans des plages inadaptées du matériel entraînant une dégradation du matériel.

- Conséquences sur les travaux à venir.

Exemple : La mise en place de capteurs solaires thermiques en toiture peut rendre plus difficile la rénovation future de l'étanchéité de toiture et de son isolation.

- Préconisation nécessitant des travaux complémentaires.

Exemple : le remplacement d'une chaudière fioul par une chaudière basse température peut entraîner des risques de condensation dans les conduits de fumées (risque de corrosion).

Exemple : la mise en place d'un condenseur sur une chaudière doit être analysée par rapport à :

- La possibilité de valoriser la chaleur à basse température sur un circuit de chauffage et les travaux d'adaptation hydraulique.
- La durée de vie résiduelle de la chaudière sur laquelle il est envisagée d'installer le condenseur.

Les actions à mener à long terme. Il s'agit d'actions qui peuvent nécessiter des approfondissements en étude d'ingénierie, qui peuvent nécessiter d'être intégrés à des travaux de rénovation ou de renouvellement, ou d'actions dont la pertinence est conditionnée à la réalisation préalable d'autres travaux.

- Préconisation ayant un impact environnemental.
Exemple : une étude de faisabilité pour la mise en place d'une chaufferie bois en lieu et place d'une chaufferie fioul.

Les préconisations de travaux doivent être accompagnées d'une analyse des interactions avec le bâtiment et d'une indication des travaux complémentaires. Il est important de vérifier que l'on ne dégrade pas la qualité de l'air ni l'acoustique du bâtiment.

Après l'identification des différentes préconisations, il est important de les associer à des scénarii. Ces scénarii correspondent généralement à des objectifs.

Les objectifs des scénarii peuvent soit avoir été tirés des objectifs nationaux (réduction des émissions de CO₂, réduction de 75% des consommations globales d'énergie du bâtiment ...) soit avoir été fixés par le maître d'ouvrage (réduction de x% des consommations énergétiques, facture de x euros, ...)

Les scénarii proposés devront être présentés suivant un programme cohérent :

- Cohérence sur les conditions d'utilisation et de meilleure exploitation du bâtiment (température de chauffage et conditionnement d'air, ralenti de nuit ou d'inoccupation, ...).
- Cohérence sur les travaux envisagés tant en ce qui concerne le bâti que les installations thermiques ou autres équipements à usages spécifiques.

Il faudra tenir compte des interactions entre les différentes améliorations proposées.

6.1 - Présentation des actions/préconisations

Dans ce chapitre, on présentera les actions/ préconisations proposées.

L'ensemble des préconisations proposées sera présenté dans un tableau récapitulatif. Ce dernier peut être placé avant ou après les préconisations.



ZOOM 8 EMISSION DE CO₂

Le calcul du contenu en carbone de l'électricité représente en France un enjeu important pour l'évaluation des actions dans le domaine de la lutte contre le changement climatique.

Si pour bon nombre de pays, la question du contenu en carbone ne soulève pas de difficulté majeure, elle est complexe à démêler dans notre pays compte tenu de la spécificité du secteur électrique français.

En effet, en France, les émissions de CO₂ de l'électricité à la production varient fortement selon que l'on considère la moyenne annuelle sur l'ensemble des moyens de production en France (majorité parcs hydrauliques et nucléaires (sans émissions)), ou la valeur correspondant aux différents usages basées sur les valeurs marginales (centrales thermiques à flamme (ex : charbon de l'ordre de 900 g CO₂/kWh)).

La prise en compte des interconnexions des réseaux européens et le développement du marché de l'électricité peuvent justifier l'utilisation de la moyenne européenne du contenu CO₂ du kWh électrique quand il s'agit de calculer les émissions dues aux consommations de chauffage.

EXEMPLE 64

Afin de faciliter l'aide à la décision, les propositions listées sous forme de fiches dans les parties suivantes sont reprises dans le tableau suivant et classées par temps de retour énergétique croissant.

	Économie annuelle d'énergie [kWhEF]	Part de la consommation totale (%)	Économie la première année [€TTC]	Coût des travaux [€HT]	Temps de retour brut [ans]	Émissions de CO ₂ évitées [tonnes]
Actions immédiates						
Utilisation du mode de gestion économique des ordinateurs	-	-	-	-	-	-
Nettoyer les grilles de ventilation régulièrement	-	-	-	-	-	-
Bridage des vannes thermostatiques des radiateurs de circulations	40 000	2.5	1 900	0	Immédiat	9.36
Mise en place d'un contrat d'exploitation de chauffage avec intéressement	Selon les termes du contrat (10% espérés)			4 000	Immédiat	
Actions à court terme (3 ou 5 ans)						
Optimisation de la GTC	54 000	3.4	2 600	2 000	0.9	12.6
Mise en place d'ampoules basse consommation	7 000	0.4	700	600	1	0.7
Équilibrage du réseau	40 000	2.5	2 100	8 000	4.6	9.36
Actions à moyen terme (5 ou 7 ans)						
Mise en place de chaudière à condensation	219 000	14	15 700	65 000	5	51.2
Mise en place de détecteurs de présence	2 100	0.1	200	13 400	7.8	0.2
Renforcement de l'isolation des planchers des combles	94 000	5.9	4 500	30 000	8	22.0
Actions à long terme (+ de 7 ans)						
Isolation des façades	240 000	15	17 200	275 000	19.1	56.2
Mise en place de double vitrage	68 000	4.2	4 900	108 000	26.4	15.9
Étude d'opportunité pour la mise en place de capteurs photovoltaïques	-	-	-	2 000	-	-

Tableau 30 : Tableau récapitulatif des interventions préconisées

Les estimations financières sont données à titre indicative et peuvent présenter une marge d'erreur de l'ordre de 20%.

Il existe de multiples manières de présenter les préconisations. Cependant, pour chaque action / préconisation proposée, on présentera obligatoirement :

Mise en œuvre

- Consistance des travaux : isolation d'une toiture terrasse par 15 cm de verre cellulaire, étanchéité par feuilles bitumineuses auto-protégées posées à chaud.
- Niveaux de performance par rapport à la réglementation thermique existante (valeur de référence), au standard BBC, au seuil des aides fiscales, et des CEE.

Observation :

- Travaux complémentaires : reprise des acrotères pour respecter la hauteur minimale des acrotères.
- Interactions avec d'autres actions : isolation de la façade par extérieur (continuité de l'isolation).

Analyse technique

- Données dimensionnelles : surface traitée, puissance de chaudière, ...
- Gain environnemental (CO₂, SO₂, NO_x, ...).

Étude économique

- Coût d'investissement, et le surcoût lié à une amélioration des prestations qualitatives (exemple : mise en place de 25 cm d'isolation au lieu de 15 cm).
- Valorisation CEE :
 - en kWhcumac et en €,
 - ou autres aides financières.
- Étude économique avec :
 - Économie annuelle d'énergie en unité d'énergie (kWhpcs de gaz, litres de fioul, kWh, ...).

- Économie financière du poste énergie (préciser le coût de l'énergie pris en compte) :
 - en valeur absolue et ,
 - en valeur ramenée par m² ou par logts ou ...
- Économie financière du poste énergie dans 20 ans (préciser le coût de l'énergie pris en compte) :
 - en valeur absolue et ,
 - en valeur ramenée par m² ou par logts ou ...
- Temps de retour brut (i.e. avec le coût de l'énergie actuel).
- Temps de retour corrigé (avec prise en compte des aides financières/subventions, CEE, ...).

Analyse économique

- Étude économique (avec prise en compte des scénarii d'évolution des prix, inflation, actualisation, etc) avec :
 - Économie annuelle d'énergie en unité d'énergie (kWhpcs de gaz, litres de fioul, kWh, ...).
 - Économie financière du poste énergie (préciser le coût de l'énergie pris en compte) :
 - en valeur absolue et ,
 - en valeur ramenée par m² ou par logts ou ...
 - Économie financière du poste énergie dans 20 ans (préciser le coût de l'énergie pris en compte, et le taux d'inflation) :
 - en valeur absolue et ,
 - en valeur ramenée par m² ou par logts ou ...
- Temps de retour actualisé (i.e. avec prise en compte du taux d'inflation de l'énergie). Bien préciser le scénario utilisé (augmentation du prix de l'énergie, actualisation des économies).
- Coût du risque environnemental (préciser le coût pris en compte : valeur de la tonne de CO₂ sur le marché carbone ?).

