

*RAPPORT DE SYNTHÈSE  
AUDIT ÉNERGETIQUE*

**CITE ADMINISTRATIVE DU CLUZEL  
PREFECTURE D'INDRE ET LOIRE  
37 000 TOURS**



Maître d'ouvrage : Préfecture d'Indre et Loire  
Adresse : 15, rue Bernard Palissy  
37 925 Tours cedex 9

Bureau d'étude : ENERGIO  
Adresse : 7, rue Dublineau - 37000 TOURS  
Téléphone : 02.47.88.02.02.  
Auditeur : Alexandre GARCIA



## A. SOMMAIRE

---

<b>A.</b>	<b>SOMMAIRE .....</b>	<b>3</b>
<b>B.</b>	<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>5</b>
B.1.	OBJECTIFS DE L'ETUDE.....	5
B.2.	DEROULEMENT DE L'ETUDE.....	6
<b>C.</b>	<b>PRESENTATION DU SITE .....</b>	<b>7</b>
C.1.	GENERALITES .....	7
C.2.	DESCRIPTION DU BATI ET DES EQUIPEMENTS .....	8
C.2.1.	<i>Schéma du bâti.....</i>	<i>8</i>
C.2.2.	<i>Bâti.....</i>	<i>9</i>
C.2.3.	<i>Chauffage.....</i>	<i>10</i>
C.2.4.	<i>Eau chaude sanitaire.....</i>	<i>10</i>
C.2.5.	<i>Renouvellement d'air.....</i>	<i>11</i>
C.2.6.	<i>Refroidissement.....</i>	<i>11</i>
C.2.7.	<i>Eclairage.....</i>	<i>11</i>
C.2.8.	<i>Autres équipements consommateurs.....</i>	<i>12</i>
<b>D.</b>	<b>ANALYSE DES CONSOMMATIONS .....</b>	<b>13</b>
D.1.	GAZ NATUREL.....	13
D.1.1.	<i>Bilan.....</i>	<i>13</i>
D.1.2.	<i>Evolution de la consommation.....</i>	<i>13</i>
D.1.3.	<i>Régulation.....</i>	<i>14</i>
D.2.	ELECTRICITE.....	14
D.2.1.	<i>Bilan.....</i>	<i>14</i>
D.2.2.	<i>Evolution de la consommation.....</i>	<i>16</i>
D.3.	BILAN ET ETIQUETTE ENERGIE/CLIMAT .....	18
D.3.1.	<i>Bilan.....</i>	<i>18</i>
D.3.2.	<i>Etiquette énergie/ climat Audit.....</i>	<i>19</i>
D.3.3.	<i>Etiquette énergie/ climat DPE réglementaire 2008.....</i>	<i>19</i>
<b>E.</b>	<b>ETUDE COMPORTEMENTALE.....</b>	<b>20</b>
E.1.	CONFORT THERMIQUE D'HIVER.....	20
E.2.	CONFORT THERMIQUE D'ETE .....	20
E.2.1.	<i>Dérive des températures.....</i>	<i>22</i>
E.3.	QUALITE D'AIR.....	24
E.4.	UTILISATION DE L'ECLAIRAGE .....	24
E.5.	UTILISATION DE L'INFORMATIQUE.....	25
<b>F.</b>	<b>ANALYSE ET SIMULATION ENERGETIQUE .....</b>	<b>26</b>
F.1.	CHAUFFAGE .....	26
F.1.1.	<i>Analyse de l'enveloppe.....</i>	<i>26</i>
F.1.2.	<i>Analyse des puissances installées.....</i>	<i>30</i>
F.1.3.	<i>Calcul de la consommation théorique.....</i>	<i>32</i>
F.2.	CLIMATISATION .....	34
F.2.1.	<i>Calcul des consommations théoriques.....</i>	<i>34</i>
F.3.	AUXILIAIRES.....	36
F.3.1.	<i>Bureautique.....</i>	<i>36</i>
F.3.2.	<i>Eclairages.....</i>	<i>37</i>
<b>G.</b>	<b>PRECONISATIONS.....</b>	<b>38</b>
G.1.	ENVELOPPE .....	38
G.1.1.	<i>Isolation des murs extérieurs.....</i>	<i>38</i>
G.1.2.	<i>Remplacement des doubles vitrages.....</i>	<i>41</i>

G.1.3.	<i>Isolation du plancher du rez de chaussée sur sous sol non chauffé</i> .....	43
G.2.	EQUIPEMENTS DE CHAUFFAGE .....	45
G.2.1.	<i>Chaudière à condensation</i> .....	45
G.2.2.	<i>Chaudière Bois</i> .....	47
G.2.3.	<i>Commentaires</i> .....	48
G.3.	CLIMATISATION .....	49
G.3.1.	<i>Rafraichissement des locaux serveurs</i> .....	49
G.3.2.	<i>Diminution de la surchauffe des bureaux</i> .....	52
G.4.	AUXILIAIRES.....	53
G.4.1.	<i>Bureautique</i> .....	53
G.4.2.	<i>Eclairage</i> .....	54
G.4.3.	<i>Appareils annexes</i> .....	56
<b>H.</b>	<b>SYNTHESE DES PRECONISATIONS</b> .....	<b>57</b>
<b>I.</b>	<b>GLOSSAIRE</b> .....	<b>60</b>
<b>J.</b>	<b>ANNEXES</b> .....	<b>63</b>
J.1.	ANNEXE 1 : FICHE DETAIL CHAUFFAGE .....	63
J.2.	ANNEXE 2 : INVENTAIRE EQUIPEMENTS DE CLIMATISATION.....	65
J.3.	ANNEXE 3 : INVENTAIRE ECLAIRAGE ET BUREAUTIQUE.....	67
J.4.	ANNEXE 4 : RECAPITULATIF DES DEPERDITIONS PAR PIECES.....	69
J.5.	ANNEXE 5 : FICHE CEE BAT EN 02 GT .....	71
J.6.	ANNEXE 6 : FICHE CEE BAT EN 03 GT .....	73
J.7.	ANNEXE 7 : FICHE CEE BAT TH 02 GT .....	75
J.8.	ANNEXE 8 : ETUDE ÉCLAIR AGE .....	77

## B. INTRODUCTION

---

### B.1. Objectifs de l'étude

---

- Réduire les besoins en énergie du bâtiment et améliorer le confort des occupants (été/hiver) ;
- Vérifier la faisabilité technique et économique du projet d'implantation d'une énergie renouvelable (bois, solaire, géothermie) plutôt qu'une énergie fossile ;
- Proposer des solutions techniques adaptées au contexte et aux possibilités qu'offre le site ;
- Comparer les différentes solutions en termes de coût d'investissement et de coût d'exploitation ;
- Rechercher des solutions visant à assurer la pérennité de l'approvisionnement et favorisant une logique de développement local ;
- Faire ressortir les qualités environnementales des différents scénarios énergétiques, notamment en termes de réduction des émissions de gaz à effet de serre et d'économie d'énergies fossiles.

## B.2. Déroulement de l'étude

---

La présente étude a été établie en 5 phases :

- Phase 1 : Préparation de l'étude.

Diffusion du questionnaire sur les conditions de confort dans le bâtiment et recollement des premières informations du bâtiment.

- Phase 2 : Relevé sur site.

Le relevé sur site a été effectué sur trois jours les 5, 6 et 7 Août 2009. Ces trois jours ont permis de visiter et de caractériser l'ensemble des locaux et équipements présents sur la cité du Cluzel. Nous avons aussi pu nous entretenir avec les différents occupants de la cité (chefs de service et agents)

Personnes rencontrées :

- o M. LOYER : gardien
- o M. CAILLE : représentant DDAF
- o M. NOEL : représentant DDE
- o Mme Mailler : représentante DDGCCRF
- o M. WOLF : bureau d'étude DDE
- o M. AYACHE : Régisseur de la cité (rencontré le 1er septembre)

Lors de cette présence ENERGIO a récupéré l'intégralité des factures de consommation énergétique de chaque service.

Enfin la diffusion et la récupération des questionnaires a été arrêtée le 28 Août.

- Phase 3 : Pré-analyse et réunion intermédiaire.

Première analyse du bâtiment et des pistes d'amélioration.

Réunion intermédiaire effectuée le 3 septembre.

- Phase 4 : Analyse détaillée et rendu de l'étude

Réunion de présentation le 16 octobre 2009

- Phase 5 : Campagne de mesure sur la période de chauffe.

## C. Présentation du site

---

### C.1. Généralités

---

La cité administrative du Cluzel est un bâtiment à usage de bureau qui regroupe les services de la DDE, la DDAF et de la DDGCCR. Environ 250 agents sont présents quotidiennement dans les locaux.

Ce bâtiment a été construit en 1962.

Le bâtiment est constitué d'une aile principale comprenant 11 niveaux et une aile annexe (bâtiment Boisdennier) comprenant 2 niveaux.

Les différents services occupent les niveaux suivants :

- DDE : R+1 à R+7
- DDA : R+8 à R+11
- DDGCCR : bâtiment Boisdennier
- Trésorerie générale : R-1 et RDC

Le chauffage ainsi que l'électricité des parties communes de la cité sont suivis et gérés par la trésorerie générale. Chaque service gère ses consommations électriques d'usage (bureautique, éclairage, ...).

La cité a fait l'objet de plusieurs travaux d'aménagement et de réhabilitation.

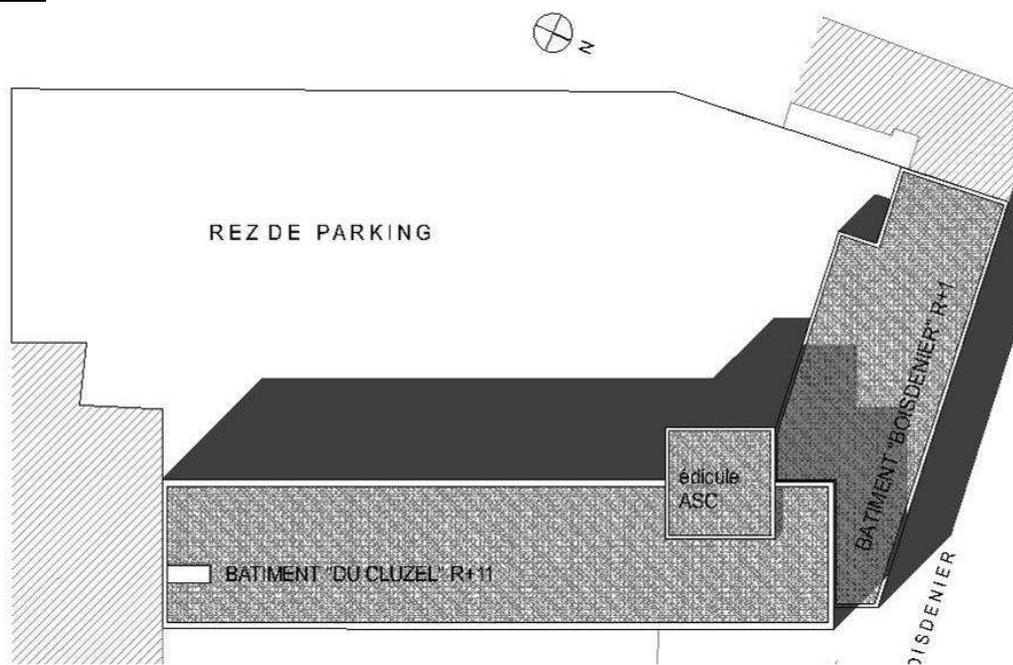
- 1992 : Réhabilitation du bâtiment DDGCCR et réfection de la terrasse
- 1998 : Remplacement de menuiseries extérieures
- 2004 : Passage du fioul au gaz (remplacement des brûleurs), création d'un réseau séparé pour le bâtiment Boisdennier, équilibrage des colonnes
- 2008 : Remplacement des ampoules des parties communes, isolation des allèges de murs
- 2009 : Réhabilitation de la terrasse de l'aile principale et des blocs sanitaires

Les ascenseurs ont aussi fait l'objet d'un remplacement récemment (date non communiquée).

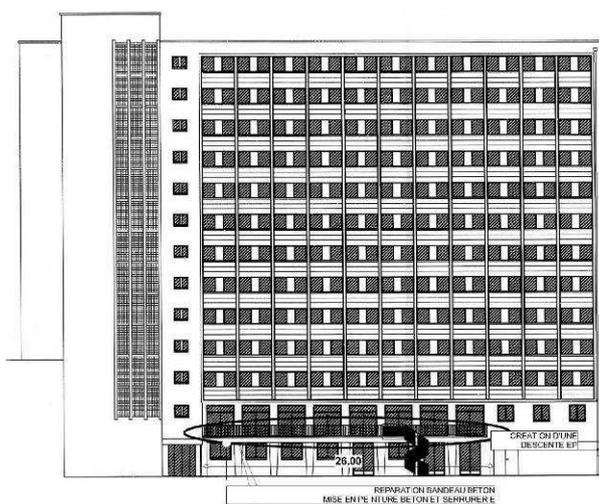
## C.2. Description du bâti et des équipements

### C.2.1. Schéma du bâti

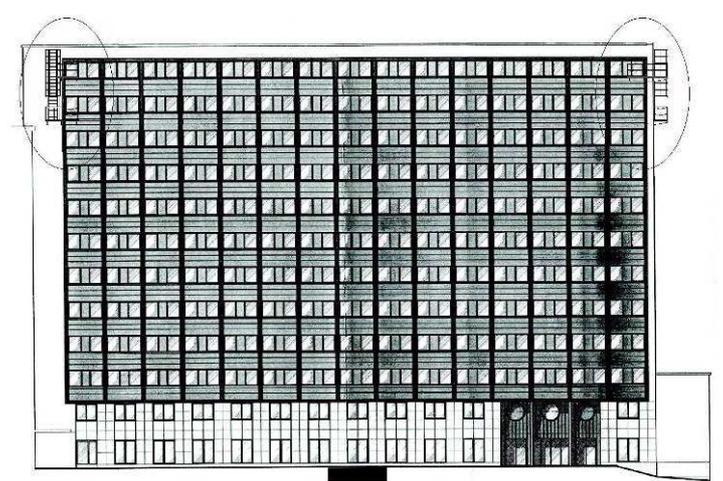
#### Plan de masse



#### Plans de façade



Façade Ouest  
Coté parking



Façade Est  
Coté Grammont

### C.2.2. Bâti

Les façades de l'aile principale sont élevées au moyen de poteaux béton avec un remplissage brique intérieur en allège des menuiseries. Ces allèges sont isolées au moyen d'un doublage intérieur.

Les toits terrasse sont composés de dalles béton isolées.

Les pignons de l'aile principale sont constitués en maçonnerie non isolée.

L'ensemble des menuiseries est en double vitrage.



### C.2.3. Chauffage

Le chauffage est produit par deux chaudières gaz fonctionnant en cascade.

La distribution est effectuée par trois réseaux régulés :

- Façade EST
- Façade Ouest
- Bâtiment Boisdennier

La température est régulée en fonction de la température extérieure avec optimisation par sonde d'ambiance pour chaque départ.

L'émission de chaleur est réalisée par des radiateurs en fonte équipés de robinets simples.

#### Détail production de chauffage :

Systeme :	Chaudière au sol Gaz
Marque :	COMETH - TN 50A1
Puissance :	558 kW
Année de pose :	1982
Bruleur:	WEISHAUP - G5/1-D 200-900 kW



Vous trouverez en Annexe 1 une fiche détaillée des équipements présents.

### C.2.4. Eau chaude sanitaire

Les 11 blocs sanitaires de l'aile principale font l'objet d'une réhabilitation en cours. L'alimentation d'eau chaude de chaque bloc est réalisée au moyen d'un ballon d'eau chaude électrique de 50l. Les autres points de puisage de la cité sont alimentés de façon identique.



### C.2.5. Renouveaulement d'air

Une ventilation mécanique est en cours d'installation dans tous les blocs sanitaires. L'extraction d'air est réalisée dans ces seuls locaux.

Chaque bureau est équipé de grilles d'entrées d'air positionnées dans les tableaux de menuiseries.



### C.2.6. Refroidissement

La climatisation est utilisée pour le rafraichissement des serveurs informatiques ainsi que pour la salle de formation informatique lorsque celle –ci est utilisée.



Vous trouverez en Annexe 2 un récapitulatif des équipements présents.

### C.2.7. Eclairage

Plusieurs types d'éclairages sont présents sur la cité : on peut dégager trois groupes distincts :

- Eclairage des parties communes : ampoules basse consommation
- Eclairage des bureaux : plafonniers à tubes néons
- Lampes de bureaux : allogènes et ampoules basse consommation

Vous trouverez en Annexe 3 le détail des éclairages présents sur le site du Cluzel.



### C.2.8. Autres équipements consommateurs

Les autres équipements consommateurs sont :

- la bureautique (ordinateurs, photocopieurs, imprimantes,...),
- Les ascenseurs,
- Les fontaines à eau,
- Les surpresseurs d'eau,
- Les équipements de restauration (réfrigérateurs, machines à café, distributeurs,...)



## D. ANALYSE DES CONSOMMATIONS

L'analyse des consommations est effectuée à partir des factures et relevés fournis par les différents services.

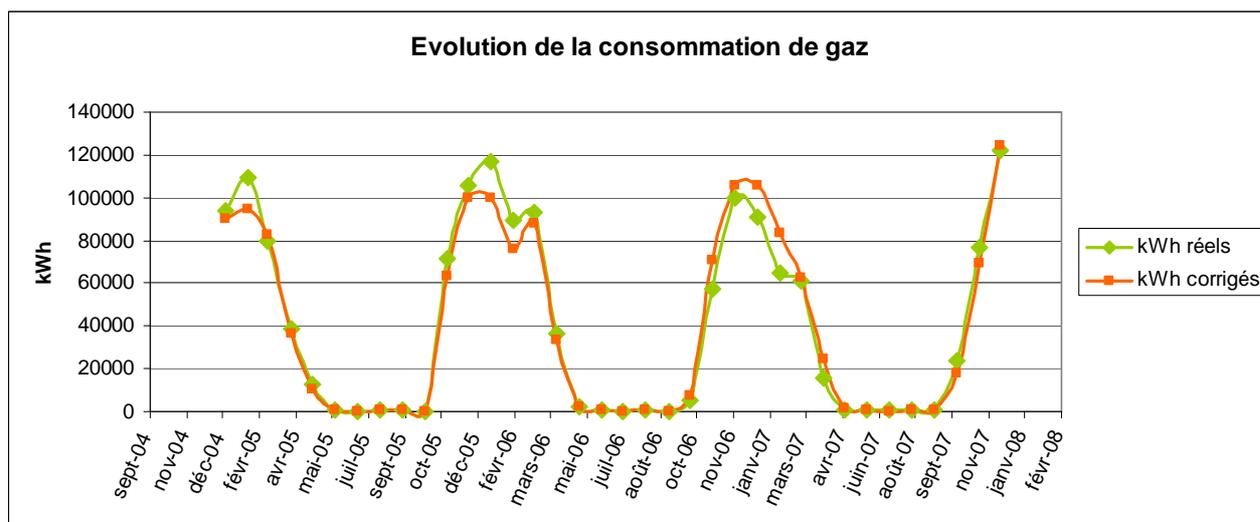
### D.1. Gaz naturel

La consommation de gaz est uniquement dédiée à la production de chauffage. Celle-ci est commune à l'ensemble du site.

#### D.1.1. Bilan

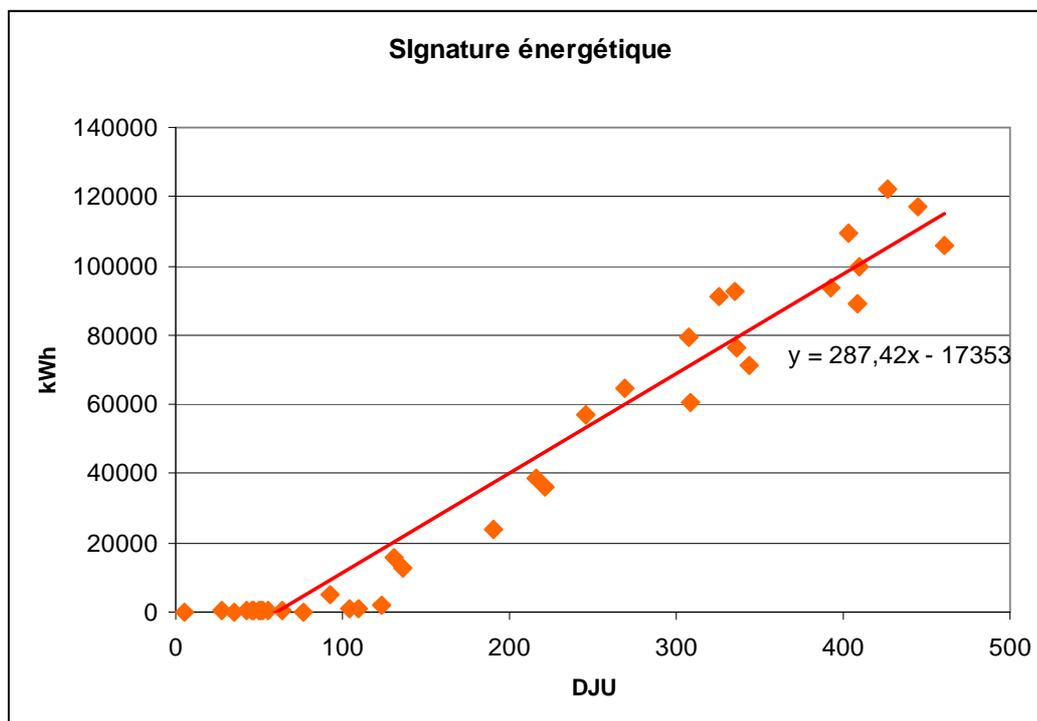
La consommation moyenne de gaz naturel entre 2005 et 2008 est de 489 MWh par an.

#### D.1.2. Evolution de la consommation



La courbe corrigée est calculée à partir de la moyenne des DJU base 18 sur la période 2005-2008 fournis par Météo France. Elle permet de comparer les saisons de chauffe entre elles en tenant compte de la rigueur climatique. On note que la consommation réelle est proche de la consommation corrigée signe d'une régulation correctement effectuée en fonction de la température extérieure. La consommation de gaz sur ces trois années est constante.

### D.1.3. Régulation



Ce graphique représente les points de consommation mensuels en fonction des DJU. Ceci permet de définir la signature énergétique du site. Ici le fait que les points soient proches de la droite moyenne signifie que la régulation et la gestion énergétique sont correctement effectuées.

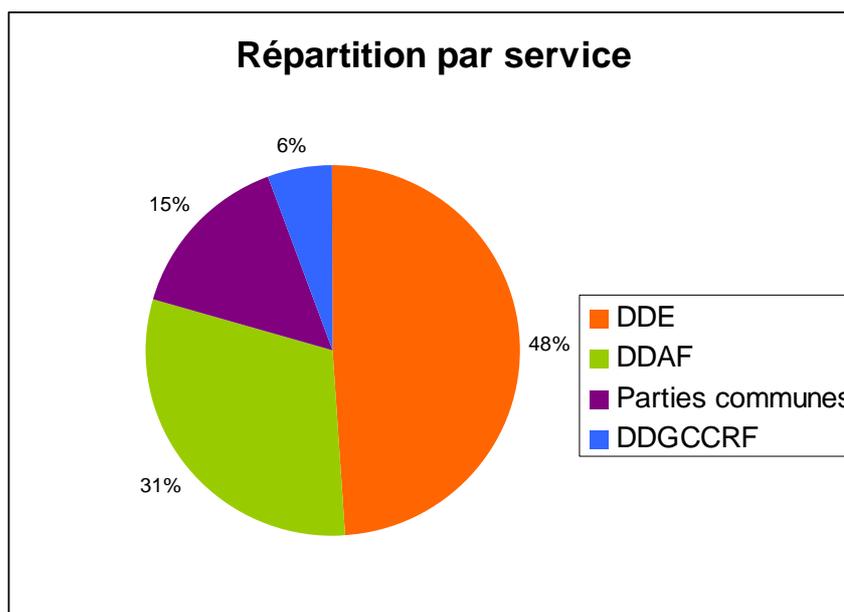
La « signature énergétique » peut être un moyen de gestion efficace en superposant et en comparant les droites de chaque année. De plus il permet de connaître rapidement l'impact d'actions d'économies d'énergie en cours de saison. L'objectif étant de diminuer progressivement la pente de la droite chaque année.

## D.2. Electricité

Il y a un contrat d'électricité différent pour chaque service présent sur le site, le suivi des consommations liées à l'électricité n'est donc pas homogène.

### D.2.1. Bilan

Service	Consommation d'électricité (kWh/an)	Montant (€)
Parties communes (moyenne 2007-2008)	47 915	14993
DDE (moyenne 2007-2008)	157 821	9380
DDAF (moyenne 2005-008)	98 735	4552
DDGCCRF (moyenne 2005-2007)	18 242	1733
<b>TOTAL</b>	<b>322713</b>	<b>30658</b>



**Commentaires :**

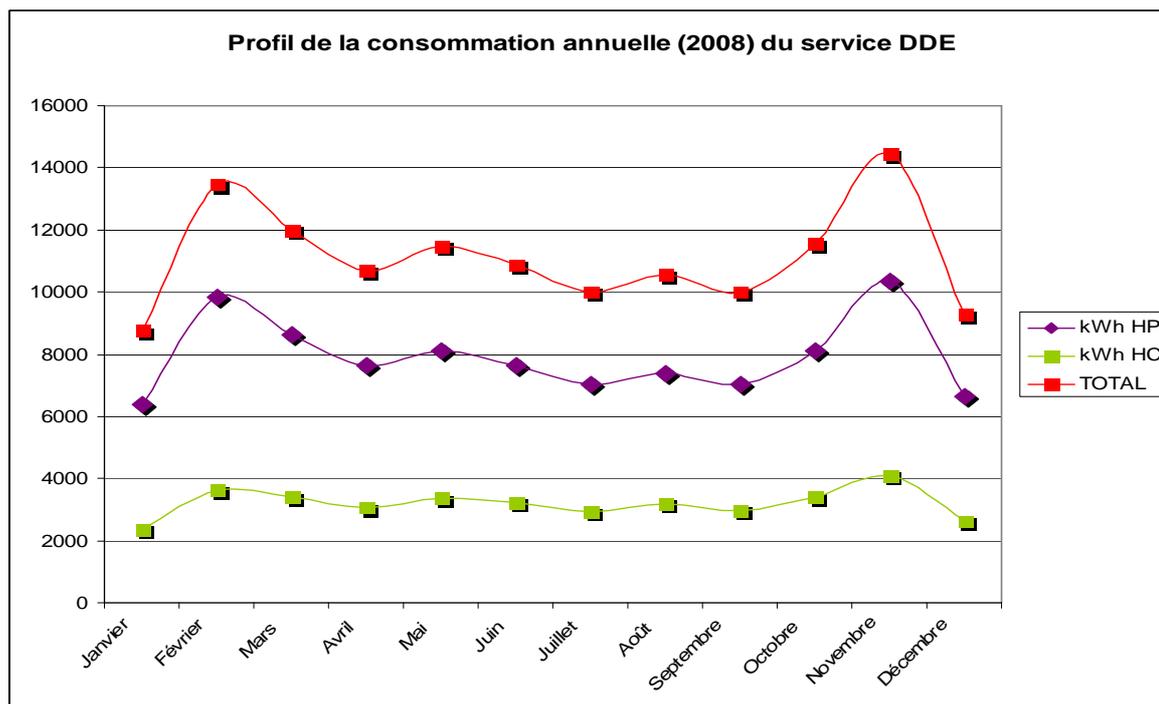
Les services de la DDE et de la DDAF représentent 79 % de la consommation électrique du site. Ce sont les services les plus représentés au sein du Cluzel ce qui explique la consommation supérieure à celle des services de la DGCCR.

### D.2.2. Evolution de la consommation

Nous ne pouvons donner une évolution de la consommation sur l'ensemble du site puisque les données ne se recoupent que sur une seule année (2007).

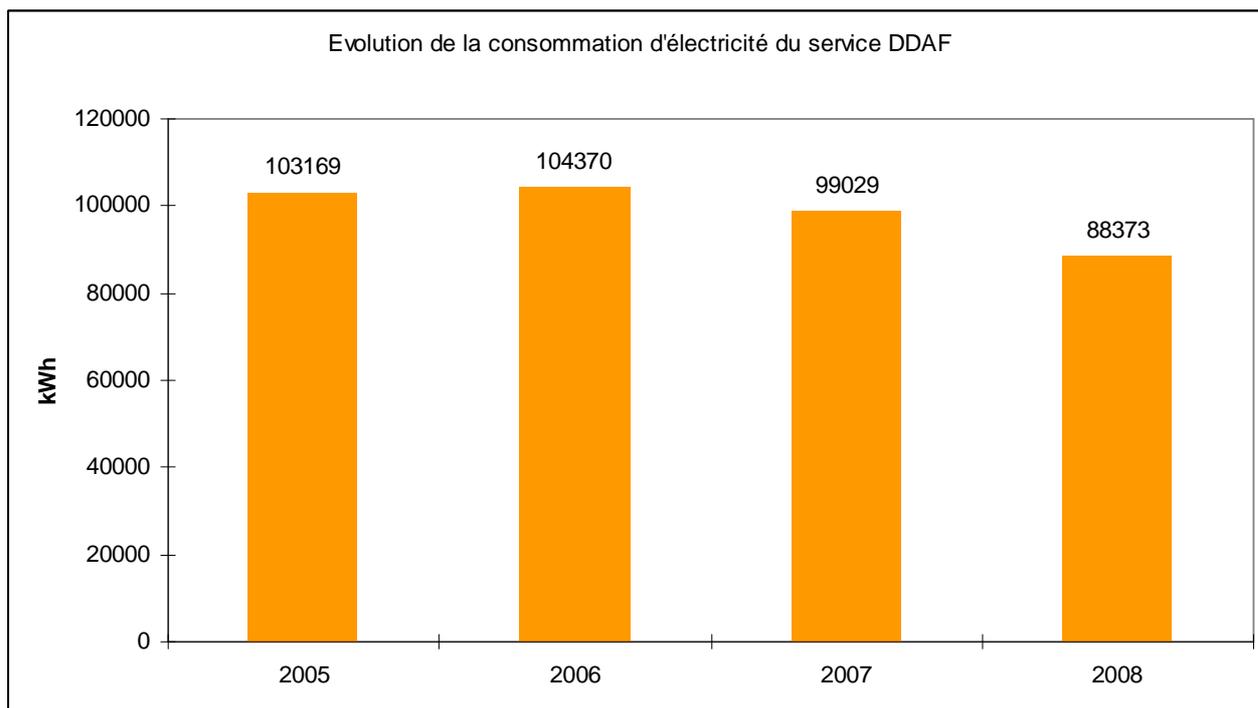
#### D.2.2.a) Service DDE

Le service DDE est le service le plus consommateur du site, nous n'avons que les consommations de l'année 2008 de ce service.

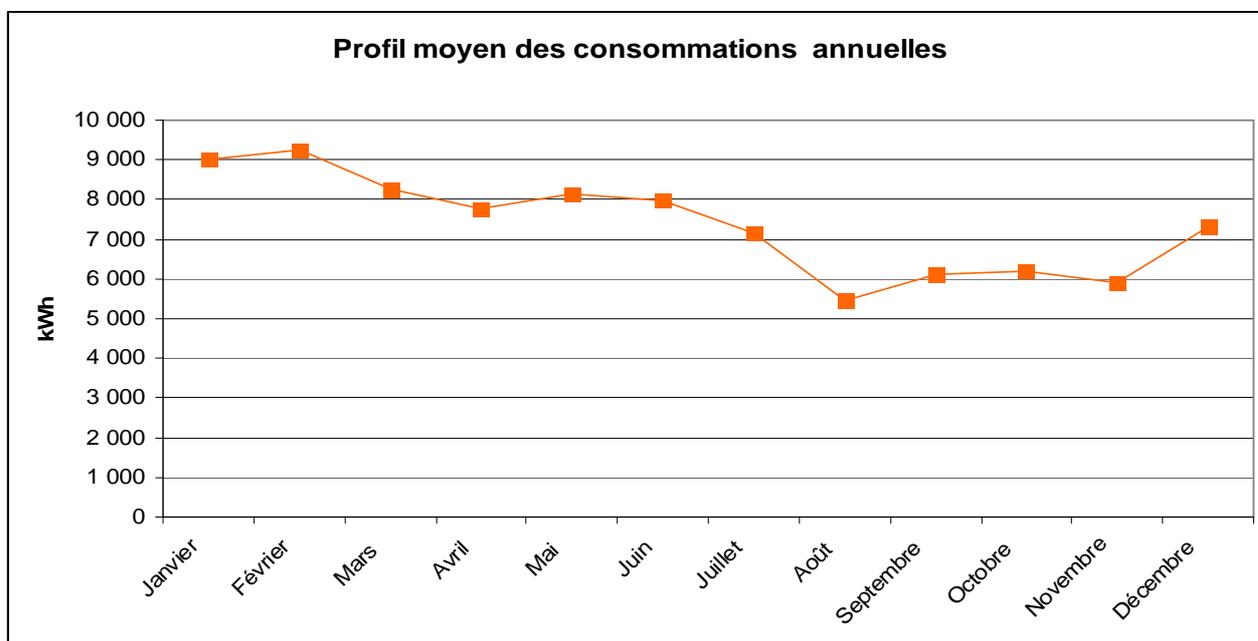


En moyenne 71% de la consommation de ce service a lieu en heures pleines. On note que la consommation en heures creuses est relativement constante tout au long de l'année. Elle correspond en partie aux équipements toujours en fonctionnement (ballons électriques, ventilation, circulateurs, fontaines à eau ...) et aux consommations des différentes veilles.

D.2.2.b) Service DDAF

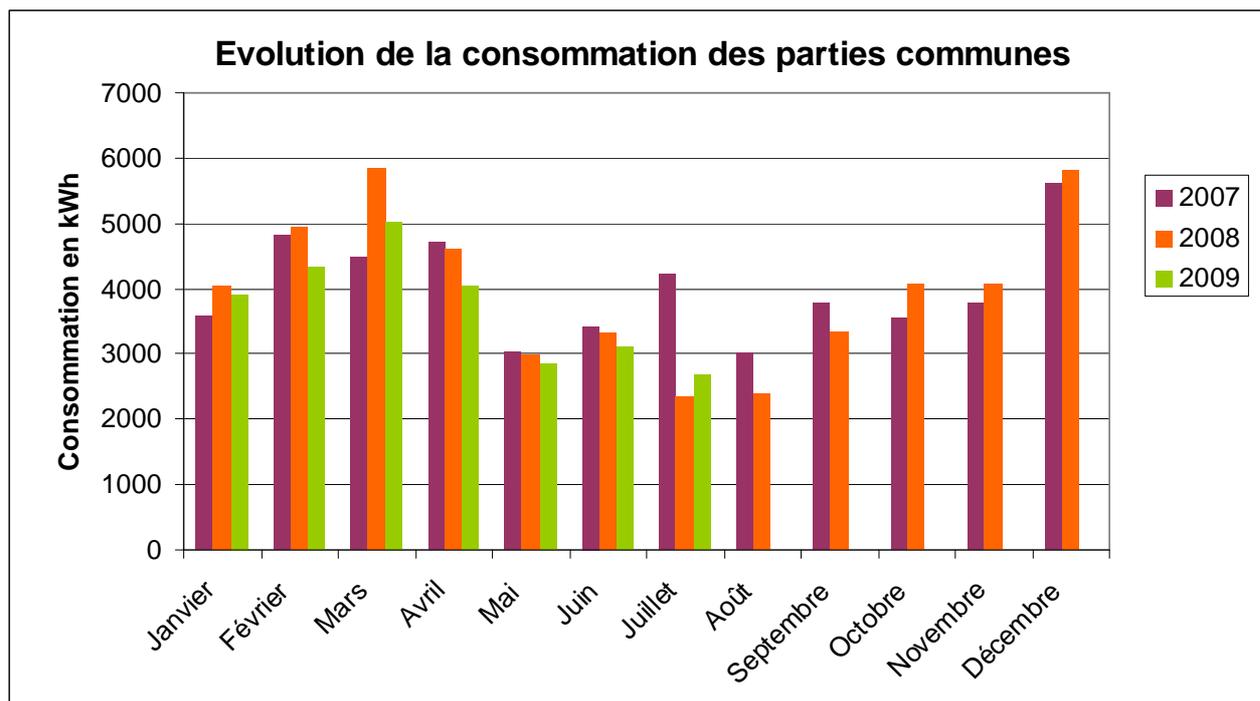


La consommation annuelle de ce service tend à baisser progressivement depuis 2005, cette baisse peut-être attribuée aux efforts réalisés sur l'éclairage et l'informatique.



Ce profil est établi à partir des moyennes des consommations mensuelles entre 2005 et 2008. La consommation est plus importante l'hiver que l'été, ceci est principalement dû à l'utilisation plus importante de l'éclairage, et éventuellement de chauffage électrique d'appoint. Ce profil est original puisqu'il n'y a pas de différence importante entre les mois d'automne et de printemps.

D.2.2.c) Parties communes



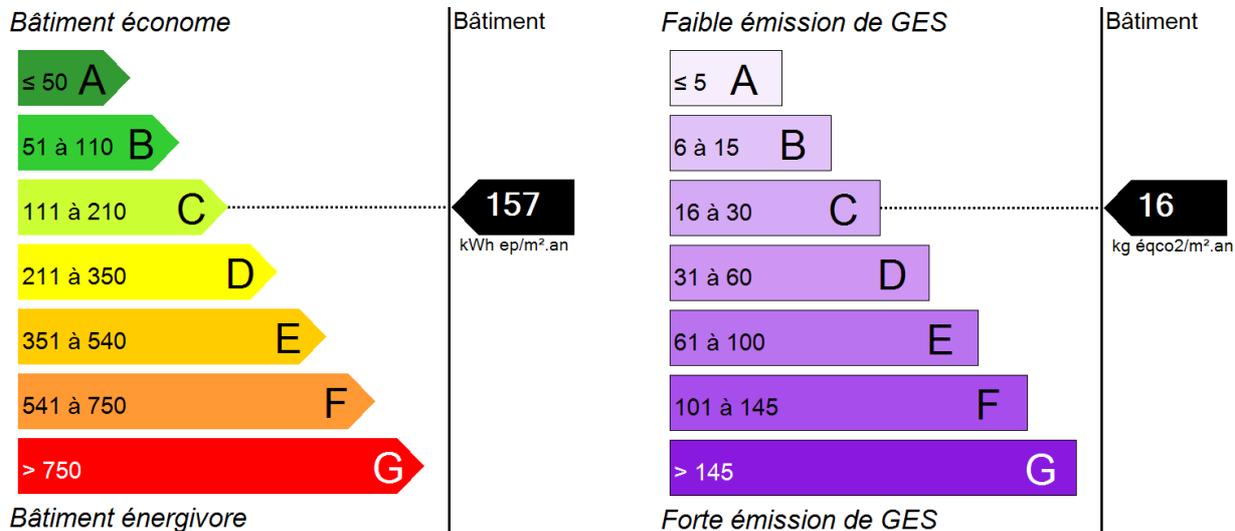
D.3. Bilan et étiquette énergie/climat

D.3.1. Bilan

Type d'énergie	Bilan annuel						
	Facture	Energie finale		Energie primaire		CO2	
	€ TTC	MWh/an	%	MWh/an	%	Tonnes/an	%
Electricité	30657	323	39,8%	833	63,0%	27,1	19,2%
Gaz naturel	24440	489	60,2%	489	37,0%	114,4	80,8%
<b>TOTAL</b>	<b>55097</b>	<b>812</b>		<b>1321</b>		<b>141,5</b>	

Le poste chauffage représente plus de 60% de la consommation totale du site et 80% des émissions de gaz à effet de serre.

D.3.2. Etiquette énergie/ climat Audit



D.3.3. Etiquette énergie/ climat DPE réglementaire 2008

**SOCOTEC**  
 Agence de TOURS  
 16, Boulevard Béranger  
 BP 51635  
 37016 TOURS Cedex 1  
 Tél. 02.47.70.40.00  
 Fax 02.47.70.40.01  
 Construction.tours@socotec.fr

**DIAGNOSTIC DE PERFORMANCE ENERGETIQUE**  
 Une information au service de la lutte contre l'effet de serre  
 Rapport modèle (6.1.public) bureaux, services administratifs, enseignement  
 de l'arrêté du 7 décembre 2007

Nature de l'ERP : 3<sup>ème</sup> Catégorie **Bureaux**  
 Année de construction : < 1975  
 Adresse : 61 Avenue de Grammont  
 37000 TOURS  
 Bâtiment entier - SHON : 8 542 m<sup>2</sup>  
 Lot objet du DPE - Surface utile : 8 125 m<sup>2</sup>

N° Dossier : AAR 2527  
 Diagnostiqueur (nom et signature) : P. RIAU  
 Date du rapport : 20/08/2008  
 Validité jusqu'au : 19/08/2018

Propriétaire  
 Nom : Cité Administrative du Cluzel  
 Adresse : 61 Avenue de Grammont  
 37000 TOURS

Destinataire  
 Nom : Trésorerie Générale d'Indre et Loire  
 Adresse : 94 Boulevard Béranger  
 37032 TOURS CEDEX

Usages	Consommations en énergie finale		Consommations en énergie primaire		Frais annuels d'énergie	
	Détail par usage en kWh <sub>ep</sub>	Détail par usage en € TTC	Détail par usage en € TTC			
Éclairage	400 260 kWh <sub>ep</sub>	14 056 € TTC	14 056 € TTC			
Bureautique	59 593 kWh <sub>ep</sub>	59 593 kWh <sub>ep</sub>	169 231 kWh <sub>ep</sub>	169 231 kWh <sub>ep</sub>	5 943 € TTC	5 943 € TTC
Chauffage	239 540 kWh <sub>ep</sub>	239 540 kWh <sub>ep</sub>	459 220 kWh <sub>ep</sub>	459 220 kWh <sub>ep</sub>	21 522 € TTC	21 522 € TTC
Eau chaude sanitaire	10 563 kWh <sub>ep</sub>	10 563 kWh <sub>ep</sub>	42 783 kWh <sub>ep</sub>	42 783 kWh <sub>ep</sub>	1 502 € TTC	1 502 € TTC
Réfrigérant	57 486 kWh <sub>ep</sub>	57 486 kWh <sub>ep</sub>	148 315 kWh <sub>ep</sub>	148 315 kWh <sub>ep</sub>	5 208 € TTC	5 208 € TTC
Ascenseurs/Sl	57 118 kWh <sub>ep</sub>	57 118 kWh <sub>ep</sub>	147 364 kWh <sub>ep</sub>	147 364 kWh <sub>ep</sub>	5 175 € TTC	5 175 € TTC
Autres usages	10 583 kWh <sub>ep</sub>	10 583 kWh <sub>ep</sub>	42 783 kWh <sub>ep</sub>	42 783 kWh <sub>ep</sub>	1 502 € TTC	1 502 € TTC
Production d'électricité à demeure	0 kWh <sub>ep</sub>	0 kWh <sub>ep</sub>	0 kWh <sub>ep</sub>	0 kWh <sub>ep</sub>	0 € TTC	0 € TTC
Abonnements					630 € TTC	630 € TTC
CONSUMMATIONS D'ENERGIE POUR LES USAGES RECENSES			1 409 956 kWh <sub>ep</sub>	1 409 956 kWh <sub>ep</sub>	55 138 € TTC	55 138 € TTC

**Consommation énergétique** (en énergie primaire) pour le chauffage, la production d'eau chaude sanitaire, le refroidissement, l'éclairage et les autres usages, déduction faite de la production d'électricité à demeure.  
 Consommation estimée : **174 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup>.an**

**Emission des gaz à effet de serre (GES)** pour le chauffage, la production d'eau chaude sanitaire, le refroidissement, l'éclairage et les autres usages.  
 Estimation des émissions : **17 kg<sub>co2</sub>/m<sup>2</sup>.an**

## E. Etude comportementale

Pour réaliser cette étude, des questionnaires ont été distribués à l'ensemble du personnel de la cité afin de connaître les comportements vis-à-vis des équipements et surtout d'évaluer le niveau de confort dans les locaux.

5 thèmes différents ont été abordés dans ce questionnaire :

- Le confort thermique d'hiver ;
- Le confort thermique d'été ;
- La qualité d'air ;
- L'utilisation de l'éclairage ;
- L'utilisation de l'informatique.

79 questionnaires ont été collectés.