Autres gains / avantages

- Confort : Meilleur confort thermique pour les logements du dernier étage.
- Pérennité : Traitement des infiltrations d'eau.

Les préconisations peuvent être présentées sous forme de fiche ou de paragraphes plus complets comme dans les exemples ci-après.

On pourra lister les améliorations envisagées mais non retenues / étudiées car non adaptées au bâtiment.



ZOOM LE kWh_{CUMAC}

L'unité de compte du CEE est le kWh_{CUMAC}. L'abréviation «cumac» provient de la contraction de «cumulés» – afin de tenir compte des économies générées sur toute la durée de vie de l'équipement utilisé – et «actualisés» afin de prendre en compte une actualisation financière annuelle (taux d'actualisation fixé à 4% par année). Dans la pratique cela revient à imaginer ce qui aurait été consommé si les actions n'avaient pas été entreprises.

EXEMPLE 65

Intervention	Remplacement des ouvrants doubles vitrages sur menuiseries aluminium - $U = 2 \text{ W / (m}^2\text{.K)}$			Intérêt
Bâti	Mise en œuvre			Économique
	Le remplacement des fenêtres existantes sur menuiseries aluminium est réalisé en changeant l' huisserie complète. La simulation a été réalisée avec un coefficient surfacique de transmission $U = 2 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$ maximisant la valorisation de $\text{kWh}_{\text{CUMAC}}$.			++
	Standarts			Énergétique
	Standard RT 2005 : Ouvrants coulissants $U = 2,6 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$ Autres cas $U = 2,3 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$		Référentiel BBC : U de 1,7 à $0,7 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$	++
	Observation			Confort
	<ul style="list-style-type: none"> • Afin d'assurer le renouvellement de l'air naturellement, il est nécessaire de doubler les entrées d'air. • Il est préférable d'utiliser des produits ayant la certification ACOTHERM ou CSTBat en faisant particulièrement attention à la mise en œuvre 			+++
	Analyse			Type
	Détails techniques			à fort investissement
		Surface (m²)	K [W/(m².K)]	
		37	Actuel	Futur
			4,2	2
		Coût des travaux	21 000 € TTC	560 € par m ²
		Surcoût Énergie	4 400 € TTC	
		Gains potentiels		
		Énergétique (kWh)	4 106	216 (€/an) Financiers
	soit	1,2% de la consommation totale		
	Environnemental Économie de CO₂ (tonnes)	0,96		
	Temps de retour			
	Brut (ans)	97	55 (ans) Actualisé	
	Valorisation Certificats d'Économie d'Énergie et autres aides financières			
	115 500	$\text{kWh}_{\text{cumac}}$	cf. fiche BAT-EN-04	
	Avantages	Inconvénients		
	<ul style="list-style-type: none"> • Amélioration du confort par diminution de l'effet de paroi froide. • Diminution des infiltrations d'air. • Diminution des déperditions de chaleur. • Produits disponibles chez de nombreux fabricants. • Revalorisation du bien immobilier. 	<ul style="list-style-type: none"> • Travaux pouvant nécessiter la reprise des revêtements intérieurs (non chiffré). 		

EXEMPLE 65

Intervention	Nettoyer les grilles de ventilation régulièrement			Intérêt
Entretien / Maintenance	Mise en œuvre			Économique
	Pour nettoyer les grilles de ventilation, soulever simplement les attaches de la grille avant et enlevez-la. Les parties en plastique ne doivent être nettoyées qu'avec du savon et un chiffon humide ou une éponge. Un nettoyage mensuel ou bimensuel est conseillé.			+
	Standarts			Énergétique
				+
	Observation			Confort
	Les grilles sont pour la plupart mal entretenues. Vérifier pour chacune d'entre elle que l'entrée d'air n'est pas obstruée.			+++
	Analyse			Type
	Détails techniques			à faible investissement
		Surface (m ²)	K [W/(m ² .K)]	
			Actuel	Futur
		-	-	-
		Coût des travaux	-	
		Gains potentiels		
		Énergétique (kWh) soit	-	(e/an) Financiers
		Environnemental Économie de CO ₂ (tonnes)	-	
	Temps de retour			
	Brut (ans)	-	(ans) Actualisé	
	Valorisation Certificats d'Économie d'Énergie et autres aides financières			
	-	kWhcumac		
	Avantages		Inconvénients	
	<ul style="list-style-type: none"> Action simple Amélioration de la qualité de l'air intérieur ($Q_{actuel} < Q_{mini}$) 		<ul style="list-style-type: none"> Déperditions thermiques par la ventilation plus importante ($Q_{ventil} = Q_{mini}$) 	

EXEMPLE 65

Intervention	Rénovation de la chaudière			Intérêt
Technique	Mise en œuvre			Économique
	Les chaudières des bâtiments sont composées de chaudières RENDAMAX datant de 1991. Bien que leur état extérieur soit correct, le rendement de ces installations diminue sensiblement avec le temps et l'âge de ces chaudières induit des coûts de maintenance plus élevés. De plus, la place occupée par ces chaudières est bien plus importante que l'espace aujourd'hui nécessaire à des chaudières de puissance égale. Dépose de l'ancienne chaudière. Mise en place d'une nouvelle chaudière. Reprise des tuyauteries.			++
	Standarts			Énergétique
	Basse température			++
	Observation			Confort
	Interactions avec d'autres actions			
	La rénovation des chaudières peut être faite de plusieurs façons : • Remplacement par une chaudière basse température • Remplacement par une chaudière à condensation • Mise en place d'une chaudière bois Seules les 3 dernières propositions bénéficient de certificats d'économie d'énergie. Attention ! Vérifier que les émetteurs ne seront pas dégradés par le remplacement de la chaudière			+
	Travaux complémentaires			
	Chaudière basse température. Chaudière à Condensation : reprise de l'ensemble des tubages de cheminées. Chaudière bois : construction d'un silo de stockage			
	Analyse			Type
	Détails techniques			à fort investissement
	Puissance à installer		220 kW	
	Coût des travaux (e HT)	12 000	Chaudière basse température	
	Coût des travaux (e HT)	16 000	Chaudière à condensation	
	Coût des travaux (e HT)		Chaudière bois	
	Remarque : le reste de l'étude concerne la mise en place d'une chaudière à condensation			
	Gains potentiels			
	Énergétique (kWh)	96 000	3 500	(e/an) Financiers
	soit	20% de la consommation totale		
Environnemental Économie de CO ₂ (tonnes)		-		
Temps de retour				
Brut (ans)	13,3	-	(ans) Actualisé	
Valorisation Certificats d'Économie d'Énergie et autres aides financières				
	6 792 000	kWhcumac	cf. fiche BAT-TH-02	
Avantages		Inconvénients		
• Augmentation du rendement des chaudières / Baisse des consommations de combustible		• Intervention à gros investissement • Intervention demandant de gros travaux		

EXEMPLE 66

Autre exemple de présentation des préconisations :

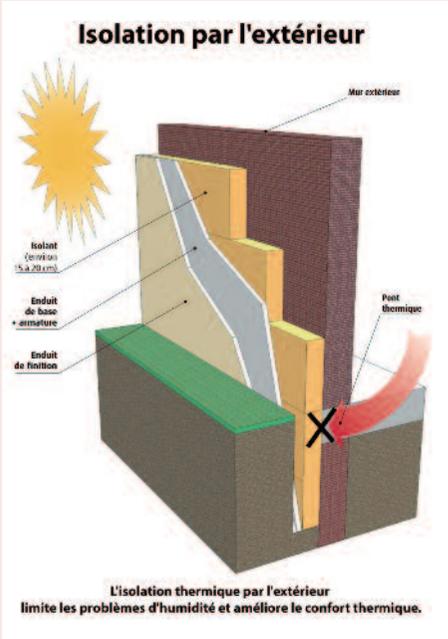
b) Isolation des murs par l'extérieur

Les pertes par les parois extérieures représentent globalement la première part des déperditions thermiques des bâtiments. Ces pertes ne sont que peu importantes (13% du total) sur le bâtiment 32 qui est isolé sur chacune de ces façades. Elles sont en revanche conséquentes (30% du total) pour le bâtiment 34_54, dont seuls les pignons sont isolés par l'extérieur.

L'isolation par l'extérieur présente l'avantage de minimiser les ponts thermiques sur les liaisons entre les murs et les planchers intermédiaires tout en garantissant une inertie thermique du bâtiment plus importante (augmentation du déphasage thermique). De plus, sa mise en place est plus simple que la pose d'une isolation intérieure nécessitant, elle, une intervention dans chacun des logements.

Les façades « lisses » du bâtiment 34_54, sans balcons, facilitent également son installation.

La pose d'une telle isolation pourrait aussi être l'occasion du renouvellement de celle posée en pignons du bâtiment, qui montre de nombreux signes de faiblesse comme le montrent les photos ci-dessous.



La mise en place d'une isolation par l'extérieur (type polystyrène de 10 cm d'épaisseur, = 0,040 W/(m.K)) des façades du bâtiment 34_54 permettrait de limiter significativement les déperditions liées à ce poste.

Les travaux d'isolation standards comprennent la mise en place d'un matériau isolant collé et/ou fixé mécaniquement au support. Cette structure sert de support à l'armature de l'enduit qui est le plus souvent minéral et qui est indépendant de l'isolant.



La pose d'une isolation extérieure permet au coefficient **U** des façades et des pignons de passer à **0,36 W/(m².K)** tout en supprimant les ponts thermiques entre les murs et les planchers intermédiaires.

Le coût de l'isolation par l'extérieur est évalué à 120 € HT/m² en base.

Isolation des murs par l'extérieur	U = 0,36 W/(m².K)
Coût	120 € HT/m²

EXEMPLE 66

c) Les parois vitrées

Les menuiseries actuelles en PVC avec double vitrage sont en bon état et représentent des déperditions thermiques relativement faibles ($U = 2,50 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$). Leur nombre important en façades des bâtiments leur confère cependant une grande part de responsabilité dans les déperditions par les vitrages.

Les menuiseries en aluminium simple vitrage des loggias sont beaucoup plus perméables ($U = 5,00 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$) mais leur association avec des menuiseries PVC double vitrage en entrée des loggias et l'espace tampon qu'elles créent amenuisent leur impact sur les déperditions totales.

Les pertes par les vitrages sont à plus de 90% dues aux menuiseries PVC double vitrage.

Recommander le changement des menuiseries PVC est compliqué, puisque celles-ci ont déjà remplacé les anciennes menuiseries bois des logements. Les déperditions thermiques qui leurs sont accordées vont cependant dans le sens de cette recommandation.

Les menuiseries aluminium, vieillissantes et très perméables, peuvent aussi être changées pour augmenter le confort thermique des loggias.

Les améliorations induites par le remplacement des vitrages actuels sont :

- une isolation thermique plus importante,
- un meilleur confort acoustique.

Le coefficient **U** de tous les ouvrants peut ainsi passer à **1,6 W/(m².K)**. Celui des loggias passe quant à lui à **0,9 W/(m².K)**. D'après les devis obtenus auprès de différents fournisseurs, le prix de telles fenêtres est de l'ordre de 300 € HT/m².

Remplacement des parois vitrées	U = 1,6 W/(m².K)
Coût	300 € HT/m²

6.2 - Définition des scénarii de travaux

Les scénarii de travaux doivent être des proposition(s) de programmes de travaux cohérents et adaptés aux caractéristiques propres de chaque bâtiment étudié. Ces propositions doivent pouvoir être directement utilisables par le maître d'ouvrage, pour lui permettre d'orienter son choix de travaux dans les meilleures conditions de coût, de rentabilité et de délai, accompagnées d'un indicateur de suivi des consommations permettant d'en apprécier les résultats.

Ces scénarii doivent être adaptés aux contraintes du maître d'ouvrage, pour augmenter leur chance de réalisation, ils doivent également prendre en compte les contraintes environnementales actuelles :

■ Scénarii optimisés économiquement :

(suite à un échange avec le maître d'ouvrage)

- À coût d'investissement plafonné :
 - Proposer des scénarii cohérents en mettant en place un nombre limité d'actions sans entraver les possibilités de réaliser des actions complémentaires à court et moyen termes : Privilégier les groupes d'actions spécifiques.

Exemple : refaire une façade à un niveau très performant, plutôt que reprendre l'isolation des parois opaques de tout le bâtiment.
- À coût de fonctionnement optimal (coût global minimum : définir la durée de la période et le taux d'actualisation).

Exemple : diminuer les consommations d'un bâtiment avant de le raccorder à une chaufferie existante pour éviter de devoir modifier la puissance de la chaudière.

■ Scénarii vertueux

- Recherche d'une cible énergétique :
 - scénario type RT existante, ensemble d'actions complet.

Exemple : tous les éléments constitutifs du bâtiment sont améliorés/rénovés avec un niveau de performance type RT 2005.
 - scénario type BBC, ensemble d'actions complet.

Exemple : tous les éléments constitutifs du bâtiment sont améliorés/rénovés avec un niveau de performance type BBC.
- Recherche de réduction des émissions de CO₂.
 - scénario type RT 2012.

Exemple : BBC avec changement d'énergie Exemple : pompe à chaleur sur nappe, chaufferie biomasse.

EXEMPLE 67

À partir des améliorations potentielles présentées précédemment, quatre scénarii ont été définis et étudiés :

■ **Scénario 1 :**

À partir des améliorations potentielles présentées précédemment, quatre scénarii ont été définis et étudiés :

■ **Scénario 1 :**

Isolation par l'extérieur des façades dites « prioritaires », comme indiqué en

■ **Scénario 2 :**

Action mise en place dans le scénario 1 et isolation de la toiture terrasse et du sous-sol.

■ **Scénario 3 :**

Actions mises en place dans le scénario 2, avec isolation extérieure complète des façades et installation d'une VMC de type hygroréglable.

■ **Scénario 4 :**

Actions mises en place dans le scénario 3, avec changement d'énergie (passage de l'électricité au gaz naturel) et remplacement des parois vitrées.

Le premier scénario répond à la question soulevée par le maître d'ouvrage : quel est l'impact de la mise en place d'une isolation extérieure lors des futurs travaux en façades des bâtiments ? Les trois derniers scénarii répondent ensuite à une problématique : comment, par la mise en place d'actions progressives, passer d'une classe de consommation à celle inférieure dans les étiquettes énergie des logements ?

En allant du scénario 0 (situation actuelle) au scénario 4, les objectifs visés sont donc de plus en plus ambitieux et nécessitent des investissements de plus en plus conséquents.

6.3 - Présentation des scénarii travaux

- Indiquer l'objectif de chacun des scénarii (sauf si fait dans le paragraphe « définition des scénarii »).
- Consistance des travaux.
- Liste des préconisations (à indiquer clairement) composant le scénario présenté par « macro action » cohérente.

EXEMPLE 68

■ **Traitement de la façade Nord :**

- Isolation par l'intérieur (rappeler la consistance de la préconisation).
- Remplacement des menuiseries placées au nu intérieur.

■ **Rénovation de la ventilation**

- Remplacement des bouches d'extractions par des modèles auto-réglables.
- Entrées d'air auto réglable intégrées dans les menuiseries remplacées.

■ **Reprise des paramètres de régulation**

- Inclure les travaux complémentaires et nécessaires (induits).

■ Étude économique

- Coût d'investissement, et le surcoût lié à une amélioration des prestations qualitatives (exemple : mise en place de 25 cm d'isolation au lieu de 15 cm).
- Valorisation CEE - en kWhcumac et en € - ou autres aides financières.
- Étude économique avec :
 - Économie annuelle d'énergie en unité d'énergie (kWhpcs de gaz, litres de fioul, kWh, ...).
 - Économie financière du poste énergie (préciser le coût de l'énergie pris en compte) :
 - en valeur absolue et
 - en valeur ramenée par m² ou par logts ou ...
 - Économie financière du poste énergie dans 20 ans (préciser le coût de l'énergie pris en compte) :
 - en valeur absolue et
 - en valeur ramenée par m² ou par logts ou ...
 - Temps de retour brut (i.e. avec le coût de l'énergie actuel).
 - Temps de retour corrigé (avec prise en compte des aides financières/ subventions, CEE, ...).
- Gain environnemental (CO₂, SO₂, NO_x, ...)
- Coût global du scénario :
 - Coût global sans la préconisation : charge de fonctionnement de type P1 + P2 + P3, actualisé sur 20 ans.
 - Coût global avec la préconisation : charge de fonctionnement de type P1 + P2 + P3, actualisé sur 20 ans, amortissement de l'investissement, économie de coût environnementale (attention à la définition de ce coût, il s'agit d'une externalité non nécessairement directement payé par l'utilisateur/ propriétaire du bâtiment).