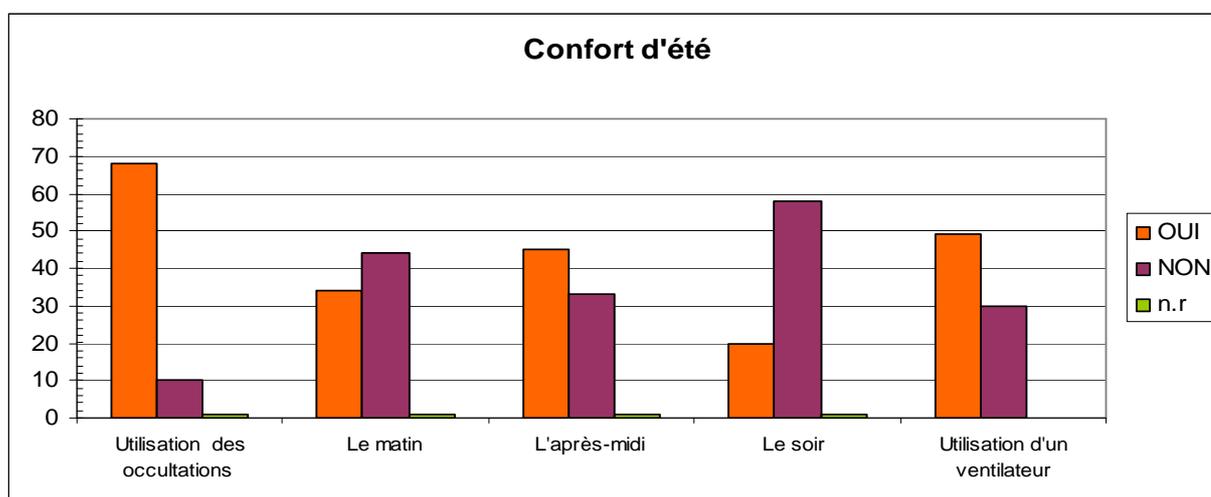
### E.1. Confort thermique d'hiver

Ce qui ressort principalement de cette consultation est une température adaptée en semaine pendant l'hiver. Cependant environ 30% des occupants perçoivent une température trop basse le lundi matin due vraisemblablement à une relance trop tardive du chauffage après le ralenti du week-end. A noter aussi que certaines personnes ressentent une température trop élevée pendant la semaine, ceci peut être dû à un problème de régulation sur un des réseaux.

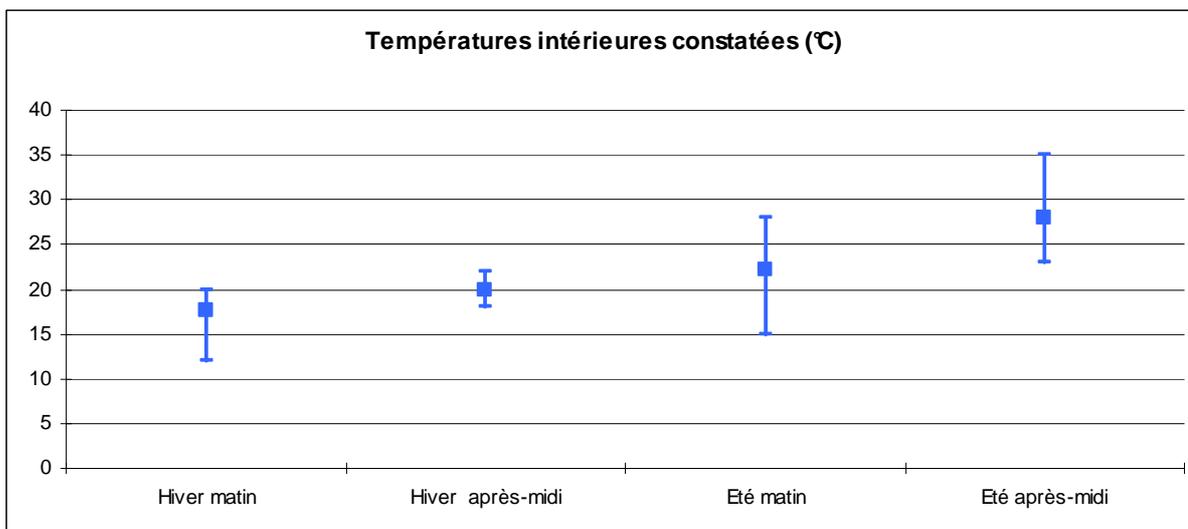
25% des personnes sondées déclarent modifier le thermostat pendant la journée.

### E.2. Confort thermique d'été

Plus de la moitié des personnes interrogées se plaignent d'une température trop importante dans les bureaux pendant l'été. Avec là encore une disparité importante entre les étages. A noter que la sensation de chaleur est perçue dès le matin obligeant les occupants à ouvrir les fenêtres. Autre problème, les bureaux du côté de la rue Grammont sont plus exposés au bruit ce qui empêche l'ouverture des fenêtres.



85% utilisent les stores extérieurs pendant l'été pour se protéger de l'éclairage direct. Enfin plus de 60 % des occupants utilisent un ventilateur ce qui est révélateur de la gêne engendrée.



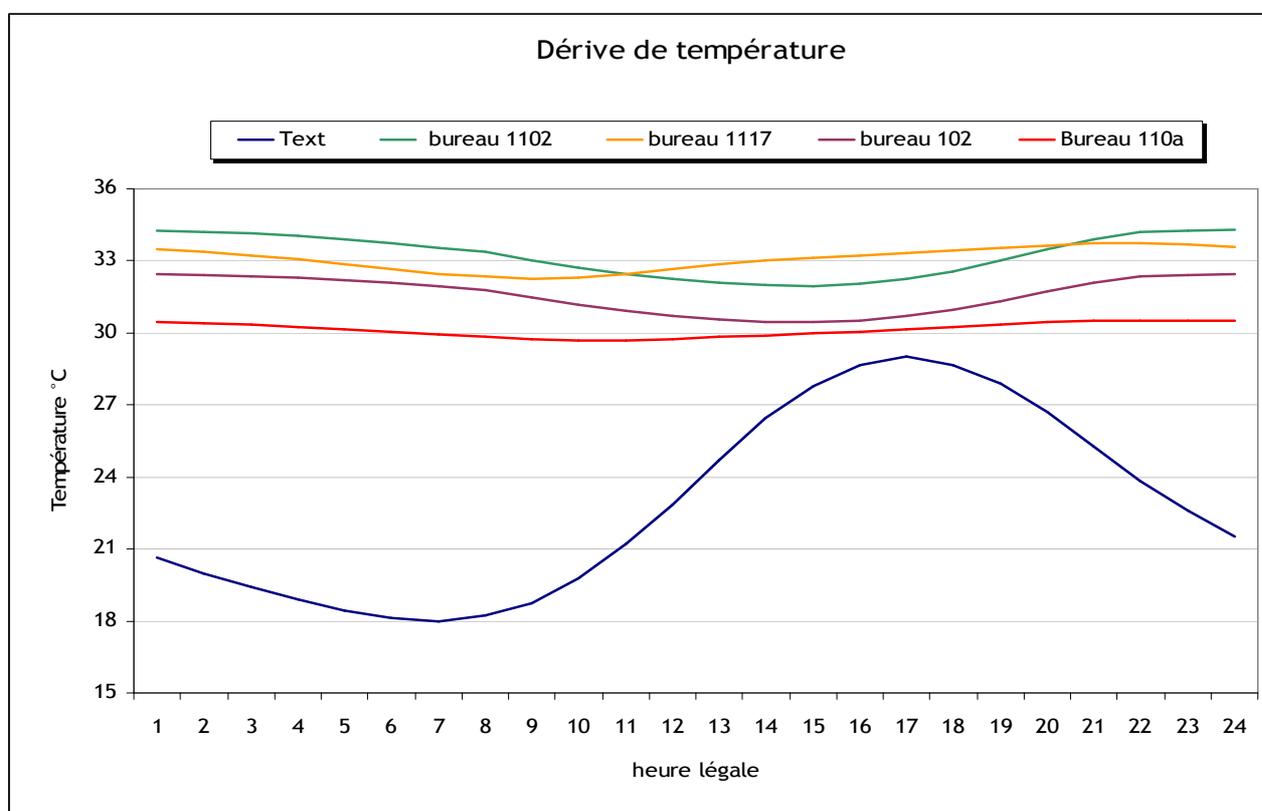
Ce graphique illustre parfaitement les témoignages recensés avec une température ressentie comme confortable en hiver sauf le lundi matin et un problème de confort d'été avec des températures élevées parfois même dès le matin.

### E.2.1. Dérive des températures

Nous avons calculé les valeurs de températures moyennes en prenant en compte l'utilisation des stores extérieures.

Récapitulatif des calculs

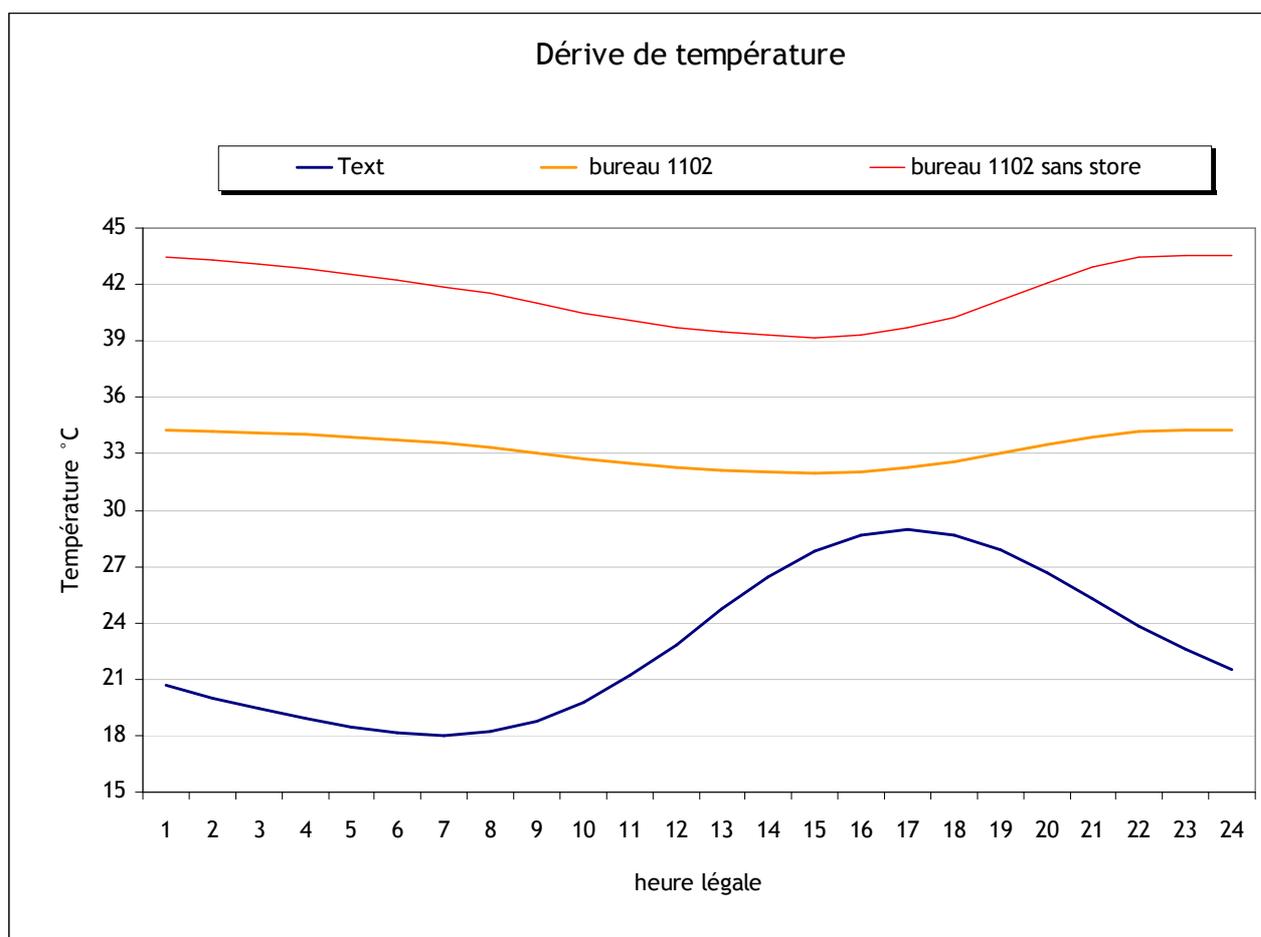
Bureau	étage	orientation	Température max.	Température min.	Température moy.
1102	R+11	ouest	34.29°C	31.96°C	33.24°C
1117	R+11	est	33.72°C	32.26°C	33.09°C
102	R+1	ouest	32.45°C	30.45°C	31.59°C
110a	R+1	est	30.52°C	29.69°C	30.13°C



Nous pouvons voir la différence de température entre les bureaux orientés ouest et est ainsi qu'entre les bureaux du 11<sup>ème</sup> étage et ceux du 1<sup>er</sup>.

Nous pouvons comparer aussi la température intérieure sans l'utilisation des stores extérieurs.

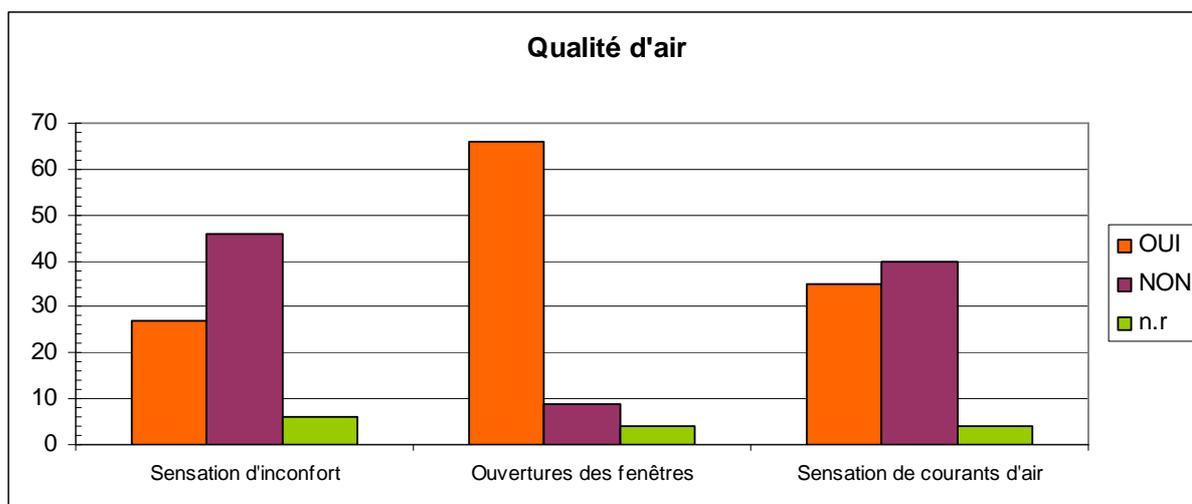
Bureau	étage	orientation	Température max.	Température min.	Température moy.
1102	R+11	ouest	34.29°C	31.96°C	33.24°C
1102 sans store	R+11	ouest	43.58°C	39.20°C	41.51°C



Nous pouvons voir une surchauffe de plus de 7°C si les fenêtres n'étaient pas équipées de stores.

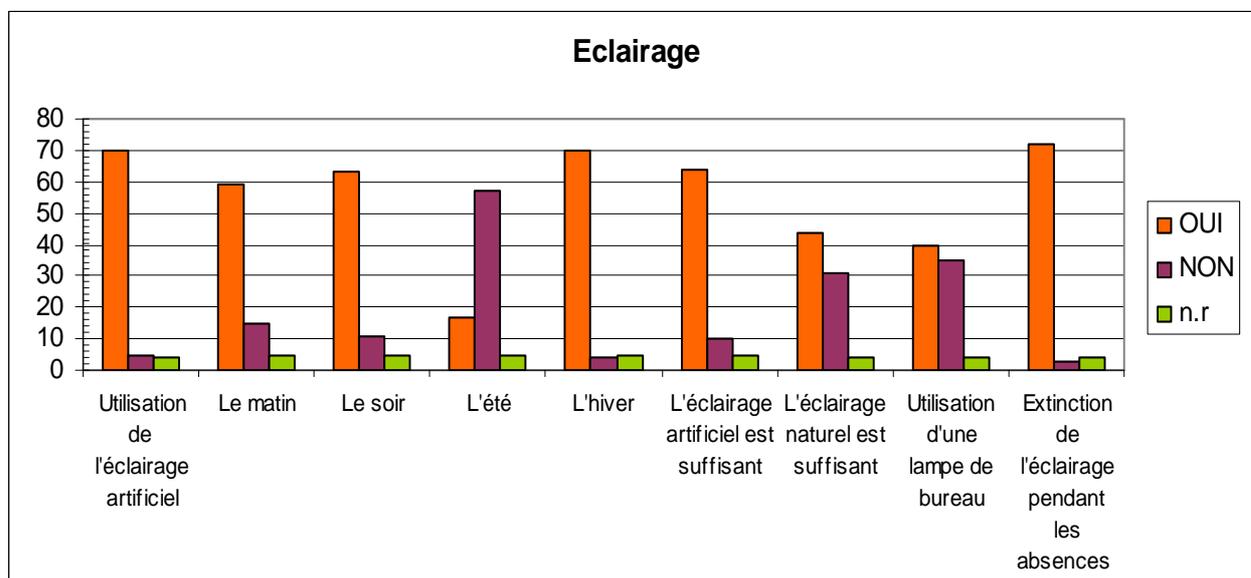
L'utilisation des stores est aujourd'hui la meilleure solution de réduire les apports solaires d'été.

### E.3. Qualité d'air



Un tiers des occupants ressent une gêne dû à l'absence de ventilation. La sensation de courant d'air perçue est due, en grande partie, aux ouvertures fréquentes des fenêtres.

### E.4. Utilisation de l'éclairage

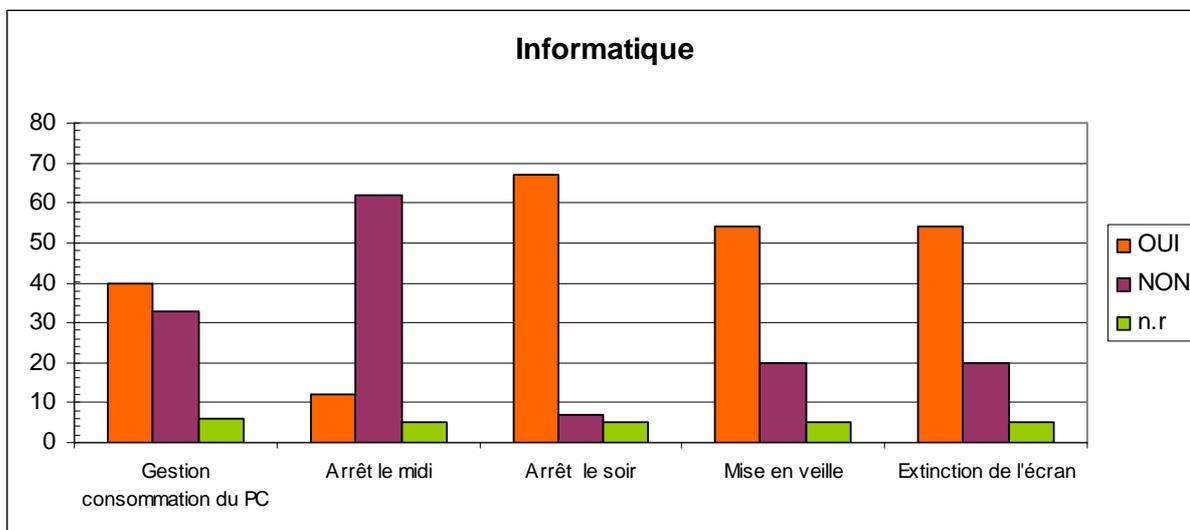


L'éclairage artificiel est utilisé par 95% des occupants, avec pour 50% d'entre eux une lampe de bureau en appoint. L'éclairage est utilisé par 20% des occupants pendant l'été ce qui est à relier à l'utilisation importante des stores pendant cette période.

Les utilisateurs déclarent quasi-unaniment éteindre les lumières pendant leurs absences.

## E.5. Utilisation de l'informatique

---



Plus de 50% des occupants déclarent faire attention à la consommation des équipements informatiques. Ils ne sont pourtant que 15% à éteindre régulièrement leur poste le midi contre 85% le soir. Le mode veille est utilisé par près de 70% des employés, de même 70% éteignent systématiquement leur écran.

## F. ANALYSE ET SIMULATION ENERGETIQUE

### F.1. Chauffage

Cette partie permet l'analyse et la simulation du bâtiment sur le logiciel de calcul thermique CLIMAWIN version 1.3. Une fois le bâtiment modélisé numériquement, nous pouvons calculer ces déperditions de chaleur et sa consommation énergétique. Cette modélisation nous permet de faire ressortir les points faibles du bâti et de simuler les améliorations énergétiques éventuelles.

#### F.1.1. Analyse de l'enveloppe

Parois	Composition	Coefficient thermique U <sup>1</sup> W/ (m <sup>2</sup> .K) U de référence RT2005 ex	Localisation
Mur extérieur isolé	Structure en poutrelle avec habillage brique Isolation des allèges par 10 cm de laine minérale	U = 0.458 U=0.36	Façades Cluzel Est et Ouest
Mur extérieur Façades pignons	Structure béton non isolé Parement extérieur pierre	U = 2.8 U=0.36	Façades Pignons Nord Sud
Mur extérieurs Boisdennier	Structure béton non isolé	U = 3.32 U=0.36	bâtiment Boisdennier
Terrasses CLUZEL	Dalle béton isolé en sous face par 10 cm de laine de verre Isolation sous étanchéité par 5 cm de mousse polyuréthane	U = 0.231 U= 0.27	Travaux d'isolation de la terrasse en 2009
Terrasse Boisdennier	Dalle béton isolé en sous face par 5 cm de laine de verre	U = 0.651 U= 0.27	bâtiment Boisdennier
Plancher bas	Plancher béton non isolé sur terre plein	U = 0.489 U= 0.27	Plancher Rez de parking
Plancher bas sur rez de parking	Plancher béton non isolé sur sous - sol	U = 0.564 U= 0.27	Plancher RDC sur parties non chauffées
Menuiseries ext.	Menuiseries PVC double vitrage 4/8/4	U = 2.45 U=2.1	RDC Cluzel R+1 Cluzel faç Est Bât Boisdennier
Menuiseries ext.	Menuiseries alu double vitrage 4/8/4 Panneau isolé par mousse polyuréthane 2 cm	U = 3.70 U= 1.21 U=2.1	Toutes menuiseries

<sup>1</sup> Le coefficient de transmission thermique d'une paroi est noté "U" (ou anciennement "k") et caractérise la quantité de chaleur traversant une paroi  
Le coefficient de transmission thermique s'exprime en W/m<sup>2</sup>K. Plus sa valeur est faible et plus la construction sera isolée.

On remarque sur ce tableau que seuls les toits terrasses ayant fait l'objet de travaux d'isolation sont conformes à la réglementation en vigueur (RT2005).

Nous avons donc calculé les déperditions si toutes les parois respectaient la RT2005 et ainsi situé le bâtiment par rapport celle-ci.

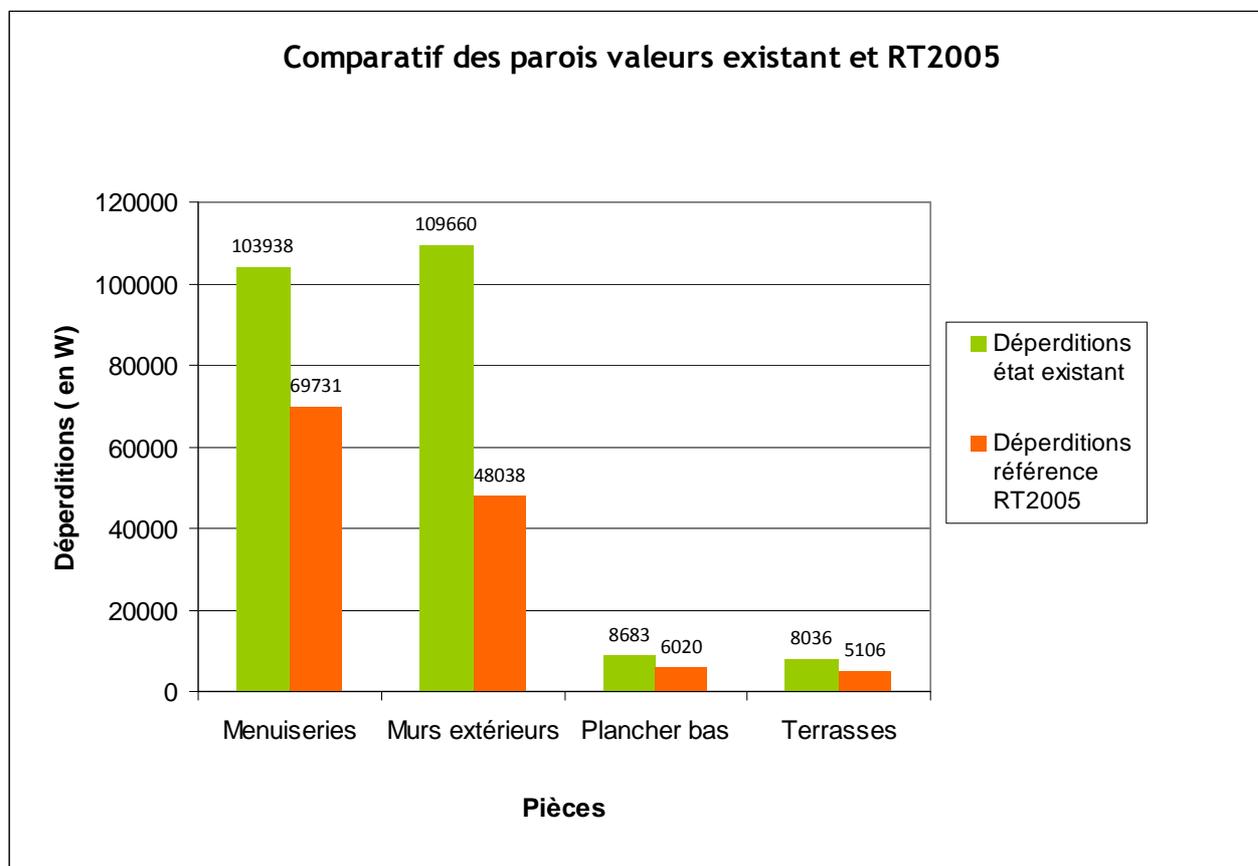


Tableau récapitulatif :

Parois	Déperditions état existant W	Déperditions RT 2005 W	Ecart %
Menuiseries	103 938	69 731	33 %
Murs extérieurs	109660	48038	67 %
Planchers bas	8683	6020	41 %
Planchers hauts	8036	5106	47 %
<b>TOTAL</b>	<b>230317</b>	<b>128895</b>	<b>45 %</b>

On voit sur ce tableau que l'état existant a un écart de 45% avec les valeurs de la réglementation. Le plus gros écart est réalisé sur les surfaces de murs extérieurs (67%). Cependant ce secteur occupe une faible part des déperditions totales et le potentiel d'économie d'énergie est réduit. Le plus fort potentiel d'économie est réalisable sur les murs extérieurs non isolés. Ceux-ci-devront faire l'objet d'une proposition de rénovation.

Les menuiseries ne sont pas aussi au rendez-vous de la RT2005. Malgré une rénovation complète en 1998 elles ne respectent pas les exigences actuelles. Cependant une intervention sur ce poste

engendrera une dépense disproportionnée au vu de celle déjà engagée lors du premier remplacement.

Hypothèses de l'étude :

- Température occupation: 20°C – régime réduit 16°C
- Occupation :
  - Lundi au vendredi : 07h00 - 17h00
  - Week-end : inoccupé
- Période de chauffage : du 15 septembre au 15 mai
- Taux de renouvellement d'air 18 m<sup>3</sup>/h par personnes

Ces hypothèses sont posées suite à l'analyse des factures énergétiques et des différents entretiens réalisés avec le personnel gérant le chauffage.

Concernant le taux de renouvellement il a été défini en fonction de notre relevé sur site (nombre d'entrées d'air par bureau) ainsi que via l'étude comportementale.

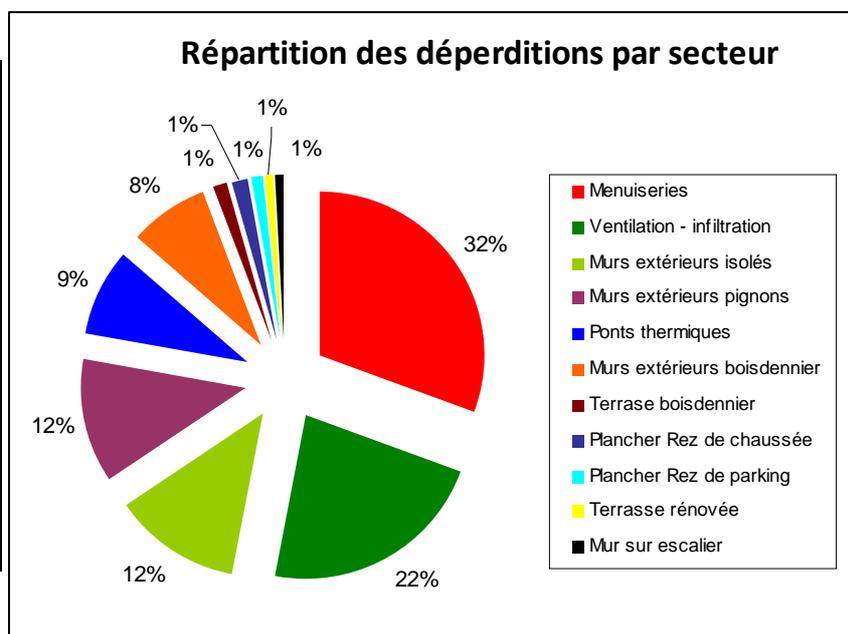
En effet nous ne pouvons pas nous baser sur le nombre d'entrées d'air par bureau car le débit d'air neuf est fonction du débit d'extraction. Celui-ci est de 120 m<sup>3</sup>/h par bloc sanitaires, soit un total de 1320 m<sup>3</sup>/h. Le renouvellement d'air hygiénique de référence dans les bureaux doit être de 18 m<sup>3</sup>/h soit un total pour 250 agents présents sur le site de 4500 m<sup>3</sup>/h. L'extraction mécanique mise en place est donc insuffisante pour ventiler correctement les bureaux, notamment ceux qui sont éloignés des blocs sanitaires.

Cependant l'étude comportementale nous démontre que 65%, des agents facilitent ce renouvellement d'air par l'ouverture de leurs fenêtres. Ces ouvertures représentent donc une quantité supplémentaire de débit d'extraction. Nous pouvons donc poser comme hypothèse la valeur de 18 m<sup>3</sup>/h par personne qui est la valeur de confort.

Déperditions de chaleur :

Ci – dessous sont récapitulées les déperditions calculées par secteur et par étage du bâti.

Secteurs	Déperditions (W)
Menuiseries	103938
Ventilation - infiltration	75883
Murs extérieurs isolés	42310
Murs extérieurs pignons	41161
Ponts thermiques	29987
Murs extérieurs boisdenmier	26189
Terrasse boisdenmier	4995
Plancher Rez de chaussée	4815
Plancher Rez de parking	3868
Terrasse rénovée	3041
Mur sur escalier	2888
<b>TOTAL</b>	<b>339075</b>



3 secteurs déperditif se dégagent :

- Les menuiseries,
- La ventilation et les infiltrations,
- Les murs extérieurs isolés et non isolés.

Les solutions d'amélioration de l'enveloppe doivent être réfléchies sur ces postes.

- Les menuiseries :

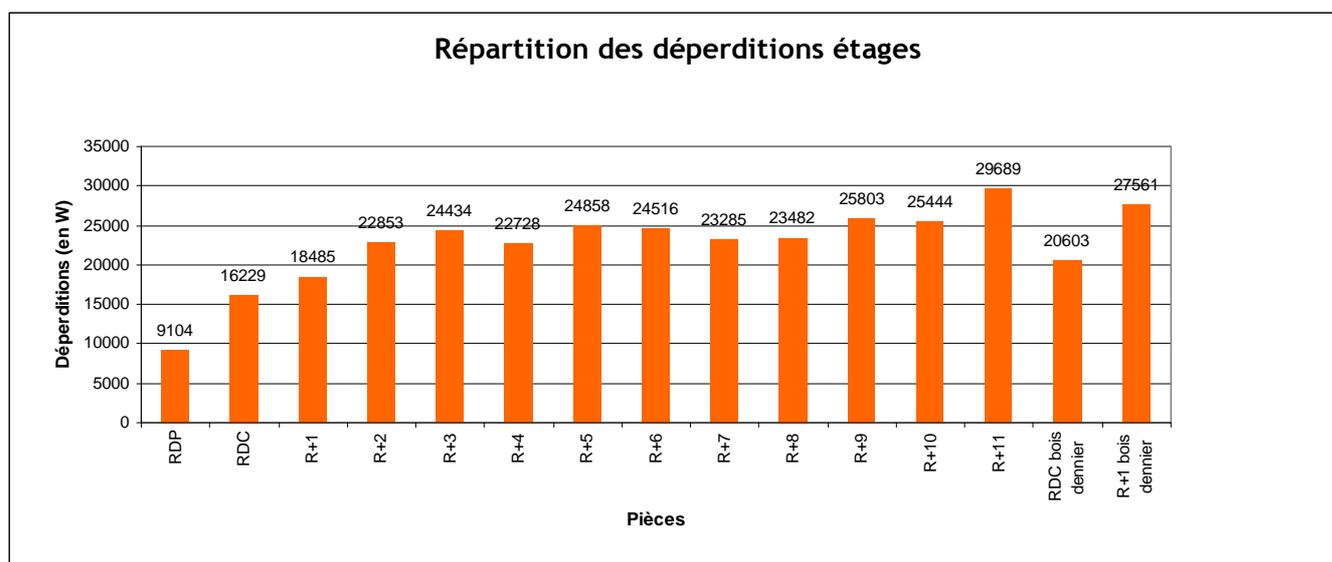
Une étude économique de l'impact du remplacement des menuiseries est abandonnée au vu de leur remplacement récent. Cependant un comparatif énergétique sera réalisé afin d'envisager un remplacement à plus long terme.

- La ventilation et les infiltrations :

La diminution de la part de la ventilation est difficile, celui-ci est un secteur fixe qui ne pourra être amélioré que par la mise en place d'une ventilation double flux, c'est à dire la mise en place de deux réseaux de gaines de ventilation (soufflage et extraction). Au vu du bâtiment cette solution technique n'est pas adaptée à un bâtiment existant.

- Les murs extérieurs :

Les murs non isolés possèdent le plus fort potentiel d'économie d'énergie. Ils représentent aujourd'hui 14 % des pertes de chaleur totales du bâti. Une action d'amélioration sur ce poste permettra de réduire considérablement ces pertes.



Nous voyons ici qu'aucun étage ne se détache des autres, signe d'une configuration homogène de la cité.

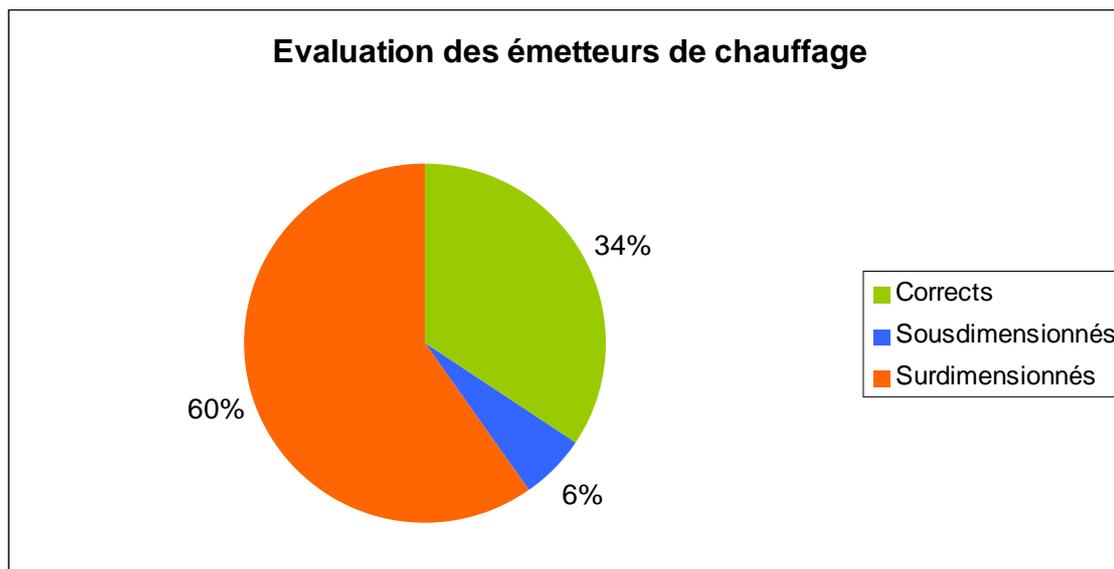
Vous trouverez en Annexe 4 le récapitulatif des déperditions par pièce

### F.1.2. Analyse des puissances installées

#### F.1.2.a) Comparatif besoins / puissances installées

Les puissances installées par local sont déterminées à partir de l'inventaire des émetteurs de chaleur et par ratio de puissance calculées en fonction de nombres d'éléments, du nombre de colonnes et de la hauteur des radiateurs.

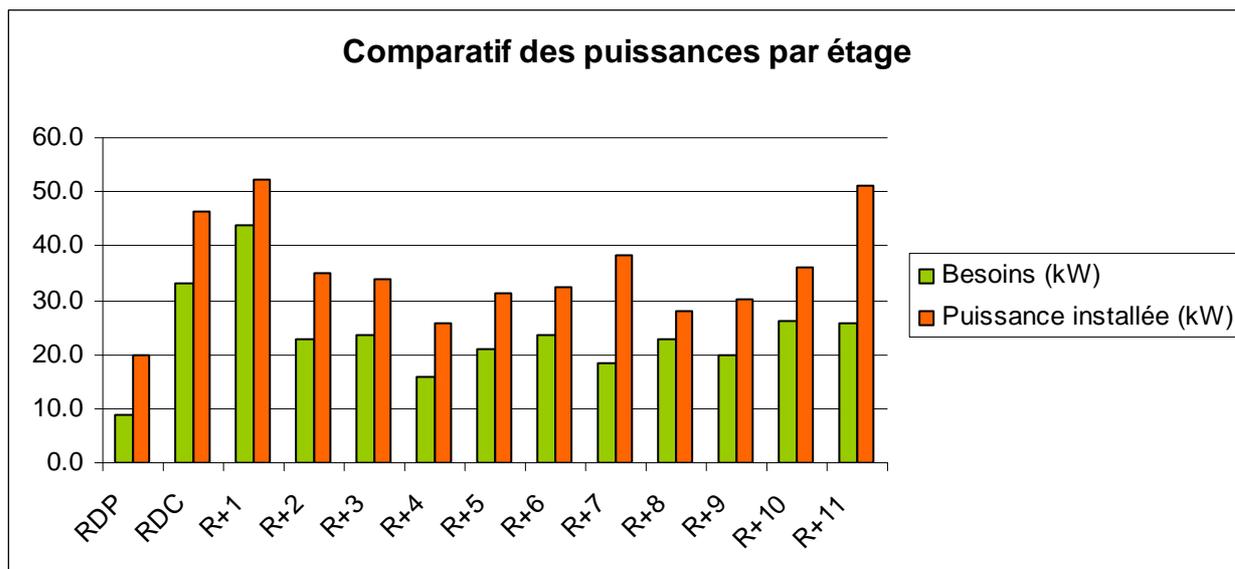
Les besoins thermiques des locaux sont évalués à l'aide du logiciel CLIMA-WIN qui calcule pour chaque pièce ou local les déperditions thermiques par l'enveloppe et le renouvellement d'air.



L'analyse globale démontre que 60% des émetteurs sont surdimensionnés<sup>2</sup> par rapport aux besoins réels des locaux. Ceci est dû au fait que l'installation des radiateurs est antérieure aux travaux d'amélioration de l'enveloppe (menuiseries, toiture,...), ceux-ci ne sont donc plus en concordance avec la configuration actuelle des locaux.

---

<sup>2</sup> Les émetteurs sont considérés surdimensionnés ou sous dimensionnés lorsque leur puissances valent respectivement plus ou moins 30% de la puissance calculée en théorique.



	Besoins (kW)	Puissance installée (kW)
RDP	8.7	20.0
RDC	33.1	46.5
R+1	43.9	52.2
R+2	23.0	35.1
R+3	23.7	33.9
R+4	15.8	25.8
R+5	21.0	31.2
R+6	23.7	32.4
R+7	18.3	38.4
R+8	22.7	28.1
R+9	20.0	30.3
R+10	26.1	36.0
R+11	25.8	51.0
<b>Total</b>	<b>305.7</b>	<b>460.8</b>

Il y a une grande disparité entre les étages. En effet les puissances installées au rez-de-chaussée et au dernier étage sont plus de deux fois supérieures aux besoins réels tandis que pour les étages intermédiaires la proportion est plus faible.

#### F.1.2.b) Impact sur la consommation de chauffage

Cette surpuissance a un effet néfaste sur le chauffage du bâtiment. En effet, une chaudière surdimensionnée et ne fonctionnant pas à pleine puissance engendre une baisse de ce qu'on appelle son rendement saisonnier et donc une surconsommation de gaz.

Calcul du rendement de génération des chaudières existantes :

Le rendement de génération est lié à :

- Rendement de combustion de la chaudière (noté  $\eta_c$ );
- Rendement saisonnier (noté  $\eta_s$ );

*Détermination du rendement de combustion :*

Chaudière gaz installée au sol avec brûleur séparé récent :  $\eta_c = 0.86$   
Coefficient d'entretien : chaudière bien entretenue  $c = 0.04$   
Rendement de combustion corrigé :  $\eta_c = 0.86 - 0.04 = 0.82$

*Détermination du rendement saisonnier:*

Rendement saisonnier =  $0.99 - 0.03$  (surpuissance -1)<sup>2</sup>

Surpuissance = Puissances chaudières / déperditions du bâtiment =  $(558 \text{ kW} \times 2) / 314 \text{ kW} = 3.55$

→  $\eta_s = 0.99 - 0.03 \times (3.55 - 1)^2 = 0.79$

*Détermination du rendement de génération*

$\eta_g = \eta_s \times \eta_c = 0.79 \times 0.86 = 0.65$

F.1.2.c) Commentaires :

Cette analyse nous démontre que la surpuissance d'un système de génération a un impact important sur la consommation. On voit ici une perte de l'ordre de 20 % liée à cette surpuissance.

F.1.3. Calcul de la consommation théorique

La consommation est calculée selon trois facteurs :

- Les déperditions du bâtiment (calculées précédemment) ;
- L'occupation et les périodes de chauffe du bâtiment (posées dans les hypothèses de fonctionnement) ;
- Le rendement global du chauffage.

Le rendement global de chauffage est fonction de :

- Rendement de génération ;
- Rendement régulation ;
- Rendement de distribution ;
- Rendement d'émission.

Chaque valeur est donnée selon les équipements présents :

Rendement de génération (calculé précédemment) :

Chaudière gaz au sol installée avant 1988 avec remplacement de brûleur  $\eta_g = 0.65$

Rendement de régulation :

Robinet non thermostatique  $\eta_r = 0.9$

Rendement de distribution :

Réseau dans locaux chauffés non isolés  $\eta_d = 0.92$

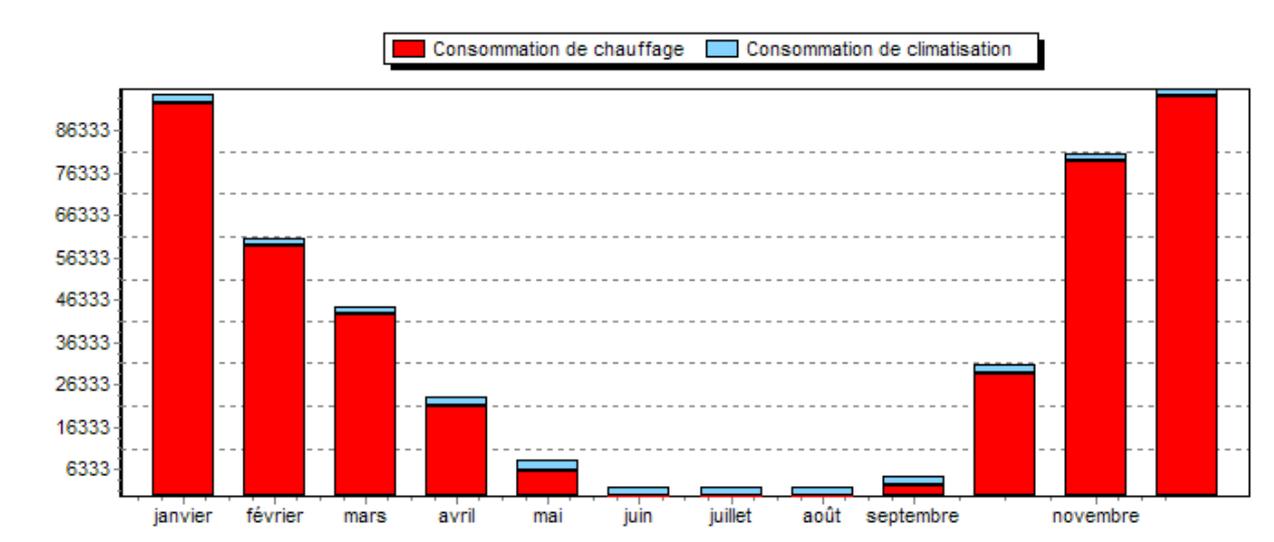
Rendement d'émission :

Radiateurs eau chaude fonte

$$\eta_e = 0.95$$

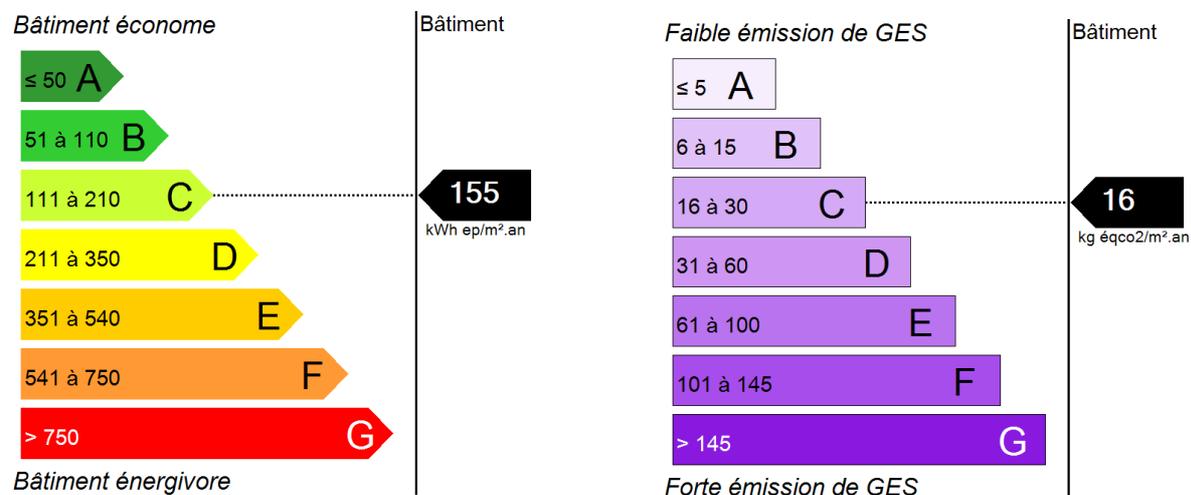
**Consommation théorique calculée par le logiciel : 427 847 kWh**

Le graphique ci-dessous représente le profil de consommation mensuel



Ce calcul met fin à la simulation du chauffage du Cluzel à l'état existant. Ce profil va être repris dans toutes les préconisations afin de simuler les baisses de consommation d'énergie générées.