■ Autres gains / avantages ou risques / inconvénients

L'analyse consiste également en la comparaison des scénarii entre eux. Indiquer celui qui est le plus pertinent.

EXEMPLE 69

b) Consommations et ratios énergétiques après travaux

Les résultats des calculs des modifications engendrées par la mise en place de chacun des scénarii proposés sont présentés dans le tableau ci-dessous. Chaque scénario ayant un impact comparable sur les deux bâtiments, le tableau présente les variations de consommation en prenant en compte la somme des consommations des deux bâtiments.

	Scénario 0	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4
Actions	-	Isolation extérieure des façades prioritaires	1 + isolation toiture et sous-sol	2 + isolation complète des murs, VMC hygroréglable	3 + changement d'énergie, remplacement des parois vitrées
Consommation pour 2417 DJU (kWh_{utile})	1 915 000	1 570 000	1 405 000	1 069 000	1 021 000
Coût d'exploitation (€ TTC)	210 650	172 700	154 550	117 600	49 000
Variation (base scénario 0)	-	-18%	-27%	-44%	-47%
Ratio de chauffage (kWh_{utile}/m²)	113	93	83	63	60
Ratio total (kWh_{EP}/m²)	446	394	368	317	215
Niveau de performance	F	F	F	E	D

c) Économies et investissements

Nous présentons dans le tableau ci-dessous un ordre de grandeur des investissements envisageables dans le cas des différents scénarii. Le coût de l'énergie retenu est le même que précédemment soit : **0,110 € TTC/kWh_{utile}** pour l'électricité.

Tout bâtiment à destination de logements de plus de 2 ans ouvre droit à une TVA à 5,5 % dans le cadre de rénovations. Cette hypothèse est retenue pour la suite de l'étude.

Afin de calculer le temps de retour sur investissements brut, nous prendrons un taux d'actualisation égal à 4% et un taux d'inflation sur le prix de l'électricité égal à 3%.

Désignation des travaux d'amélioration	Économies annuelles sur les charges (pour 2417 DJU)			Projection dans 20 ans		Valorisation CEE	Investissements				
	kWh _{utile}	€TTC	€TTC / logement	Économie (€TTC)	Cumul des économies (€TTC)	kWh _{CUMAC}	Travaux €TTC	Travaux €TTC / logement	Temps de retour brut (années)	Temps de retour actualisé (années)	
1	Isolation extérieure des façades prioritaires	345 000	37 950	183	68 500	1 088 000	12 540 000	850 000	4 110	22	25
	Isolation de la toiture terrasse	120 000	13 150	64	23 750	377 100	1 410 000	135 600	655	10	11
2	Isolation du plancher bas	45 000	5 000	24	9 030	143 400	7 680 000	135 800	655	27	31
	Total	510 000	56 100	271	101 300	1 609 000	21 630 000	1 121 400	5 420	20	22
3	Isolation extérieure des façades restantes	230 000	25 300	122	45 700	725 500	9 614 000	930 000	4 490	37	45
	VMC hygroréglable ²	175 000	19 250	93	34 800	552 000	1 480 000	128 000	620	7	7
	Total	846 000	93 060	450	168 100	2 669 000	32 724 000	2 179 400	10 530	23	26
4	Remplacement des parois vitrées	80 000	8 800	43	15 900	252 000	4 005	745 700	3 600	85	175
	Changement d'énergie ³	-213 000	108 500	524	196 000	3 112 000	?	?	?	?	?
	Total	894 000	161 600	781	291 900	4 634 120	?	?	?	?	?

² Le chiffrage de l'investissement nécessaire à la mise en place d'une VMC hygroréglable à l'intérieur des logements est détaillé en annexe.

³ Le changement d'énergie (passage de l'électricité au gaz) permet de réduire le coût d'achat de l'énergie. Le coût du gaz considéré est de 0,045€ TTC/kWh et le différentiel de prix est donc de 0,065€ TTC/kWh (=0,110-0,045)

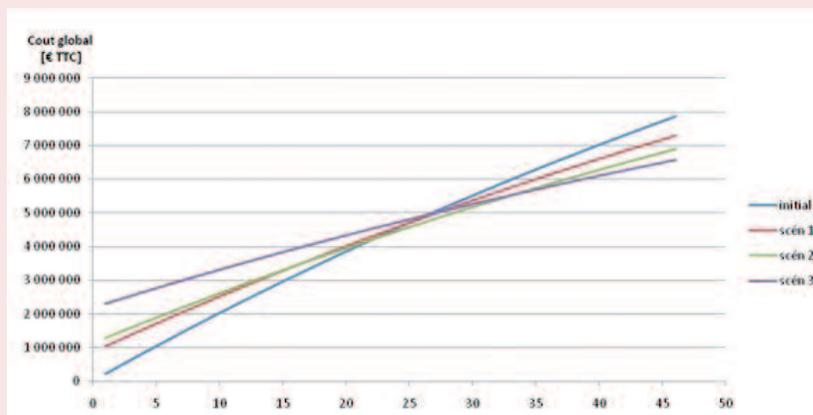
EXEMPLE 69

Les économies annuelles réalisées et donc les temps de retour sur investissement obtenus sont calculés à partir du coût actuel de l'électricité et du taux d'inflation considéré (3%).

La demande de hausse de 20% des tarifs d'électricité sur trois ans annoncée début juillet par EDF engendrerait une augmentation des économies financières tout en diminuant les temps de retour d'un peu plus de 10%.

Le graphe suivant illustre l'évolution du coût global (investissement + coût d'exploitation) pour chaque scénario. On notera que pour le cas initial (scénario 0), le coût global est le moins élevé au début mais qu'ensuite il augmente plus vite que les autres scénarios.

Évolution du coût global



■ Scénario 1

L'isolation extérieure des façades prioritaires ne permet pas d'abaisser l'indice de performance énergie des bâtiments. Les travaux d'un coût inférieur à 1 M€ permettent, outre l'amélioration de l'inertie et du confort thermique du bâtiment, une économie sur les charges de plus de 180 €/an en moyenne pour les logements.

En cas de travaux de reprise d'étanchéité en façade, cette isolation présente donc un intérêt significatif.

■ Scénario 2

Les deux mesures supplémentaires traitées dans le scénario 2 constituent des améliorations presque incontournables.

La toiture terrasse, malgré un aspect extérieur correct, peut être un des facteurs des problèmes d'étanchéité constatés en façade.

Le revêtement en sous-face des planchers bas est faible voir inexistant sur le bâtiment D, et montre des signes de vieillesse sur le bâtiment E. Ces deux points peuvent compromettre la sécurité incendie des immeubles, tout en ne garantissant une isolation thermique que peu importante.

L'isolation de la toiture et du plancher bas permettent également de réduire les différences de déperditions thermiques sur les rez-de-chaussée et les derniers étages, problème relatif au confort des occupants qui avait été soulevé lors de notre visite sur site.

Chacune de ces deux mesures, avec des coûts d'investissement modestes (environ 135 k€ chacune), est donc source de plusieurs améliorations. Avec un temps de retour rapide, en particulier pour l'isolation de la toiture terrasse, elles sont donc fortement recommandées.

Remarque : Les limites de ces recommandations, dues aux hypothèses prises sur l'état de l'existant, ont été soulignées en sections 3.3.6 et 3.3.7.

■ **Scénario 3**

L'isolation extérieure des façades « non prioritaires » a un temps de retour plus important, du fait de la nécessité de fermer l'ensemble des balcons pour que celle-ci ait un réel impact sur les déperditions thermiques des façades. Si les travaux d'étanchéité programmés s'étendent à ces façades, il peut alors être intéressant de fermer les balcons en loggias afin de créer un espace tampon et éventuellement de faciliter la pose de l'isolation extérieure, tout en conservant la possibilité aux occupants des logements de profiter d'espaces ouverts au sein de leur logement.

La pose de la VMC hygroréglable affiche un temps de retour rapide. Ce temps de retour est cependant virtuel puisqu'il ne prend pas en compte les frais d'exploitation et de maintenance supérieurs pour une VMC hygroréglable par rapport aux systèmes autoréglables. Il nous semble donc être une valeur optimiste comparée à nos précédents retours d'expérience. Cette pose nécessite une intervention dans chacun des logements pour remplacer les bouches actuellement existantes. Elle nécessite également en aval une sensibilisation des résidents sur leur gestion des flux aérauliques au sein de leur logement. Ces deux recommandations ne présentent pas une priorité pour le moment et doivent être précédées des améliorations listées ci-dessus. Cependant, elles représentent des axes de travaux incontournables à long terme pour atteindre un niveau inférieur (niveau D) sur l'échelle de performance énergie.