Etiquette Energie / Climat de la simulation :



## F.2. Climatisation

Les locaux serveurs ont une obligation de rafraîchissement de leur température à 26°C pour un bon fonctionnement.

Cette ambiance est aujourd'hui maintenue au moyen d'appareils de climatisation fonctionnant tous les jours de l'année.

La consommation est donc liée à l'apport de chaleur que dégagent les serveurs continuellement.

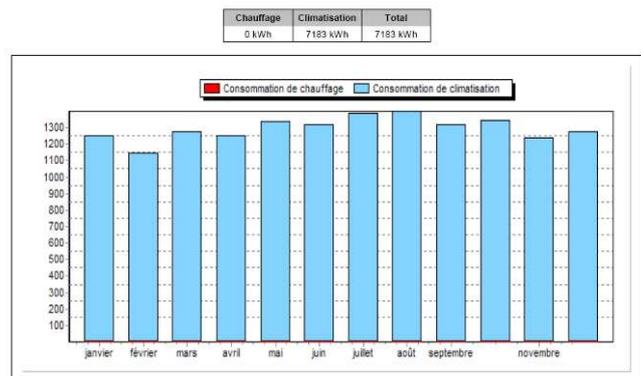
Apports de chaleur de chaque local :

Local Autocom :	P = 3 kW
Local DDAF	P = 2.5 kW
Local DDE	P = 3 kW

### F.2.1. Calcul des consommations théoriques

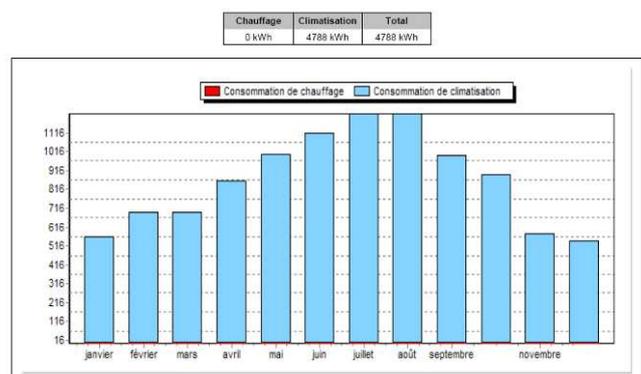
#### Local Autocom

Estimation	
Energie finale consommée	7 183 kWh <sub>ef</sub> / an
Energie primaire consommée	18 532 kWh <sub>ep</sub> / an
Emissions de gaz à effet de serre	617kg CO <sub>2</sub> / an



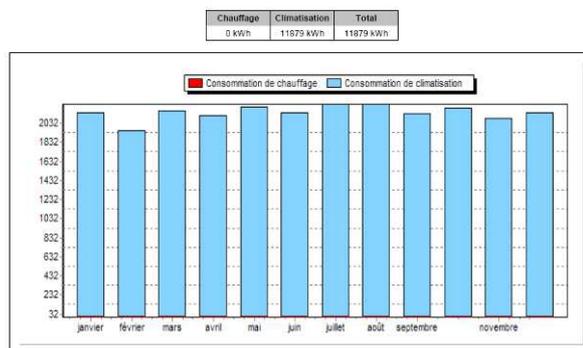
#### Local DDAF

Estimation	
Energie finale consommée	4 788 kWh <sub>ef</sub> / an
Energie primaire consommée	12 353 kWh <sub>ep</sub> / an
Emissions de gaz à effet de serre	411 kgCO <sub>2</sub> / an



Local DDE

Estimation	
Energie finale consommée	11 879 kWh <sub>ef</sub> / an
Energie primaire consommée	30 647 kWh <sub>ep</sub> / an
Emissions de gaz à effet de serre	1021 kgCO <sub>2</sub> / an



Consommation totale

Estimation	
Energie finale consommée	23 850 kWh <sub>ef</sub> / an
Energie primaire consommée	61 533 kWh <sub>ep</sub> / an
Emissions de gaz à effet de serre	2 051 kgCO <sub>2</sub> / an

### F.3. AUXILIAIRES

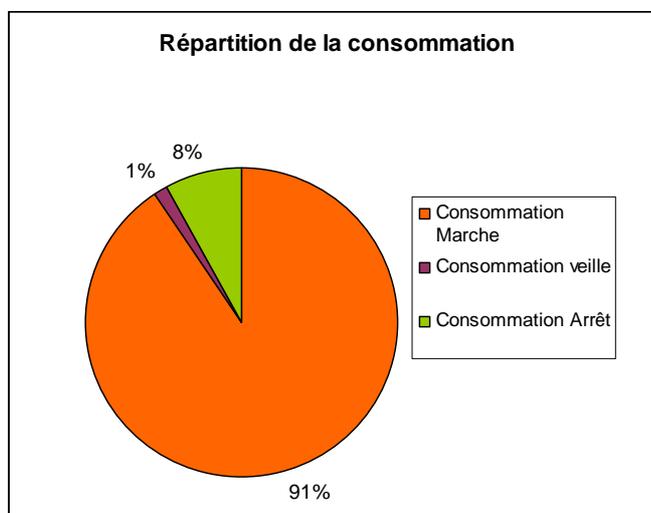
#### F.3.1. Bureautique

La consommation électrique des équipements informatiques a été estimée à partir de l'inventaire réalisé sur le site nous donnant la quantité, le type et les puissances moyennes des équipements. Les heures de fonctionnement ont été évaluées à partir de l'analyse comportementale.

Equipement	Quantité	Puissance moyenne(W)	kWh/an
Unité	317	47	49829
Ecran cathodique	21	86	4473
Ecran LCD	296	34	27015
Imprimante	59	-	4838
Imp/photocopieur	13	-	7176
<b>TOTAL</b>			<b>93331</b>

On obtient une consommation moyenne de 238 kWh par poste (Unité+écran).

La consommation totale du poste bureautique représente donc 93MWh par an soit 10,9 kWh/m<sup>2</sup>.an (surface SHON : 8540 m<sup>2</sup>). Ce ratio apparaît relativement faible (réf. ratio moyen 40,3 kWh/m<sup>2</sup>.an). Il s'explique en grande partie par la généralisation des écrans plats LCD qui sont beaucoup moins énergivores que les anciens écrans cathodiques.



La consommation en veille et à l'arrêt représente 9% de la consommation totale. La consommation à l'arrêt est la consommation lorsque l'équipement a été arrêté (par le bouton on/off en façade) mais son alimentation n'est pas interrompue, le transformateur reste alimenté et consomme donc de l'énergie.

*Vous trouverez en Annexe 3 l'inventaire des équipements de bureautique et les détails de calculs.*

*Une étude a démontré qu'une unité centrale est utilisée 16% du temps pendant lequel elle fonctionne, et un écran 25% de ce temps. Tout le reste est du gaspillage inutile. Une économie importante peut donc être faite soit par la sensibilisation du personnel soit par le biais technologique.*

### F.3.2. Eclairages

De la même façon la consommation liée à l'éclairage des bureaux et des parties communes a été estimée à partir de l'inventaire des luminaires et de l'étude des usages vis-à-vis de l'éclairage.

Type	Puissance totale (W)	h/an	kWh/an
Plafonnier bureau	34668	1030	35707
Eclairage partie commune	9517	2050	19510
Lampe de bureau/lampadaire	9034	772	6978
<b>Total</b>	<b>53219</b>	-	<b>62195</b>

La consommation des luminaires est donc estimée à environ 62 MWh par an. Soit 7,3 kWh/m<sup>2</sup> (réf. ratios : 26,7 kWh/m<sup>2</sup>.an). Là encore ce ratio apparaît faible, il est dû à la présence importante de lampes fluorescentes, à la mise en place d'éclairages plus performants (Tubes T5 14W, lampes fluo-compactes). De plus la configuration des bureaux (bureaux individuels plutôt que paysagers) incite à une certaine sobriété de l'utilisation de l'éclairage.

*Vous trouverez en Annexe 3 le détail des consommations de l'éclairage.*

## G. PRECONISATIONS

### G.1. ENVELOPPE

Nous allons étudier les améliorations possibles sur l'enveloppe, soit :

- Isolation des murs non isolés ;
- Isolation du plancher en sous face du sous sol ;
- Remplacement du double vitrage existant.

#### G.1.1. Isolation des murs extérieurs

L'isolation des pignons extérieurs est prioritaire. Ceux-ci représentant 13% des déperditions de chaleur, le renforcement de l'isolation permettra de réduire de façon significative la consommation.

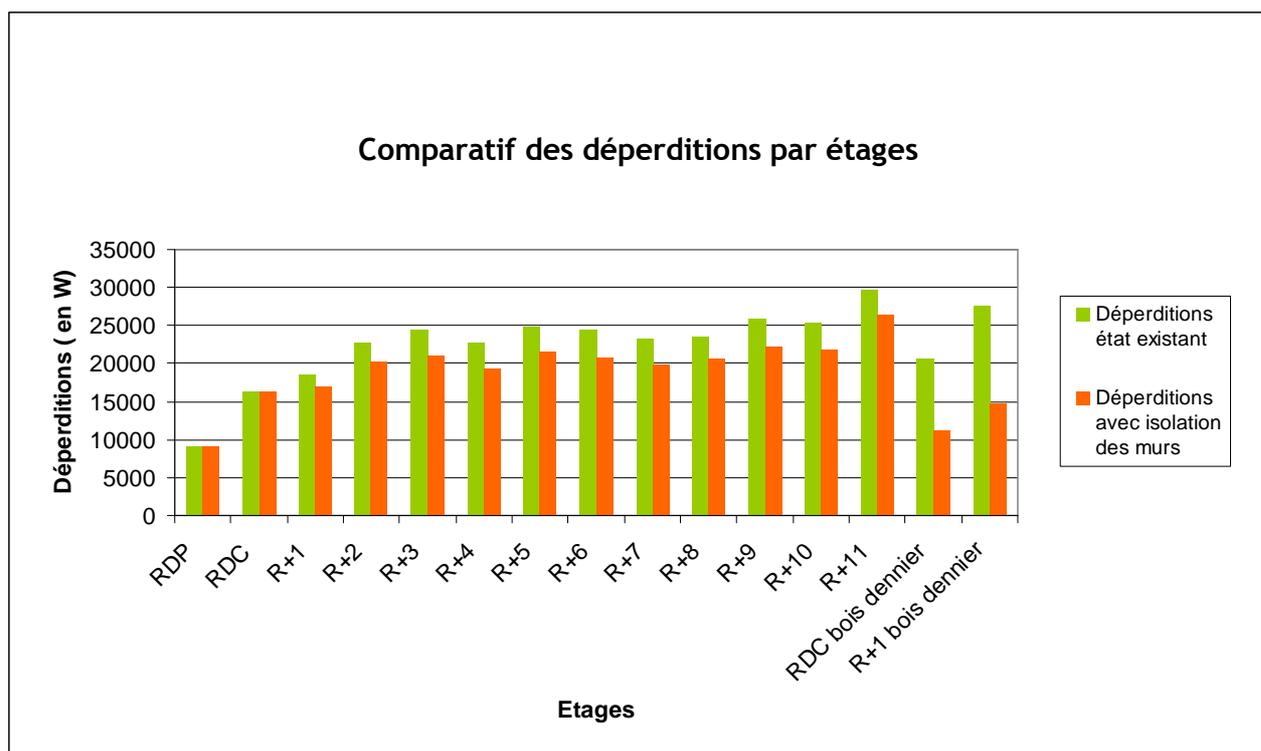
#### Solution proposée

Mise en place d'un doublage isolant type placo-polystyrène par l'intérieur.  
Résistance thermique minimum du matériau :  $R = 2.4 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$  (exigence réglementaire)

#### Localisation :

Pignons Façades Sud et Nord.  
Bâtiment Boisdennier

#### Comparatifs des déperditions :



Dépense totale après travaux : 282 183 W  
Réduction générée : 11 %

Calcul des consommations théoriques après travaux :

Estimation du poste chauffage	Après travaux	Bâtiment existant
Energie finale consommée	372 127 kWh/an	427 847 kWh/an
Energie primaire consommée	372 127 kWh/an	427 847 kWh/an
Emissions de gaz à effet de serre	87 077 kg CO <sub>2</sub> /an	100 116 kg CO <sub>2</sub> /an

Potentiel de certificat d'économie d'énergie :

Isolation des murs par l'intérieur dans les bâtiments de grande taille :  
Référentiel de l'opération : BAT-EN-02-GT (voir annexe 5)

Montant de certificats en kWh cumac :

Zone climatique : H2  
Chauffage : combustible  
Montant : 5 000 kWh cumac / m<sup>2</sup> d'isolant  
Facteur correctif : 0.4 (zone bureau)

Montant corrigé : 2000 kWh cumac / m<sup>2</sup> d'isolant

Valeur total : 2000 kWh cumac x 526 m<sup>2</sup> = 1 052 000 kWh cumac

Prix du kWh Cumac	Valeur des CEE	Taux de couverture par les CEE pour un investissement de 23 000€
0,01	10 520 € H.T	45 %
0,002	2 104 € H.T	9%

Bilan économique des travaux:

Isolation des murs intérieurs (526 m<sup>2</sup>)

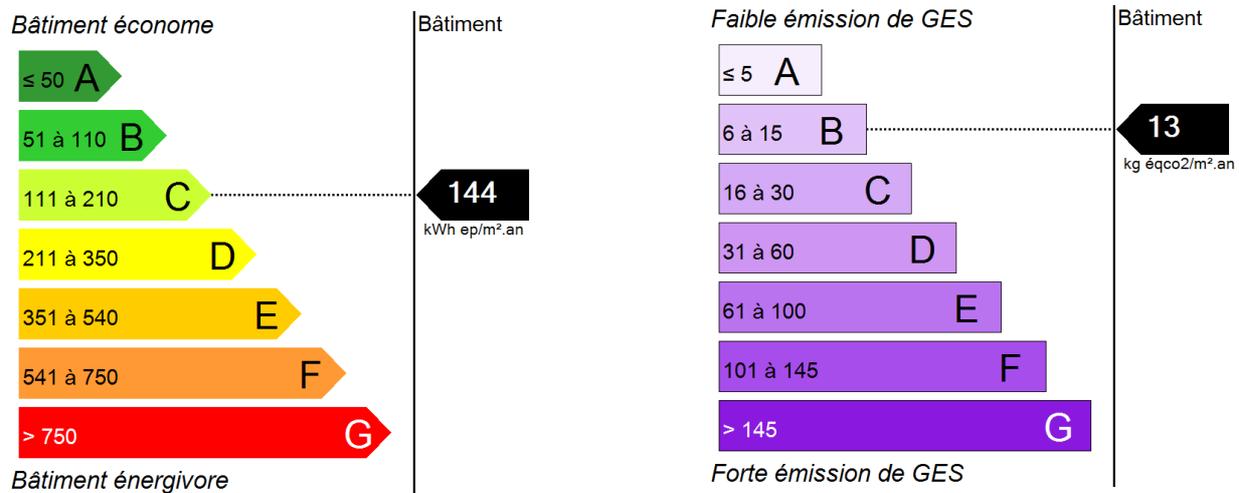
Compris dépose des corps de chauffe et peinture : **de 17 000 à 23 000 € H.T.**  
Revente des CEE (voir ci-dessous) 2 104 € H.T.

Économies générées :

Gaz : 55 720 kWh (coût moyen kWh = 0.041 € H.T) 2 284 € H.T. / an

Retour sur investissement : **de 7 à 10 ans**

Etiquette Energie / Climat Après travaux :



### G.1.2. Remplacement des doubles vitrages

Comme nous l'avons expliqué précédemment nous allons ici étudier seulement le potentiel d'économie d'énergie du remplacement des menuiseries existantes.

#### Solution proposée

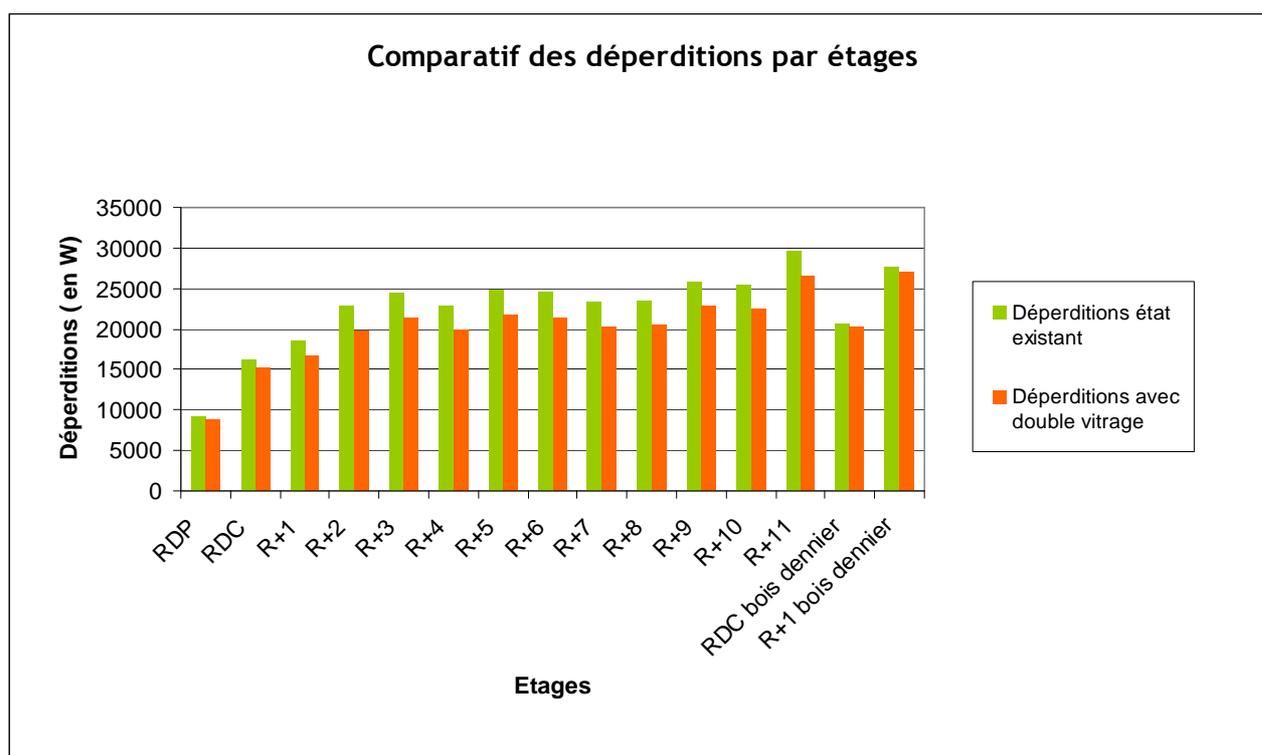
Les menuiseries existantes doivent être remplacées par des menuiseries performantes type PVC 4/16/4 avec remplissage Argon, ou équivalent, pour un coefficient thermique  $U = 2.1 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ . Mettre en place sur la façade Ouest des vitrages peu émissifs.

Ces vitrages devront être équipés d'entrées d'air en haut de menuiserie ( $22 \text{ m}^3/\text{h}$  – une menuiserie sur deux) ainsi que de stores extérieurs limitant la surchauffe lors de journées trop ensoleillées.

#### Localisation :

Toutes menuiseries

#### Comparatifs des déperditions :



Déperditions totales après travaux : 304 868 W

Réduction générée : 11.1%

Calcul des consommations théoriques après travaux :

Estimation du poste chauffage	Après travaux	Bâtiment existant
Energie finale consommée	390 196 kWh <sub>ep</sub> / an	427 847 kWh <sub>ep</sub> / an
Energie primaire consommée	390 196 kWh <sub>ep</sub> / an	427 847 kWh <sub>ep</sub> / an
Emissions de gaz à effet de serre	91 305 kg CO <sub>2</sub> / an	100 116 kg CO <sub>2</sub> / an

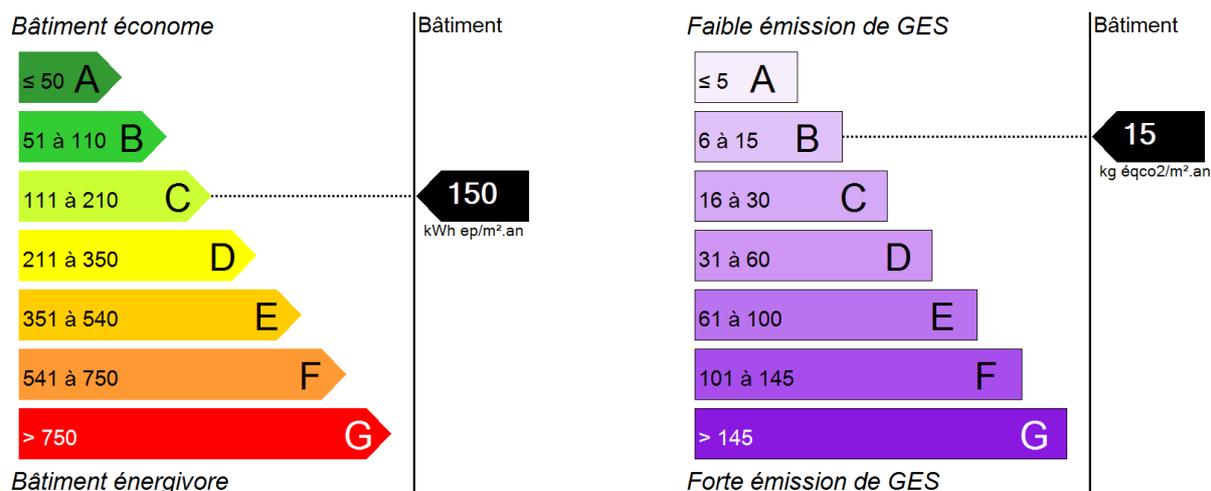
Bilan économique des travaux:

Remplacement des vitrages (1000 m<sup>2</sup>) : **de 250 000 à 350 000 € H.T.**

Économies générées :  
 Gaz : 37 651 kWh (coût moyen kWh = 0.041 € H.T) 1 543€ H.T. / an

Retour sur investissement : **> 150 ans**

Etiquette Energie / Climat Après travaux :



G.1.3. Isolation du plancher du rez de chaussée sur sous sol non chauffé

L'isolation du sous sol permettra de réduire les pertes de chaleur du RDC sur les parties non chauffées du sous sol.

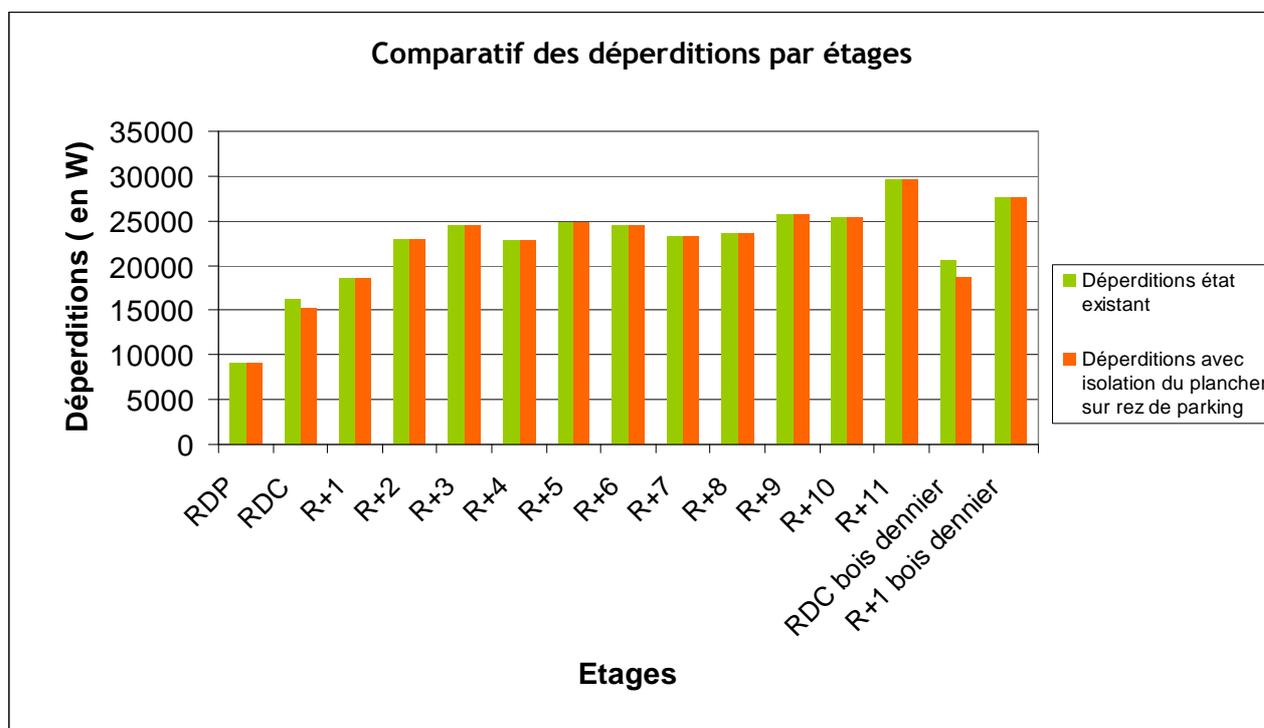
Solution proposée

Mise en place de 10 cm de laine de verre en sous face de plancher ou équivalent  
 Résistance thermique minimum du matériau :  $R = 2.9 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

Localisation :

Plafond des locaux non chauffés du sous-sol  
 Surface à isolés :  $316 \text{ m}^2$

Comparatifs des déperditions :



Déperditions totales après travaux : 336 146 W  
 Réduction générée : 1 %

Calcul des consommations théoriques après travaux :

Estimation du poste chauffage	Après travaux	Bâtiment existant
Energie finale consommée	417 857 kWh <sub>ef</sub> / an	427 847 kWh <sub>ef</sub> / an
Energie primaire consommée	417 857 kWh <sub>ef</sub> / an	427 847 kWh <sub>ef</sub> / an
Emissions de gaz à effet de serre	97 778 kg CO <sub>2</sub> / an	100 116 kg CO <sub>2</sub> / an

Potentiel de certificat d'économie d'énergie :

Isolation des murs par l'intérieur dans les bâtiments de grande taille :  
Référentiel de l'opération : BAT-EN-03-GT (voir annexe 6)

Montant de certificats en kWh cumac :

Zone climatique : H2  
Chauffage : combustible  
Montant : 6 200 kWh cumac / m<sup>2</sup> d'isolant  
Facteur correctif : 0.5 (zone bureau)

Montant corrigé : 3100 kWh cumac / m<sup>2</sup> d'isolant

Valeur total : 3100 kWh cumac x 316 m<sup>2</sup> = 979 700 kWh cumac \*

\* Ces travaux sont inférieurs à 1 GWh cumac (valeur minimum de revente des CEE) et doivent faire l'objet d'une revente groupée à d'autres travaux.

Prix du kWh Cumac	Valeur des CEE	Taux de couverture par les CEE pour un investissement de 12 500€
0,01	9 797 € H.T	78 %
0,002	1 959 € H.T	15 %

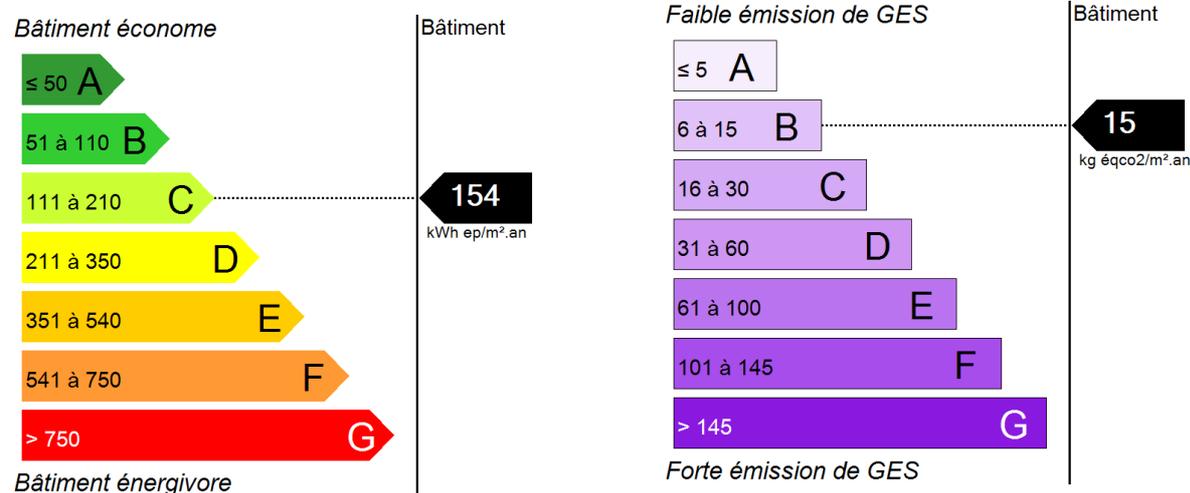
Bilan économique des travaux:

Isolation du plancher en sous face : **de 9 500 à 12 500 € H.T.**  
Revente des CEE (voir ci-dessous) 1 959 € H.T.

Économies générées :  
Gaz : 9 990 kWh (coût moyen kWh = 0.041 € H.T) 409 € H.T. / an

Retour sur investissement : **de 18 à 25 ans**

Etiquette Energie / Climat Après travaux :



## G.2. EQUIPEMENTS DE CHAUFFAGE

### G.2.1. Chaudière à condensation

La consommation de chauffage est pénalisée par les chaudières existantes même si les brûleurs ont été remplacés récemment. Le combustible gaz étant utilisé aujourd'hui, nous étudions la mise en place de chaudières à condensation.

#### Solution proposée :

Mise en place de deux chaudières à condensation type De Dietrich C230-170 EcoDiematic -m3 ou équivalent.

Puissance unitaire installée : 170 kW

#### Localisation :

Remplacement des deux chaudières existantes

#### Calcul des consommations théoriques :

#### Rendement de génération :

Chaudière gaz au sol à condensation :

$$\eta_g = 0.83$$

Estimation du poste chauffage	Après travaux	Bâtiment existant
Energie finale consommée	335060 kWh <sub>ef</sub> / an	427 847 kWh <sub>ef</sub> / an
Energie primaire consommée	335060 kWh <sub>ep</sub> / an	427 847 kWh <sub>ep</sub> / an
Emissions de gaz à effet de serre	78 404 kg CO <sub>2</sub> / an	100 116 kg CO <sub>2</sub> / an

#### Potentiel de certificat d'économie d'énergie :

Chaudière de type condensation dans les bâtiments de grande taille :  
Référentiel de l'opération : BAT-TH-02-GT (voir annexe 7)

Montant de certificats en kWh cumac :

Zone climatique : H2  
Usage : Chauffage  
Montant : 630 kWh cumac / m<sup>2</sup> surface chauffée  
Facteur correctif : 1.3 (zone bureau)

Montant corrigé : 819 kWh cumac / m<sup>2</sup> surface chauffée

Valeur total : 819 kWh cumac x 6 477 m<sup>2</sup> = 5 304 663 kWh cumac

Valeur estimée des CEE

- à 0.01 €/ kWh Cumac : 53 046 € H.T.
- à 0.002 €/ kWh Cumac : 10 609 € H.T.

Prix du kWh Cumac	Valeur des CEE	Taux de couverture par les CEE pour un investissement de 35 000€
0,01	53 046 € H.T	100 %
0,002	10 609 € H.T	30 %

Bilan économique des travaux:

Remplacement et dépose des chaudières existantes  
 par deux chaudières à condensation compris  
 mise en service et raccordements hydraulique :  
 Revente des CEE (voir ci-dessous)

**de 30 000 à 35 000 € H.T.**  
 10 609 € H.T

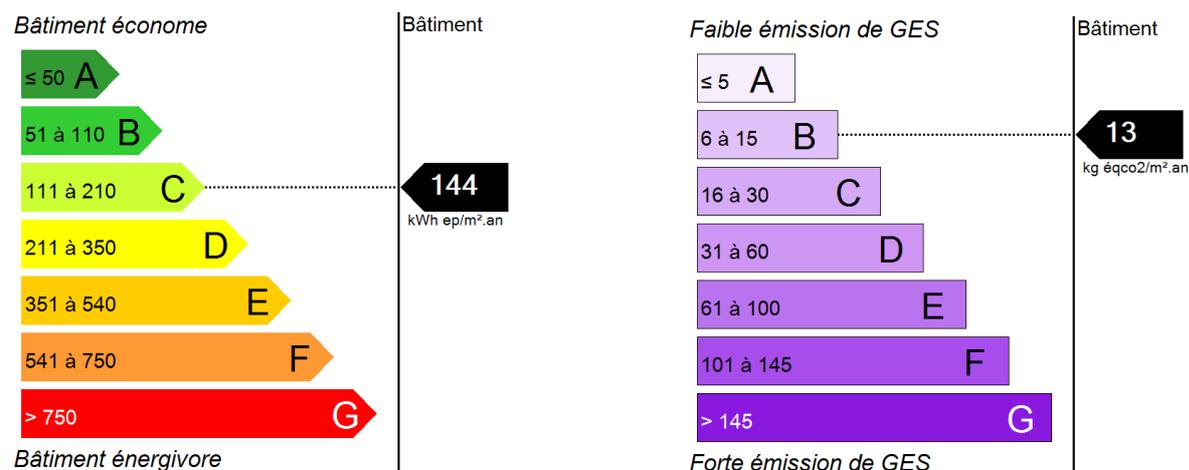
Économies générées :

Gaz : 92 787 kWh (coût moyen kWh = 0.041 € H.T)      3 804 € H.T. / an

Retour sur investissement :

**de 3 à 7 ans**

Etiquette Energie / Climat Après travaux :



### G.2.2. Chaudière Bois

La solution du chauffage au bois est considérée comme une énergie propre, à condition que le bois soit issu de forêts durablement gérées. Le bilan CO<sub>2</sub> est défini comme quasi nul car les émissions dégagées lors de la combustion du bois sont compensées par le carbone stocké par l'arbre lors de sa croissance grâce à la photosynthèse. Aujourd'hui la filière bois en région Centre s'est structurée et offre une pérennité d'approvisionnement à ses clients.

Cependant cette solution nécessite la création d'un silo de stockage en extérieur et condamne ainsi plusieurs places de garage.

#### Solution proposée :

Mise en place de deux chaudières bois type De Linder et SOMMERAUER SL150T-4R  
Puissance unitaire installée : 150 kW

#### Localisation :

Remplacement des deux chaudières existantes

#### Calcul des consommations théoriques :

#### Rendement de génération :

Chaudière bois automatique :

$$\eta_g = 0.78$$

Estimation du poste chauffage	Après travaux	Bâtiment existant
Energie finale consommée	356 538 kWh <sub>ef</sub> / an	427 847 kWh <sub>ef</sub> / an
Energie primaire consommée	356 538 kWh <sub>ep</sub> / an	427 847 kWh <sub>ep</sub> / an
Emissions de gaz à effet de serre	4 628 kg CO <sub>2</sub> / an	100 116 kg CO <sub>2</sub> / an

#### Besoin de bois déchiqueté :

Pouvoir calorifique bois : 3.5 kWh/kg      soit    101 tonnes par an

Poids spécifique : 650 kg/ m<sup>3</sup>            soit    156 m<sup>3</sup>/ an

La consommation de bois est très importante. Le volume de stockage doit donc être dimensionné en conséquence.

Si on table sur une livraison par mois il faudra un local de stockage de 20 m<sup>3</sup> minimum.

Les caractéristiques du local seront les suivantes :

3 x 3 x 3 soit 27 m<sup>3</sup>

Coût moyen de la tonne livrée : 110 € H.T.

Coût annuel : 11 110 € H.T

Existant : 19 856 € H.T.

Economie générée : 8 746 € H.T.

Potentiel de certificats d'économie d'énergie :

Pas de CCE pour les chaufferies bois pour des bâtiments de plus de 5000 m<sup>2</sup>.

Bilan économique des travaux:

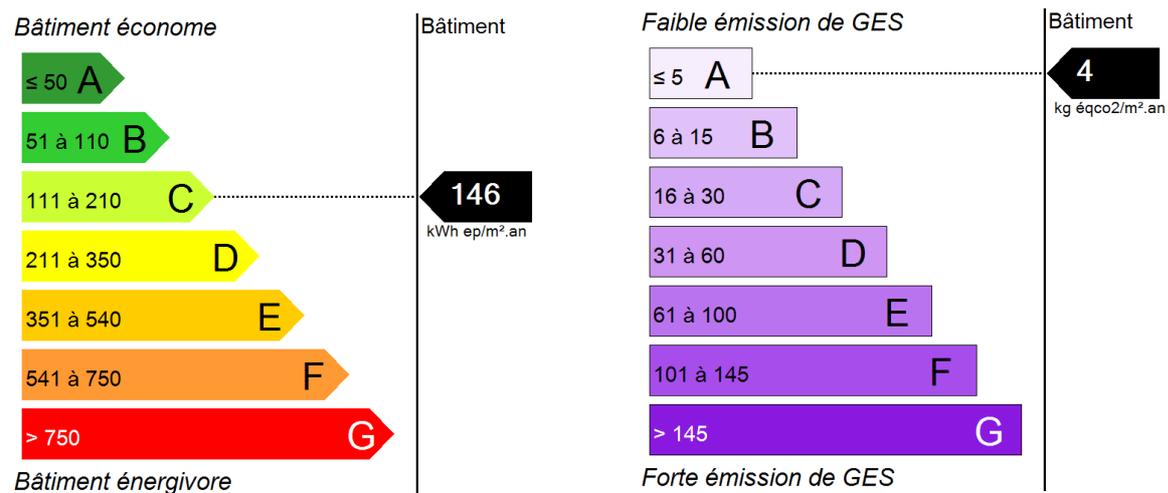
Remplacement et dépose des chaudières existantes  
par deux chaudières bois compris  
mise en service et raccordements hydraulique : **de 69 000 à 75 000 € H.T.**  
Construction d'un silo maçonné : **5000 € H.T.**

Investissement total : **74 000 à 80 000 € H.T.**

Économies générées : 8 746 € H.T. / an

Retour sur investissement : **de 8 à 10 ans**

Etiquette Energie / Climat Après travaux :



G.2.3. Commentaires

Nous voyons que ces deux solutions sont intéressantes pour ce projet. Les retours sur investissement atteints sont satisfaisants pour les deux solutions (de 11 à 15 ans). Ces économies générées ne sont pas engendrées par les mêmes causes. La chaudière à condensation permet une économie directe sur la consommation de gaz (13 %) alors que la rentabilité économique de l'installation bois est liée à un coût du combustible plus avantageux.

L'étude de la mise en place d'une Pompe à chaleur nécessite une étude plus approfondie au vu de l'audit. La complexité de l'étude sur les puissances à installées, la capacité des radiateurs existants et donc l'estimation des économies et des investissements est trop complexe à ce stade. Avant tout travaux une étude de faisabilité technique doit être engagée, notamment pour la chaufferie bois.

## G.3. CLIMATISATION

### G.3.1. Rafraîchissement des locaux serveurs

Nous allons étudier le moyen de diminuer la part de la climatisation en rafraîchissant les locaux via un flux d'air extérieur plus froid qui pourra combattre une partie des apports intérieurs. En effet, la chaleur dégagée par les machines reste confinée dans la pièce et crée ainsi une montée en température importante.

La solution proposée est donc de mettre en place un caisson d'extraction pour l'extraction et une grille d'entrée d'air sur la paroi extérieure.

#### Solutions proposée :

Caisson de ventilation : type VEKITA + 700 marque ALDES installé en combles.

Grille d'entrée d'air : type AWA 251 300x300 mm marque ALDES.

Débit max : 700 m<sup>3</sup>/h.

Régulation : variateur de vitesse électronique monophasé ALDES.

Localisation :

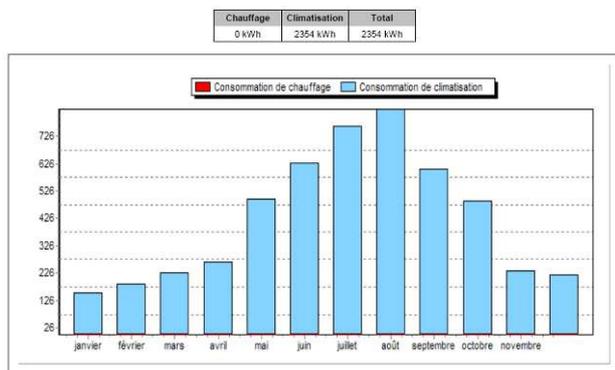
Serveur DDE : R+5

Serveur DDAF : R+10

Serveur Autocom : R-1

#### Calcul des consommations théoriques :

##### Local Autocom



Consommation calculée en énergie finale:

- 2 354 kWh<sub>ef</sub>/ an.      **7 183 kWh<sub>ef</sub>/ an.**

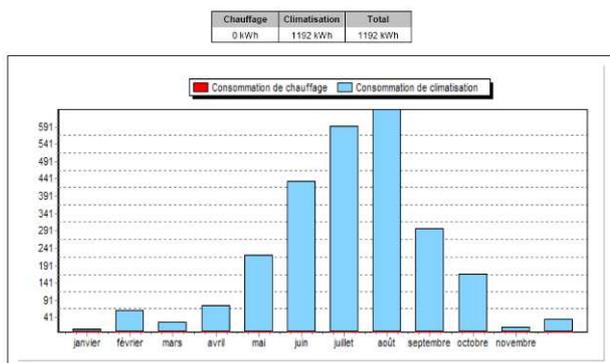
Consommation en énergie primaire :

- 6 073 kWh<sub>ep</sub>/ an.      **18 532 kWh<sub>ep</sub>/ an.**

Emissions de gaz à effet de serre :

- 202 kgCO<sub>2</sub>/ an.      **617 kWh<sub>ep</sub>/ an.**

##### Local DDAF



Consommation calculée en énergie finale:

- 1 192 kWh<sub>ef</sub>/ an.      **4 788 kWh<sub>ef</sub>/ an.**

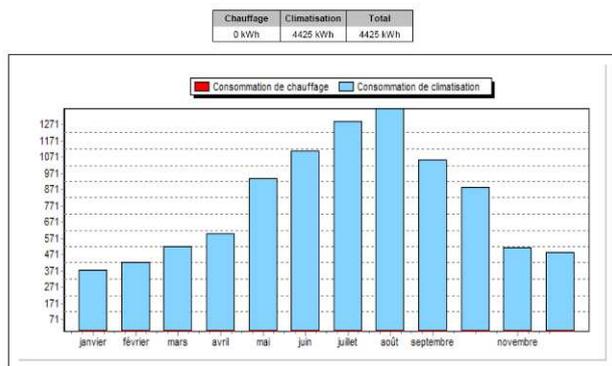
Consommation en énergie primaire :

- 3 075 kWh<sub>ep</sub>/ an.      **12 353 kWh<sub>ep</sub>/ an.**

Emissions de gaz à effet de serre :

- 102 kgCO<sub>2</sub>/ an.      **411 kgCO<sub>2</sub>/ an**

Local DDE



Consommation calculée en énergie finale:

- 4 425 kWh/ an.      **11 879 kWh/ an.**

Consommation en énergie primaire :

- 11 416 kWh/ an.      **30 647 kWh/ an.**

Emissions de gaz à effet de serre :

- 380 kgCO<sub>2</sub>/ an.      **1021 kgCO<sub>2</sub>/ an**

Consommation estimée des ventilateurs dans le cas le plus défavorable :

Puissance max ventilateurs : 60 W

Nb d'heures de fonctionnements : 24 x 365 = 8 760 heures

Consommations : 60 x 8 760 h x 3 caissons = 1576 kWh

Consommation totale :

Estimation du poste chauffage	Après travaux	Bâtiment existant
Energie finale consommée	9 547 kWh/ an	<b>23 850 kWh/ an</b>
Energie primaire consommée	20 565 kWh/ an	<b>61 533 kWh/ an</b>
Emissions de gaz à effet de serre	685kg CO <sub>2</sub> / an	<b>2 051 kg CO<sub>2</sub>/ an</b>

Bilan économique des travaux:

Caissons de ventilation + variateurs + grilles  
 Et manchettes :

**de 18 000 à 21 000 € H.T.**

Économies générées (14 303 kWh):

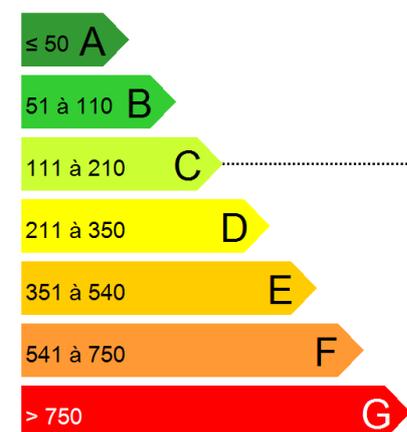
**1 430 € H.T.**

Retour sur investissement :

**de 12 à 15 ans**

Etiquette Energie / Climat Après travaux :

*Bâtiment économe*

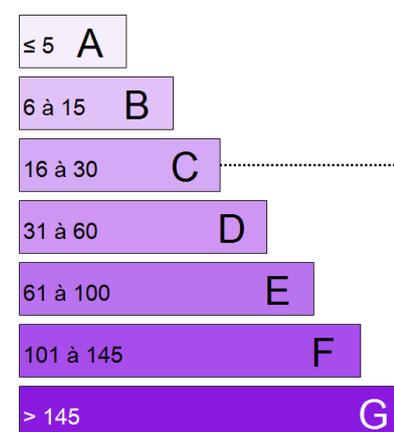


*Bâtiment énergivore*

Bâtiment

**151**  
kWh ep/m<sup>2</sup>.an

*Faible émission de GES*



*Forte émission de GES*

Bâtiment

**16**  
kg éqco<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>.an

### Commentaires

Cette action commune aux trois locaux serveurs permet une intéressante économie d'énergie. Elle ne nécessite pas de travaux lourds et permet une économie importante ainsi qu'une baisse de l'utilisation des appareils de climatisation et donc une augmentation de leur durée de vie.

G.3.2. Diminution de la surchauffe des bureaux

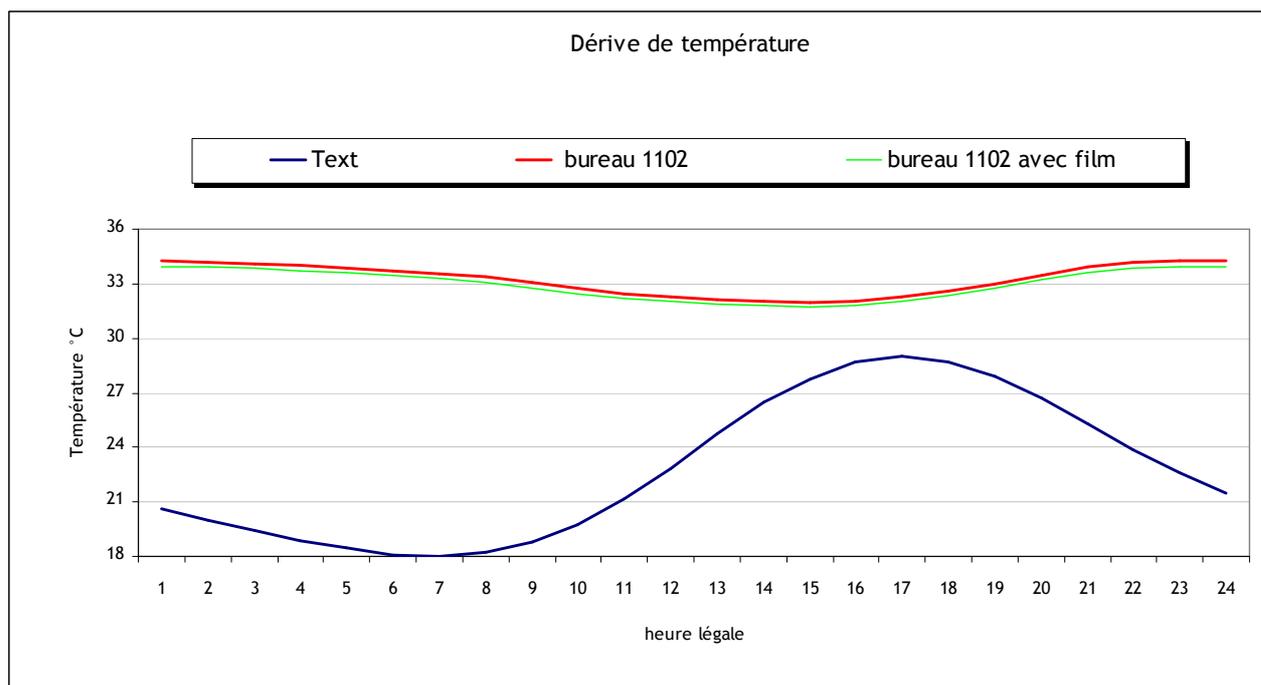
Comme vu dans le paragraphe E.2.1., nous allons étudier le potentiel de réduction des apports solaires avec la mise en place d'un film thermique protecteur sur les doubles vitrages.

Solutions proposée :

Mise en place d'un film type Argent 80 C de chez Fipsun ou équivalent.  
 Facteur solaire : 0.21

Résultats :

Bureau	étage	orientation	Température max.	Température min.	Température moy.
1102 avec store	R+11	ouest	34.29°C	31.96°C	33.24°C
1102 avec film	R+11	ouest	33.97°C	31.72°C	32.96°C



Bilan économique des travaux:

Mise en place des films (s = 1000 m<sup>2</sup>) : **de 55 000 à 65 000 € H.T.**

Commentaires :

Nous pouvons voir que le gain de confort est minime (0.3 °C) à comparaison avec les tores déjà installés. Il n'y a pas lieu aujourd'hui de mettre en place ces travaux sur le bâtiment.

## G.4. AUXILIAIRES

---

### G.4.1. Bureautique

---

#### G.4.1.a) Activation du gestionnaire d'énergie (écran et unité centrale)

Une première mesure consiste donc à aller activer le gestionnaire d'énergie. On paramètrera l'arrêt d'écran après 10 minutes d'inutilisation et l'arrêt total de l'unité centrale après vingt minutes d'inutilisation. Cette mesure peut être prise soit par les responsables du parc informatique soit par l'utilisateur lui-même.

<u>Investissement :</u>	NUL
<u>Economie :</u>	~40% soit 3200 €/an
<u>Temps de retour :</u>	NUL

#### G.4.1.b) Ajout d'une barrette multiprise

Une seconde mesure est l'achat d'une barrette multiprise avec interrupteur sur laquelle on branchera 1 unité centrale et l'écran (ainsi que tous les autres périphériques type imprimante).

<u>Investissement :</u>	entre 4 200 et 5 300 €
<u>Economie :</u>	~6% soit 540 € / an
<u>Temps de retour :</u>	~10 ans

#### G.4.1.c) Station d'accueil/portable

Une station d'accueil est un support sur lequel on vient installer un ordinateur portable. Elle est munie de connecteurs qui permettent de brancher des périphériques (écran, clavier, imprimante...). Ce principe permet de profiter de l'avantage du portable et du confort d'utilisation du fixe grâce à la station d'accueil. Le portable consommant en moyenne sept fois moins qu'un poste fixe (unité+écran), la configuration portable+station d'accueil permet donc d'économiser environ 50% de la consommation totale des ordinateurs.

Ceci impose l'achat d'un portable plus une station d'accueil, ce qui est un investissement important pour un seul poste. Ceci est donc à envisager en solution de remplacement pour les postes les plus anciens.

## G.4.2. Eclairage

### **G.4.2.a) Sensibilisation :**

Le premier niveau de préconisation se porte sur l'utilisation de l'éclairage. Il est nécessaire de sensibiliser les occupants en leur demandant d'éteindre l'éclairage lors des absences prolongées et de privilégier l'éclairage naturel lorsque cela est possible.

De même il est important de nettoyer périodiquement les luminaires car la poussière accumulée diminue leur efficacité.

### **G.4.2.b) Amélioration des équipements :**

Vous trouverez en annexe 8 l'étude réalisée sur l'éclairage.

Pour aller plus loin dans les économies d'énergies il serait judicieux de prolonger l'effort déjà effectué sur l'éclairage en remplaçant les tubes fluorescents peu efficaces dans les bureaux (tubes T8 avec ballasts ferromagnétiques).

-Plusieurs niveaux de rénovation sont envisageables ;

La base étant un luminaire en plafonnier ou encastré utilisant des tubes T5 ( $\varnothing 16\text{mm}$ ) de 14 Watt. Cette configuration permet de respecter un niveau d'éclairement en service de 500 lux moyen sur la zone utile tout en améliorant considérablement le rendement. Nous obtenons ainsi des puissances installées entre 9 Watt/m<sup>2</sup> et 12 Watt/m<sup>2</sup> dans les bureaux.

*Réduction de consommation de l'ordre de 9% soit environ 6 MWh/an.*

Il est ensuite possible de réaliser des économies d'énergie supplémentaires, en fonction du choix du type de gestion :

#### 1 Gradation automatique du luminaire côté fenêtre dès lors que le local est allumé (suivant apport éclairage naturel)

##### Fonctions :

- Allumage /extinction manuelle des luminaires (interrupteur).
- Automatisation sur gradation du luminaire côté fenêtre.

##### Matériels :

- Caisson 4x14W (tubes T5).
- Ballast électronique à gradation équipé d'un capteur lumière.

##### Intérêt :

- Gestion simple/ Economie sur gradation uniquement.

2 idem + ajout d'une détection de présence/cellule photo-électrique pour le local complet (placé au centre de la pièce)

Fonctions :

- Allumage / extinction automatique suivant présence et si le niveau global est trop élevé (seuil dépassé, alors coupure),
- gradation automatique du luminaire côté fenêtre dès lors que les appareils sont sous tension.

Matériels :

- Caisson 4x14W (tubes T5).
- Ballast électronique à gradation équipé d'un capteur lumière.
- Capteur de présence.

Intérêt :

- Gestion simple/ Economie sur éclairage naturel (seuil) et présence.

3 Tous les appareils sont pilotés suivant la présence et suivant le niveau d'éclairage naturel en réalisant un décalage entre les luminaires côté fenêtre et côté fond de bureau.

Fonctions :

- Allumage / extinction /gradation automatique suivant présence et suivant éclairage naturel.

Matériels :

- Caisson 4x14W (tubes T5).
- Ballast électronique DALI3 (bus numérique)
- Capteur de présence / cellule.

Intérêt :

- Permet une gestion plus globale via une interface informatique (GTB).
- Economie maximum sur éclairage naturel et présence.

L'économie d'énergie va bien sûr dépendre de l'utilisation des locaux, des comportements, de l'apport d'éclairage naturel.

---

<sup>3</sup> Grâce au langage numérique DALI, tous les systèmes équipés de ballast DALI peuvent communiquer avec les systèmes de gestion technique de bâtiment.

### G.4.3. Appareils annexes

---

#### G.4.3.a) Fontaines à eau :

Une fontaine à eau distribuant à la fois de l'eau chaude et de l'eau réfrigérée consomme environ 490 kWh/an contre 90 pour une fontaine uniquement à eau réfrigérée. En effet la machine contient 3,5 L d'eau chaude constamment maintenu à 95°C (source fabricant). Ce poste représenterait 3,9 MWh/an.

Dans un premier temps il serait judicieux d'éteindre ces fontaines en dehors des périodes d'occupation ceci permettra d'économiser environ 340kWh par machine.

Ensuite Il serait intéressant de connaître les réels besoins en eau chaude, pour éventuellement remplacer ces fontaines par des fontaines à eau réfrigérée simples, voir de les supprimer totalement.

#### G.4.3.b) Machines à café :

Une machine à café sur pied (distributeur) consomme en moyenne 1050 kWh/an, là encore il est possible de débrancher ces appareils en dehors des heures de travail.

## H. Synthèse des préconisations

Actions jugées nécessaires sans bénéfices quantifiables en termes d'économie d'énergie :

Intitulé	Commentaire
Mise en place 1 <sup>er</sup> niveau de management de l'énergie	Mise en place d'un suivi avec tableaux de bord et sensibilisation des différents acteurs pour consolider les démarches engagées et pérenniser les actions sur la durée.
Audit serveurs informatiques	Un audit approfondi sur les serveurs informatiques permettra d'évaluer leur niveau de consommation et les actions envisageables.
Etude de faisabilité multi-énergie	Une étude de faisabilité technique et économique approfondie sur le remplacement des chaudières existantes doit être envisagé avant d'effectuer des travaux de remplacement Etude financée par l'ADEME

Actions d'économies d'énergie à réaliser en priorité :

	Investissement.	Potentiel économie d'électricité		Economie financière	Temps de retour brut
Activation gestionnaire d'énergie sur les postes informatiques	NUL	32MWh/an	-10%	3200€/an	-
Mise en place systèmes d'extinction automatiques sur les fontaines à eau	120 à 160 €	2700 kWh/an	0,8%	270€/an	<1 an
Mise en place de barrettes multiprises sur la bureautique	5k€	5MWh/an	1,5%	540€	<10 ans

Actions d'économie d'énergie à réaliser à moyen terme :

Gaz :

	Investissement.	Potentiel économie de Gaz naturel	Economie financière	Temps de retour brut
Isolation par l'intérieur des murs extérieurs	15 à 21 k€	56 MWh/an	2 284 €	7 à 10 ans
Installation d'une chaudière à condensation	20 à 25 k€	92 MWh/an	3 804 €	3 à 7 ans
Installation d'une chaudière bois	74 à 80 k€	-	8 746 €	8 à 10 ans

*Electricité :*

	Investis- sement.	Potentiel économie d'électricité	Economie financière	Temps de retour brut
Sur-ventilation des locaux serveurs	18 à 21 k€	14300kWh	1430€	12 à 15 ans
Rénovation éclairage avec gestion	33 à 52 k€	-	-	-

Actions d'économie d'énergie à réaliser à long terme :

	Investis- sement.	Potentiel économie de Gaz naturel	Economie financière	Temps de retour brut
Mise en place de doubles vitrages performants	-	53 MWh/an	-	-
Isolation du plancher RDC	7.5 à 10.5k€	10 MWh/an	409 €	18 à 25 ans

Proposition de travaux	catégorie	Cout d'investissement € H.T.	Gain énergétique KWhep/m <sup>2</sup> .an	Gain économique € H.T. /an	Temps de retour Nb années	Délais de mise en œuvre	Priorité	Page rapport
Mise en place 1 <sup>er</sup> niveau de management de l'énergie	G	/	/	/	/	/	I	57
Audits serveurs informatiques	G	/	/	/	/	/	I	57
Etude de faisabilité multi-énergie	G	/	/	/	/	/	I	57
Activation gestionnaire d'énergie sur les postes informatiques	E	NUL	82560	3200	/	/	I	53
Mise en place d'extinctions automatiques sur les fontaines à eau	E	120 à 160	6 966	270	< 1	/	I	56
Mise en place de bureautique multiprise sur la bureautique	E	5 000	12 900	540	< 10 ans	/	I	53
Isolation des murs ext.	B	15 000 à 21 000	55 720	2 284	7 à 10 ans	4 à 6 mois	P	38
Mise en place d'une chaudière à condensation	E	20 000 à 25 000	92 780	3 804	3 à 7 ans	2 à 4 mois *	P	45
Mise en place d'une chaudière bois	E	74 000 à 80 000	71 309	8 746	8 à 10 ans	4 à 6 mois *	P	47
Sur-ventilation des locaux serveurs	B	18 000 à 21 000	36 894	1 430	12 à 15 ans	2 à 4 mois	P	49
Rénovation éclairage avec gestion	E	33 000 à 55 000	/	/	/	/	U	54
Mise en place de double vitrage performant	B	/	37 651	1 543	/	/	U	41
Isolation du plancher RDC sur RDP	B	7 500 à 10 500	9 990	409	18 à 25 ans	2 mois	U	43

\* Nécessite une étude de faisabilité multi-énergie au préalable

Catégorie : G = Gestion ; E = Equipements ; B = Bâti – Priorité : I = Immédiat ; P = Prioritaire ; U = Utile

## I. Glossaire

---

### Energie finale (kWhEF) :

L'énergie finale ou disponible est l'énergie livrée au consommateur pour sa consommation finale (essence à la pompe, électricité au foyer,...).

### Energie primaire (kWhEP):

L'énergie primaire permet de prendre en compte les pertes énergétiques lors de la transformation de l'énergie. Elle correspond à l'énergie achetée au distributeur d'énergie (que l'on appelle énergie finale) multipliée par un coefficient qui vaut 2,58 pour l'électricité. Ce coefficient 2,58 pour l'électricité prend en compte la chaleur fournie par la centrale électrique qui n'est pas utilisée et qui est évacuée dans l'environnement (mer, rivière...). Pour les sources d'énergie fossiles le facteur de conversion est de 1.

### PCI/PCS :

Le pouvoir calorifique d'un combustible est la quantité de chaleur exprimée en kWh ou MJ, qui serait dégagée par la combustion complète d'un mètre cube gaz sec dans l'air à une pression constante

On distingue 2 pouvoirs calorifiques :

- Le pouvoir calorifique supérieur (PCS);
- Le pouvoir calorifique inférieur (PCI).

PCS = PCI + Chaleur latente d'évaporation

- PCS : c'est la quantité de chaleur exprimée en kWh ou MJ, qui serait dégagée par la combustion complète de un (1) Mètre Cube Normal de gaz. L'eau formée pendant la combustion étant ramenée à l'état liquide et les autres produits étant à l'état gazeux.
- PCI : il se calcule en déduisant par convention, du PCS la chaleur de condensation (2511 kJ/kg) de l'eau formée au cours de la combustion et éventuellement de l'eau contenue dans le combustible.

### Gaz à effet de serre :

Les gaz à effet de serre (GES) sont des composants gazeux qui contribuent par leurs propriétés physiques à l'effet de serre. L'augmentation de leur concentration dans l'atmosphère terrestre est un facteur à l'origine du réchauffement climatique.

Rappel des différentes émissions de gaz à effet de serre par type d'énergie en kg de CO2 par kWh d'énergie finale :

Bois	0.013
Electricité	0.086
Fioul	0.32
Gaz naturel	0.234
Gaz propane	0.274

### **Coefficient de transmission thermique U :**

Le coefficient de transmission thermique d'une paroi est noté "U" (ou anciennement "k") et caractérise la quantité de chaleur traversant une paroi en régime permanent, par unité de temps, par unité de surface et par unité de différence de température entre les ambiances situées de part et d'autre de ladite paroi.

Le coefficient de transmission thermique s'exprime en  $W/m^2K$  et est l'inverse de la résistance thermique totale de la paroi. Plus sa valeur est faible et plus la construction sera isolée.

### **Résistance thermique R :**

La résistance traduit la capacité d'un matériau à résister au transfert thermique.

-Plus le R est élevé, plus le produit est isolant.

-Le R est exprimé en  $m^2k/W$ .

### **Certificats d'économies d'énergie :**

Le principe des certificats d'économie d'énergie repose sur une obligation de réalisation d'économies d'énergie imposée par les Pouvoirs publics sur une période donnée aux vendeurs d'énergie comme EDF, Gaz de France, les réseaux de chaleur tels CPCU. Si ils ne parviennent pas à remplir leurs obligations dans le temps imparti, ils devront s'acquitter d'une pénalité dont le montant ne pourra excéder 2 c€/kWh.

Ainsi ils peuvent amener leurs clients à réaliser des économies d'énergie en leur apportant des informations sur les moyens à mettre en œuvre, avec des incitations financières en relation avec des industriels ou des distributeurs : prime pour l'acquisition d'un équipement, aides aux travaux, service de préfinancement, diagnostic gratuit.

En contrepartie du constat des investissements effectués par les consommateurs grâce à ces actions, les vendeurs d'énergie reçoivent des certificats sur la base de forfaits en kWh calculés par type d'action, ce sont les **kWh cumac**.

### **Lux :**

Le lux est une unité de mesure de l'éclairement lumineux. Il caractérise le flux lumineux reçu par unité de surface.

### **DJU :**

Les Degrés jour unifiés ou DJU permettent de réaliser des estimations de consommations d'énergie thermique en proportion de la rigueur de l'hiver.

Pour chaque 24 heures, le nombre de degrés jours unifiés (Dju) est déterminé en faisant la différence entre la température de référence, 18 °C, et la moyenne de la température minimale et la température maximale de ce jour, c'est-à-dire 18 °C moins la moitié de la somme de la température maximale et de la température minimale.

**RT2005 :**

Les pouvoirs publics se sont engagés à réactualiser les exigences réglementaires tous les 5 ans, après la RT 2000, la RT 2005. La maîtrise des consommations d'énergie, la réduction des émissions de gaz à effet de serre sont les objectifs visés par la France comme par l'ensemble de la communauté internationale pour préserver les ressources énergétiques et limiter le réchauffement climatique. De plus cette réactualisation des contraintes énergétiques apporte un impact économique important car bien que le surcout d'investissement soit de 2 à 3%, l'économie d'énergie sera de l'ordre de 15% par rapport à la RT 2000.

## **J. Annexes**

---

### **J.1. ANNEXE 1 : Fiche détail chauffage**

---



## J.2. ANNEXE 2 : Inventaire équipements de climatisation

---



### J.3. ANNEXE 3 : Inventaire Eclairage et bureautique

---



#### J.4. ANNEXE 4 : Récapitulatif des déperditions par pièces

---



## J.5. ANNEXE 5 : Fiche CEE BAT EN 02 GT

---



## J.6. ANNEXE 6 : Fiche CEE BAT EN 03 GT

---



## J.7. ANNEXE 7 : Fiche CEE BAT TH 02 GT

---



## J.8. ANNEXE 8 : Etude Éclair age

---

*RAPPORT DE SYNTHÈSE  
AUDIT ÉNERGETIQUE*

**CITE ADMINISTRATIVE DU CLUZEL  
PREFECTURE D'INDRE ET LOIRE  
37 000 TOURS**



Maître d'ouvrage : Préfecture d'Indre et Loire  
Adresse : 15, rue Bernard Palissy  
37 925 Tours cedex 9

Bureau d'étude : ENERGIO  
Adresse : 7, rue Dublineau - 37000 TOURS  
Téléphone : 02.47.88.02.02.  
Auditeur : Alexandre GARCIA



## A. SOMMAIRE

---

<b>A.</b>	<b>SOMMAIRE .....</b>	<b>3</b>
<b>B.</b>	<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>5</b>
B.1.	OBJECTIFS DE L'ETUDE.....	5
B.2.	DEROULEMENT DE L'ETUDE.....	6
<b>C.</b>	<b>PRESENTATION DU SITE .....</b>	<b>7</b>
C.1.	GENERALITES .....	7
C.2.	DESCRIPTION DU BATI ET DES EQUIPEMENTS .....	8
C.2.1.	<i>Schéma du bâti.....</i>	8
C.2.2.	<i>Bâti.....</i>	9
C.2.3.	<i>Chauffage.....</i>	10
C.2.4.	<i>Eau chaude sanitaire.....</i>	10
C.2.5.	<i>Renouvellement d'air.....</i>	11
C.2.6.	<i>Refroidissement.....</i>	11
C.2.7.	<i>Eclairage.....</i>	11
C.2.8.	<i>Autres équipements consommateurs.....</i>	12
<b>D.</b>	<b>ANALYSE DES CONSOMMATIONS .....</b>	<b>13</b>
D.1.	GAZ NATUREL.....	13
D.1.1.	<i>Bilan.....</i>	13
D.1.2.	<i>Evolution de la consommation.....</i>	13
D.1.3.	<i>Régulation.....</i>	14
D.2.	ELECTRICITE.....	14
D.2.1.	<i>Bilan.....</i>	14
D.2.2.	<i>Evolution de la consommation.....</i>	16
D.3.	BILAN ET ETIQUETTE ENERGIE/CLIMAT .....	18
D.3.1.	<i>Bilan.....</i>	18
D.3.2.	<i>Etiquette énergie/ climat Audit.....</i>	19
D.3.3.	<i>Etiquette énergie/ climat DPE réglementaire 2008.....</i>	19
<b>E.</b>	<b>ETUDE COMPORTEMENTALE.....</b>	<b>20</b>
E.1.	CONFORT THERMIQUE D'HIVER.....	20
E.2.	CONFORT THERMIQUE D'ETE .....	20
E.2.1.	<i>Dérive des températures.....</i>	22
E.3.	QUALITE D'AIR.....	24
E.4.	UTILISATION DE L'ECLAIRAGE .....	24
E.5.	UTILISATION DE L'INFORMATIQUE.....	25
<b>F.</b>	<b>ANALYSE ET SIMULATION ENERGETIQUE .....</b>	<b>26</b>
F.1.	CHAUFFAGE .....	26
F.1.1.	<i>Analyse de l'enveloppe.....</i>	26
F.1.2.	<i>Analyse des puissances installées.....</i>	30
F.1.3.	<i>Calcul de la consommation théorique.....</i>	32
F.2.	CLIMATISATION .....	34
F.2.1.	<i>Calcul des consommations théoriques.....</i>	34
F.3.	AUXILIAIRES.....	36
F.3.1.	<i>Bureautique.....</i>	36
F.3.2.	<i>Eclairages.....</i>	37
<b>G.</b>	<b>PRECONISATIONS.....</b>	<b>38</b>
G.1.	ENVELOPPE .....	38
G.1.1.	<i>Isolation des murs extérieurs.....</i>	38
G.1.2.	<i>Remplacement des doubles vitrages.....</i>	41

G.1.3.	<i>Isolation du plancher du rez de chaussée sur sous sol non chauffé.....</i>	<i>43</i>
G.2.	EQUIPEMENTS DE CHAUFFAGE .....	45
G.2.1.	<i>Chaudière à condensation .....</i>	<i>45</i>
G.2.2.	<i>Chaudière Bois .....</i>	<i>47</i>
G.2.3.	<i>Commentaires .....</i>	<i>48</i>
G.3.	CLIMATISATION.....	49
G.3.1.	<i>Rafraichissement des locaux serveurs .....</i>	<i>49</i>
G.3.2.	<i>Diminution de la surchauffe des bureaux.....</i>	<i>52</i>
G.4.	AUXILIAIRES.....	53
G.4.1.	<i>Bureautique .....</i>	<i>53</i>
G.4.2.	<i>Eclairage .....</i>	<i>54</i>
G.4.3.	<i>Appareils annexes.....</i>	<i>56</i>
<b>H.</b>	<b>SYNTHESE DES PRECONISATIONS .....</b>	<b>57</b>
<b>I.</b>	<b>GLOSSAIRE .....</b>	<b>60</b>
<b>J.</b>	<b>ANNEXES.....</b>	<b>63</b>
J.1.	ANNEXE 1 : FICHE DETAIL CHAUFFAGE .....	63
J.2.	ANNEXE 2 : INVENTAIRE EQUIPEMENTS DE CLIMATISATION.....	65
J.3.	ANNEXE 3 : INVENTAIRE ECLAIRAGE ET BUREAUTIQUE.....	67
J.4.	ANNEXE 4 : RECAPITULATIF DES DEPERDITIONS PAR PIECES.....	69
J.5.	ANNEXE 5 : FICHE CEE BAT EN 02 GT.....	71
J.6.	ANNEXE 6 : FICHE CEE BAT EN 03 GT.....	73
J.7.	ANNEXE 7 : FICHE CEE BAT TH 02 GT .....	75
J.8.	ANNEXE 8 : ETUDE ÉCLAIR AGE .....	77

## B. INTRODUCTION

---

### B.1. Objectifs de l'étude

---

- Réduire les besoins en énergie du bâtiment et améliorer le confort des occupants (été/hiver) ;
- Vérifier la faisabilité technique et économique du projet d'implantation d'une énergie renouvelable (bois, solaire, géothermie) plutôt qu'une énergie fossile ;
- Proposer des solutions techniques adaptées au contexte et aux possibilités qu'offre le site ;
- Comparer les différentes solutions en termes de coût d'investissement et de coût d'exploitation ;
- Rechercher des solutions visant à assurer la pérennité de l'approvisionnement et favorisant une logique de développement local ;
- Faire ressortir les qualités environnementales des différents scénarios énergétiques, notamment en termes de réduction des émissions de gaz à effet de serre et d'économie d'énergies fossiles.

## B.2. Déroulement de l'étude

---

La présente étude a été établie en 5 phases :

- Phase 1 : Préparation de l'étude.

Diffusion du questionnaire sur les conditions de confort dans le bâtiment et recollement des premières informations du bâtiment.

- Phase 2 : Relevé sur site.

Le relevé sur site a été effectué sur trois jours les 5, 6 et 7 Août 2009. Ces trois jours ont permis de visiter et de caractériser l'ensemble des locaux et équipements présents sur la cité du Cluzel. Nous avons aussi pu nous entretenir avec les différents occupants de la cité (chefs de service et agents)

Personnes rencontrées :

- o M. LOYER : gardien
- o M. CAILLE : représentant DDAF
- o M. NOEL : représentant DDE
- o Mme Mailler : représentante DDGCCRF
- o M. WOLF : bureau d'étude DDE
- o M. AYACHE : Régisseur de la cité (rencontré le 1er septembre)

Lors de cette présence ENERGIO a récupéré l'intégralité des factures de consommation énergétique de chaque service.

Enfin la diffusion et la récupération des questionnaires a été arrêtée le 28 Août.

- Phase 3 : Pré-analyse et réunion intermédiaire.

Première analyse du bâtiment et des pistes d'amélioration.

Réunion intermédiaire effectuée le 3 septembre.

- Phase 4 : Analyse détaillée et rendu de l'étude

Réunion de présentation le 16 octobre 2009

- Phase 5 : Campagne de mesure sur la période de chauffe.

## C. Présentation du site

---

### C.1. Généralités

---

La cité administrative du Cluzel est un bâtiment à usage de bureau qui regroupe les services de la DDE, la DDAF et de la DDGCCR. Environ 250 agents sont présents quotidiennement dans les locaux.

Ce bâtiment a été construit en 1962.

Le bâtiment est constitué d'une aile principale comprenant 11 niveaux et une aile annexe (bâtiment Boisdennier) comprenant 2 niveaux.

Les différents services occupent les niveaux suivants :

- DDE : R+1 à R+7
- DDA : R+8 à R+11
- DDGCCR : bâtiment Boisdennier
- Trésorerie générale : R-1 et RDC

Le chauffage ainsi que l'électricité des parties communes de la cité sont suivis et gérés par la trésorerie générale. Chaque service gère ses consommations électriques d'usage (bureautique, éclairage, ...).

La cité a fait l'objet de plusieurs travaux d'aménagement et de réhabilitation.

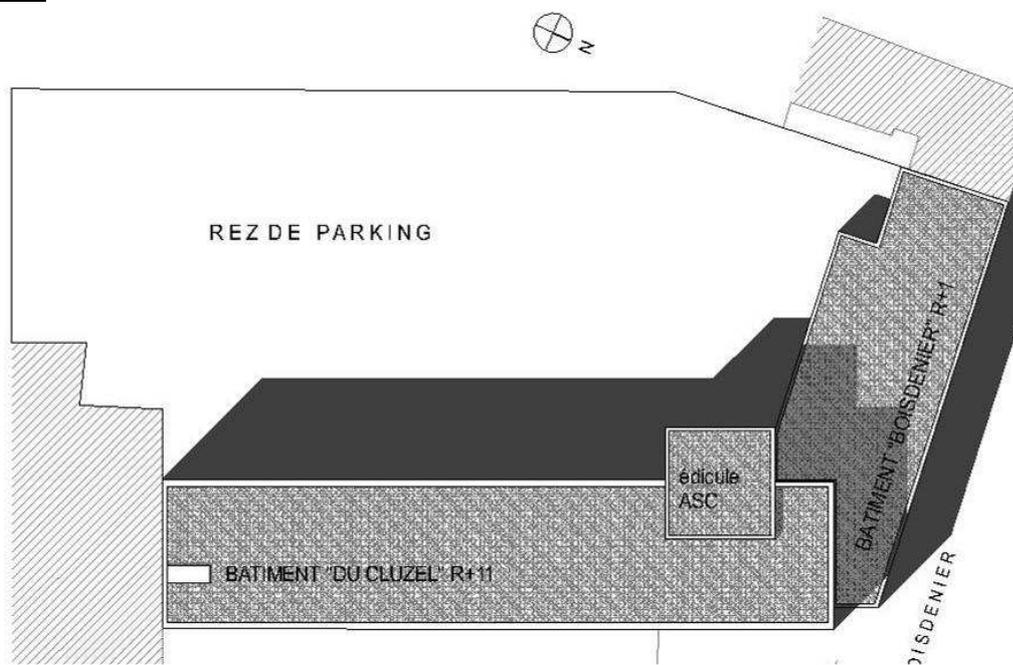
- 1992 : Réhabilitation du bâtiment DDGCCR et réfection de la terrasse
- 1998 : Remplacement de menuiseries extérieures
- 2004 : Passage du fioul au gaz (remplacement des brûleurs), création d'un réseau séparé pour le bâtiment Boisdennier, équilibrage des colonnes
- 2008 : Remplacement des ampoules des parties communes, isolation des allèges de murs
- 2009 : Réhabilitation de la terrasse de l'aile principale et des blocs sanitaires

Les ascenseurs ont aussi fait l'objet d'un remplacement récemment (date non communiquée).

## C.2. Description du bâti et des équipements

### C.2.1. Schéma du bâti

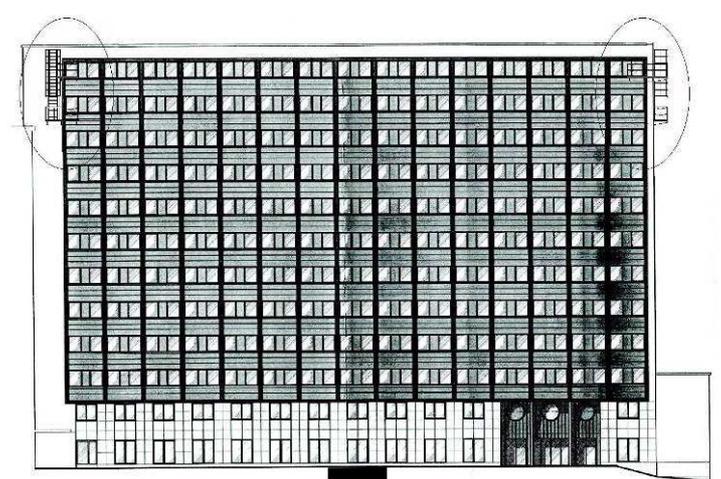
#### Plan de masse



#### Plans de façade



Façade Ouest  
Coté parking



Façade Est  
Coté Grammont

### C.2.2. Bâti

Les façades de l'aile principale sont élevées au moyen de poteaux béton avec un remplissage brique intérieur en allège des menuiseries. Ces allèges sont isolées au moyen d'un doublage intérieur.

Les toits terrasse sont composés de dalles béton isolées.

Les pignons de l'aile principale sont constitués en maçonnerie non isolée.

L'ensemble des menuiseries est en double vitrage.



### C.2.3. Chauffage

Le chauffage est produit par deux chaudières gaz fonctionnant en cascade.

La distribution est effectuée par trois réseaux régulés :

- Façade EST
- Façade Ouest
- Bâtiment Boisdennier

La température est régulée en fonction de la température extérieure avec optimisation par sonde d'ambiance pour chaque départ.

L'émission de chaleur est réalisée par des radiateurs en fonte équipés de robinets simples.

#### Détail production de chauffage :

Systeme :	Chaudière au sol Gaz
Marque :	COMETH - TN 50A1
Puissance :	558 kW
Année de pose :	1982
Bruleur:	WEISHAUP - G5/1-D 200-900 kW



Vous trouverez en Annexe 1 une fiche détaillée des équipements présents.

### C.2.4. Eau chaude sanitaire

Les 11 blocs sanitaires de l'aile principale font l'objet d'une réhabilitation en cours. L'alimentation d'eau chaude de chaque bloc est réalisée au moyen d'un ballon d'eau chaude électrique de 50l. Les autres points de puisage de la cité sont alimentés de façon identique.



### C.2.5. Renouveaulement d'air

Une ventilation mécanique est en cours d'installation dans tous les blocs sanitaires. L'extraction d'air est réalisée dans ces seuls locaux.

Chaque bureau est équipé de grilles d'entrées d'air positionnées dans les tableaux de menuiseries.



### C.2.6. Refroidissement

La climatisation est utilisée pour le rafraîchissement des serveurs informatiques ainsi que pour la salle de formation informatique lorsque celle –ci est utilisée.



Vous trouverez en Annexe 2 un récapitulatif des équipements présents.

### C.2.7. Eclairage

Plusieurs types d'éclairages sont présents sur la cité : on peut dégager trois groupes distincts :

- Eclairage des parties communes : ampoules basse consommation
- Eclairage des bureaux : plafonniers à tubes néons
- Lampes de bureaux : allogènes et ampoules basse consommation

Vous trouverez en Annexe 3 le détail des éclairages présents sur le site du Cluzel.



### C.2.8. Autres équipements consommateurs

Les autres équipements consommateurs sont :

- la bureautique (ordinateurs, photocopieurs, imprimantes,...),
- Les ascenseurs,
- Les fontaines à eau,
- Les surpresseurs d'eau,
- Les équipements de restauration (réfrigérateurs, machines à café, distributeurs,...)



## D. ANALYSE DES CONSOMMATIONS

L'analyse des consommations est effectuée à partir des factures et relevés fournis par les différents services.

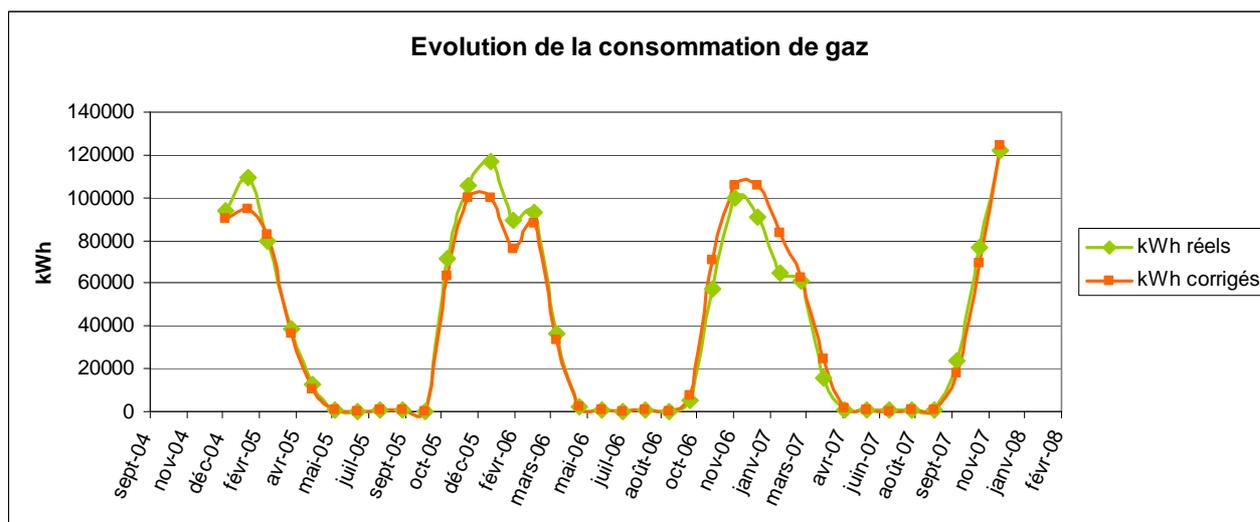
### D.1. Gaz naturel

La consommation de gaz est uniquement dédiée à la production de chauffage. Celle-ci est commune à l'ensemble du site.

#### D.1.1. Bilan

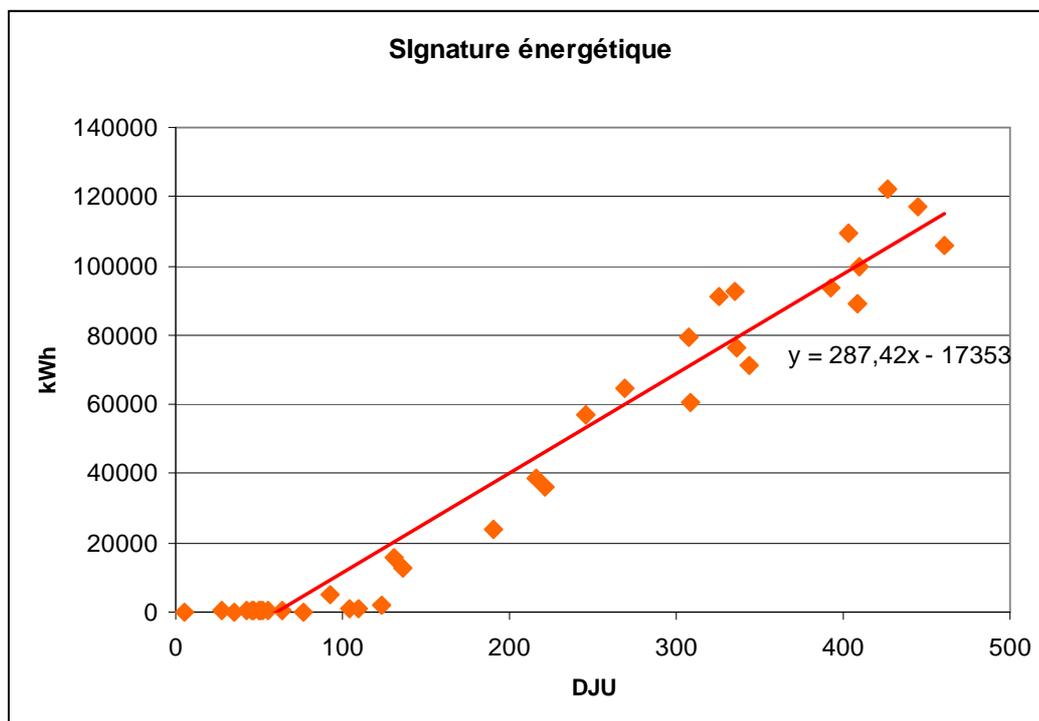
La consommation moyenne de gaz naturel entre 2005 et 2008 est de 489 MWh par an.

#### D.1.2. Evolution de la consommation



La courbe corrigée est calculée à partir de la moyenne des DJU base 18 sur la période 2005-2008 fournis par Météo France. Elle permet de comparer les saisons de chauffe entre elles en tenant compte de la rigueur climatique. On note que la consommation réelle est proche de la consommation corrigée signe d'une régulation correctement effectuée en fonction de la température extérieure. La consommation de gaz sur ces trois années est constante.

### D.1.3. Régulation



Ce graphique représente les points de consommation mensuels en fonction des DJU. Ceci permet de définir la signature énergétique du site. Ici le fait que les points soient proches de la droite moyenne signifie que la régulation et la gestion énergétique sont correctement effectuées.

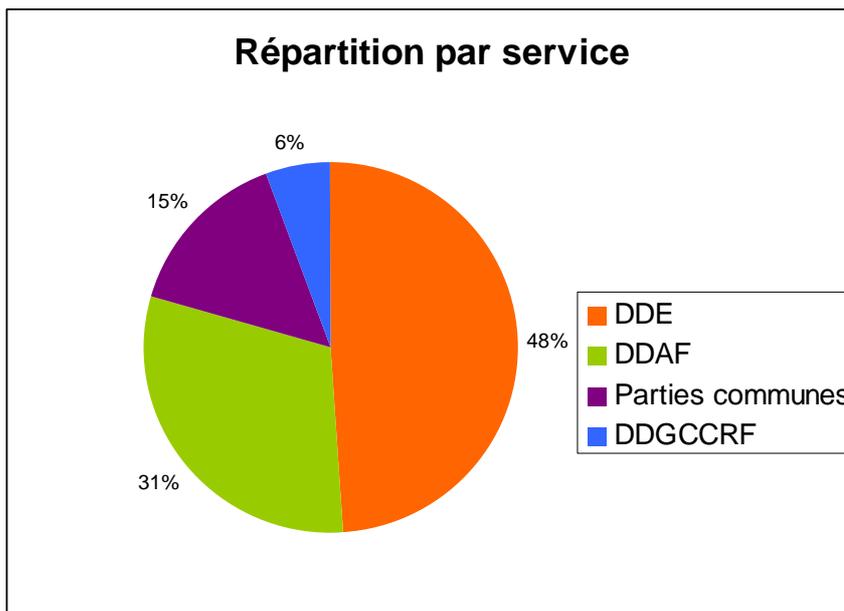
La « signature énergétique » peut être un moyen de gestion efficace en superposant et en comparant les droites de chaque année. De plus il permet de connaître rapidement l'impact d'actions d'économies d'énergie en cours de saison. L'objectif étant de diminuer progressivement la pente de la droite chaque année.