■ **Scénario 4**

L'analyse du scénario 4 permet de confirmer le peu d'intérêt que comporte aujourd'hui le remplacement des parois vitrées. Il met également en avant le gain important sur les charges que permettrait le passage du chauffage au gaz, sans toutefois pouvoir chiffrer ce changement.

Malgré la mise en place virtuelle de l'ensemble des mesures étudiées, les consommations d'énergie électrique liées à l'eau chaude sanitaire et aux usages spécifiques empêchent les bâtiments d'atteindre des niveaux de performance énergétique globaux bas.

d) Émissions de CO₂

Le tableau ci-dessous présente pour chacun des scénarii les quantités annuelles de CO₂ émises pour le chauffage de la résidence.

Les hypothèses suivantes ont été prises :

- pour l'électricité, le facteur d'émission (qui varie sensiblement selon les périodes de l'année et le recours aux centrales thermiques) retenu est celui fixé dans l'arrêté du 15 septembre 2006 relatif au diagnostic de performance énergétique. Il est égal à 0,180 kgCO₂/kWh_{utile}.
- de la même façon pour le gaz naturel, il a été pris égal à 0,274 kgCO₂/kWh PCI avec un rendement d'exploitation estimé à 0,92.

Facteur d'émission de l'électricité : Fe = 0,180 kgCO₂/kWh_{utile}

Facteur d'émission du gaz naturel : Fe = 0,274 kgCO₂/kWh PCI

Scénario	Consommation en kWh _{utile} pour 2417 DJU	Emissions annuelles de CO ₂ (tonnes)	Emissions de CO ₂ évitées annuellement (tonnes)	Niveau de performance Etiquette climat
0	1 915 000	345	-	D
1	1 570 000	283	62	C
2	1 405 000	253	92	C
3	1 000 000	180	165	B
4	1 000 000	274	-	C

6.4 - Analyse économique : analyse de la sensibilité des scénarii travaux aux évolutions des coûts (prix et fiscalité) des énergies

- Étude économique (avec prise en compte des scénarii d'évolution des prix, inflation, actualisation, etc.) avec :
 - Économie annuelle d'énergie en unité d'énergie (kWhpcs de gaz, litres de fioul, kWh, ...)
 - Économie financière du poste énergie (préciser le coût de l'énergie pris en compte)
 - en valeur absolue et
 - en valeur ramenée par m² ou par logts ou ...
 - Économie financière du poste énergie dans 20 ans (préciser le coût de l'énergie pris en compte, et le taux d'inflation)
 - en valeur absolue et
 - en valeur ramenée par m² ou par logts ou ...
- Temps de retour actualisé (i.e. avec prise en compte du taux d'inflation de l'énergie). Bien préciser le scénario utilisé (augmentation du prix de l'énergie, actualisation des économies)
- Coût du risque environnemental (préciser le coût pris en compte : valeur de la tonne de CO₂ sur le marché carbone ?)
- Analyse des conséquences de l'évolution des coûts de l'énergie sur le choix du scénario travaux

On pourra évaluer l'étiquette énergétique du bâtiment après la mise en place des différentes préconisations.

EXEMPLE 70

e) Perspectives

L'étude des préconisations techniques a été menée dans un souci permanent de faisabilité technique et financière des travaux. Toutefois, au vue des montants à dégager, un étalement des ces travaux sera à prévoir sur quelques années, d'où la nécessité de hiérarchiser les priorités.

À ces fins nous rappelons que les premières mesures qui doivent être prises sont les mesures gratuites ou très peu onéreuses du type utilisation du mode de gestion économique des ordinateurs, nettoyage des grilles de ventilation, optimisation des plannings ou encore condamnation physique du chauffage des zones non chauffées.

Il ressort ensuite que deux préconisations peu onéreuses permettent de réaliser des économies substantielles : la mise en place d'une horloge sur les CTA et les VMC ainsi que la mise en place d'un condenseur sur la première chaudière.

Ces actions combinées, permettant une économie annuelle d'énergie de 51 884 kWh_{EP}, évitent une émission de 11,2 tonnes de CO₂ dans l'atmosphère pour un temps de retour sur investissement inférieur à 4 ans :

État	Gain et classement DPE	
	Énergie primaire	Émissions CO ₂
État actuel	231 kWh _{EP} .m ² .an ⁻¹	20 kg CO ₂ .m ² .an ⁻¹
▼ Budget : 11 000 € ^{HT}		
Mise en place à court terme	207 kWh _{EP} .m ² .an ⁻¹	16 kg CO ₂ .m ² .an ⁻¹

7 - Financements envisageables

7.1 - Les aides financières	137
7.2 - Les aides fiscales	138
7.3 - Les Certificats d'Économie d'Énergie	141
7.4 - Les autres financements possibles	143

Décrire dans cette partie les moyens de financement existants pour les projets d'améliorations des bâtiments.

Pour chaque moyen existant, donner :

- Le financeur,
- Les conditions de financement,
- Les moyens d'y accéder,
- Les préconisations concernées.

On pourra détailler certains types de financement tel que les certificats d'économie d'énergie.

EXEMPLE 7.1

7.1 - Les aides financières

Les préconisations présentées dans ce rapport impliquent un gros investissement. Il existe plusieurs aides financières afin de soutenir les investissements en faveur des économies d'énergies :

- Les aides fiscales : crédit d'impôt développement durable, la TVA à 5.5%
- Les certificats d'économies de l'énergie,
- Les aides de l'ANAH,
- Les aides des collectivités territoriales,
- Les éco-prêts,
- Les aides des distributeurs d'énergie (EDF, GDF – Suez, ...).

Ces aides peuvent être cumulables ; il suffit de vérifier les conditions de chacune des aides avant.

Ces aides sont soumises à des conditions tant pour la personne les demandant que pour le type de bâtiments concernés.

Pour connaître l'ensemble des aides et leurs conditions, il faut contacter les espaces info-énergie le plus proche.

Dans la suite du rapport sont étudiés, plus en détail, les aides fiscales et les certificats d'économie d'énergie.

7.2 - Les aides fiscales

■ Généralité

L'Etat s'est engagé à réduire les émissions de gaz à effet de serre et à valoriser de plus en plus les énergies renouvelables pour moins polluer et mieux consommer les énergies. Pour cela, le crédit d'impôt est un moyen incitatif qui permet au contribuable de déduire des sommes importantes sur sa feuille d'impôt à condition que soient effectués des travaux en faveur d'économies d'énergie, par l'emploi de matériaux performants d'isolation par exemple, d'équipements thermiques à haute performance énergétique, ... La réduction d'impôt incite à faire un choix d'investissement pour le long terme, pour ce que l'on nomme le développement durable.

Depuis 2005, le crédit d'impôt est réservé aux équipements les plus performants en matière d'économie d'énergie (matériaux d'isolation thermique, chaudières économes en énergie, appareils de régulation de chauffage), aux équipements de production d'énergie utilisant une source d'énergie renouvelable (énergie solaire, éolienne, bois) et à certaines pompes à chaleur.

Les dépenses en faveur d'économies d'énergie depuis 2005 et désormais payées jusqu'à fin 2012 ouvrent ainsi droit à un crédit d'impôt pouvant aller jusqu'à 50 % du montant des dépenses. La nouvelle loi de finances 2010 applicable depuis le 1er janvier 2010 modifie les modalités et applications de la loi 2009 mais l'esprit reste le même : favoriser les équipements et travaux entraînant des économies d'énergie pour l'habitat.