## D.2. Electricité

Il y a un contrat d'électricité différent pour chaque service présent sur le site, le suivi des consommations liées à l'électricité n'est donc pas homogène.

### D.2.1. Bilan

Service	Consommation d'électricité (kWh/an)	Montant (€)
Parties communes (moyenne 2007-2008)	47 915	14993
DDE (moyenne 2007-2008)	157 821	9380
DDAF (moyenne 2005-008)	98 735	4552
DDGCCRF (moyenne 2005-2007)	18 242	1733
<b>TOTAL</b>	<b>322713</b>	<b>30658</b>



#### Commentaires :

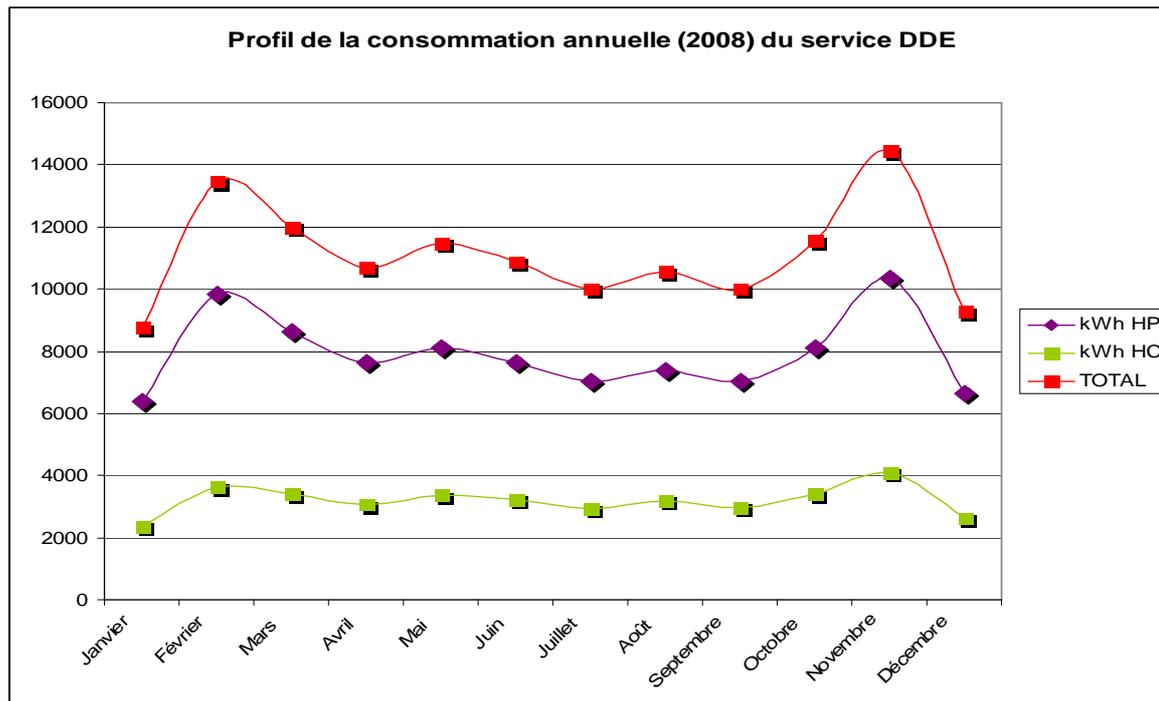
Les services de la DDE et de la DDAF représentent 79 % de la consommation électrique du site. Ce sont les services les plus représentés au sein du Cluzel ce qui explique la consommation supérieure à celle des services de la DGCCRf.

### D.2.2. Evolution de la consommation

Nous ne pouvons donner une évolution de la consommation sur l'ensemble du site puisque les données ne se recoupent que sur une seule année (2007).

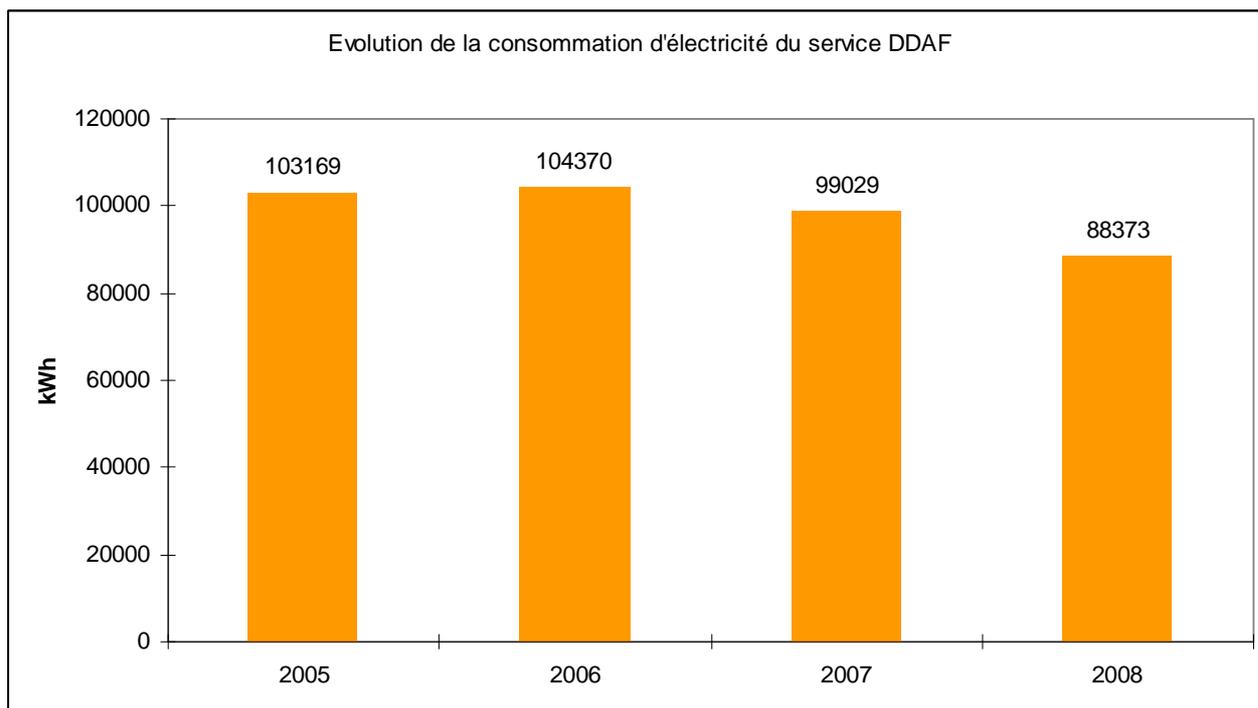
#### D.2.2.a) Service DDE

Le service DDE est le service le plus consommateur du site, nous n'avons que les consommations de l'année 2008 de ce service.

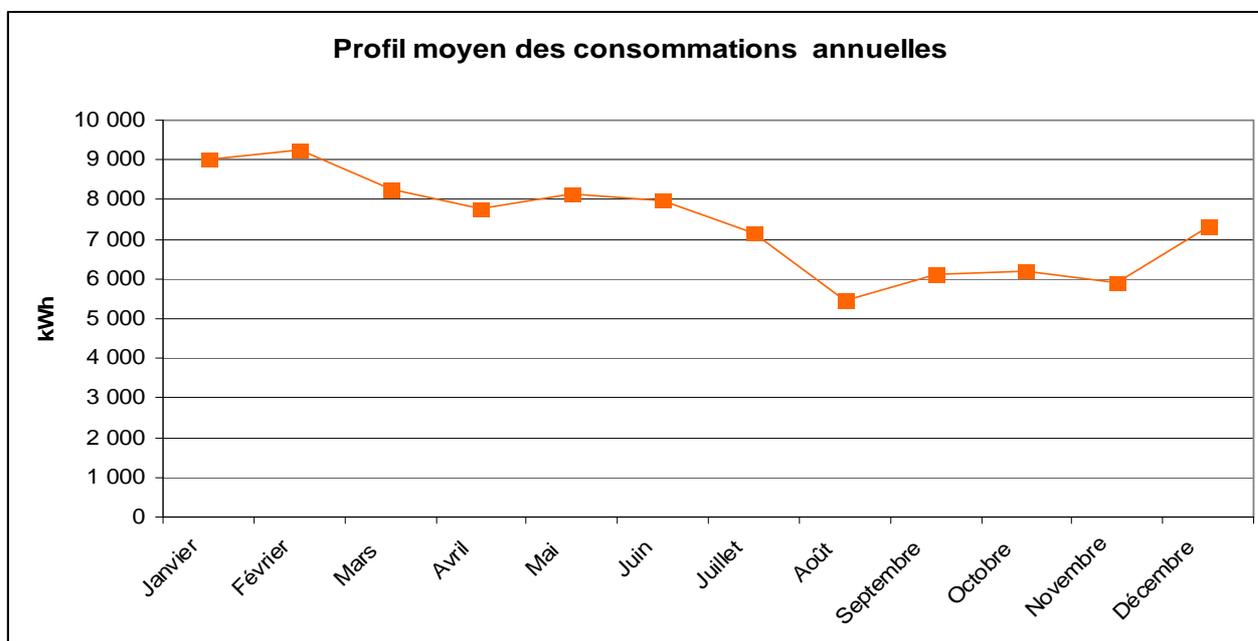


En moyenne 71% de la consommation de ce service a lieu en heures pleines. On note que la consommation en heures creuses est relativement constante tout au long de l'année. Elle correspond en partie aux équipements toujours en fonctionnement (ballons électriques, ventilation, circulateurs, fontaines à eau ...) et aux consommations des différentes veilles.

D.2.2.b) Service DDAF

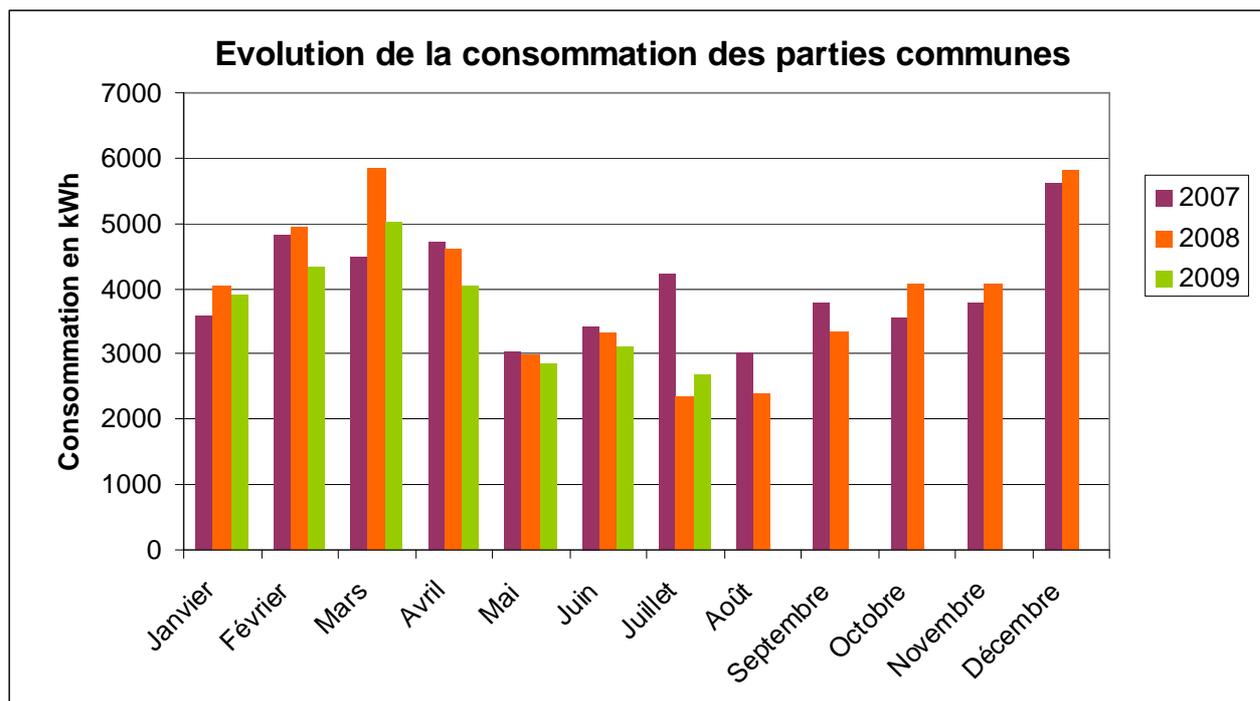


La consommation annuelle de ce service tend à baisser progressivement depuis 2005, cette baisse peut-être attribuée aux efforts réalisés sur l'éclairage et l'informatique.



Ce profil est établi à partir des moyennes des consommations mensuelles entre 2005 et 2008. La consommation est plus importante l'hiver que l'été, ceci est principalement dû à l'utilisation plus importante de l'éclairage, et éventuellement de chauffage électrique d'appoint. Ce profil est original puisqu'il n'y a pas de différence importante entre les mois d'automne et de printemps.

D.2.2.c) Parties communes



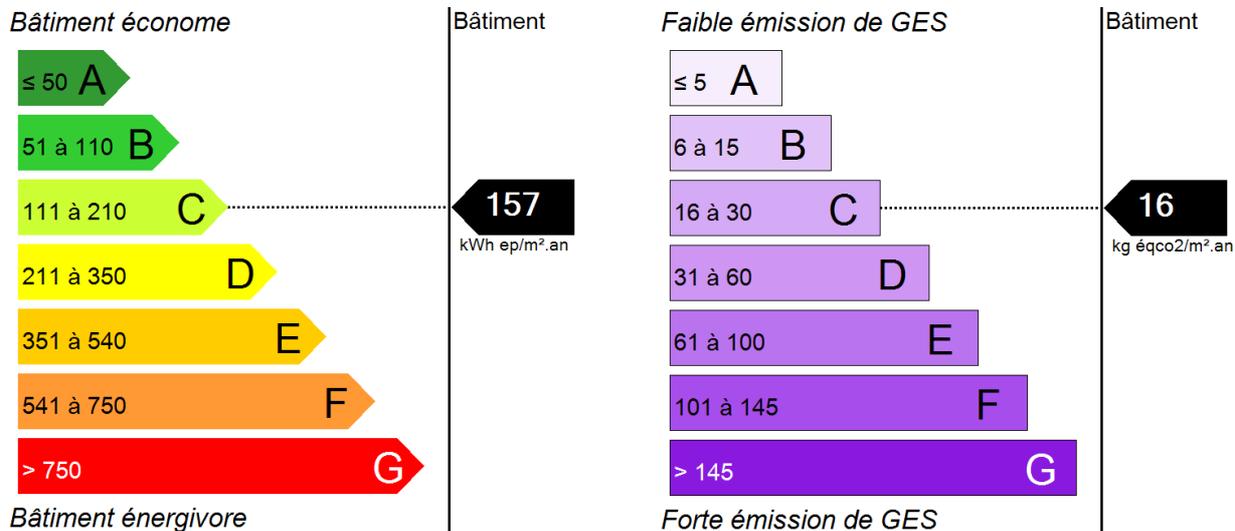
D.3. Bilan et étiquette énergie/climat

D.3.1. Bilan

Type d'énergie	Bilan annuel						
	Facture	Energie finale		Energie primaire		CO2	
	€ TTC	MWh/an	%	MWh/an	%	Tonnes/an	%
Electricité	30657	323	39,8%	833	63,0%	27,1	19,2%
Gaz naturel	24440	489	60,2%	489	37,0%	114,4	80,8%
<b>TOTAL</b>	<b>55097</b>	<b>812</b>		<b>1321</b>		<b>141,5</b>	

Le poste chauffage représente plus de 60% de la consommation totale du site et 80% des émissions de gaz à effet de serre.

D.3.2. Etiquette énergie/ climat Audit



D.3.3. Etiquette énergie/ climat DPE réglementaire 2008

**SOCOTEC**  
 Agence de TOURS  
 16, Boulevard Béranger  
 BP 51635  
 37016 TOURS Cedex 1  
 Tél. 02.47.70.40.00  
 Fax 02.47.70.40.01  
 Construction.tours@socotec.fr

**DIAGNOSTIC DE PERFORMANCE ENERGETIQUE**  
 Une information au service de la lutte contre l'effet de serre  
 Rapport modèle (6.1.public) bureaux, services administratifs, enseignement  
 de l'arrêté du 7 décembre 2007

Nature de l'ERP : 3<sup>ème</sup> Catégorie Bureaux  
 Année de construction : < 1975  
 Adresse : 61 Avenue de Grammont  
 37000 TOURS  
 Bâtiment entier - SHON : 8 542 m<sup>2</sup>  
 Lot objet du DPE - Surface utile : 8 125 m<sup>2</sup>

N° Dossier : AAR 2527  
 Diagnostiqueur (nom et signature) : P. RIAU  
 Date du rapport : 20/08/2008  
 Validité jusqu'au : 19/08/2018

Propriétaire  
 Nom : Cité Administrative du Cluzel  
 Adresse : 61 Avenue de Grammont  
 37000 TOURS

Destinataire  
 Nom : Trésorerie Générale d'Indre et Loire  
 Adresse : 94 Boulevard Béranger  
 37032 TOURS CEDEX

Usages	Consommations en énergie finale		Consommations en énergie primaire		Frais annuels d'énergie	
	Détail par usage en kWh <sub>ep</sub>	Détail par usage en € TTC	Détail par usage en € TTC			
Eclairage	400 260 kWh <sub>ep</sub>	14 056 € TTC	14 056 € TTC			
Bureautique	59 593 kWh <sub>ep</sub>	59 593 kWh <sub>ep</sub>	169 231 kWh <sub>ep</sub>	169 231 kWh <sub>ep</sub>	5 943 € TTC	5 943 € TTC
Chauffage	239 540 kWh <sub>ep</sub>	239 540 kWh <sub>ep</sub>	459 220 kWh <sub>ep</sub>	459 220 kWh <sub>ep</sub>	21 522 € TTC	21 522 € TTC
Eau chaude sanitaire	10 563 kWh <sub>ep</sub>	10 563 kWh <sub>ep</sub>	42 783 kWh <sub>ep</sub>	42 783 kWh <sub>ep</sub>	1 502 € TTC	1 502 € TTC
Réfrigérant	57 486 kWh <sub>ep</sub>	57 486 kWh <sub>ep</sub>	148 315 kWh <sub>ep</sub>	148 315 kWh <sub>ep</sub>	5 208 € TTC	5 208 € TTC
Autres usages	10 583 kWh <sub>ep</sub>	10 583 kWh <sub>ep</sub>	147 364 kWh <sub>ep</sub>	147 364 kWh <sub>ep</sub>	5 175 € TTC	5 175 € TTC
Production d'électricité à domicile	0 kWh <sub>ep</sub>	0 kWh <sub>ep</sub>	0 kWh <sub>ep</sub>	0 kWh <sub>ep</sub>	0 € TTC	0 € TTC
Abonnements					630 € TTC	630 € TTC
CONSUMMATIONS D'ENERGIE POUR LES USAGES RECENSES			1 409 956 kWh <sub>ep</sub>	1 409 956 kWh <sub>ep</sub>	55 138 € TTC	55 138 € TTC

**Consommation énergétique** (en énergie primaire) pour le chauffage, la production d'eau chaude sanitaire, le refroidissement, l'éclairage et les autres usages, déduction faite de la production d'électricité à domicile.  
 Consommation estimée : 174 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup>.an

**Emission des gaz à effet de serre (GES)** pour le chauffage, la production d'eau chaude sanitaire, le refroidissement, l'éclairage et les autres usages.  
 Estimation des émissions : 17 kg<sub>co2</sub>/m<sup>2</sup>.an

## E. Etude comportementale

Pour réaliser cette étude, des questionnaires ont été distribués à l'ensemble du personnel de la cité afin de connaître les comportements vis-à-vis des équipements et surtout d'évaluer le niveau de confort dans les locaux.

5 thèmes différents ont été abordés dans ce questionnaire :

- Le confort thermique d'hiver ;
- Le confort thermique d'été ;
- La qualité d'air ;
- L'utilisation de l'éclairage ;
- L'utilisation de l'informatique.

79 questionnaires ont été collectés.

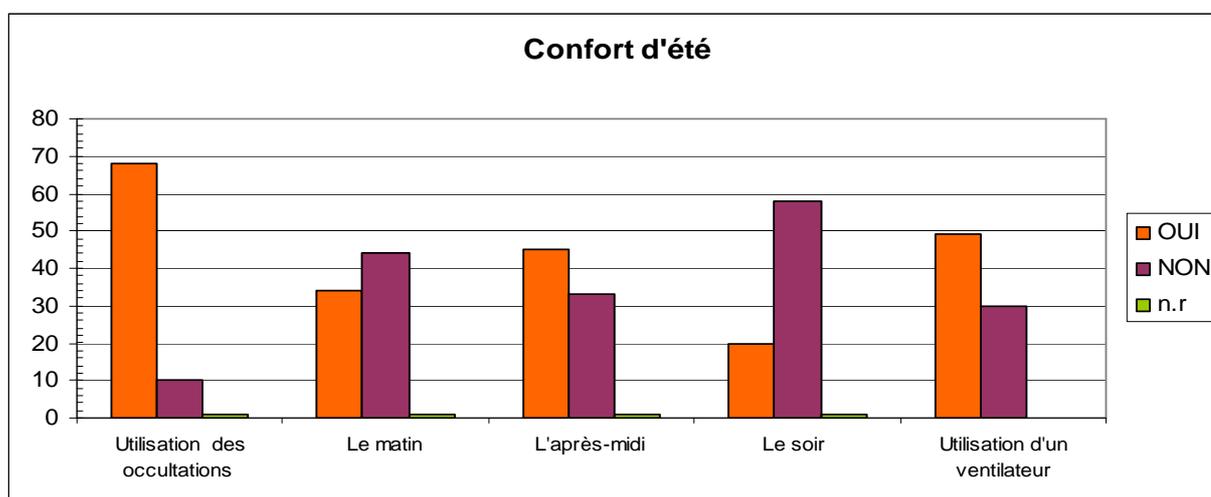
### E.1. Confort thermique d'hiver

Ce qui ressort principalement de cette consultation est une température adaptée en semaine pendant l'hiver. Cependant environ 30% des occupants perçoivent une température trop basse le lundi matin due vraisemblablement à une relance trop tardive du chauffage après le ralenti du week-end. A noter aussi que certaines personnes ressentent une température trop élevée pendant la semaine, ceci peut être dû à un problème de régulation sur un des réseaux.

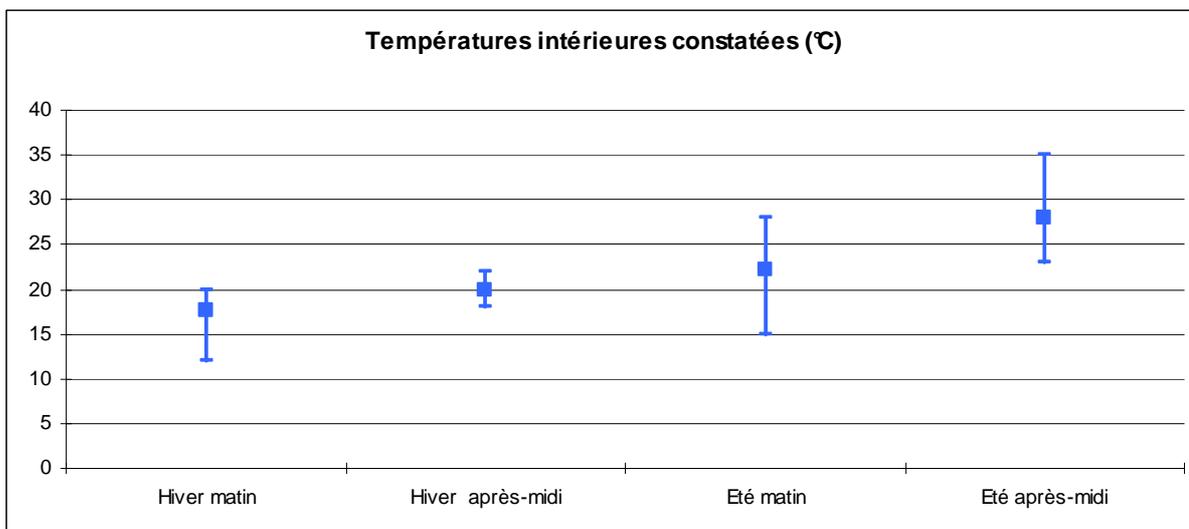
25% des personnes sondées déclarent modifier le thermostat pendant la journée.

### E.2. Confort thermique d'été

Plus de la moitié des personnes interrogées se plaignent d'une température trop importante dans les bureaux pendant l'été. Avec là encore une disparité importante entre les étages. A noter que la sensation de chaleur est perçue dès le matin obligeant les occupants à ouvrir les fenêtres. Autre problème, les bureaux du côté de la rue Grammont sont plus exposés au bruit ce qui empêche l'ouverture des fenêtres.



85% utilisent les stores extérieurs pendant l'été pour se protéger de l'éclairage direct. Enfin plus de 60 % des occupants utilisent un ventilateur ce qui est révélateur de la gêne engendrée.



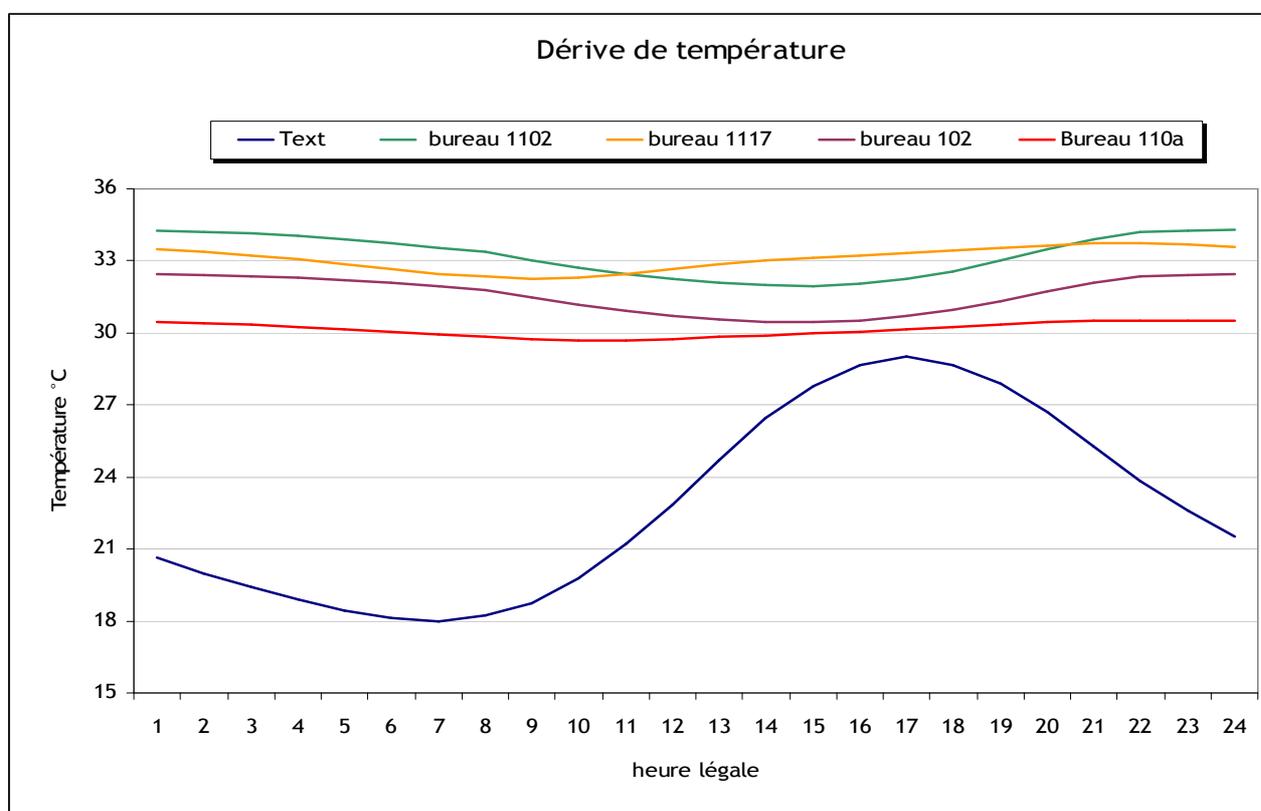
Ce graphique illustre parfaitement les témoignages recensés avec une température ressentie comme confortable en hiver sauf le lundi matin et un problème de confort d'été avec des températures élevées parfois même dès le matin.

### E.2.1. Dérive des températures

Nous avons calculé les valeurs de températures moyennes en prenant en compte l'utilisation des stores extérieures.

Récapitulatif des calculs

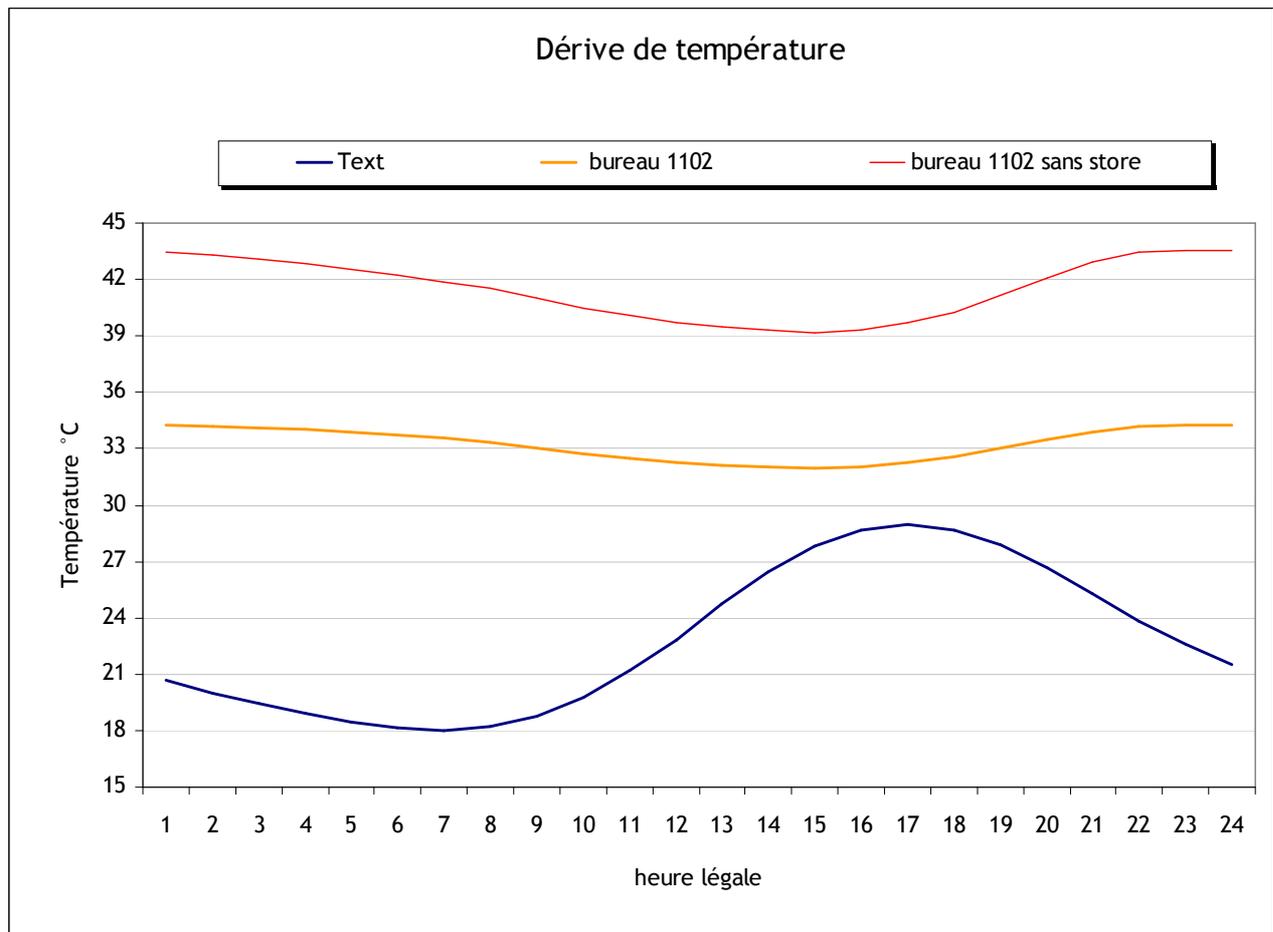
Bureau	étage	orientation	Température max.	Température min.	Température moy.
1102	R+11	ouest	34.29°C	31.96°C	33.24°C
1117	R+11	est	33.72°C	32.26°C	33.09°C
102	R+1	ouest	32.45°C	30.45°C	31.59°C
110a	R+1	est	30.52°C	29.69°C	30.13°C



Nous pouvons voir la différence de température entre les bureaux orientés ouest et est ainsi qu'entre les bureaux du 11<sup>ème</sup> étage et ceux du 1<sup>er</sup>.

Nous pouvons comparer aussi la température intérieure sans l'utilisation des stores extérieurs.

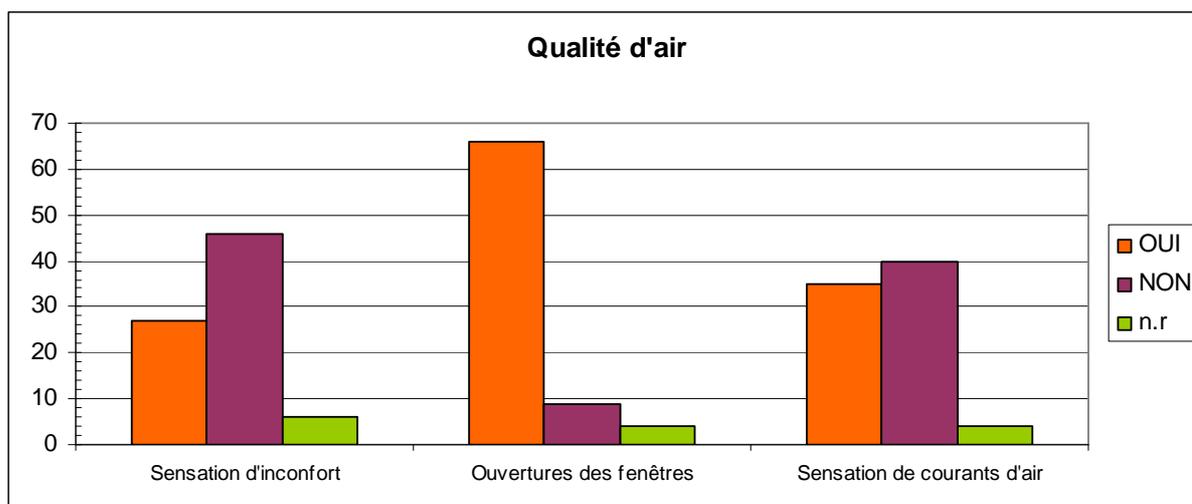
Bureau	étage	orientation	Température max.	Température min.	Température moy.
1102	R+11	ouest	34.29°C	31.96°C	33.24°C
1102 sans store	R+11	ouest	43.58°C	39.20°C	41.51°C



Nous pouvons voir une surchauffe de plus de 7°C si les fenêtres n'étaient pas équipées de stores.

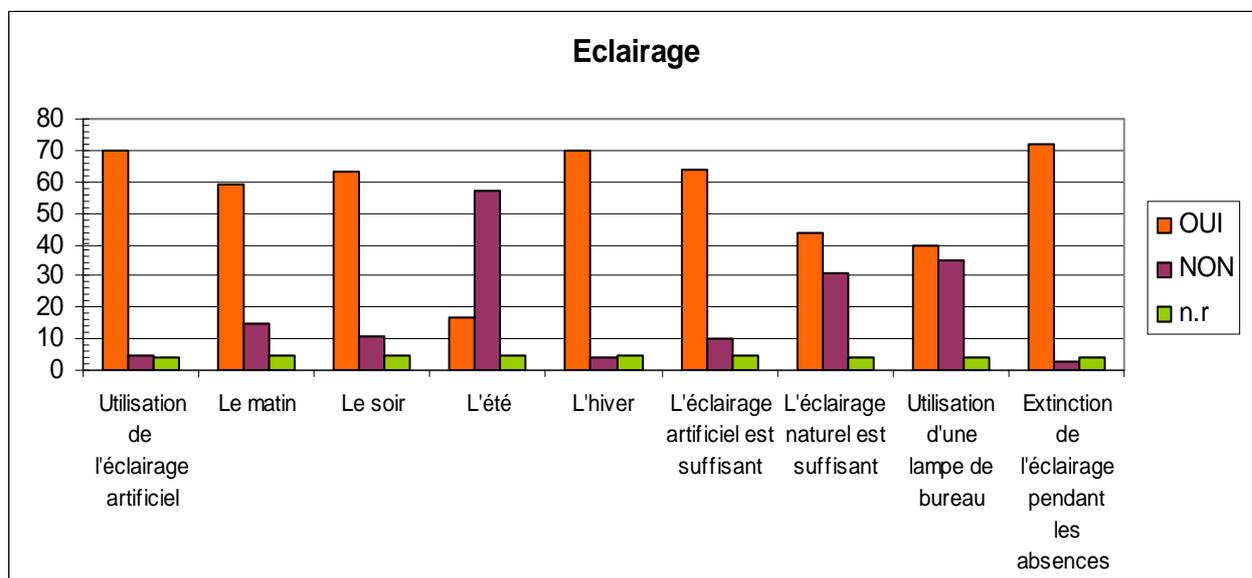
L'utilisation des stores est aujourd'hui la meilleure solution de réduire les apports solaires d'été.

### E.3. Qualité d'air



Un tiers des occupants ressent une gêne dû à l'absence de ventilation. La sensation de courant d'air perçue est due, en grande partie, aux ouvertures fréquentes des fenêtres.

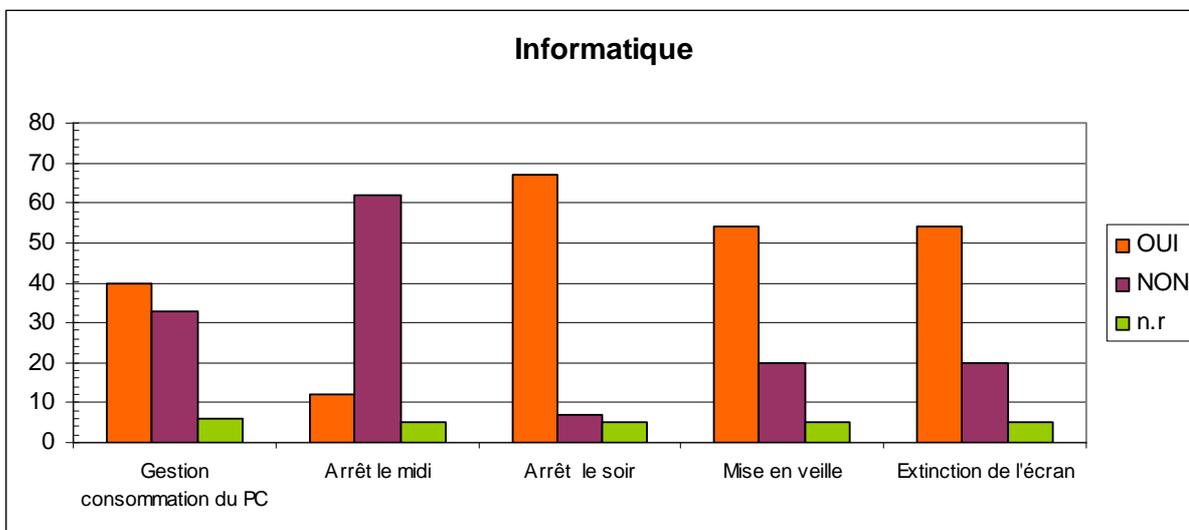
### E.4. Utilisation de l'éclairage



L'éclairage artificiel est utilisé par 95% des occupants, avec pour 50% d'entre eux une lampe de bureau en appoint. L'éclairage est utilisé par 20% des occupants pendant l'été ce qui est à relier à l'utilisation importante des stores pendant cette période.

Les utilisateurs déclarent quasi-unaniment éteindre les lumières pendant leurs absences.

## E.5. Utilisation de l'informatique



Plus de 50% des occupants déclarent faire attention à la consommation des équipements informatiques. Ils ne sont pourtant que 15% à éteindre régulièrement leur poste le midi contre 85% le soir. Le mode veille est utilisé par près de 70% des employés, de même 70% éteignent systématiquement leur écran.

## F. ANALYSE ET SIMULATION ENERGETIQUE

### F.1. Chauffage

Cette partie permet l'analyse et la simulation du bâtiment sur le logiciel de calcul thermique CLIMAWIN version 1.3. Une fois le bâtiment modélisé numériquement, nous pouvons calculer ces déperditions de chaleur et sa consommation énergétique. Cette modélisation nous permet de faire ressortir les points faibles du bâti et de simuler les améliorations énergétiques éventuelles.

#### F.1.1. Analyse de l'enveloppe

Parois	Composition	Coefficient thermique U <sup>1</sup> W/ (m <sup>2</sup> .K) U de référence RT2005 ex	Localisation
Mur extérieur isolé	Structure en poutrelle avec habillage brique Isolation des allèges par 10 cm de laine minérale	U = 0.458 U=0.36	Façades Cluzel Est et Ouest
Mur extérieur Façades pignons	Structure béton non isolé Parement extérieur pierre	U = 2.8 U=0.36	Façades Pignons Nord Sud
Mur extérieurs Boisdennier	Structure béton non isolé	U = 3.32 U=0.36	bâtiment Boisdennier
Terrasses CLUZEL	Dalle béton isolé en sous face par 10 cm de laine de verre Isolation sous étanchéité par 5 cm de mousse polyuréthane	U = 0.231 U= 0.27	Travaux d'isolation de la terrasse en 2009
Terrasse Boisdennier	Dalle béton isolé en sous face par 5 cm de laine de verre	U = 0.651 U= 0.27	bâtiment Boisdennier
Plancher bas	Plancher béton non isolé sur terre plein	U = 0.489 U= 0.27	Plancher Rez de parking
Plancher bas sur rez de parking	Plancher béton non isolé sur sous - sol	U = 0.564 U= 0.27	Plancher RDC sur parties non chauffées
Menuiseries ext.	Menuiseries PVC double vitrage 4/8/4	U = 2.45 U=2.1	RDC Cluzel R+1 Cluzel faç Est Bât Boisdennier
Menuiseries ext.	Menuiseries alu double vitrage 4/8/4 Panneau isolé par mousse polyuréthane 2 cm	U = 3.70 U= 1.21 U=2.1	Toutes menuiseries

<sup>1</sup> Le coefficient de transmission thermique d'une paroi est noté "U" (ou anciennement "k") et caractérise la quantité de chaleur traversant une paroi  
Le coefficient de transmission thermique s'exprime en W/m<sup>2</sup>K. Plus sa valeur est faible et plus la construction sera isolée.

On remarque sur ce tableau que seuls les toits terrasses ayant fait l'objet de travaux d'isolation sont conformes à la réglementation en vigueur (RT2005).

Nous avons donc calculé les déperditions si toutes les parois respectaient la RT2005 et ainsi situé le bâtiment par rapport celle-ci.