■ Bénéficiaires

Le nouveau crédit d'impôt est toujours réservé à l'habitation principale, et concerne désormais :

1. Celui qui engage les travaux dans son lieu d'habitation principale, soit le propriétaire, le locataire ou l'occupant à titre gratuit. Le montant des dépenses ouvrant droit au crédit d'impôt ne peut excéder, au titre d'une période de cinq années consécutives comprises entre le 1er janvier 2005 et le 31 décembre 2012, la somme de 8 000 euros pour une personne célibataire, veuve ou divorcée et de 16 000 euros pour un couple soumis à l'imposition commune avec une majoration de 400 € par personne à charge.
2. Celui qui engage les travaux dans des logements qu'il loue, soit le propriétaire pour les logements achevés depuis plus de deux ans qui s'engage à louer nu à usage d'habitation principale pendant une durée minimale de cinq ans, à des personnes autres qu'un membre de son foyer fiscal. Pour un même logement donné en location, le montant des dépenses ouvrant droit au crédit d'impôt pour le bailleur ne peut pas excéder, pour la période du 1er janvier 2009 au 31 décembre 2012, la somme de 8 000 euros. Au titre de la même année, le nombre de logements donnés en location et faisant l'objet de dépenses ouvrant droit au crédit d'impôt est limité à trois par foyer fiscal.
3. Celui qui fait construire ou achète un logement neuf. Dans ce cas, et si le logement possède un chauffage bois, pompe à chaleur, solaire thermique ou photovoltaïque, alors il est également possible de bénéficier du même crédit d'impôt que pour les points 1 et 2 ci-avant.

Afin d'inciter les contribuables à acquérir les équipements les plus performants en matière d'économie d'énergie et à réaliser des travaux d'isolation thermique, la liste des dépenses de travaux éligibles concerne les équipements à haute performance énergétique.

Le crédit d'impôt a coûté 2,8 milliards d'euros en 2009 pour un budget prévu de 1,5 milliard.

■ Fonctionnement

Les différentes instructions fiscales en annexe précisent les conditions d'obtention du crédit d'impôt (personnes, logements et équipements concernés) ainsi que son mode de calcul.

Vous pourrez bénéficier de ce crédit d'impôt, que vous soyez imposable ou non. Si le crédit excède l'impôt dû, l'excédent vous est restitué.

Si vous n'êtes pas imposable, le Trésor Public vous fait un chèque du montant du crédit d'impôt.

En effet, si le crédit d'impôt est supérieur au montant de l'impôt dû, l'excédent vous sera remboursé. Si vous êtes non imposable, c'est la totalité du crédit d'impôt qui vous sera remboursée.

Le crédit d'impôt concerne les dépenses d'acquisition de certains équipements favorisant les « économies d'énergie » telles que :

- Les chaudières à condensation
- Les matériaux d'isolation
- Les équipements utilisant des énergies renouvelables : le solaire, le bois ...
- Les pompes à chaleur dont la finalité essentielle est la production de chaleur, hors PAC air/air
- Les appareils de régulation de chauffage
- Les équipements de raccordement à certains réseaux de chaleur.

Le taux du crédit d'impôt valable à partir du 1er janvier 2010 est égal à 25% ou 40% et 50% du montant des dépenses retenues dans la limite d'un plafond qui s'applique globalement à l'ensemble des dépenses effectuées jusqu'au 31 décembre 2012.

Les énergies renouvelables comme le solaire, la pompe à chaleur, (géothermie), le bois sont favorisées. Le crédit d'impôt concerne les habitations principales neuves.

Les habitations existantes sont bien entendu favorisées.

	Résidence principale	
	Neuve ou en construction	existante
Équipements solaires		
thermique/photovoltaïque (1) (4)	50%	50%
Pompe à chaleur		
sol/eau eau/eau Géothermie (2)	40%	40%
Pompe à chaleur		
air/eau Aérothermie (2)	25%	25%
Capteurs géothermiques (8)	40%	40%
Chauffe eau thermodynamique (7)	40%	40%
Chaudière Bois		
1er investissement/renouvellement (3)	25/40%	25/40%
Chaudière à condensation gaz ou fioul (4)	-	15%
Chaudière basse température gaz ou fioul (4)	-	T
Régulations programmables (4)	-	25%
T.V.A (5)	19,6%	5,5%
Diagnostic de performance énergétique ou DPE (6)	-	50%
Isolation thermique (fourniture et pose)	-	25%
Remplacement fenêtres	-	15%

Tableau 30 : Tableau de synthèse des crédits d'impôt

T : terminé à partir du 1er janvier 2010. Les dépenses effectuées en 2008 et 2009 bénéficient toujours du crédit d'impôt selon la loi de finances de l'année correspondante.

(1) Capteurs solaires certifiés CST Bat ou Solar Keymark

(2) Le coefficient de performance minimal pour les différents types de pompes à chaleur doit être de 3,3.

• PAC géothermiques Sol/Eau ou Sol/Sol pour une température d'évaporation de -5 °C.

• Autres PAC géothermiques et PAC Air/Eau pour une température d'évaporation de + 7°C.

• Le crédit d'impôt ne s'applique plus aux PAC Air/Air à compter du 1er janvier 2009.

(3) Depuis le 1er janvier 2010, quelques modifications ont été apportées aux équipements éligibles au crédit d'impôt : le rendement énergétique minimum des chaudières bois est de 80 % avec une concentration en monoxyde de carbone (CO) inférieure ou égale à 0,3 %. Pour les équipements à chargement automatique de moins de 300 kW, ce rendement doit désormais être de 85 % minimum.

(4) Le crédit d'impôt s'applique au coût d'achat du matériel. Devis et factures établis par un installateur qualifié

(5) La TVA s'applique au total HT du devis, achat matériel et pose comprise.

(6) Un seul DPE par période de 5 ans.

(7) COP de 2.2 minimum pour les CE thermodynamique avec pompe à chaleur

(8) Concerne la pose des capteurs géothermiques, incluant les terrassements et les forages, soit les travaux extérieurs.

■ Dépenses concernées par le crédit d'impôt

Le crédit d'impôt porte sur le prix des équipements et des matériaux, hors main d'œuvre.

Cependant, dans le cas de l'isolation thermique, la pose est également prise en compte (nouveau de la loi de finances 2009).

De même, la pose de capteurs géothermiques, comprenant les terrassements et les forages des puits géothermiques permettent désormais de bénéficier d'un crédit d'impôt de 40% (Nouveauté loi de finances 2010).

L'installation doit être réalisée par une entreprise et une facture (ou une attestation fournie par le vendeur ou le constructeur du logement neuf) portant mention des caractéristiques requises dans l'arrêté, doit être établie pour les services fiscaux.

En cas d'aide publique supplémentaire pour l'acquisition de l'équipement (conseil régional, conseil général, ANAH, ...), le calcul du crédit d'impôt se fait sur les dépenses d'acquisition des équipements, déductions faites des aides publiques, selon les modalités définies dans l'instruction fiscale.

■ Plafond du crédit d'impôt

Pour la période du 1er janvier 2005 au 31 décembre 2012, pour un même contribuable et une même habitation, le montant des dépenses pris en compte ne peut dépasser la somme de :

- 8 000 € pour une personne célibataire, veuve ou divorcée,
- 16 000 € pour un couple marié ou lié par un PACS soumis à imposition commune.

Cette somme est majorée de 400 € par personne à charge.

Ces majorations sont divisées par deux lorsque l'enfant est à charge égale de ses parents.

■ Logement en location

Celui qui engage les travaux dans des logements qu'il loue peut bénéficier du crédit d'impôt.

Soit le propriétaire bailleur qui s'engage à louer nu à usage d'habitation principale pendant une durée minimale de cinq ans, à des personnes autres que conjoint ou membre de son foyer fiscal ou le locataire même.

Pour un même logement donné en location, le montant des dépenses ouvrant droit au crédit d'impôt pour le bailleur ne peut pas excéder, pour la période du 1er janvier 2009 au 31 décembre 2012, la somme de 8000 euros. Au titre de la même année, le nombre de logements donnés en location et faisant l'objet de dépenses ouvrant droit au crédit d'impôt **est limité à trois par foyer fiscal**.

Pour connaître ses droits au crédit d'impôt, il est conseillé de se reporter aux dispositions figurant à l'article 200 quater du code général des impôts (article modifié par la loi n°2009-1674 du 30/12/2009 - art 58 (V)).

■ Conclusion

Le crédit d'impôt est toujours très incitatif pour réaliser des économies d'énergies. C'est normal, la France a signé des engagements pour préserver l'énergie et notre environnement. Incitation est faite pour investir. Attention, dès cette année 2010, certains crédits d'impôts baissent : pompe à chaleur, chaudières bois ...

Les grands gagnants sont les équipements performants et les EnR comme le solaire, la pompe à chaleur et le bois qui offrent un crédit d'impôt toujours intéressant, jusqu'en 2012.