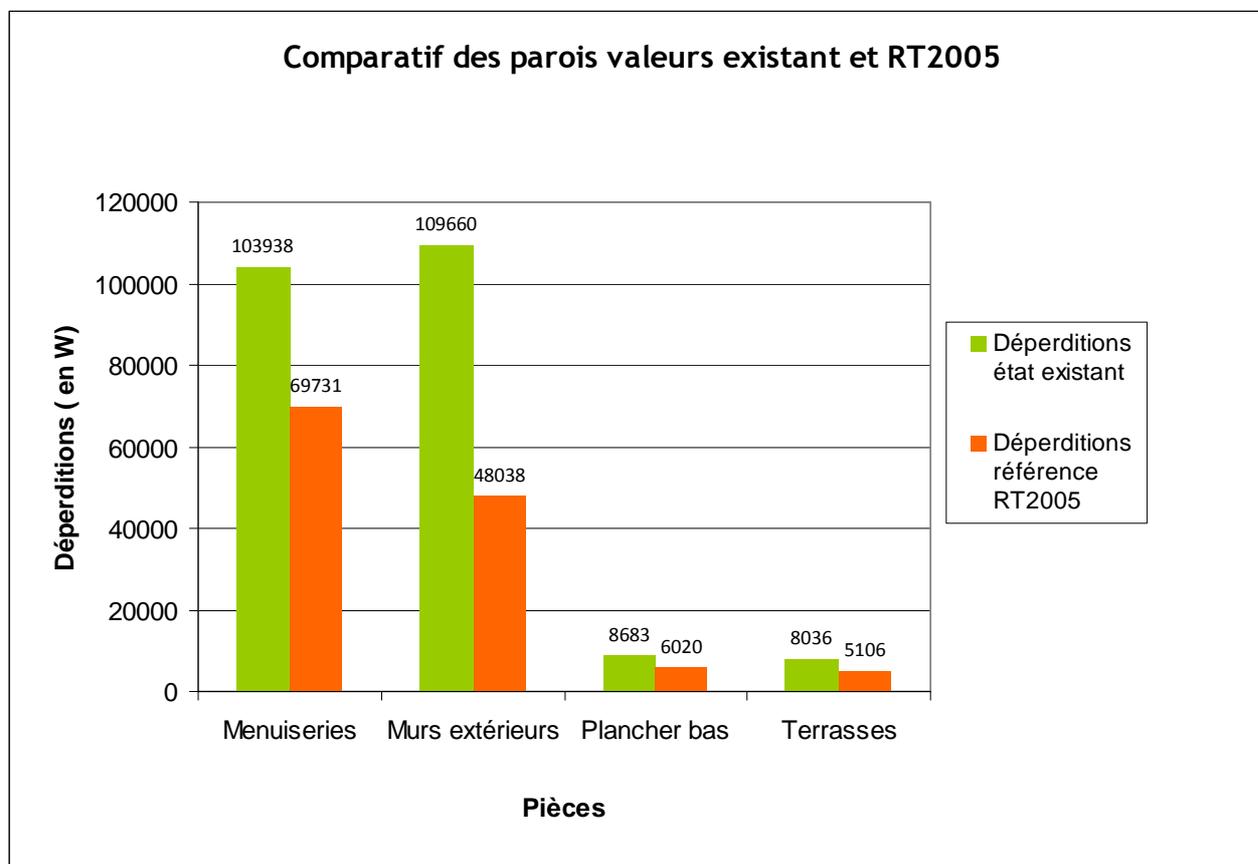


Tableau récapitulatif :

Parois	Déperditions état existant W	Déperditions RT 2005 W	Ecart %
Menuiseries	103 938	69 731	33 %
Murs extérieurs	109660	48038	67 %
Planchers bas	8683	6020	41 %
Planchers hauts	8036	5106	47 %
<b>TOTAL</b>	<b>230317</b>	<b>128895</b>	<b>45 %</b>

On voit sur ce tableau que l'état existant a un écart de 45% avec les valeurs de la réglementation. Le plus gros écart est réalisé sur les surfaces de murs extérieurs (67%). Cependant ce secteur occupe une faible part des déperditions totales et le potentiel d'économie d'énergie est réduit. Le plus fort potentiel d'économie est réalisable sur les murs extérieurs non isolés. Ceux-ci-devront faire l'objet d'une proposition de rénovation.

Les menuiseries ne sont pas aussi au rendez-vous de la RT2005. Malgré une rénovation complète en 1998 elles ne respectent pas les exigences actuelles. Cependant une intervention sur ce poste

engendrera une dépense disproportionnée au vu de celle déjà engagée lors du premier remplacement.

Hypothèses de l'étude :

- Température occupation: 20°C – régime réduit 16°C
- Occupation :
  - Lundi au vendredi : 07h00 - 17h00
  - Week-end : inoccupé
- Période de chauffage : du 15 septembre au 15 mai
- Taux de renouvellement d'air 18 m<sup>3</sup>/h par personnes

Ces hypothèses sont posées suite à l'analyse des factures énergétiques et des différents entretiens réalisés avec le personnel gérant le chauffage.

Concernant le taux de renouvellement il a été défini en fonction de notre relevé sur site (nombre d'entrées d'air par bureau) ainsi que via l'étude comportementale.

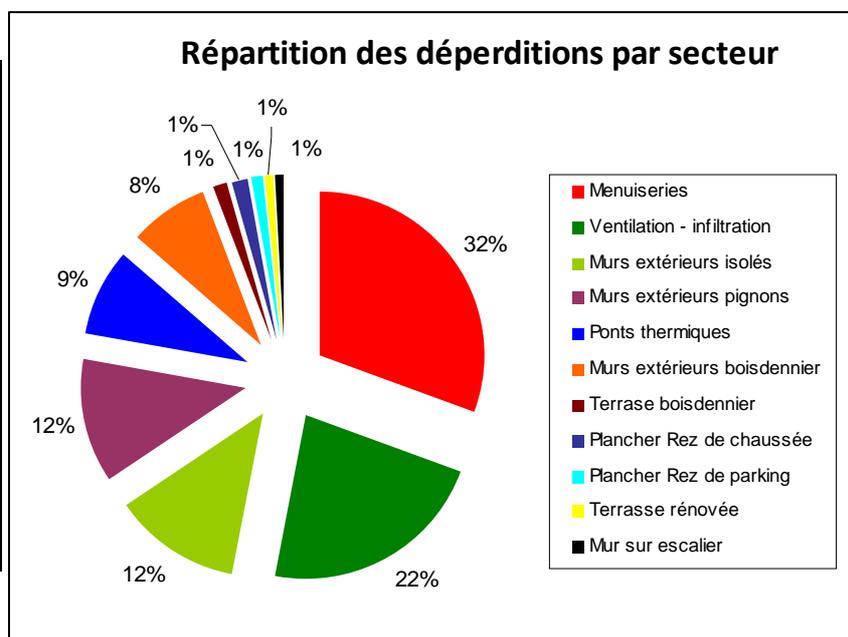
En effet nous ne pouvons pas nous baser sur le nombre d'entrées d'air par bureau car le débit d'air neuf est fonction du débit d'extraction. Celui-ci est de 120 m<sup>3</sup>/h par bloc sanitaires, soit un total de 1320 m<sup>3</sup>/h. Le renouvellement d'air hygiénique de référence dans les bureaux doit être de 18 m<sup>3</sup>/h soit un total pour 250 agents présents sur le site de 4500 m<sup>3</sup>/h. L'extraction mécanique mise en place est donc insuffisante pour ventiler correctement les bureaux, notamment ceux qui sont éloignés des blocs sanitaires.

Cependant l'étude comportementale nous démontre que 65%, des agents facilitent ce renouvellement d'air par l'ouverture de leurs fenêtres. Ces ouvertures représentent donc une quantité supplémentaire de débit d'extraction. Nous pouvons donc poser comme hypothèse la valeur de 18 m<sup>3</sup>/h par personne qui est la valeur de confort.

Déperditions de chaleur :

Ci – dessous sont récapitulées les déperditions calculées par secteur et par étage du bâti.

Secteurs	Déperditions (W)
Menuiseries	103938
Ventilation - infiltration	75883
Murs extérieurs isolés	42310
Murs extérieurs pignons	41161
Ponts thermiques	29987
Murs extérieurs boisdennier	26189
Terrasse boisdennier	4995
Plancher Rez de chaussée	4815
Plancher Rez de parking	3868
Terrasse rénovée	3041
Mur sur escalier	2888
<b>TOTAL</b>	<b>339075</b>



3 secteurs déperditif se dégagent :

- Les menuiseries,
- La ventilation et les infiltrations,
- Les murs extérieurs isolés et non isolés.

Les solutions d'amélioration de l'enveloppe doivent être réfléchies sur ces postes.

- Les menuiseries :

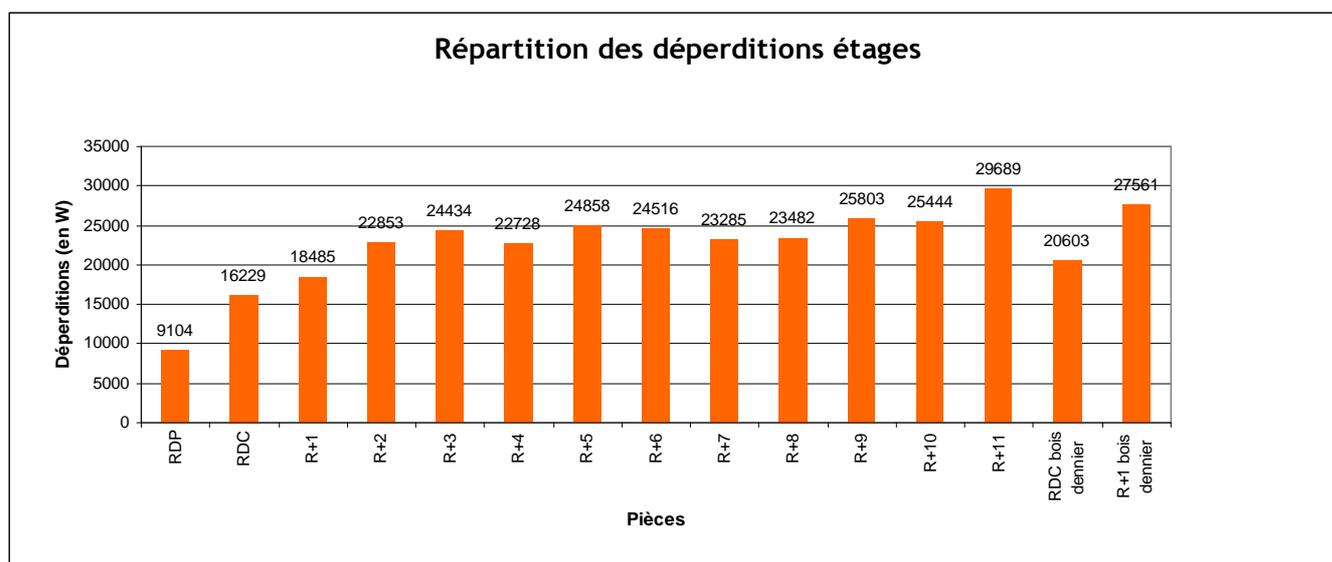
Une étude économique de l'impact du remplacement des menuiseries est abandonnée au vu de leur remplacement récent. Cependant un comparatif énergétique sera réalisé afin d'envisager un remplacement à plus long terme.

- La ventilation et les infiltrations :

La diminution de la part de la ventilation est difficile, celui-ci est un secteur fixe qui ne pourra être amélioré que par la mise en place d'une ventilation double flux, c'est à dire la mise en place de deux réseaux de gaines de ventilation (soufflage et extraction). Au vu du bâtiment cette solution technique n'est pas adaptée à un bâtiment existant.

- Les murs extérieurs :

Les murs non isolés possèdent le plus fort potentiel d'économie d'énergie. Ils représentent aujourd'hui 14 % des pertes de chaleur totales du bâti. Une action d'amélioration sur ce poste permettra de réduire considérablement ces pertes.



Nous voyons ici qu'aucun étage ne se détache des autres, signe d'une configuration homogène de la cité.

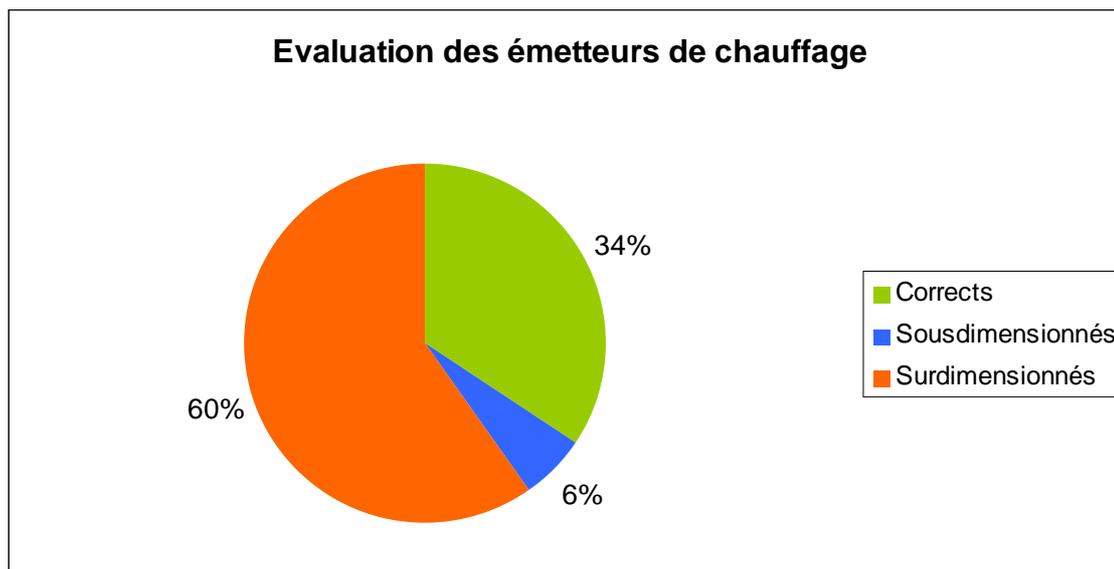
Vous trouverez en Annexe 4 le récapitulatif des déperditions par pièce

### F.1.2. Analyse des puissances installées

#### F.1.2.a) Comparatif besoins / puissances installées

Les puissances installées par local sont déterminées à partir de l'inventaire des émetteurs de chaleur et par ratio de puissance calculées en fonction de nombres d'éléments, du nombre de colonnes et de la hauteur des radiateurs.

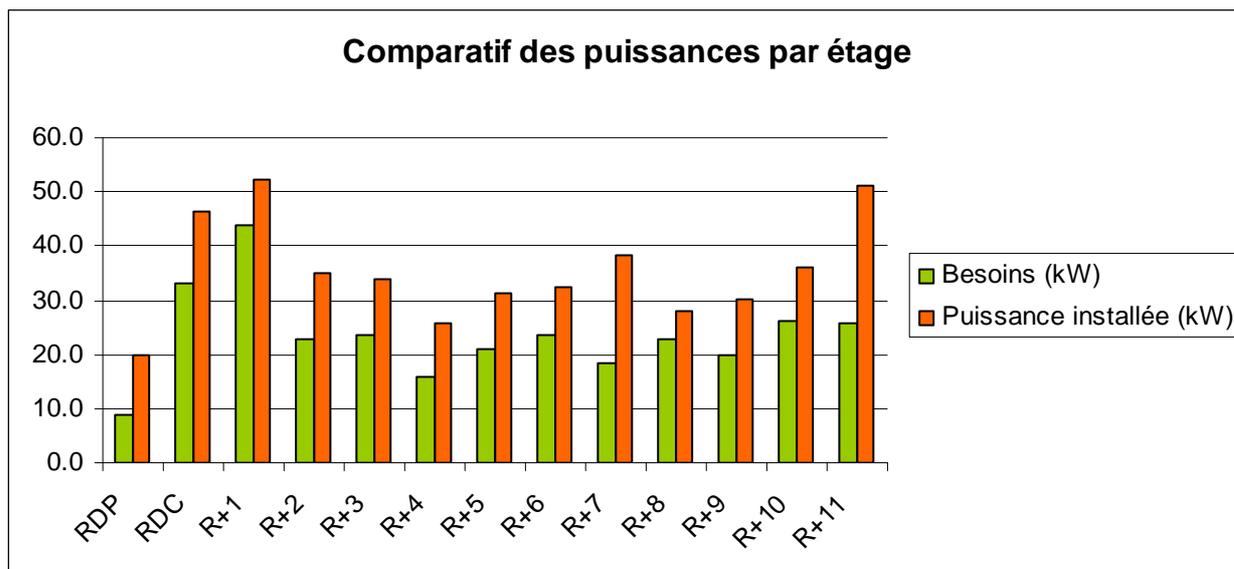
Les besoins thermiques des locaux sont évalués à l'aide du logiciel CLIMA-WIN qui calcule pour chaque pièce ou local les déperditions thermiques par l'enveloppe et le renouvellement d'air.



L'analyse globale démontre que 60% des émetteurs sont surdimensionnés<sup>2</sup> par rapport aux besoins réels des locaux. Ceci est dû au fait que l'installation des radiateurs est antérieure aux travaux d'amélioration de l'enveloppe (menuiseries, toiture,...), ceux-ci ne sont donc plus en concordance avec la configuration actuelle des locaux.

---

<sup>2</sup> Les émetteurs sont considérés surdimensionnés ou sous dimensionnés lorsque leur puissances valent respectivement plus ou moins 30% de la puissance calculée en théorique.



	Besoins (kW)	Puissance installée (kW)
RDP	8.7	20.0
RDC	33.1	46.5
R+1	43.9	52.2
R+2	23.0	35.1
R+3	23.7	33.9
R+4	15.8	25.8
R+5	21.0	31.2
R+6	23.7	32.4
R+7	18.3	38.4
R+8	22.7	28.1
R+9	20.0	30.3
R+10	26.1	36.0
R+11	25.8	51.0
<b>Total</b>	<b>305.7</b>	<b>460.8</b>

Il y a une grande disparité entre les étages. En effet les puissances installées au rez-de-chaussée et au dernier étage sont plus de deux fois supérieures aux besoins réels tandis que pour les étages intermédiaires la proportion est plus faible.

#### F.1.2.b) Impact sur la consommation de chauffage

Cette surpuissance a un effet néfaste sur le chauffage du bâtiment. En effet, une chaudière surdimensionnée et ne fonctionnant pas à pleine puissance engendre une baisse de ce qu'on appelle son rendement saisonnier et donc une surconsommation de gaz.

Calcul du rendement de génération des chaudières existantes :

Le rendement de génération est lié à :

- Rendement de combustion de la chaudière (noté  $\eta_c$ );
- Rendement saisonnier (noté  $\eta_s$ );

*Détermination du rendement de combustion :*

Chaudière gaz installée au sol avec brûleur séparé récent :  $\eta_c = 0.86$   
Coefficient d'entretien : chaudière bien entretenue  $c = 0.04$   
Rendement de combustion corrigé :  $\eta_c = 0.86 - 0.04 = 0.82$

*Détermination du rendement saisonnier:*

Rendement saisonnier =  $0.99 - 0.03$  (surpuissance -1)<sup>2</sup>

Surpuissance = Puissances chaudières / déperditions du bâtiment =  $(558 \text{ kW} \times 2) / 314 \text{ kW} = 3.55$

→  $\eta_s = 0.99 - 0.03 \times (3.55 - 1)^2 = 0.79$

*Détermination du rendement de génération*

$\eta_g = \eta_s \times \eta_c = 0.79 \times 0.86 = 0.65$

F.1.2.c) Commentaires :

Cette analyse nous démontre que la surpuissance d'un système de génération a un impact important sur la consommation. On voit ici une perte de l'ordre de 20 % liée à cette surpuissance.

F.1.3. Calcul de la consommation théorique

La consommation est calculée selon trois facteurs :

- Les déperditions du bâtiment (calculées précédemment) ;
- L'occupation et les périodes de chauffe du bâtiment (posées dans les hypothèses de fonctionnement) ;
- Le rendement global du chauffage.

Le rendement global de chauffage est fonction de :

- Rendement de génération ;
- Rendement régulation ;
- Rendement de distribution ;
- Rendement d'émission.

Chaque valeur est donnée selon les équipements présents :

Rendement de génération (calculé précédemment) :

Chaudière gaz au sol installée avant 1988 avec remplacement de brûleur  $\eta_g = 0.65$

Rendement de régulation :

Robinet non thermostatique  $\eta_r = 0.9$

Rendement de distribution :

Réseau dans locaux chauffés non isolés  $\eta_d = 0.92$

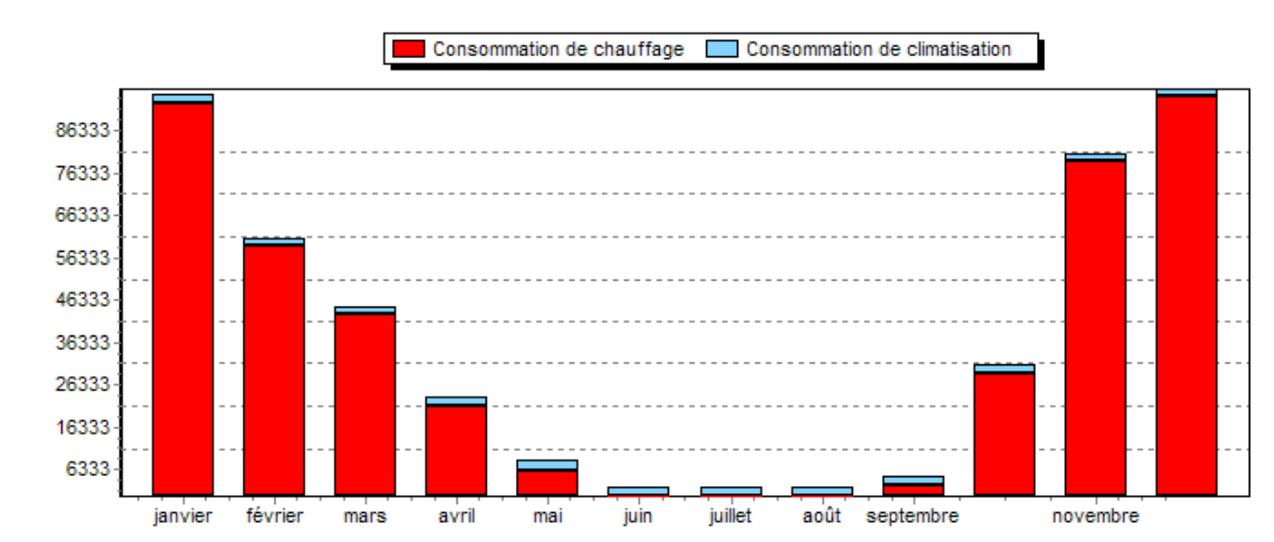
Rendement d'émission :

*Radiateurs eau chaude fonte*

$$\eta_e = 0.95$$

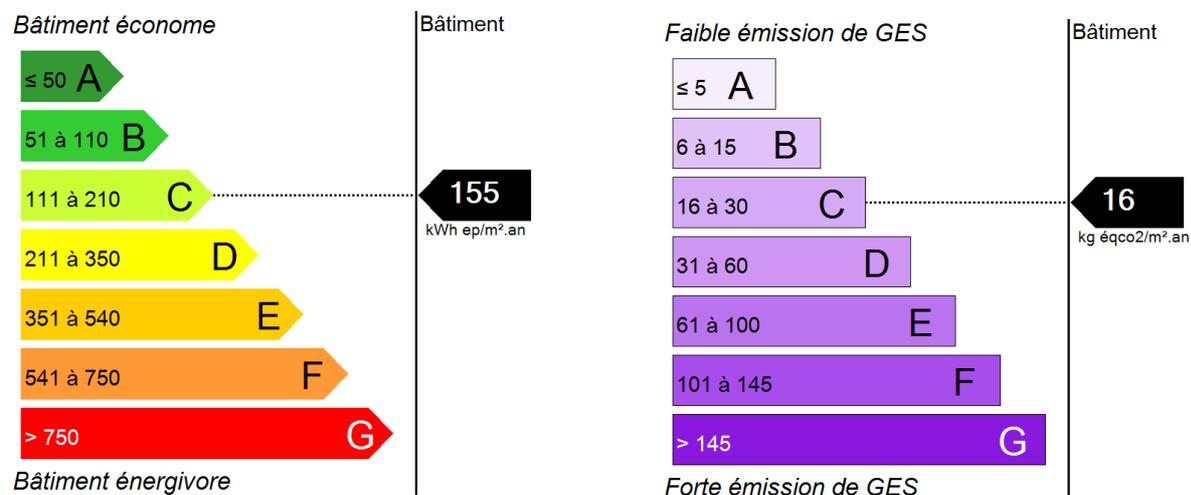
**Consommation théorique calculée par le logiciel : 427 847 kWh**

Le graphique ci-dessous représente le profil de consommation mensuel



Ce calcul met fin à la simulation du chauffage du Cluzel à l'état existant. Ce profil va être repris dans toutes les préconisations afin de simuler les baisses de consommation d'énergie générées.

Etiquette Energie / Climat de la simulation :



## F.2. Climatisation

Les locaux serveurs ont une obligation de rafraîchissement de leur température à 26°C pour un bon fonctionnement.

Cette ambiance est aujourd'hui maintenue au moyen d'appareils de climatisation fonctionnant tous les jours de l'année.

La consommation est donc liée à l'apport de chaleur que dégagent les serveurs continuellement.

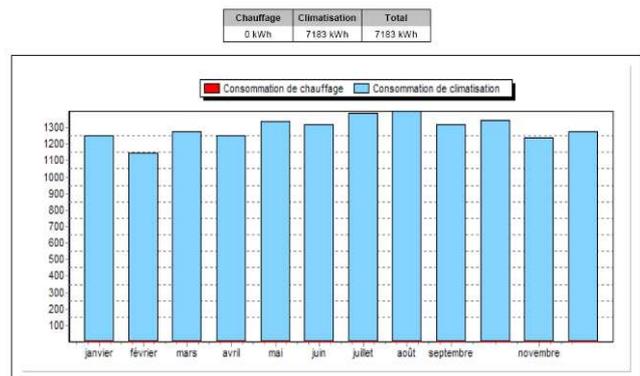
Apports de chaleur de chaque local :

Local Autocom :	P = 3 kW
Local DDAF	P = 2.5 kW
Local DDE	P = 3 kW

### F.2.1. Calcul des consommations théoriques

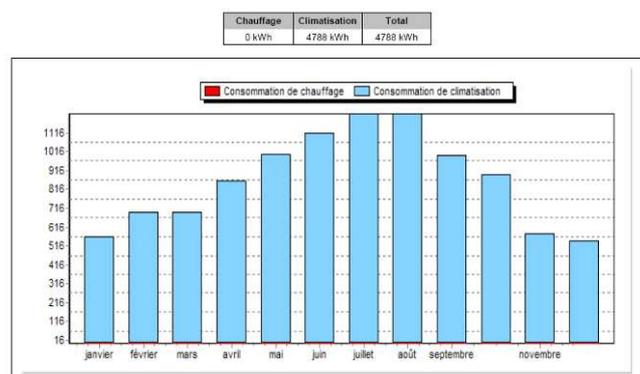
#### Local Autocom

Estimation	
Energie finale consommée	7 183 kWh <sub>ef</sub> / an
Energie primaire consommée	18 532 kWh <sub>ep</sub> / an
Emissions de gaz à effet de serre	617kg CO <sub>2</sub> / an



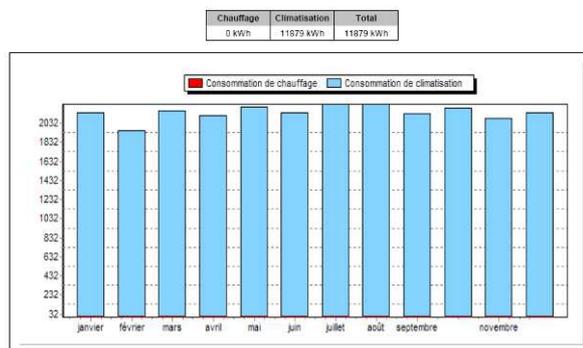
#### Local DDAF

Estimation	
Energie finale consommée	4 788 kWh <sub>ef</sub> / an
Energie primaire consommée	12 353 kWh <sub>ep</sub> / an
Emissions de gaz à effet de serre	411 kgCO <sub>2</sub> / an



Local DDE

Estimation	
Energie finale consommée	11 879 kWh <sub>ef</sub> / an
Energie primaire consommée	30 647 kWh <sub>ep</sub> / an
Emissions de gaz à effet de serre	1021 kgCO <sub>2</sub> / an



Consommation totale

Estimation	
Energie finale consommée	23 850 kWh <sub>ef</sub> / an
Energie primaire consommée	61 533 kWh <sub>ep</sub> / an
Emissions de gaz à effet de serre	2 051 kgCO <sub>2</sub> / an

### F.3. AUXILIAIRES

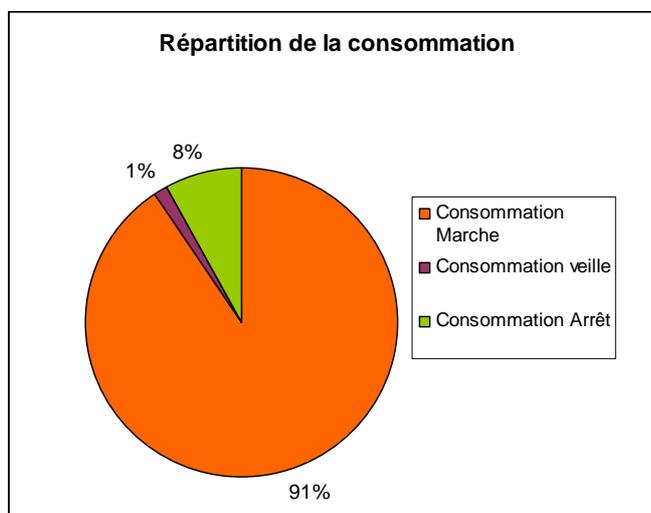
#### F.3.1. Bureautique

La consommation électrique des équipements informatiques a été estimée à partir de l'inventaire réalisé sur le site nous donnant la quantité, le type et les puissances moyennes des équipements. Les heures de fonctionnement ont été évaluées à partir de l'analyse comportementale.

Equipement	Quantité	Puissance moyenne(W)	kWh/an
Unité	317	47	49829
Ecran cathodique	21	86	4473
Ecran LCD	296	34	27015
Imprimante	59	-	4838
Imp/photocopieur	13	-	7176
<b>TOTAL</b>			<b>93331</b>

On obtient une consommation moyenne de 238 kWh par poste (Unité+écran).

La consommation totale du poste bureautique représente donc 93MWh par an soit 10,9 kWh/m<sup>2</sup>.an (surface SHON : 8540 m<sup>2</sup>). Ce ratio apparaît relativement faible (réf. ratio moyen 40,3 kWh/m<sup>2</sup>.an). Il s'explique en grande partie par la généralisation des écrans plats LCD qui sont beaucoup moins énergivores que les anciens écrans cathodiques.



La consommation en veille et à l'arrêt représente 9% de la consommation totale. La consommation à l'arrêt est la consommation lorsque l'équipement a été arrêté (par le bouton on/off en façade) mais son alimentation n'est pas interrompue, le transformateur reste alimenté et consomme donc de l'énergie.

*Vous trouverez en Annexe 3 l'inventaire des équipements de bureautique et les détails de calculs.*

*Une étude a démontré qu'une unité centrale est utilisée 16% du temps pendant lequel elle fonctionne, et un écran 25% de ce temps. Tout le reste est du gaspillage inutile. Une économie importante peut donc être faite soit par la sensibilisation du personnel soit par le biais technologique.*

### F.3.2. Eclairages

De la même façon la consommation liée à l'éclairage des bureaux et des parties communes a été estimée à partir de l'inventaire des luminaires et de l'étude des usages vis-à-vis de l'éclairage.

Type	Puissance totale (W)	h/an	kWh/an
Plafonnier bureau	34668	1030	35707
Eclairage partie commune	9517	2050	19510
Lampe de bureau/lampadaire	9034	772	6978
<b>Total</b>	<b>53219</b>	-	<b>62195</b>

La consommation des luminaires est donc estimée à environ 62 MWh par an. Soit 7,3 kWh/m<sup>2</sup> (réf. ratios : 26,7 kWh/m<sup>2</sup>.an). Là encore ce ratio apparaît faible, il est dû à la présence importante de lampes fluorescentes, à la mise en place d'éclairages plus performants (Tubes T5 14W, lampes fluo-compactes). De plus la configuration des bureaux (bureaux individuels plutôt que paysagers) incite à une certaine sobriété de l'utilisation de l'éclairage.

*Vous trouverez en Annexe 3 le détail des consommations de l'éclairage.*

## G. PRECONISATIONS

### G.1. ENVELOPPE

Nous allons étudier les améliorations possibles sur l'enveloppe, soit :

- Isolation des murs non isolés ;
- Isolation du plancher en sous face du sous sol ;
- Remplacement du double vitrage existant.

#### G.1.1. Isolation des murs extérieurs

L'isolation des pignons extérieurs est prioritaire. Ceux-ci représentant 13% des déperditions de chaleur, le renforcement de l'isolation permettra de réduire de façon significative la consommation.

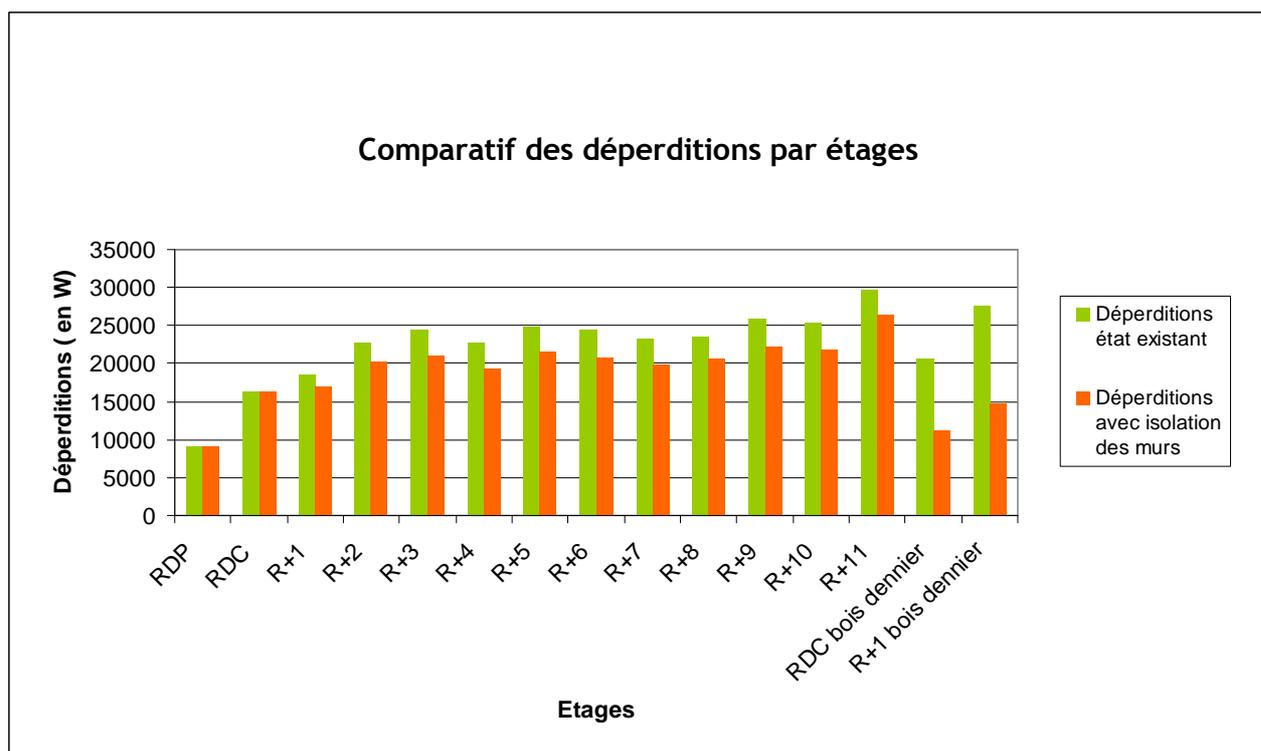
#### Solution proposée

Mise en place d'un doublage isolant type placo-polystyrène par l'intérieur.  
Résistance thermique minimum du matériau :  $R = 2.4 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$  (exigence réglementaire)

#### Localisation :

Pignons Façades Sud et Nord.  
Bâtiment Boisdennier

#### Comparatifs des déperditions :



Dépense totale après travaux : 282 183 W  
Réduction générée : 11 %

Calcul des consommations théoriques après travaux :

Estimation du poste chauffage	Après travaux	Bâtiment existant
Energie finale consommée	372 127 kWh/an	427 847 kWh/an
Energie primaire consommée	372 127 kWh/an	427 847 kWh/an
Emissions de gaz à effet de serre	87 077 kg CO <sub>2</sub> /an	100 116 kg CO <sub>2</sub> /an

Potentiel de certificat d'économie d'énergie :

Isolation des murs par l'intérieur dans les bâtiments de grande taille :  
Référentiel de l'opération : BAT-EN-02-GT (voir annexe 5)

Montant de certificats en kWh cumac :

Zone climatique : H2  
Chauffage : combustible  
Montant : 5 000 kWh cumac / m<sup>2</sup> d'isolant  
Facteur correctif : 0.4 (zone bureau)

Montant corrigé : 2000 kWh cumac / m<sup>2</sup> d'isolant

Valeur total : 2000 kWh cumac x 526 m<sup>2</sup> = 1 052 000 kWh cumac

Prix du kWh Cumac	Valeur des CEE	Taux de couverture par les CEE pour un investissement de 23 000€
0,01	10 520 € H.T	45 %
0,002	2 104 € H.T	9%

Bilan économique des travaux:

Isolation des murs intérieurs (526 m<sup>2</sup>)

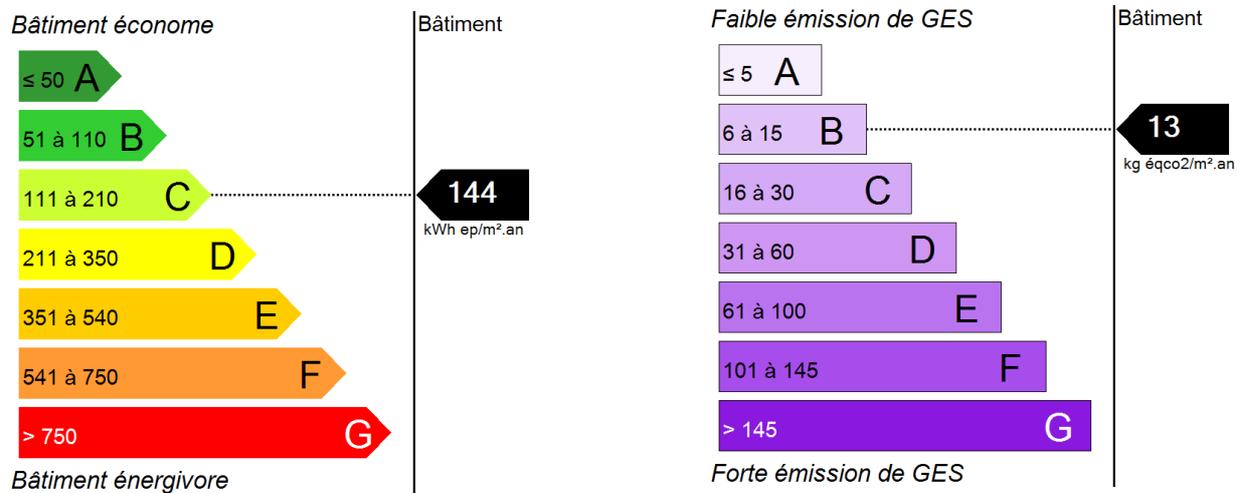
Compris dépose des corps de chauffe et peinture : **de 17 000 à 23 000 € H.T.**  
Revente des CEE (voir ci-dessous) 2 104 € H.T.

Économies générées :

Gaz : 55 720 kWh (coût moyen kWh = 0.041 € H.T) 2 284 € H.T. / an

Retour sur investissement : **de 7 à 10 ans**

Etiquette Energie / Climat Après travaux :



### G.1.2. Remplacement des doubles vitrages

Comme nous l'avons expliqué précédemment nous allons ici étudier seulement le potentiel d'économie d'énergie du remplacement des menuiseries existantes.

#### Solution proposée

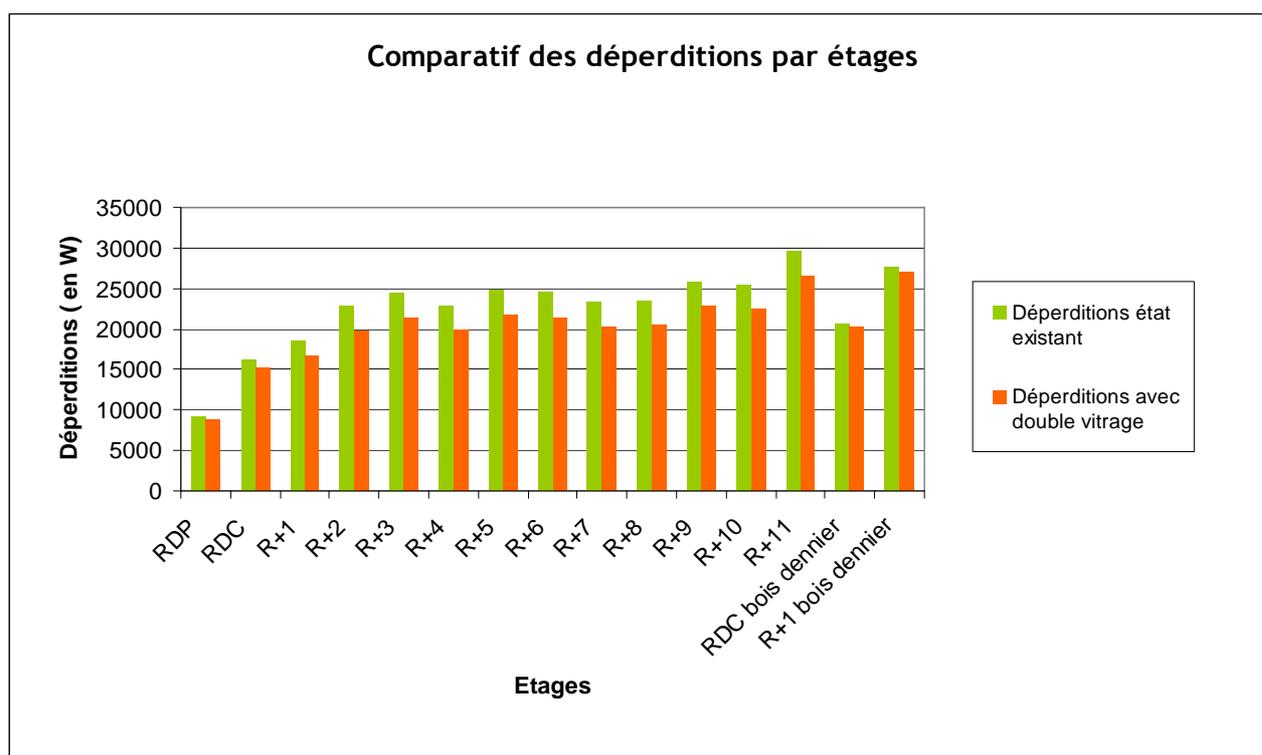
Les menuiseries existantes doivent être remplacées par des menuiseries performantes type PVC 4/16/4 avec remplissage Argon, ou équivalent, pour un coefficient thermique  $U = 2.1 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ . Mettre en place sur la façade Ouest des vitrages peu émissifs.

Ces vitrages devront être équipés d'entrées d'air en haut de menuiserie ( $22 \text{ m}^3/\text{h}$  – une menuiserie sur deux) ainsi que de stores extérieurs limitant la surchauffe lors de journées trop ensoleillées.

#### Localisation :

Toutes menuiseries

#### Comparatifs des déperditions :



Déperditions totales après travaux : 304 868 W

Réduction générée : 11.1%

Calcul des consommations théoriques après travaux :

Estimation du poste chauffage	Après travaux	Bâtiment existant
Energie finale consommée	390 196 kWh <sub>ep</sub> / an	427 847 kWh <sub>ep</sub> / an
Energie primaire consommée	390 196 kWh <sub>ep</sub> / an	427 847 kWh <sub>ep</sub> / an
Emissions de gaz à effet de serre	91 305 kg CO <sub>2</sub> / an	100 116 kg CO <sub>2</sub> / an

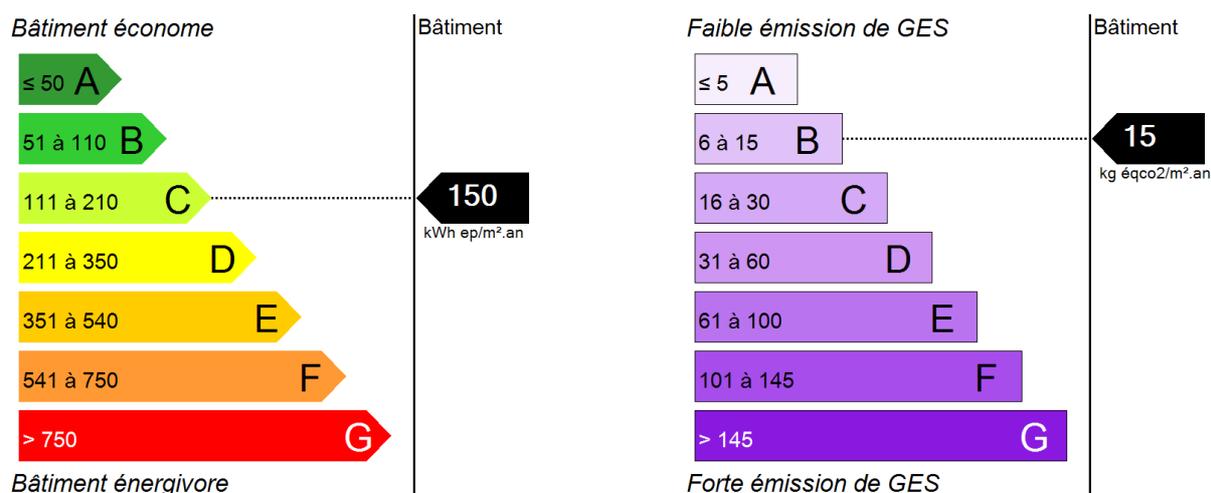
Bilan économique des travaux:

Remplacement des vitrages (1000 m<sup>2</sup>) : **de 250 000 à 350 000 € H.T.**

Économies générées :  
 Gaz : 37 651 kWh (coût moyen kWh = 0.041 € H.T) 1 543€ H.T. / an

Retour sur investissement : **> 150 ans**

Etiquette Energie / Climat Après travaux :



G.1.3. Isolation du plancher du rez de chaussée sur sous sol non chauffé

L'isolation du sous sol permettra de réduire les pertes de chaleur du RDC sur les parties non chauffées du sous sol.