7.3 - Les Certificats d'Économie d'Énergie

Introduit par la loi du 13 juillet 2005, le dispositif des Certificats d'économie d'énergie (CEE) est un dispositif d'incitation aux économies d'énergie contraignant les fournisseurs d'énergie (électricité, gaz réseau ou citerne, fioul, carburant, chaleur/froid), dénommés « obligés » à accompagner les consommateurs (collectivités, entreprises, particuliers) dans leurs investissements visant à réduire leur consommation énergétique. Cet objectif est assorti d'une pénalité financière de 2 centimes €/kWh cumac pour les fournisseurs d'énergie ne remplissant pas leurs obligations dans le délai imparti.

Une deuxième période est entrée en vigueur au 1er janvier 2011 avec quelques modifications d'application et des objectifs d'économie renforcés. Si vous avez des projets d'investissements en économie d'énergie, comparez les "primes" que proposent les fournisseurs d'énergie. Ces primes peuvent varier de 1 à 5 pour le même investissement !

Présentation du dispositif et ensemble des textes réglementaires :
<http://www.developpement-durable.gouv.fr/-Certificats-d-economies-d-energie,188-.html>

■ Condition d'éligibilité au dispositif :

Nature des investissements/travaux

- Investissements/travaux identifiés dans les fiches « standardisées ». Les fiches standardisées définissent les équipements, les travaux type ouvrant droit à CEE sous réserve du respect des conditions d'application spécifiées. Dans le cas où les investissements relèvent des fiches standardisées, le délai d'instruction de la demande est de 3 mois maximum.
- Investissement non identifiés dans les fiches standardisées : les investissements et les économies attendues doivent être expertisées sur la base de justificatifs des économies prévisionnelles définies lors de diagnostics énergétiques (performance des équipements, consommations de référence, état du marché, etc). Dans le cas où les investissements ne relèvent pas des fiches standardisées, le délai d'instruction de la demande est de 6 mois maximum.

Les modalités d'utilisation du dispositif CEE dépendent de la nature du maître d'ouvrage. On distingue 2 cas :

- Les collectivités, l'ANAH, les (bailleurs sociaux) qui peuvent soit demander directement des CEE pour ensuite les valoriser soit établir un partenariat avec un obligé avant la réalisation des investissements.
- Les autres (entreprises, etc) qui ne peuvent pas demander directement mais peuvent établir un partenariat avec un obligé avant la réalisation des investissements (cf. solution 1 ci-dessous).

Solution 1 demander directement des CEE.

Dans ce cas, le maître d'ouvrage prend à sa charge la constitution du dossier de demande, le suivi de la demande auprès des services de l'État et la vente des certificats correspondants.

Principales étapes :

- 1) Réaliser les investissements économes en énergie ; Bien veiller à l'identification des justificatifs ;
- 2) Déposer un dossier CEE auprès des autorités (Préfecture) qui procéderont à la délivrance des CEE (sous réserves de l'éligibilité du dossier de demande) ; Ouvrir un compte sur le registre Emmy (www.emmy.fr)
- 3) Vendre les CEE (marché de gré à gré).

Solution 2 : établir un partenariat avec un obligé.

Le maître d'ouvrage peut également établir un partenariat avec un obligé afin d'obtenir une participation financière en échange de la cession du droit de réclamer les CEE au titre des actions engagées. Dans ce cas, la charge administrative liée à la gestion des certificats ne repose plus sur le MO mais sur son partenaire. Un tel partenariat ne relève pas du droit de la commande publique si les critères suivants sont respectés dans le document qui le finalise :

- il prévoit l'équivalence de valeur financière entre participation financière et CEE cédés ;
- il ne prévoit aucune prestation de service par le partenaire de la collectivité ;
- la participation financière n'intervient pas avant la fin des travaux.

EXEMPLE 71

Le partenariat peut par exemple être formalisé à travers le protocole d'accord et de la convention d'application dont les modèles peuvent être téléchargés sur le site du ministère du développement durable.

Enfin, la législation en vigueur ne prescrit pas d'exigence de mise en concurrence pour la sélection d'un partenaire d'une telle convention.

Principales étapes :

- 1) Passer un accord avec un obligé avant la réalisation de l'investissement (en précisant notamment la nature de l'opération, le montant de CEE qui seront générés par l'investissement et la contribution de l'Obligé à cette opération (par exemple le montant de la prime accordée).
- 2) Réaliser l'investissement ;
- 3) Fournir les justificatifs à l'Obligé qui déposera un dossier CEE auprès des autorités (Préfecture) qui procéderont à la délivrance des CEE (sous réserves de l'éligibilité du dossier de demande).

Le versement de la prime se fait, avant ou après la réalisation des investissements (selon les pratiques de obligé partenaire et de la nature de l'opération).

Période de Validité des investissements :

- Une demande de certificats d'économies d'énergie ne peut porter que sur des actions achevées moins d'un an avant la date de cette demande.
- Dans le cas d'un partenariat, la contribution du demandeur doit être intervenue antérieurement au déclenchement de l'opération.

Seuil :

Les dossiers déposés doivent représenter une qualité minimale de 20 GWh cumac. Par dérogation, toute personne mentionnée à l'article 1er est autorisée à déposer une fois par année civile une demande de certificats d'économies d'énergie dont le volume est inférieur au seuil précité.

Les actions préconisées présentes sous forme de fiches dans la partie précédente et éligibles aux CEE correspondent aux fiches d'opérations standardisées suivantes :

N° de fiche	Intitulé	kWh _{CUMAC}
Enveloppe		
BAT-EN-04	Fenêtres isolantes	115 500
Thermique		
BAT-TH-02	chaudière de type condensation	2 647 500
BAT-TH-27	Raccordement d'un bâtiment tertiaire à un réseau de chaleur alimenté par des énergies renouvelables	3 131 000
Équipement		
BATEQ-01	luminaires à ballasts électroniques T5 équipés de photodiodes	53 170
Total kWh_{CUMAC} :		5 947 170

Tableau 32 : Liste des gains kWh cumac

L'ensemble des fiches listées ci-dessus, utilisées pour l'estimation du montant de certificats correspondant à chaque proposition d'amélioration, est visible en annexe G.

Le coût global des travaux d'améliorations (4 actions) susceptibles d'être sujets à obtention de CEE s'élève à **954 330 € HT**, correspondant à un montant total de certificats de **5,9 GWh_{CUMAC}**.

Le tableau ci-dessous présente les taux de couverture envisageables pour différents tarifs du kWh_{CUMAC} potentiels.

Investissements	Montant de certificats	Taux de couverture	Taux de couverture	Taux de couverture
		si 2 €/MWh _{cumac}	si 5 €/MWh _{cumac}	si 10 €/MWh _{cumac}
954 330 € HT	5 947 MWh _{CUMAC}	1,2%	3,1%	6,2%

Tableau 33 : Taux de couverture des investissements en fonction du tarif d'achat des CEE

7.4 - Les autres financements possibles

Le système complet des aides proposées par l'ADEME comporte, outre l'aide à la décision comme le financement des audits énergétiques, un système d'aide aux investissements liés à une utilisation rationnelle de l'énergie (amélioration des installations ou de pratiques existantes).

Dès lors qu'une opération participe à la satisfaction des objectifs poursuivis par l'ADEME, elle peut obtenir un soutien financier. Conformément à l'encadrement communautaire et aux priorités de l'ADEME, des règles sont fixées en matière d'éligibilité des dossiers et de calcul des coûts pris en compte pour la détermination des aides : elles sont décrites dans des documents plus spécifiques. Pour plus d'informations, nous vous invitons à contacter votre direction régionale ADEME.

Enfin, le décret n°2002-636 du 23 avril 2002, pris en application de la loi du 15 juillet 1980 relative aux économies d'énergie et à l'utilisation de la chaleur, a défini le champ d'intervention des sociétés, dénommées "Sofergie", spécialisées dans le financement des investissements de maîtrise de l'énergie par voie de crédit-bail.

Les Sofergies sont des sociétés financières spécialisées dans le financement par voie de crédit-bail immobilier et mobilier ou sous forme de location simple des investissements destinés, notamment, à économiser l'énergie ou à protéger l'environnement.

Outre l'acquisition d'équipements spécifiques, les Sofergies peuvent également financer les constructions et terrains qui leur sont indissociables, les frais de transport, montage et démontage, les travaux et installations complémentaires indispensables et les frais financiers intercalaires.

Pour plus d'informations, consulter la présentation des "Sofergies" à partir du site internet de l'Association française des sociétés financières.