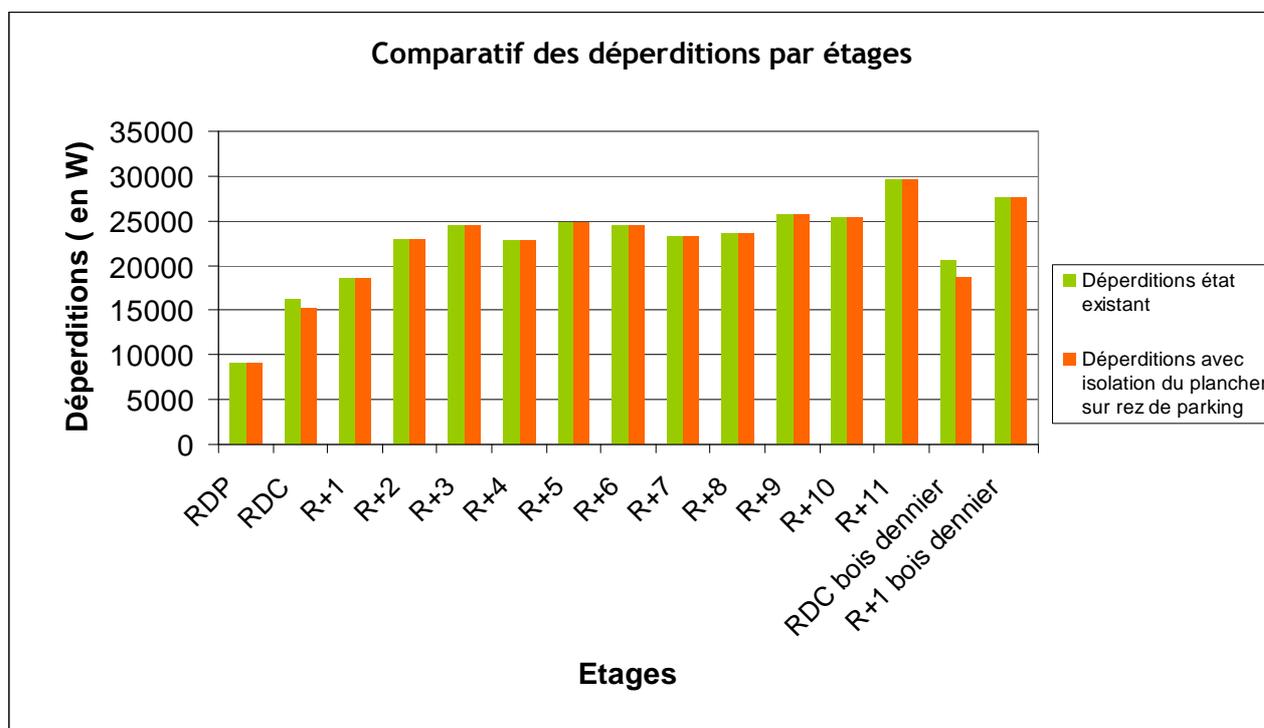
Solution proposée

Mise en place de 10 cm de laine de verre en sous face de plancher ou équivalent  
 Résistance thermique minimum du matériau :  $R = 2.9 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$

Localisation :

Plafond des locaux non chauffés du sous-sol  
 Surface à isolés :  $316 \text{ m}^2$

Comparatifs des déperditions :



Déperditions totales après travaux : 336 146 W  
 Réduction générée : 1 %

Calcul des consommations théoriques après travaux :

Estimation du poste chauffage	Après travaux	Bâtiment existant
Energie finale consommée	417 857 kWh <sub>ef</sub> / an	427 847 kWh <sub>ef</sub> / an
Energie primaire consommée	417 857 kWh <sub>ef</sub> / an	427 847 kWh <sub>ef</sub> / an
Emissions de gaz à effet de serre	97 778 kg CO <sub>2</sub> / an	100 116 kg CO <sub>2</sub> / an

Potentiel de certificat d'économie d'énergie :

Isolation des murs par l'intérieur dans les bâtiments de grande taille :  
 Référentiel de l'opération : BAT-EN-03-GT (voir annexe 6)

Montant de certificats en kWh cumac :

Zone climatique : H2  
 Chauffage : combustible  
 Montant : 6 200 kWh cumac / m<sup>2</sup> d'isolant  
 Facteur correctif : 0.5 (zone bureau)

Montant corrigé : 3100 kWh cumac / m<sup>2</sup> d'isolant

Valeur total : 3100 kWh cumac x 316 m<sup>2</sup> = 979 700 kWh cumac \*

\* Ces travaux sont inférieurs à 1 GWh cumac (valeur minimum de revente des CEE) et doivent faire l'objet d'une revente groupée à d'autres travaux.

Prix du kWh Cumac	Valeur des CEE	Taux de couverture par les CEE pour un investissement de 12 500€
0,01	9 797 € H.T	78 %
0,002	1 959 € H.T	15 %

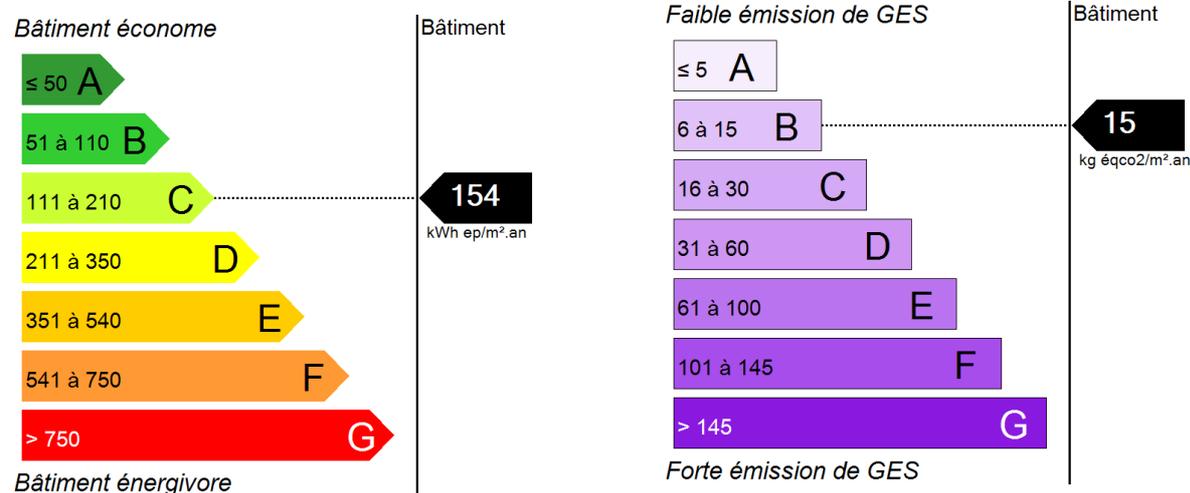
Bilan économique des travaux:

Isolation du plancher en sous face : **de 9 500 à 12 500 € H.T.**  
 Revente des CEE (voir ci-dessous) 1 959 € H.T.

Économies générées :  
 Gaz : 9 990 kWh (coût moyen kWh = 0.041 € H.T) 409 € H.T. / an

Retour sur investissement : **de 18 à 25 ans**

Etiquette Energie / Climat Après travaux :



## G.2. EQUIPEMENTS DE CHAUFFAGE

### G.2.1. Chaudière à condensation

La consommation de chauffage est pénalisée par les chaudières existantes même si les brûleurs ont été remplacés récemment. Le combustible gaz étant utilisé aujourd'hui, nous étudions la mise en place de chaudières à condensation.

#### Solution proposée :

Mise en place de deux chaudières à condensation type De Dietrich C230-170 EcoDiematic -m3 ou équivalent.

Puissance unitaire installée : 170 kW

#### Localisation :

Remplacement des deux chaudières existantes

#### Calcul des consommations théoriques :

#### Rendement de génération :

Chaudière gaz au sol à condensation :

$$\eta_g = 0.83$$

Estimation du poste chauffage	Après travaux	Bâtiment existant
Energie finale consommée	335060 kWh <sub>ef</sub> / an	427 847 kWh <sub>ef</sub> / an
Energie primaire consommée	335060 kWh <sub>ep</sub> / an	427 847 kWh <sub>ep</sub> / an
Emissions de gaz à effet de serre	78 404 kg CO <sub>2</sub> / an	100 116 kg CO <sub>2</sub> / an

#### Potentiel de certificat d'économie d'énergie :

Chaudière de type condensation dans les bâtiments de grande taille :  
Référentiel de l'opération : BAT-TH-02-GT (voir annexe 7)

Montant de certificats en kWh cumac :

Zone climatique : H2  
Usage : Chauffage  
Montant : 630 kWh cumac / m<sup>2</sup> surface chauffée  
Facteur correctif : 1.3 (zone bureau)

Montant corrigé : 819 kWh cumac / m<sup>2</sup> surface chauffée

Valeur total : 819 kWh cumac x 6 477 m<sup>2</sup> = 5 304 663 kWh cumac

Valeur estimée des CEE

- à 0.01 €/ kWh Cumac : 53 046 € H.T.
- à 0.002 €/ kWh Cumac : 10 609 € H.T.

Prix du kWh Cumac	Valeur des CEE	Taux de couverture par les CEE pour un investissement de 35 000€
0,01	53 046 € H.T	100 %
0,002	10 609 € H.T	30 %

Bilan économique des travaux:

Remplacement et dépose des chaudières existantes  
 par deux chaudières à condensation compris  
 mise en service et raccords hydraulique :  
 Revente des CEE (voir ci-dessous)

**de 30 000 à 35 000 € H.T.**  
 10 609 € H.T

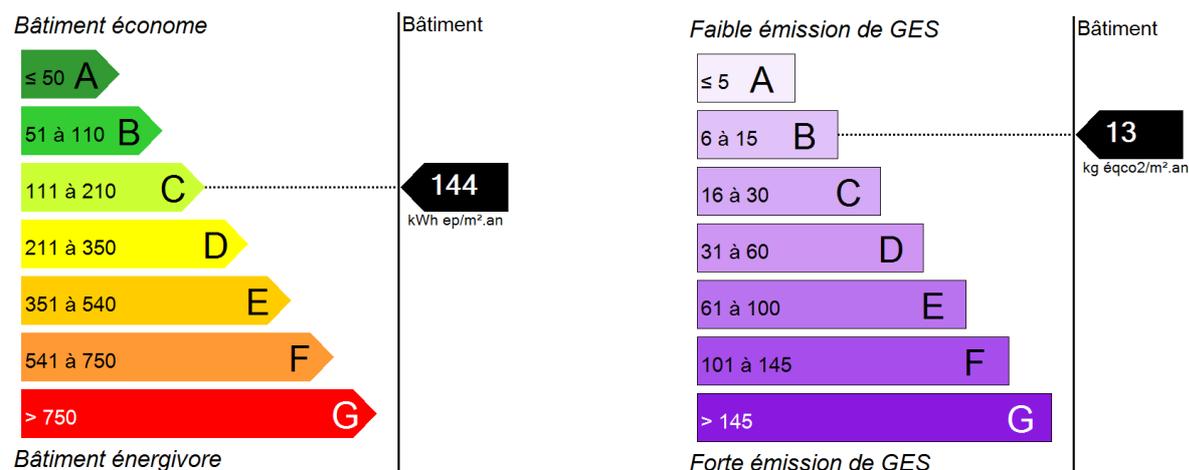
Économies générées :

Gaz : 92 787 kWh (coût moyen kWh = 0.041 € H.T)      3 804 € H.T. / an

Retour sur investissement :

**de 3 à 7 ans**

Etiquette Energie / Climat Après travaux :



### G.2.2. Chaudière Bois

La solution du chauffage au bois est considérée comme une énergie propre, à condition que le bois soit issu de forêts durablement gérées. Le bilan CO<sub>2</sub> est défini comme quasi nul car les émissions dégagées lors de la combustion du bois sont compensées par le carbone stocké par l'arbre lors de sa croissance grâce à la photosynthèse. Aujourd'hui la filière bois en région Centre s'est structurée et offre une pérennité d'approvisionnement à ses clients.

Cependant cette solution nécessite la création d'un silo de stockage en extérieur et condamne ainsi plusieurs places de garage.

#### Solution proposée :

Mise en place de deux chaudières bois type De Linder et SOMMERAUER SL150T-4R  
Puissance unitaire installée : 150 kW

#### Localisation :

Remplacement des deux chaudières existantes

#### Calcul des consommations théoriques :

#### Rendement de génération :

Chaudière bois automatique :

$$\eta_g = 0.78$$

Estimation du poste chauffage	Après travaux	Bâtiment existant
Energie finale consommée	356 538 kWh <sub>ef</sub> / an	427 847 kWh <sub>ef</sub> / an
Energie primaire consommée	356 538 kWh <sub>ep</sub> / an	427 847 kWh <sub>ep</sub> / an
Emissions de gaz à effet de serre	4 628 kg CO <sub>2</sub> / an	100 116 kg CO <sub>2</sub> / an

#### Besoin de bois déchiqueté :

Pouvoir calorifique bois : 3.5 kWh/kg      soit    101 tonnes par an

Poids spécifique : 650 kg/ m<sup>3</sup>            soit    156 m<sup>3</sup>/ an

La consommation de bois est très importante. Le volume de stockage doit donc être dimensionné en conséquence.

Si on table sur une livraison par mois il faudra un local de stockage de 20 m<sup>3</sup> minimum.

Les caractéristiques du local seront les suivantes :

3 x 3 x 3 soit 27 m<sup>3</sup>

Coût moyen de la tonne livrée : 110 € H.T.

Coût annuel : 11 110 € H.T

Existant : 19 856 € H.T.

Economie générée : 8 746 € H.T.

Potentiel de certificats d'économie d'énergie :

Pas de CCE pour les chaufferies bois pour des bâtiments de plus de 5000 m<sup>2</sup>.

Bilan économique des travaux:

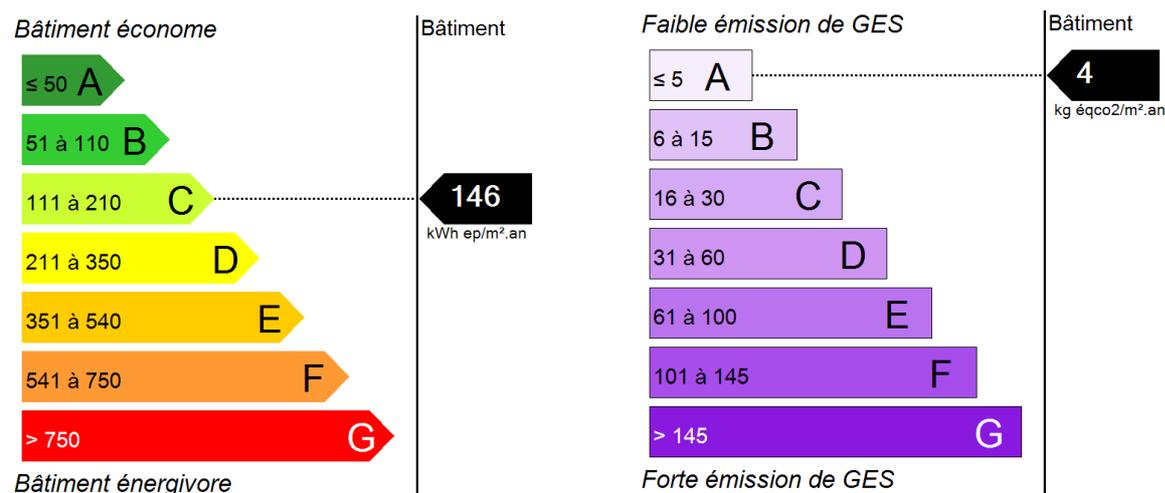
Remplacement et dépose des chaudières existantes  
par deux chaudières bois compris  
mise en service et raccordements hydraulique : **de 69 000 à 75 000 € H.T.**  
Construction d'un silo maçonné : **5000 € H.T.**

Investissement total : **74 000 à 80 000 € H.T.**

Économies générées : 8 746 € H.T. / an

Retour sur investissement : **de 8 à 10 ans**

Etiquette Energie / Climat Après travaux :



G.2.3. Commentaires

Nous voyons que ces deux solutions sont intéressantes pour ce projet. Les retours sur investissement atteints sont satisfaisants pour les deux solutions (de 11 à 15 ans). Ces économies générées ne sont pas engendrées par les mêmes causes. La chaudière à condensation permet une économie directe sur la consommation de gaz (13 %) alors que la rentabilité économique de l'installation bois est liée à un coût du combustible plus avantageux.

L'étude de la mise en place d'une Pompe à chaleur nécessite une étude plus approfondie au vu de l'audit. La complexité de l'étude sur les puissances à installées, la capacité des radiateurs existants et donc l'estimation des économies et des investissements est trop complexe à ce stade. Avant tout travaux une étude de faisabilité technique doit être engagée, notamment pour la chaufferie bois.

## G.3. CLIMATISATION

### G.3.1. Rafraîchissement des locaux serveurs

Nous allons étudier le moyen de diminuer la part de la climatisation en rafraîchissant les locaux via un flux d'air extérieur plus froid qui pourra combattre une partie des apports intérieurs. En effet, la chaleur dégagée par les machines reste confinée dans la pièce et crée ainsi une montée en température importante.

La solution proposée est donc de mettre en place un caisson d'extraction pour l'extraction et une grille d'entrée d'air sur la paroi extérieure.

#### Solutions proposée :

Caisson de ventilation : type VEKITA + 700 marque ALDES installé en combles.

Grille d'entrée d'air : type AWA 251 300x300 mm marque ALDES.

Débit max : 700 m<sup>3</sup>/h.

Régulation : variateur de vitesse électronique monophasé ALDES.

Localisation :

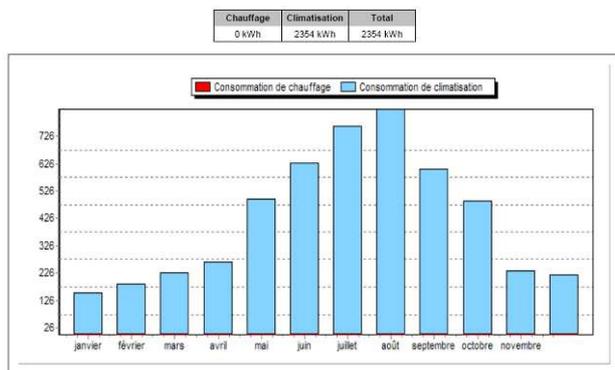
Serveur DDE : R+5

Serveur DDAF : R+10

Serveur Autocom : R-1

#### Calcul des consommations théoriques :

##### Local Autocom



Consommation calculée en énergie finale:

- 2 354 kWh<sub>ef</sub>/ an.      **7 183 kWh<sub>ef</sub>/ an.**

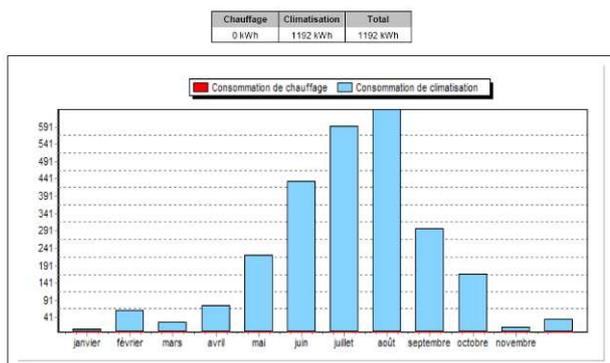
Consommation en énergie primaire :

- 6 073 kWh<sub>ep</sub>/ an.      **18 532 kWh<sub>ep</sub>/ an.**

Emissions de gaz à effet de serre :

- 202 kgCO<sub>2</sub>/ an.      **617kWh<sub>ep</sub>/ an.**

##### Local DDAF



Consommation calculée en énergie finale:

- 1 192 kWh<sub>ef</sub>/ an.      **4 788 kWh<sub>ef</sub>/ an.**

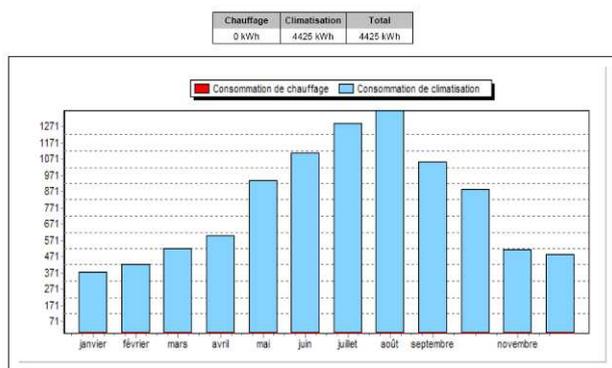
Consommation en énergie primaire :

- 3 075 kWh<sub>ep</sub>/ an.      **12 353kWh<sub>ep</sub>/ an.**

Emissions de gaz à effet de serre :

- 102 kgCO<sub>2</sub>/ an.      **411 kgCO<sub>2</sub>/ an**

Local DDE



Consommation calculée en énergie finale:

- 4 425 kWh/ an. **11 879 kWh/ an.**

Consommation en énergie primaire :

- 11 416 kWh/ an. **30 647 kWh/ an.**

Emissions de gaz à effet de serre :

- 380 kgCO<sub>2</sub>/ an. **1021 kgCO<sub>2</sub>/ an**

Consommation estimée des ventilateurs dans le cas le plus défavorable :

Puissance max ventilateurs : 60 W

Nb d'heures de fonctionnements : 24 x 365 = 8 760 heures

Consommations : 60 x 8 760 h x 3 caissons = 1576 kWh

Consommation totale :

Estimation du poste chauffage	Après travaux	Bâtiment existant
Energie finale consommée	9 547 kWh/ an	<b>23 850 kWh/ an</b>
Energie primaire consommée	20 565 kWh/ an	<b>61 533 kWh/ an</b>
Emissions de gaz à effet de serre	685kg CO <sub>2</sub> / an	<b>2 051 kg CO<sub>2</sub>/ an</b>

Bilan économique des travaux:

Caissons de ventilation + variateurs + grilles  
 Et manchettes :

**de 18 000 à 21 000 € H.T.**

Économies générées (14 303 kWh):

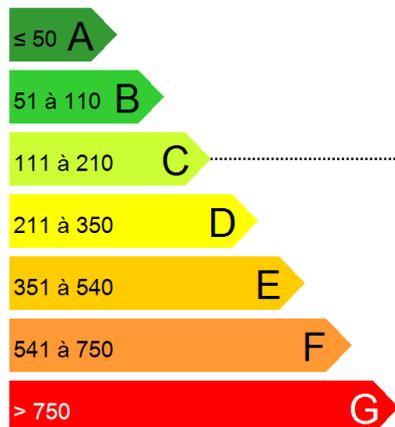
**1 430 € H.T.**

Retour sur investissement :

**de 12 à 15 ans**

Etiquette Energie / Climat Après travaux :

Bâtiment économe

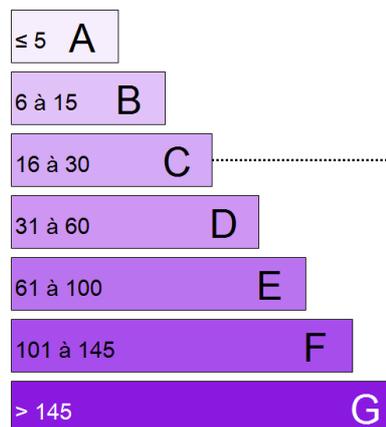


Bâtiment énergivore

Bâtiment

**151**  
kWh ep/m<sup>2</sup>.an

Faible émission de GES



Forte émission de GES

Bâtiment

**16**  
kg éqco<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>.an

### Commentaires

Cette action commune aux trois locaux serveurs permet une intéressante économie d'énergie. Elle ne nécessite pas de travaux lourds et permet une économie importante ainsi qu'une baisse de l'utilisation des appareils de climatisation et donc une augmentation de leur durée de vie.

G.3.2. Diminution de la surchauffe des bureaux

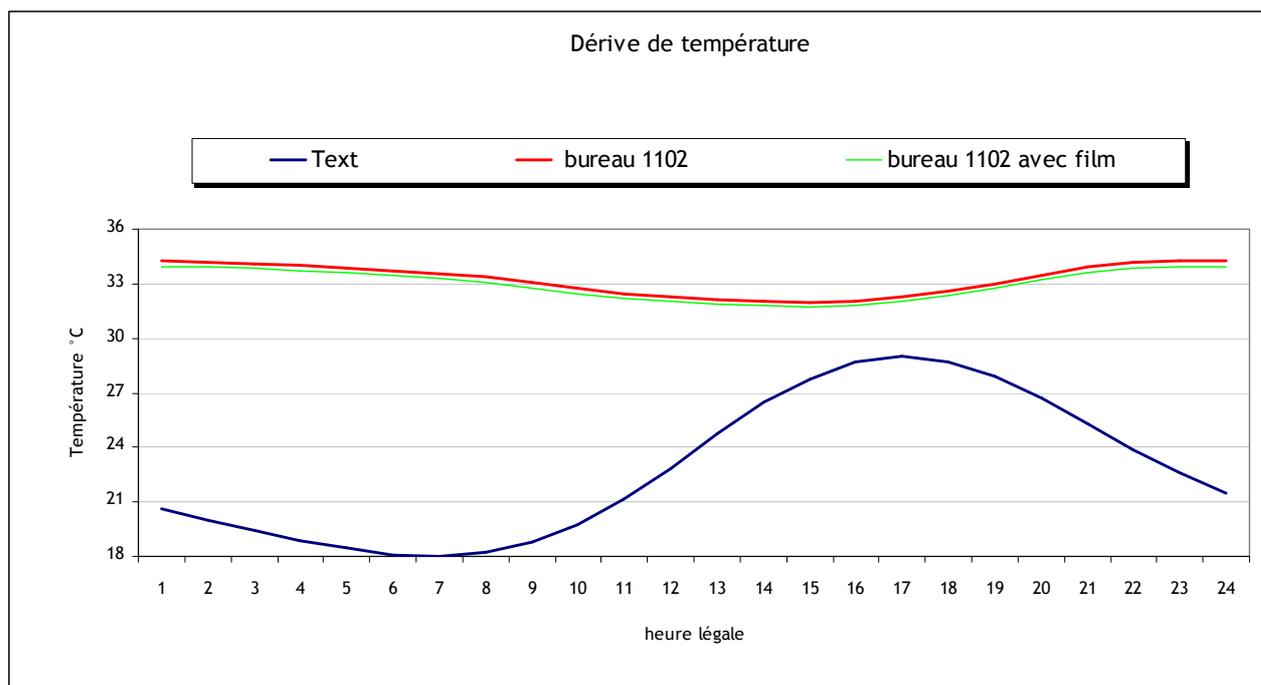
Comme vu dans le paragraphe E.2.1., nous allons étudier le potentiel de réduction des apports solaires avec la mise en place d'un film thermique protecteur sur les doubles vitrages.

Solutions proposée :

Mise en place d'un film type Argent 80 C de chez Fipsun ou équivalent.  
 Facteur solaire : 0.21

Résultats :

Bureau	étage	orientation	Température max.	Température min.	Température moy.
1102 avec store	R+11	ouest	34.29°C	31.96°C	33.24°C
1102 avec film	R+11	ouest	33.97°C	31.72°C	32.96°C



Bilan économique des travaux:

Mise en place des films (s = 1000 m<sup>2</sup>) : **de 55 000 à 65 000 € H.T.**

Commentaires :

Nous pouvons voir que le gain de confort est minime (0.3 °C) à comparaison avec les tores déjà installés. Il n'y a pas lieu aujourd'hui de mettre en place ces travaux sur le bâtiment.

## G.4. AUXILIAIRES

---

### G.4.1. Bureautique

---

#### G.4.1.a) Activation du gestionnaire d'énergie (écran et unité centrale)

Une première mesure consiste donc à aller activer le gestionnaire d'énergie. On paramètrera l'arrêt d'écran après 10 minutes d'inutilisation et l'arrêt total de l'unité centrale après vingt minutes d'inutilisation. Cette mesure peut être prise soit par les responsables du parc informatique soit par l'utilisateur lui-même.

<u>Investissement :</u>	NUL
<u>Economie :</u>	~40% soit 3200 €/an
<u>Temps de retour :</u>	NUL

#### G.4.1.b) Ajout d'une barrette multiprise

Une seconde mesure est l'achat d'une barrette multiprise avec interrupteur sur laquelle on branchera 1 unité centrale et l'écran (ainsi que tous les autres périphériques type imprimante).

<u>Investissement :</u>	entre 4 200 et 5 300 €
<u>Economie :</u>	~6% soit 540 € / an
<u>Temps de retour :</u>	~10 ans

#### G.4.1.c) Station d'accueil/portable

Une station d'accueil est un support sur lequel on vient installer un ordinateur portable. Elle est munie de connecteurs qui permettent de brancher des périphériques (écran, clavier, imprimante...). Ce principe permet de profiter de l'avantage du portable et du confort d'utilisation du fixe grâce à la station d'accueil. Le portable consommant en moyenne sept fois moins qu'un poste fixe (unité+écran), la configuration portable+station d'accueil permet donc d'économiser environ 50% de la consommation totale des ordinateurs.

Ceci impose l'achat d'un portable plus une station d'accueil, ce qui est un investissement important pour un seul poste. Ceci est donc à envisager en solution de remplacement pour les postes les plus anciens.

## G.4.2. Eclairage

### **G.4.2.a) Sensibilisation :**

Le premier niveau de préconisation se porte sur l'utilisation de l'éclairage. Il est nécessaire de sensibiliser les occupants en leur demandant d'éteindre l'éclairage lors des absences prolongées et de privilégier l'éclairage naturel lorsque cela est possible.

De même il est important de nettoyer périodiquement les luminaires car la poussière accumulée diminue leur efficacité.

### **G.4.2.b) Amélioration des équipements :**

Vous trouverez en annexe 8 l'étude réalisée sur l'éclairage.

Pour aller plus loin dans les économies d'énergies il serait judicieux de prolonger l'effort déjà effectué sur l'éclairage en remplaçant les tubes fluorescents peu efficaces dans les bureaux (tubes T8 avec ballasts ferromagnétiques).

-Plusieurs niveaux de rénovation sont envisageables ;

La base étant un luminaire en plafonnier ou encastré utilisant des tubes T5 ( $\varnothing 16\text{mm}$ ) de 14 Watt. Cette configuration permet de respecter un niveau d'éclairement en service de 500 lux moyen sur la zone utile tout en améliorant considérablement le rendement. Nous obtenons ainsi des puissances installées entre 9 Watt/m<sup>2</sup> et 12 Watt/m<sup>2</sup> dans les bureaux.

*Réduction de consommation de l'ordre de 9% soit environ 6 MWh/an.*

Il est ensuite possible de réaliser des économies d'énergie supplémentaires, en fonction du choix du type de gestion :

#### 1 Gradation automatique du luminaire côté fenêtre dès lors que le local est allumé (suivant apport éclairage naturel)

##### Fonctions :

- Allumage /extinction manuelle des luminaires (interrupteur).
- Automatisation sur gradation du luminaire côté fenêtre.

##### Matériels :

- Caisson 4x14W (tubes T5).
- Ballast électronique à gradation équipé d'un capteur lumière.

##### Intérêt :

- Gestion simple/ Economie sur gradation uniquement.

2 idem + ajout d'une détection de présence/cellule photo-électrique pour le local complet (placé au centre de la pièce)

Fonctions :

- Allumage / extinction automatique suivant présence et si le niveau global est trop élevé (seuil dépassé, alors coupure),
- gradation automatique du luminaire côté fenêtre dès lors que les appareils sont sous tension.

Matériels :

- Caisson 4x14W (tubes T5).
- Ballast électronique à gradation équipé d'un capteur lumière.
- Capteur de présence.

Intérêt :

- Gestion simple/ Economie sur éclairage naturel (seuil) et présence.

3 Tous les appareils sont pilotés suivant la présence et suivant le niveau d'éclairage naturel en réalisant un décalage entre les luminaires côté fenêtre et côté fond de bureau.

Fonctions :

- Allumage / extinction /gradation automatique suivant présence et suivant éclairage naturel.

Matériels :

- Caisson 4x14W (tubes T5).
- Ballast électronique DALI3 (bus numérique)
- Capteur de présence / cellule.

Intérêt :

- Permet une gestion plus globale via une interface informatique (GTB).
- Economie maximum sur éclairage naturel et présence.

L'économie d'énergie va bien sûr dépendre de l'utilisation des locaux, des comportements, de l'apport d'éclairage naturel.

---

<sup>3</sup> Grâce au langage numérique DALI, tous les systèmes équipés de ballast DALI peuvent communiquer avec les systèmes de gestion technique de bâtiment.

### G.4.3. Appareils annexes

---

#### G.4.3.a) Fontaines à eau :

Une fontaine à eau distribuant à la fois de l'eau chaude et de l'eau réfrigérée consomme environ 490 kWh/an contre 90 pour une fontaine uniquement à eau réfrigérée. En effet la machine contient 3,5 L d'eau chaude constamment maintenu à 95°C (source fabricant). Ce poste représenterait 3,9 MWh/an.

Dans un premier temps il serait judicieux d'éteindre ces fontaines en dehors des périodes d'occupation ceci permettra d'économiser environ 340kWh par machine.

Ensuite Il serait intéressant de connaître les réels besoins en eau chaude, pour éventuellement remplacer ces fontaines par des fontaines à eau réfrigérée simples, voir de les supprimer totalement.

#### G.4.3.b) Machines à café :

Une machine à café sur pied (distributeur) consomme en moyenne 1050 kWh/an, là encore il est possible de débrancher ces appareils en dehors des heures de travail.

## H. Synthèse des préconisations

Actions jugées nécessaires sans bénéfices quantifiables en termes d'économie d'énergie :

Intitulé	Commentaire
Mise en place 1 <sup>er</sup> niveau de management de l'énergie	Mise en place d'un suivi avec tableaux de bord et sensibilisation des différents acteurs pour consolider les démarches engagées et pérenniser les actions sur la durée.
Audit serveurs informatiques	Un audit approfondi sur les serveurs informatiques permettra d'évaluer leur niveau de consommation et les actions envisageables.
Etude de faisabilité multi-énergie	Une étude de faisabilité technique et économique approfondie sur le remplacement des chaudières existantes doit être envisagé avant d'effectuer des travaux de remplacement Etude financée par l'ADEME

Actions d'économies d'énergie à réaliser en priorité :

	Investissement.	Potentiel économie d'électricité		Economie financière	Temps de retour brut
Activation gestionnaire d'énergie sur les postes informatiques	NUL	32MWh/an	-10%	3200€/an	-
Mise en place systèmes d'extinction automatiques sur les fontaines à eau	120 à 160 €	2700 kWh/an	0,8%	270€/an	<1 an
Mise en place de barrettes multiprises sur la bureautique	5k€	5MWh/an	1,5%	540€	<10 ans

Actions d'économie d'énergie à réaliser à moyen terme :

Gaz :

	Investissement.	Potentiel économie de Gaz naturel	Economie financière	Temps de retour brut
Isolation par l'intérieur des murs extérieurs	15 à 21 k€	56 MWh/an	2 284 €	7 à 10 ans
Installation d'une chaudière à condensation	20 à 25 k€	92 MWh/an	3 804 €	3 à 7 ans
Installation d'une chaudière bois	74 à 80 k€	-	8 746 €	8 à 10 ans

*Electricité :*

	Investis- sement.	Potentiel économie d'électricité	Economie financière	Temps de retour brut
Sur-ventilation des locaux serveurs	18 à 21 k€	14300kWh	1430€	12 à 15 ans
Rénovation éclairage avec gestion	33 à 52 k€	-	-	-

Actions d'économie d'énergie à réaliser à long terme :

	Investis- sement.	Potentiel économie de Gaz naturel	Economie financière	Temps de retour brut
Mise en place de doubles vitrages performants	-	53 MWh/an	-	-
Isolation du plancher RDC	7.5 à 10.5k€	10 MWh/an	409 €	18 à 25 ans

Proposition de travaux	catégorie	Cout d'investissement € H.T.	Gain énergétique KWhep/m <sup>2</sup> .an	Gain économique € H.T. /an	Temps de retour Nb années	Délais de mise en œuvre	Priorité	Page rapport
Mise en place 1 <sup>er</sup> niveau de management de l'énergie	G	/	/	/	/	/	I	57
Audits serveurs informatiques	G	/	/	/	/	/	I	57
Etude de faisabilité multi-énergie	G	/	/	/	/	/	I	57
Activation gestionnaire d'énergie sur les postes informatiques	E	NUL	82560	3200	/	/	I	53
Mise en place d'extinctions automatiques sur les fontaines à eau	E	120 à 160	6 966	270	< 1	/	I	56
Mise en place de bureautique multiprise sur la bureautique	E	5 000	12 900	540	< 10 ans	/	I	53
Isolation des murs ext.	B	15 000 à 21 000	55 720	2 284	7 à 10 ans	4 à 6 mois	P	38
Mise en place d'une chaudière à condensation	E	20 000 à 25 000	92 780	3 804	3 à 7 ans	2 à 4 mois *	P	45
Mise en place d'une chaudière bois	E	74 000 à 80 000	71 309	8 746	8 à 10 ans	4 à 6 mois *	P	47
Sur-ventilation des locaux serveurs	B	18 000 à 21 000	36 894	1 430	12 à 15 ans	2 à 4 mois	P	49
Rénovation éclairage avec gestion	E	33 000 à 55 000	/	/	/	/	U	54
Mise en place de double vitrage performant	B	/	37 651	1 543	/	/	U	41
Isolation du plancher RDC sur RDP	B	7 500 à 10 500	9 990	409	18 à 25 ans	2 mois	U	43

\* Nécessite une étude de faisabilité multi-énergie au préalable

Catégorie : G = Gestion ; E = Equipements ; B = Bâti – Priorité : I = Immédiat ; P = Prioritaire ; U = Utile

## I. Glossaire

---

### Energie finale (kWhEF) :

L'énergie finale ou disponible est l'énergie livrée au consommateur pour sa consommation finale (essence à la pompe, électricité au foyer,...).

### Energie primaire (kWhEP):

L'énergie primaire permet de prendre en compte les pertes énergétiques lors de la transformation de l'énergie. Elle correspond à l'énergie achetée au distributeur d'énergie (que l'on appelle énergie finale) multipliée par un coefficient qui vaut 2,58 pour l'électricité. Ce coefficient 2,58 pour l'électricité prend en compte la chaleur fournie par la centrale électrique qui n'est pas utilisée et qui est évacuée dans l'environnement (mer, rivière...). Pour les sources d'énergie fossiles le facteur de conversion est de 1.

### PCI/PCS :

Le pouvoir calorifique d'un combustible est la quantité de chaleur exprimée en kWh ou MJ, qui serait dégagée par la combustion complète d'un mètre cube gaz sec dans l'air à une pression constante

On distingue 2 pouvoirs calorifiques :

- Le pouvoir calorifique supérieur (PCS);
- Le pouvoir calorifique inférieur (PCI).

PCS = PCI + Chaleur latente d'évaporation

- PCS : c'est la quantité de chaleur exprimée en kWh ou MJ, qui serait dégagée par la combustion complète de un (1) Mètre Cube Normal de gaz. L'eau formée pendant la combustion étant ramenée à l'état liquide et les autres produits étant à l'état gazeux.
- PCI : il se calcule en déduisant par convention, du PCS la chaleur de condensation (2511 kJ/kg) de l'eau formée au cours de la combustion et éventuellement de l'eau contenue dans le combustible.

### Gaz à effet de serre :

Les gaz à effet de serre (GES) sont des composants gazeux qui contribuent par leurs propriétés physiques à l'effet de serre. L'augmentation de leur concentration dans l'atmosphère terrestre est un facteur à l'origine du réchauffement climatique.

Rappel des différentes émissions de gaz à effet de serre par type d'énergie en kg de CO2 par kWh d'énergie finale :

Bois	0.013
Electricité	0.086
Fioul	0.32
Gaz naturel	0.234
Gaz propane	0.274

### **Coefficient de transmission thermique U :**

Le coefficient de transmission thermique d'une paroi est noté "U" (ou anciennement "k") et caractérise la quantité de chaleur traversant une paroi en régime permanent, par unité de temps, par unité de surface et par unité de différence de température entre les ambiances situées de part et d'autre de ladite paroi.

Le coefficient de transmission thermique s'exprime en  $W/m^2K$  et est l'inverse de la résistance thermique totale de la paroi. Plus sa valeur est faible et plus la construction sera isolée.

### **Résistance thermique R :**

La résistance traduit la capacité d'un matériau à résister au transfert thermique.

-Plus le R est élevé, plus le produit est isolant.

-Le R est exprimé en  $m^2k/W$ .

### **Certificats d'économies d'énergie :**

Le principe des certificats d'économie d'énergie repose sur une obligation de réalisation d'économies d'énergie imposée par les Pouvoirs publics sur une période donnée aux vendeurs d'énergie comme EDF, Gaz de France, les réseaux de chaleur tels CPCU. Si ils ne parviennent pas à remplir leurs obligations dans le temps imparti, ils devront s'acquitter d'une pénalité dont le montant ne pourra excéder 2 c€/kWh.

Ainsi ils peuvent amener leurs clients à réaliser des économies d'énergie en leur apportant des informations sur les moyens à mettre en œuvre, avec des incitations financières en relation avec des industriels ou des distributeurs : prime pour l'acquisition d'un équipement, aides aux travaux, service de préfinancement, diagnostic gratuit.

En contrepartie du constat des investissements effectués par les consommateurs grâce à ces actions, les vendeurs d'énergie reçoivent des certificats sur la base de forfaits en kWh calculés par type d'action, ce sont les **kWh cumac**.

### **Lux :**

Le lux est une unité de mesure de l'éclairement lumineux. Il caractérise le flux lumineux reçu par unité de surface.

### **DJU :**

Les Degrés jour unifiés ou DJU permettent de réaliser des estimations de consommations d'énergie thermique en proportion de la rigueur de l'hiver.

Pour chaque 24 heures, le nombre de degrés jours unifiés (Dju) est déterminé en faisant la différence entre la température de référence, 18 °C, et la moyenne de la température minimale et la température maximale de ce jour, c'est-à-dire 18 °C moins la moitié de la somme de la température maximale et de la température minimale.

**RT2005 :**

Les pouvoirs publics se sont engagés à réactualiser les exigences réglementaires tous les 5 ans, après la RT 2000, la RT 2005. La maîtrise des consommations d'énergie, la réduction des émissions de gaz à effet de serre sont les objectifs visés par la France comme par l'ensemble de la communauté internationale pour préserver les ressources énergétiques et limiter le réchauffement climatique. De plus cette réactualisation des contraintes énergétiques apporte un impact économique important car bien que le surcout d'investissement soit de 2 à 3%, l'économie d'énergie sera de l'ordre de 15% par rapport à la RT 2000.