8 - Conclusion

Dans cette partie, précisez notamment :

- l'aspect général du bâtiment (présence/absence de dégradations majeures) ;
- les principales conclusions de l'analyse spécifique des consommations ;
- les principales conclusions sur l'analyse des systèmes ;
- les grands axes des préconisations et les principales conclusions sur le potentiel d'économie d'énergie du bâtiment.

Un compte rendu de la réunion finale pourra être intégré. Ce compte rendu intégrera le plan d'actions qui a été défini avec le maître d'ouvrage.

EXEMPLE 72

Cet audit thermique des bâtiments de la résidence X à Caluire a permis d'apporter des éléments de réponse quant aux possibilités d'améliorer la performance énergétique de l'immeuble, point de départ de la réalisation de cet audit.

Rappelons dans un premier temps que le niveau de consommation actuel de la résidence est tout à fait raisonnable pour une construction de son âge, ayant bénéficié de peu de travaux de rénovation thermique (une partie des menuiseries + toiture).

Du constat de l'existant a pu être dégagé plusieurs axes de travaux de rénovation et d'amélioration d'une part au niveau de l'enveloppe mais également sur les systèmes énergétiques.

Chaque action a été caractérisée en terme de gain énergétique et financier mais également en terme de coût et de retour sur investissement afin que cet audit serve d'outil d'aide à la décision pour la copropriété.

La réduction des consommations énergétiques passe dans un premier temps par la réduction des déperditions thermiques par une meilleure isolation (fenêtres et parois) et par un renouvellement d'air maîtrisé (VMC) avant d'optimiser les systèmes énergétiques (chaufferie, distribution..).

Dans ce cadre de travaux d'amélioration raisonnables (ne s'agissant pas d'une réhabilitation totale) les objectifs de réduction de consommation d'énergie peuvent atteindre 40 % de la consommation actuelle, permettant d'atteindre un ratio de chauffage de 79 kWhPCI/m² tout à fait satisfaisant.

EXEMPLE 72

De l'ensemble des actions que nous avons proposées, certaines peuvent et/ou doivent être regroupées de manière logique et cohérente afin d'être envisagées par phase ou par lot.

Nous proposons ainsi 3 lots pouvant être articulés de la manière suivante :

Lot isolation :

Comprenant le remplacement des menuiseries d'origine et l'isolation intérieure de logement. Ce lot est du ressort de chaque propriétaire, qui pourra ou non effectuer ces travaux et sans qu'il y ait d'interaction avec les lots suivant.

Lot ventilation :

Idéalement, il serait intéressant de remettre l'installation de VMC a neuf (hors gaines), c'est-à-dire : mise en place de bouche d'entrée d'air normalisée, équilibrage du réseau et remplacement des caissons d'extraction

Lot Chauffage :

Plutôt que de réaliser les actions 6 – 7 et 8 au coup par coup en fonction des budgets disponibles, le regroupement d'action s'impose logiquement. Ainsi, la pose de robinets thermostatiques ne sera réellement efficace que si le réseau est en bon état (désembouage éventuel) et correctement équilibré. Seulement dans ces conditions, la pose de compteur calorifique aura un sens dans la mesure où la régulation terminale est efficace. Les actions 7 et 8 s'enchaînent logiquement.

La rénovation chaufferie (action 6) pourra être réalisée en même temps, par anticipation de sa fin de vie afin d'obtenir au plus tôt le meilleur rendement, ou d'ici 5 à 10 ans maximum.

La question de l'ECS solaire devra être décidée avant cette rénovation pour être réalisée de préférence en même temps que la chaufferie.

Exemple :

Lors de la réunion de rendu final, il a été défini avec le maître d'ouvrage le plan d'actions suivant pour le lot chauffage :

1. Informations de copropriétaires des résultats de l'étude afin de connaître les personnes intéressées et éventuellement faire une consultation d'entreprises communes.
2. Désembouage et équilibrage du système de chauffage.
3. Pose de robinets thermostatiques dans les communs et dans les appartements des propriétaires intéressés.
4. Mise en place de compteurs calorifiques.
5. Rénovation de la chaufferie.
6. Optimisation de la régulation.

Les autres préconisations ne peuvent être mises en place que par les propriétaires ; ce sera de leur ressort.

Cliquez sur l'icône
pour télécharger
et visualiser l'annexe !

Annexes

A - Méthodologie des mesures et calculs

B - Caractéristiques thermiques minimales RT Existant

C - Déperditions thermiques du bâtiment

D - Plans des réseaux

E - Non conformités - Améliorations

F - Modèles d'éclairage de secours «performant»

G - Certificats d'économies d'énergie (Fiches CEE)

H - Informations complémentaires



Remerciements

■ Comité de pilotage

Philippe BOIMOND
ADEME, direction régionale Provence-Alpes-Côte d'Azur

Jacques-Olivier BUDIN
ADEME, service animation territoriale

Maïté CACAUX
ADEME, direction régionale Haute-Normandie

Hubert DESPRETZ
ADEME, service bâtiment

Eddy POITRAT
ADEME, direction régionale Haute-Normandie

Jean-Yves RICHARD
ADEME, direction régionale Franche-Comté

Antoine TRANCHANT
ADEME, direction régionale Ile-de-France

■ Rédaction

ADEME
et GIRUS Ingénierie

■ Coordination technique et coordination de l'édition

Maïté CACAUX
ADEME, direction régionale Haute-Normandie

■ Mise en page et suivi d'édition

Agence BDSA,
Le Havre

Glossaire

ACERMI : certification de l'Association pour la Certification des Matériaux Isolants

Acotherm : label de certification thermique et phonique des fenêtres

APD : Avant Projet Définitif

APS : Avant Projet Sommaire

B2S (tarif) : Binôme 2 Saisons

BAES : Bloc Autonome d'Éclairage de Sécurité

BBC : Bâtiment Basse Consommation

CEE : Certificat d'Économie d'Énergie

COE : Conseil en Orientation Énergétique

Conductivité

thermique : grandeur physique caractérisant le comportement des matériaux lors du transfert thermique par conduction

CSTBAT : certification du Centre Scientifique et Technique du Bâtiment

CTA : Centrale de Traitement d'Air

DJU : Degré Jour Unifié

DOE : Dossier des Ouvrages Exécutés

DSP : Délégation de Service Public

ECS : Eau Chaude Sanitaire

ERP

(Classement) : Établissement Recevant du Public.

Exemple : pour le classement R 4, R signifie «établissement scolaire», 4 signifie «300 personnes et moins».

FLJ : Facteur de Lumière de Jour moyen

FOD : Fuel Oil Domestique

GES : Gaz à Effet de Serre

GTC : Gestion Technique Centralisée

GV : Grande Vitesse

GWP : Global Warming Potential

HC : Heure Creuse

HCE : Heure Creuse Été

HCH : Heure Creuse Hiver

HPE : Heure Pleine Été

HPH : Heure Pleine Hiver

HSP : Hauteur Sous Plafond

IRC : Indice de Rendu des Couleurs

kWh_{CUMAC} : kilowattheures cumulés actualisés (= générée sur toute la durée de vie d'un équipement)

kWh_{ef} : kilowattheure d'énergie finale (= facturée)

kWh_{ep} : kilowattheure d'énergie primaire (= disponible dans la nature)

MV : Moyenne Vitesse

ODP : Ozone Depletion Potential

PCI : Pouvoir Calorifique Inférieur

PCS : Pouvoir Calorifique Supérieur

PV : Petite Vitesse

PV : Photovoltaïque

R : Résistance thermique : exprime la résistance d'un matériau au passage d'un flux de chaleur

RT 2005 : Réglementation Thermique 2005

SHON : Surface Hors d'œuvre Nette

SU : Surface Utile

SV : Simple Vitrage

TGBT : Tableau Général Basse Tension

UTA : Unité de Traitement d'Air

VMC : Ventilation Mécanique Contrôlée

L'ademe en bref

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) est un établissement public sous la triple tutelle du ministère de l'Ecologie, du Développement durable, des Transports et du Logement, du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche et du ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie. Elle participe à la mise en oeuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable.

Afin de leur permettre de progresser dans leur démarche environnementale, l'Agence met à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et du grand public, ses capacités d'expertise et de conseil. Elle aide en outre au financement de projets, de la recherche à la mise en oeuvre et ce, dans les domaines suivants : la gestion des déchets, la préservation des sols, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, la qualité de l'air et la lutte contre le bruit.



ADEME
20, avenue du Grésillé
BP 90406 | 49004 Angers Cedex 01

www.ademe.fr