## **J. Annexes**

---

### **J.1. ANNEXE 1 : Fiche détail chauffage**

---



## J.2. ANNEXE 2 : Inventaire équipements de climatisation

---



### J.3. ANNEXE 3 : Inventaire Eclairage et bureautique

---



#### J.4. ANNEXE 4 : Récapitulatif des déperditions par pièces

---



## J.5. ANNEXE 5 : Fiche CEE BAT EN 02 GT

---



## J.6. ANNEXE 6 : Fiche CEE BAT EN 03 GT

---



## J.7. ANNEXE 7 : Fiche CEE BAT TH 02 GT

---



## J.8. ANNEXE 8 : Etude Éclair age

---

*RAPPORT DE SYNTHÈSE  
AUDIT ÉNERGETIQUE*

**CITE ADMINISTRATIVE DU CLUZEL  
PREFECTURE D'INDRE ET LOIRE  
37 000 TOURS**



Maître d'ouvrage : Préfecture d'Indre et Loire  
Adresse : 15, rue Bernard Palissy  
37 925 Tours cedex 9

Bureau d'étude : ENERGIO  
Adresse : 7, rue Dublineau - 37000 TOURS  
Téléphone : 02.47.88.02.02.  
Auditeur : Alexandre GARCIA



## A. SOMMAIRE

---

<b>A.</b>	<b>SOMMAIRE .....</b>	<b>3</b>
<b>B.</b>	<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>5</b>
B.1.	OBJECTIFS DE L'ETUDE.....	5
B.2.	DEROULEMENT DE L'ETUDE.....	6
<b>C.</b>	<b>PRESENTATION DU SITE .....</b>	<b>7</b>
C.1.	GENERALITES .....	7
C.2.	DESCRIPTION DU BATI ET DES EQUIPEMENTS .....	8
C.2.1.	<i>Schéma du bâti.....</i>	<i>8</i>
C.2.2.	<i>Bâti.....</i>	<i>9</i>
C.2.3.	<i>Chauffage.....</i>	<i>10</i>
C.2.4.	<i>Eau chaude sanitaire.....</i>	<i>10</i>
C.2.5.	<i>Renouvellement d'air.....</i>	<i>11</i>
C.2.6.	<i>Refroidissement.....</i>	<i>11</i>
C.2.7.	<i>Eclairage.....</i>	<i>11</i>
C.2.8.	<i>Autres équipements consommateurs.....</i>	<i>12</i>
<b>D.</b>	<b>ANALYSE DES CONSOMMATIONS .....</b>	<b>13</b>
D.1.	GAZ NATUREL.....	13
D.1.1.	<i>Bilan.....</i>	<i>13</i>
D.1.2.	<i>Evolution de la consommation.....</i>	<i>13</i>
D.1.3.	<i>Régulation.....</i>	<i>14</i>
D.2.	ELECTRICITE.....	14
D.2.1.	<i>Bilan.....</i>	<i>14</i>
D.2.2.	<i>Evolution de la consommation.....</i>	<i>16</i>
D.3.	BILAN ET ETIQUETTE ENERGIE/CLIMAT .....	18
D.3.1.	<i>Bilan.....</i>	<i>18</i>
D.3.2.	<i>Etiquette énergie/ climat Audit.....</i>	<i>19</i>
D.3.3.	<i>Etiquette énergie/ climat DPE réglementaire 2008.....</i>	<i>19</i>
<b>E.</b>	<b>ETUDE COMPORTEMENTALE.....</b>	<b>20</b>
E.1.	CONFORT THERMIQUE D'HIVER.....	20
E.2.	CONFORT THERMIQUE D'ETE .....	20
E.2.1.	<i>Dérive des températures.....</i>	<i>22</i>
E.3.	QUALITE D'AIR.....	24
E.4.	UTILISATION DE L'ECLAIRAGE .....	24
E.5.	UTILISATION DE L'INFORMATIQUE.....	25
<b>F.</b>	<b>ANALYSE ET SIMULATION ENERGETIQUE .....</b>	<b>26</b>
F.1.	CHAUFFAGE .....	26
F.1.1.	<i>Analyse de l'enveloppe.....</i>	<i>26</i>
F.1.2.	<i>Analyse des puissances installées.....</i>	<i>30</i>
F.1.3.	<i>Calcul de la consommation théorique.....</i>	<i>32</i>
F.2.	CLIMATISATION .....	34
F.2.1.	<i>Calcul des consommations théoriques.....</i>	<i>34</i>
F.3.	AUXILIAIRES.....	36
F.3.1.	<i>Bureautique.....</i>	<i>36</i>
F.3.2.	<i>Eclairages.....</i>	<i>37</i>
<b>G.</b>	<b>PRECONISATIONS.....</b>	<b>38</b>
G.1.	ENVELOPPE .....	38
G.1.1.	<i>Isolation des murs extérieurs.....</i>	<i>38</i>
G.1.2.	<i>Remplacement des doubles vitrages.....</i>	<i>41</i>

G.1.3.	<i>Isolation du plancher du rez de chaussée sur sous sol non chauffé</i> .....	43
G.2.	EQUIPEMENTS DE CHAUFFAGE .....	45
G.2.1.	<i>Chaudière à condensation</i> .....	45
G.2.2.	<i>Chaudière Bois</i> .....	47
G.2.3.	<i>Commentaires</i> .....	48
G.3.	CLIMATISATION .....	49
G.3.1.	<i>Rafraichissement des locaux serveurs</i> .....	49
G.3.2.	<i>Diminution de la surchauffe des bureaux</i> .....	52
G.4.	AUXILIAIRES.....	53
G.4.1.	<i>Bureautique</i> .....	53
G.4.2.	<i>Eclairage</i> .....	54
G.4.3.	<i>Appareils annexes</i> .....	56
<b>H.</b>	<b>SYNTHESE DES PRECONISATIONS</b> .....	<b>57</b>
<b>I.</b>	<b>GLOSSAIRE</b> .....	<b>60</b>
<b>J.</b>	<b>ANNEXES</b> .....	<b>63</b>
J.1.	ANNEXE 1 : FICHE DETAIL CHAUFFAGE .....	63
J.2.	ANNEXE 2 : INVENTAIRE EQUIPEMENTS DE CLIMATISATION.....	65
J.3.	ANNEXE 3 : INVENTAIRE ECLAIRAGE ET BUREAUTIQUE.....	67
J.4.	ANNEXE 4 : RECAPITULATIF DES DEPERDITIONS PAR PIECES.....	69
J.5.	ANNEXE 5 : FICHE CEE BAT EN 02 GT .....	71
J.6.	ANNEXE 6 : FICHE CEE BAT EN 03 GT .....	73
J.7.	ANNEXE 7 : FICHE CEE BAT TH 02 GT .....	75
J.8.	ANNEXE 8 : ETUDE ÉCLAIR AGE .....	77

## B. INTRODUCTION

---

### B.1. Objectifs de l'étude

---

- Réduire les besoins en énergie du bâtiment et améliorer le confort des occupants (été/hiver) ;
- Vérifier la faisabilité technique et économique du projet d'implantation d'une énergie renouvelable (bois, solaire, géothermie) plutôt qu'une énergie fossile ;
- Proposer des solutions techniques adaptées au contexte et aux possibilités qu'offre le site ;
- Comparer les différentes solutions en termes de coût d'investissement et de coût d'exploitation ;
- Rechercher des solutions visant à assurer la pérennité de l'approvisionnement et favorisant une logique de développement local ;
- Faire ressortir les qualités environnementales des différents scénarios énergétiques, notamment en termes de réduction des émissions de gaz à effet de serre et d'économie d'énergies fossiles.

## B.2. Déroulement de l'étude

---

La présente étude a été établie en 5 phases :

- Phase 1 : Préparation de l'étude.

Diffusion du questionnaire sur les conditions de confort dans le bâtiment et recollement des premières informations du bâtiment.

- Phase 2 : Relevé sur site.

Le relevé sur site a été effectué sur trois jours les 5, 6 et 7 Août 2009. Ces trois jours ont permis de visiter et de caractériser l'ensemble des locaux et équipements présents sur la cité du Cluzel. Nous avons aussi pu nous entretenir avec les différents occupants de la cité (chefs de service et agents)

Personnes rencontrées :

- o M. LOYER : gardien
- o M. CAILLE : représentant DDAF
- o M. NOEL : représentant DDE
- o Mme Mailler : représentante DDGCCRF
- o M. WOLF : bureau d'étude DDE
- o M. AYACHE : Régisseur de la cité (rencontré le 1er septembre)

Lors de cette présence ENERGIO a récupéré l'intégralité des factures de consommation énergétique de chaque service.

Enfin la diffusion et la récupération des questionnaires a été arrêtée le 28 Août.

- Phase 3 : Pré-analyse et réunion intermédiaire.

Première analyse du bâtiment et des pistes d'amélioration.

Réunion intermédiaire effectuée le 3 septembre.

- Phase 4 : Analyse détaillée et rendu de l'étude

Réunion de présentation le 16 octobre 2009

- Phase 5 : Campagne de mesure sur la période de chauffe.

## C. Présentation du site

---

### C.1. Généralités

---

La cité administrative du Cluzel est un bâtiment à usage de bureau qui regroupe les services de la DDE, la DDAF et de la DDGCCR. Environ 250 agents sont présents quotidiennement dans les locaux.

Ce bâtiment a été construit en 1962.

Le bâtiment est constitué d'une aile principale comprenant 11 niveaux et une aile annexe (bâtiment Boisdennier) comprenant 2 niveaux.

Les différents services occupent les niveaux suivants :

- DDE : R+1 à R+7
- DDA : R+8 à R+11
- DDGCCR : bâtiment Boisdennier
- Trésorerie générale : R-1 et RDC

Le chauffage ainsi que l'électricité des parties communes de la cité sont suivis et gérés par la trésorerie générale. Chaque service gère ses consommations électriques d'usage (bureautique, éclairage, ...).

La cité a fait l'objet de plusieurs travaux d'aménagement et de réhabilitation.

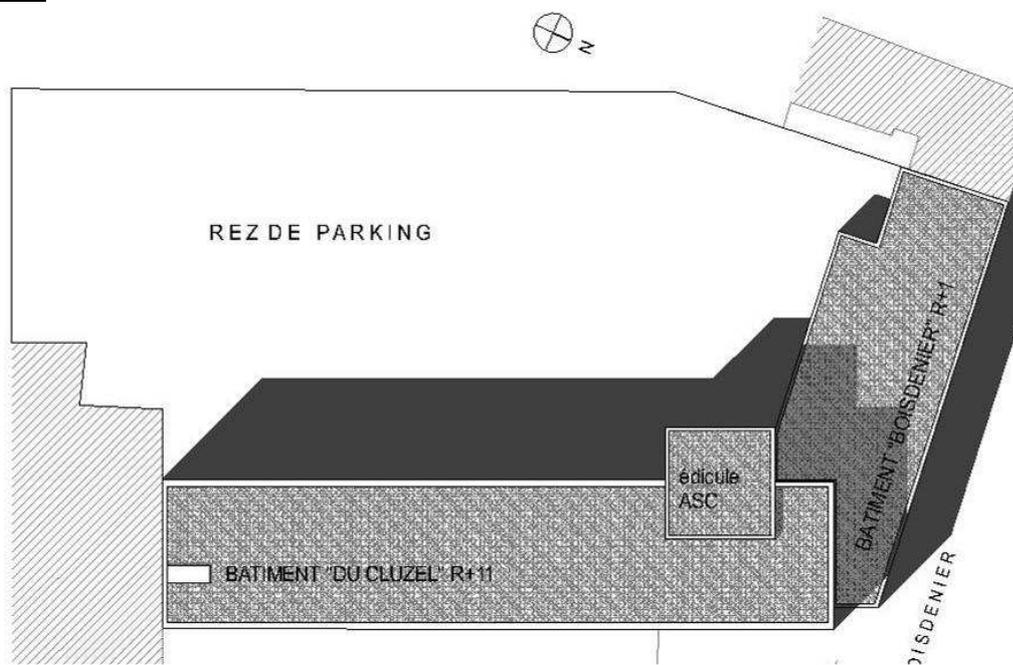
- 1992 : Réhabilitation du bâtiment DDGCCR et réfection de la terrasse
- 1998 : Remplacement de menuiseries extérieures
- 2004 : Passage du fioul au gaz (remplacement des brûleurs), création d'un réseau séparé pour le bâtiment Boisdennier, équilibrage des colonnes
- 2008 : Remplacement des ampoules des parties communes, isolation des allèges de murs
- 2009 : Réhabilitation de la terrasse de l'aile principale et des blocs sanitaires

Les ascenseurs ont aussi fait l'objet d'un remplacement récemment (date non communiquée).

## C.2. Description du bâti et des équipements

### C.2.1. Schéma du bâti

#### Plan de masse



#### Plans de façade



Façade Ouest  
Coté parking



Façade Est  
Coté Grammont

### C.2.2. Bâti

Les façades de l'aile principale sont élevées au moyen de poteaux béton avec un remplissage brique intérieur en allège des menuiseries. Ces allèges sont isolées au moyen d'un doublage intérieur.

Les toits terrasse sont composés de dalles béton isolées.

Les pignons de l'aile principale sont constitués en maçonnerie non isolée.

L'ensemble des menuiseries est en double vitrage.



### C.2.3. Chauffage

Le chauffage est produit par deux chaudières gaz fonctionnant en cascade.

La distribution est effectuée par trois réseaux régulés :

- Façade EST
- Façade Ouest
- Bâtiment Boisdennier

La température est régulée en fonction de la température extérieure avec optimisation par sonde d'ambiance pour chaque départ.

L'émission de chaleur est réalisée par des radiateurs en fonte équipés de robinets simples.

#### Détail production de chauffage :

Systeme :	Chaudière au sol Gaz
Marque :	COMETH - TN 50A1
Puissance :	558 kW
Année de pose :	1982
Bruleur:	WEISHAUP - G5/1-D 200-900 kW



Vous trouverez en Annexe 1 une fiche détaillée des équipements présents.

### C.2.4. Eau chaude sanitaire

Les 11 blocs sanitaires de l'aile principale font l'objet d'une réhabilitation en cours. L'alimentation d'eau chaude de chaque bloc est réalisée au moyen d'un ballon d'eau chaude électrique de 50l. Les autres points de puisage de la cité sont alimentés de façon identique.



### C.2.5. Renouvellement d'air

Une ventilation mécanique est en cours d'installation dans tous les blocs sanitaires. L'extraction d'air est réalisée dans ces seuls locaux.

Chaque bureau est équipé de grilles d'entrées d'air positionnées dans les tableaux de menuiseries.



### C.2.6. Refroidissement

La climatisation est utilisée pour le rafraîchissement des serveurs informatiques ainsi que pour la salle de formation informatique lorsque celle-ci est utilisée.



Vous trouverez en Annexe 2 un récapitulatif des équipements présents.

### C.2.7. Eclairage

Plusieurs types d'éclairages sont présents sur la cité : on peut dégager trois groupes distincts :

- Eclairage des parties communes : ampoules basse consommation
- Eclairage des bureaux : plafonniers à tubes néons
- Lampes de bureaux : allogènes et ampoules basse consommation

Vous trouverez en Annexe 3 le détail des éclairages présents sur le site du Cluzel.



### C.2.8. Autres équipements consommateurs

Les autres équipements consommateurs sont :

- la bureautique (ordinateurs, photocopieurs, imprimantes,...),
- Les ascenseurs,
- Les fontaines à eau,
- Les surpresseurs d'eau,
- Les équipements de restauration (réfrigérateurs, machines à café, distributeurs,...)



## D. ANALYSE DES CONSOMMATIONS

L'analyse des consommations est effectuée à partir des factures et relevés fournis par les différents services.

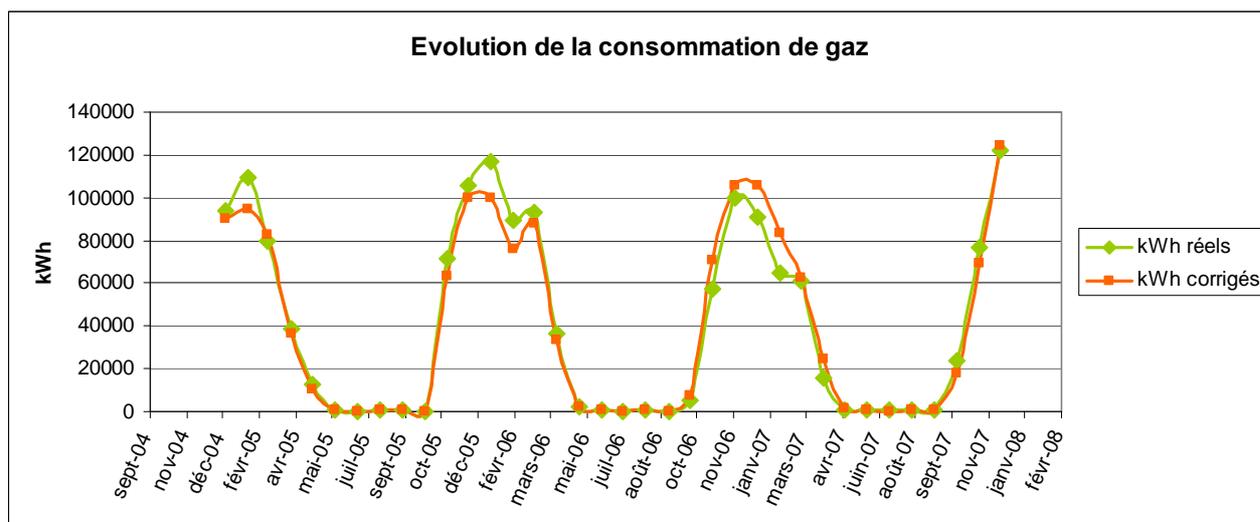
### D.1. Gaz naturel

La consommation de gaz est uniquement dédiée à la production de chauffage. Celle-ci est commune à l'ensemble du site.

#### D.1.1. Bilan

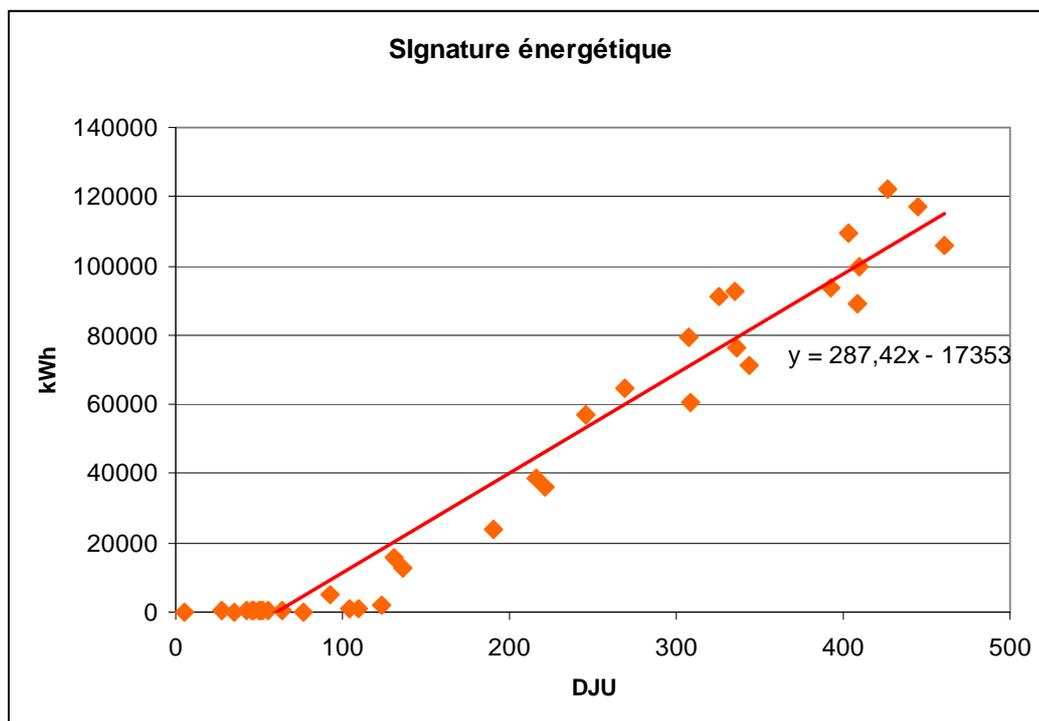
La consommation moyenne de gaz naturel entre 2005 et 2008 est de 489 MWh par an.

#### D.1.2. Evolution de la consommation



La courbe corrigée est calculée à partir de la moyenne des DJU base 18 sur la période 2005-2008 fournis par Météo France. Elle permet de comparer les saisons de chauffe entre elles en tenant compte de la rigueur climatique. On note que la consommation réelle est proche de la consommation corrigée signe d'une régulation correctement effectuée en fonction de la température extérieure. La consommation de gaz sur ces trois années est constante.

### D.1.3. Régulation



Ce graphique représente les points de consommation mensuels en fonction des DJU. Ceci permet de définir la signature énergétique du site. Ici le fait que les points soient proches de la droite moyenne signifie que la régulation et la gestion énergétique sont correctement effectuées.

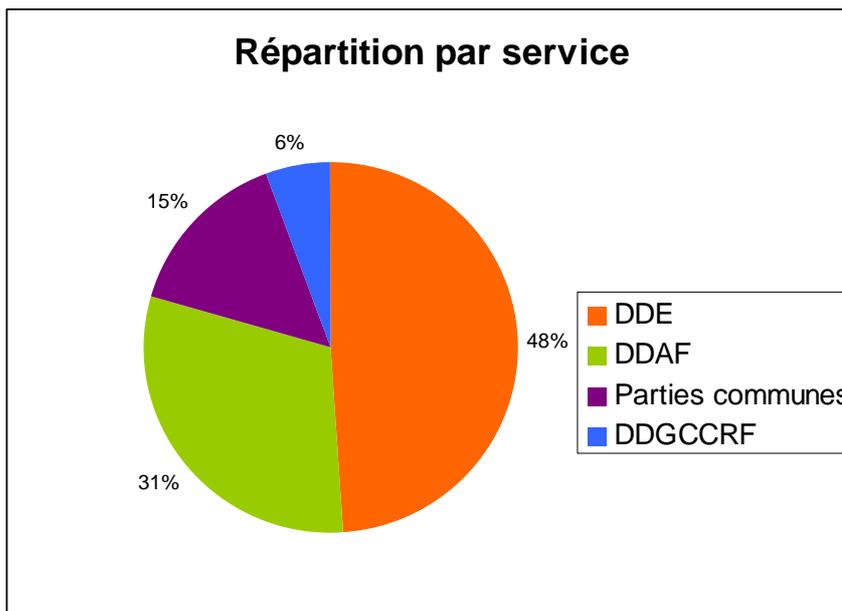
La « signature énergétique » peut être un moyen de gestion efficace en superposant et en comparant les droites de chaque année. De plus il permet de connaître rapidement l'impact d'actions d'économies d'énergie en cours de saison. L'objectif étant de diminuer progressivement la pente de la droite chaque année.

## D.2. Electricité

Il y a un contrat d'électricité différent pour chaque service présent sur le site, le suivi des consommations liées à l'électricité n'est donc pas homogène.

### D.2.1. Bilan

Service	Consommation d'électricité (kWh/an)	Montant (€)
Parties communes (moyenne 2007-2008)	47 915	14993
DDE (moyenne 2007-2008)	157 821	9380
DDAF (moyenne 2005-008)	98 735	4552
DDGCCRF (moyenne 2005-2007)	18 242	1733
<b>TOTAL</b>	<b>322713</b>	<b>30658</b>



**Commentaires :**

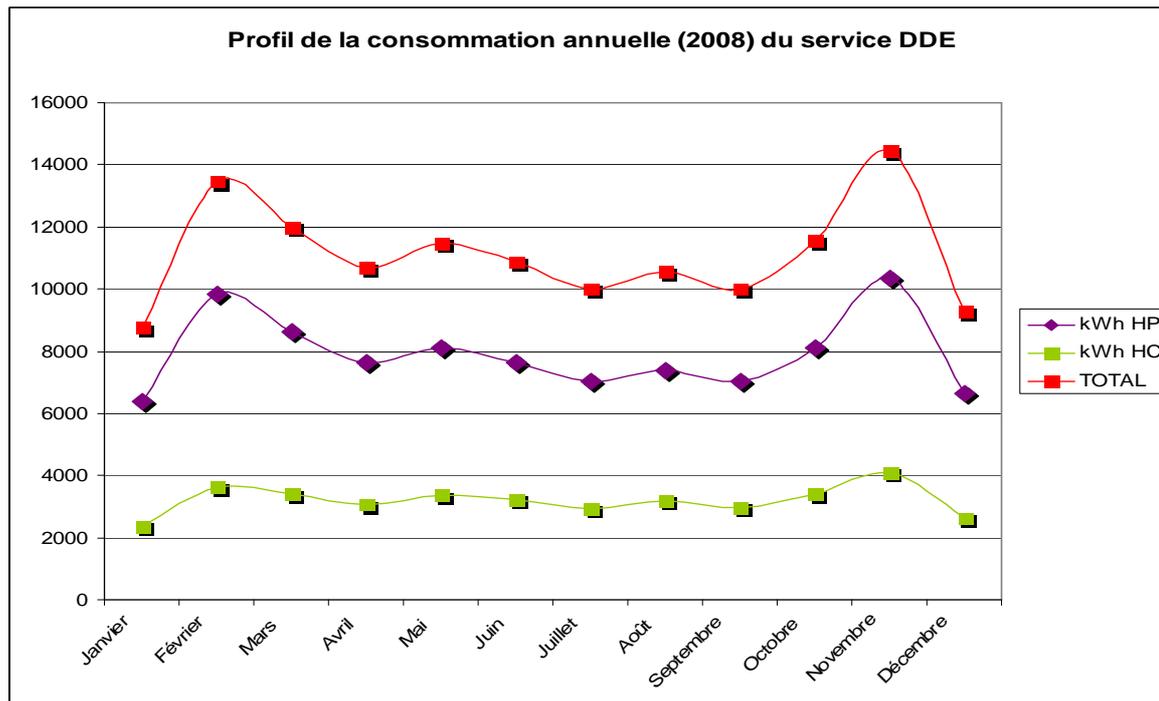
Les services de la DDE et de la DDAF représentent 79 % de la consommation électrique du site. Ce sont les services les plus représentés au sein du Cluzel ce qui explique la consommation supérieure à celle des services de la DGCCRf.

### D.2.2. Evolution de la consommation

Nous ne pouvons donner une évolution de la consommation sur l'ensemble du site puisque les données ne se recoupent que sur une seule année (2007).

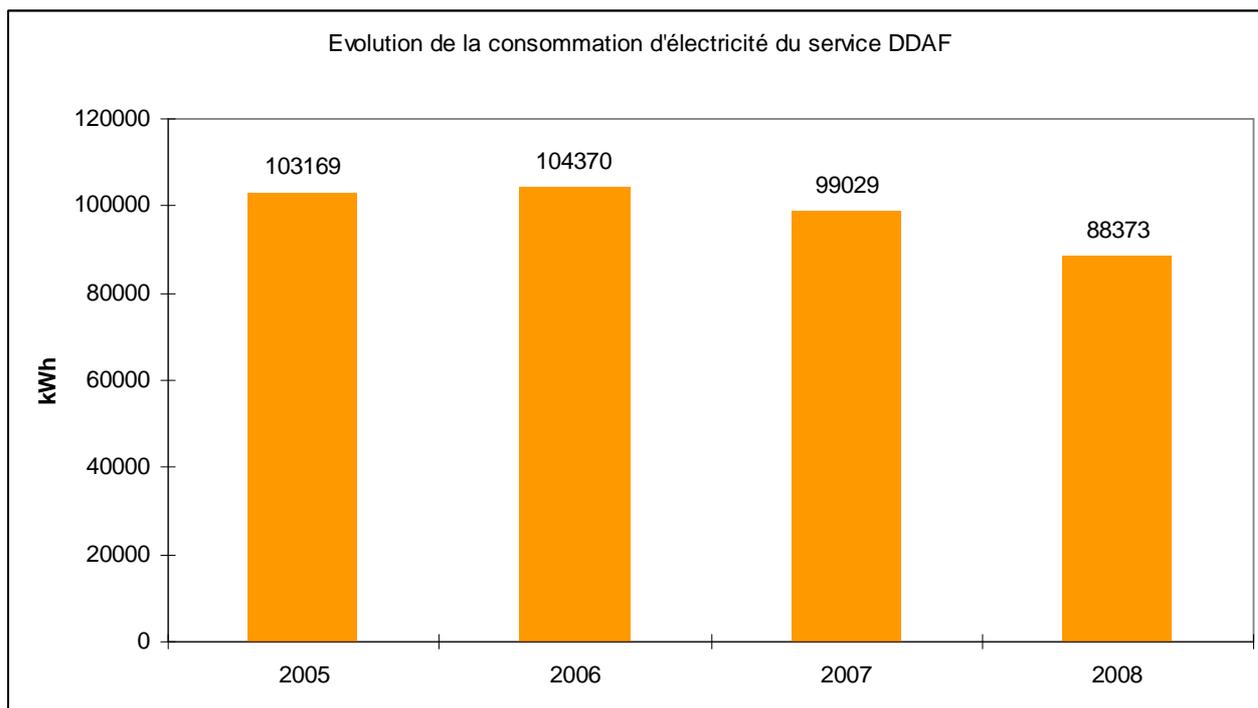
#### D.2.2.a) Service DDE

Le service DDE est le service le plus consommateur du site, nous n'avons que les consommations de l'année 2008 de ce service.

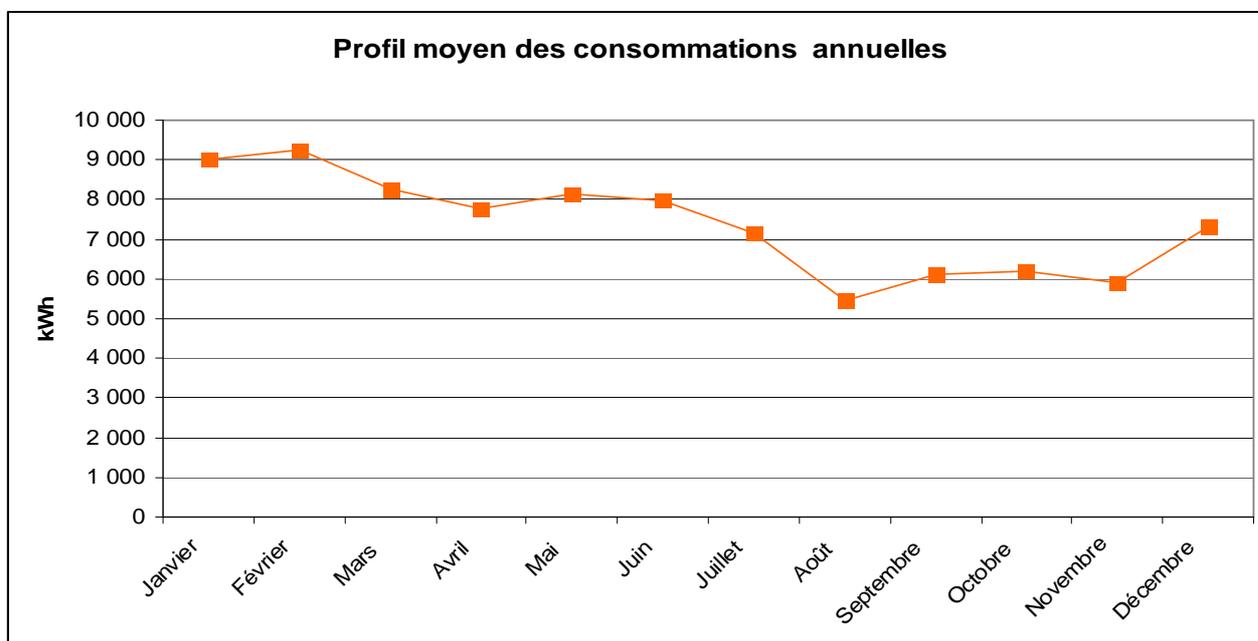


En moyenne 71% de la consommation de ce service a lieu en heures pleines. On note que la consommation en heures creuses est relativement constante tout au long de l'année. Elle correspond en partie aux équipements toujours en fonctionnement (ballons électriques, ventilation, circulateurs, fontaines à eau ...) et aux consommations des différentes veilles.

### D.2.2.b) Service DDAF

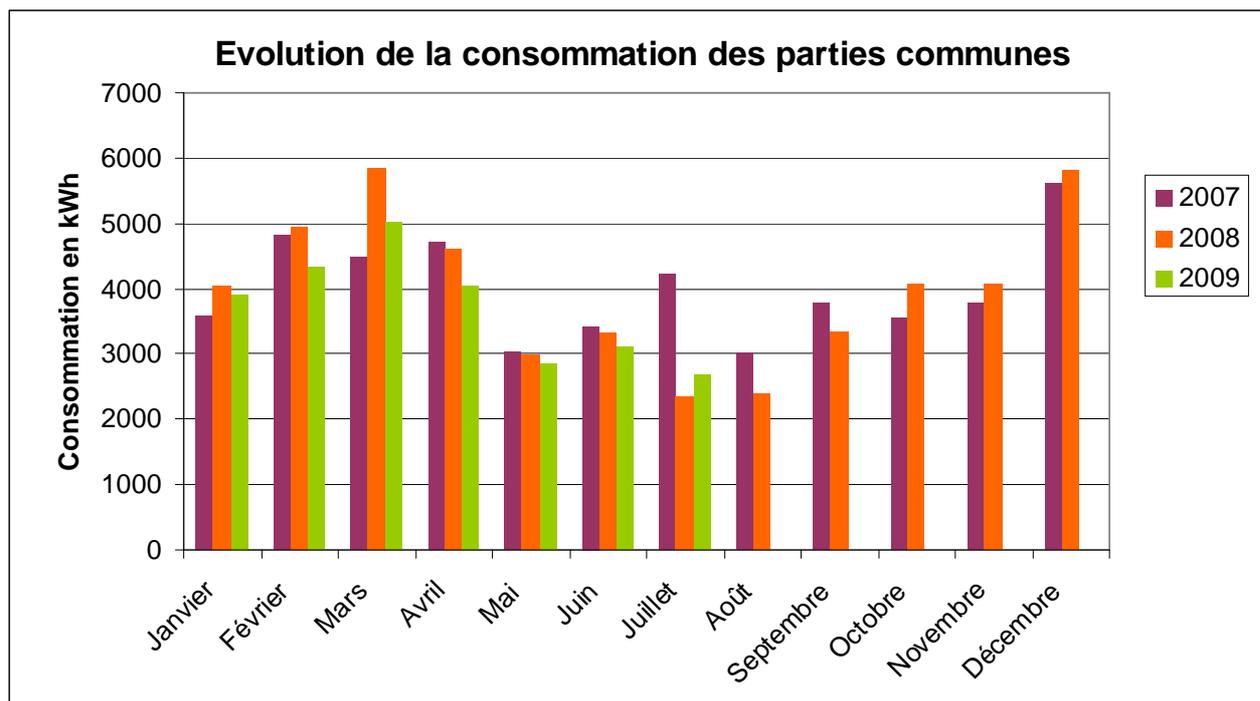


La consommation annuelle de ce service tend à baisser progressivement depuis 2005, cette baisse peut-être attribuée aux efforts réalisés sur l'éclairage et l'informatique.



Ce profil est établi à partir des moyennes des consommations mensuelles entre 2005 et 2008. La consommation est plus importante l'hiver que l'été, ceci est principalement dû à l'utilisation plus importante de l'éclairage, et éventuellement de chauffage électrique d'appoint. Ce profil est original puisqu'il n'y a pas de différence importante entre les mois d'automne et de printemps.

D.2.2.c) Parties communes



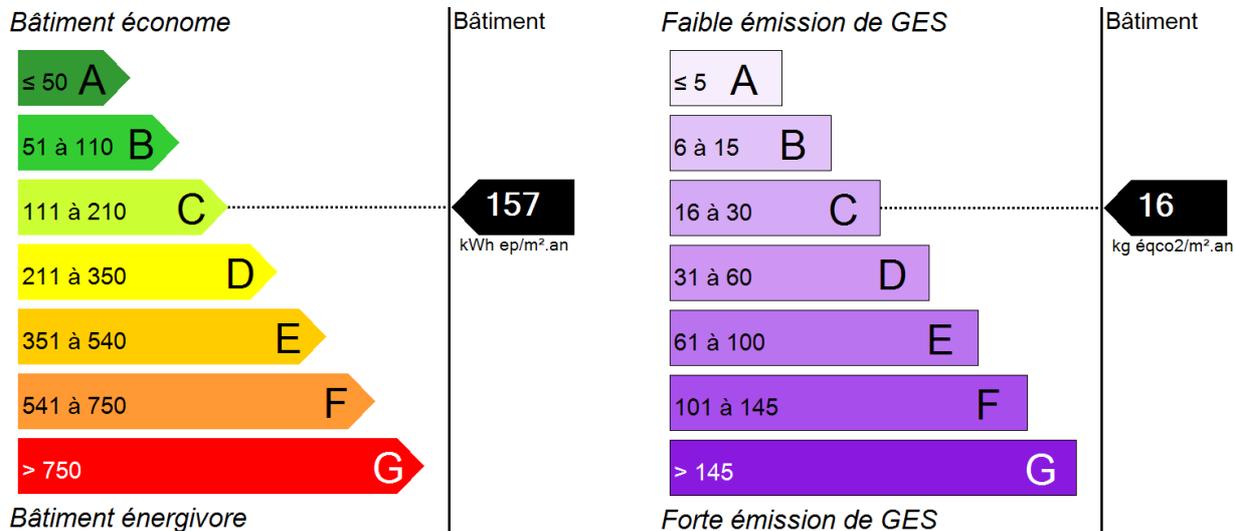
D.3. Bilan et étiquette énergie/climat

D.3.1. Bilan

Type d'énergie	Bilan annuel						
	Facture	Energie finale		Energie primaire		CO2	
	€ TTC	MWh/an	%	MWh/an	%	Tonnes/an	%
Electricité	30657	323	39,8%	833	63,0%	27,1	19,2%
Gaz naturel	24440	489	60,2%	489	37,0%	114,4	80,8%
<b>TOTAL</b>	<b>55097</b>	<b>812</b>		<b>1321</b>		<b>141,5</b>	

Le poste chauffage représente plus de 60% de la consommation totale du site et 80% des émissions de gaz à effet de serre.

D.3.2. Etiquette énergie/ climat Audit



D.3.3. Etiquette énergie/ climat DPE réglementaire 2008

**SOCOTEC**  
Agence de TOURS  
16, Boulevard Béranger  
BP 51635  
37016 TOURS Cedex 1  
Tél. 02.47.70.40.00  
Fax 02.47.70.40.01  
Construction.tours@socotec.fr

**DIAGNOSTIC DE PERFORMANCE ENERGETIQUE**  
Une information au service de la lutte contre l'effet de serre  
Rapport modèle (6.1.public) bureaux, services administratifs, enseignement de l'arrêté du 7 décembre 2007

Nature de l'ERP : 3<sup>ème</sup> Catégorie Bureaux  
Année de construction : < 1975  
Adresse : 61 Avenue de Grammont 37000 TOURS  
Bâtiment entier - SHON : 8 542 m<sup>2</sup>  
Lot objet du DPE - Surface utile : 8 125 m<sup>2</sup>

N° Dossier : AAR 2527  
Diagnosticteur (nom et signature) : P. RIAU  
Date du rapport : 20/08/2008  
Validité jusqu'au : 19/08/2018

Propriétaire  
Nom : Cité Administrative du Cluzel  
Adresse : 61 Avenue de Grammont 37000 TOURS

Destinataire  
Nom : Trésorerie Générale d'Indre et Loire  
Adresse : 94 Boulevard Béranger 37032 TOURS CEDEX

Usages	Consommations en kWh <sub>ep</sub>		Frais annuels d'énergie	
	Détail par usage	Détail par usage	en kWh <sub>ep</sub>	en € TTC
Éclairage	400 260 kWh <sub>ep</sub>	400 260 kWh <sub>ep</sub>	14 056 € TTC	
Bureautique	59 593 kWh <sub>ep</sub>	169 231 kWh <sub>ep</sub>	5 943 € TTC	
Chauffage	42 783 kWh <sub>ep</sub>	459 220 kWh <sub>ep</sub>	21 522 € TTC	
Eau chaude sanitaire	16 583 kWh <sub>ep</sub>	148 315 kWh <sub>ep</sub>	5 208 € TTC	
Réfrigérant	57 118 kWh <sub>ep</sub>	147 364 kWh <sub>ep</sub>	5 175 € TTC	
Autres usages	16 583 kWh <sub>ep</sub>	42 783 kWh <sub>ep</sub>	1 502 € TTC	
Production d'électricité à domicile	0 kWh <sub>ep</sub>	0 kWh <sub>ep</sub>	0 € TTC	
Abonnements			630 € TTC	
CONSUMMATIONS D'ENERGIE POUR LES USAGES RECENSES		1 409 956 kWh <sub>ep</sub>	55 138 € TTC	

**Consommation énergétique** (en énergie primaire) pour le chauffage, la production d'eau chaude sanitaire, le refroidissement, l'éclairage et les autres usages, déduction faite de la production d'électricité à domicile.  
Consommation estimée : 174 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup>.an

**Emission des gaz à effet de serre (GES)** pour le chauffage, la production d'eau chaude sanitaire, le refroidissement, l'éclairage et les autres usages.  
Estimation des émissions : 17 kg<sub>co2</sub>/m<sup>2</sup>.an

## E. Etude comportementale

Pour réaliser cette étude, des questionnaires ont été distribués à l'ensemble du personnel de la cité afin de connaître les comportements vis-à-vis des équipements et surtout d'évaluer le niveau de confort dans les locaux.

5 thèmes différents ont été abordés dans ce questionnaire :

- Le confort thermique d'hiver ;
- Le confort thermique d'été ;
- La qualité d'air ;
- L'utilisation de l'éclairage ;
- L'utilisation de l'informatique.

79 questionnaires ont été collectés.

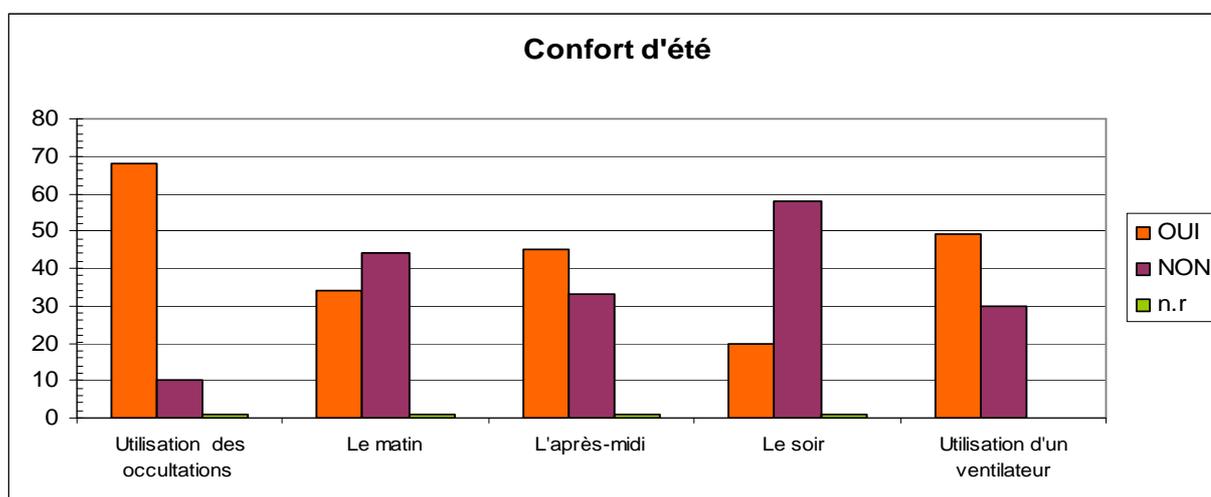
### E.1. Confort thermique d'hiver

Ce qui ressort principalement de cette consultation est une température adaptée en semaine pendant l'hiver. Cependant environ 30% des occupants perçoivent une température trop basse le lundi matin due vraisemblablement à une relance trop tardive du chauffage après le ralenti du week-end. A noter aussi que certaines personnes ressentent une température trop élevée pendant la semaine, ceci peut être dû à un problème de régulation sur un des réseaux.

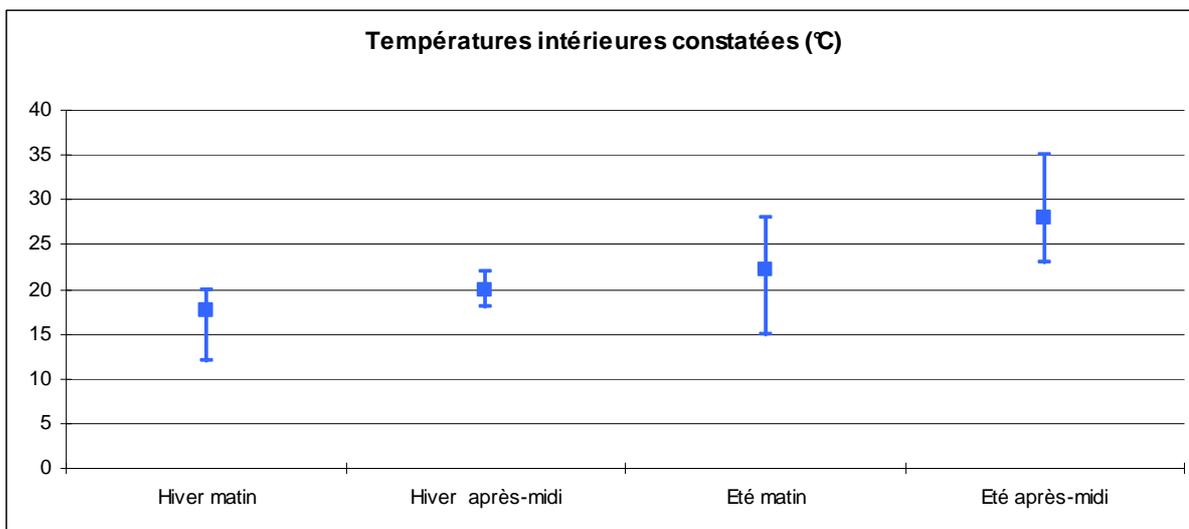
25% des personnes sondées déclarent modifier le thermostat pendant la journée.

### E.2. Confort thermique d'été

Plus de la moitié des personnes interrogées se plaignent d'une température trop importante dans les bureaux pendant l'été. Avec là encore une disparité importante entre les étages. A noter que la sensation de chaleur est perçue dès le matin obligeant les occupants à ouvrir les fenêtres. Autre problème, les bureaux du côté de la rue Grammont sont plus exposés au bruit ce qui empêche l'ouverture des fenêtres.



85% utilisent les stores extérieurs pendant l'été pour se protéger de l'éclairage direct. Enfin plus de 60 % des occupants utilisent un ventilateur ce qui est révélateur de la gêne engendrée.



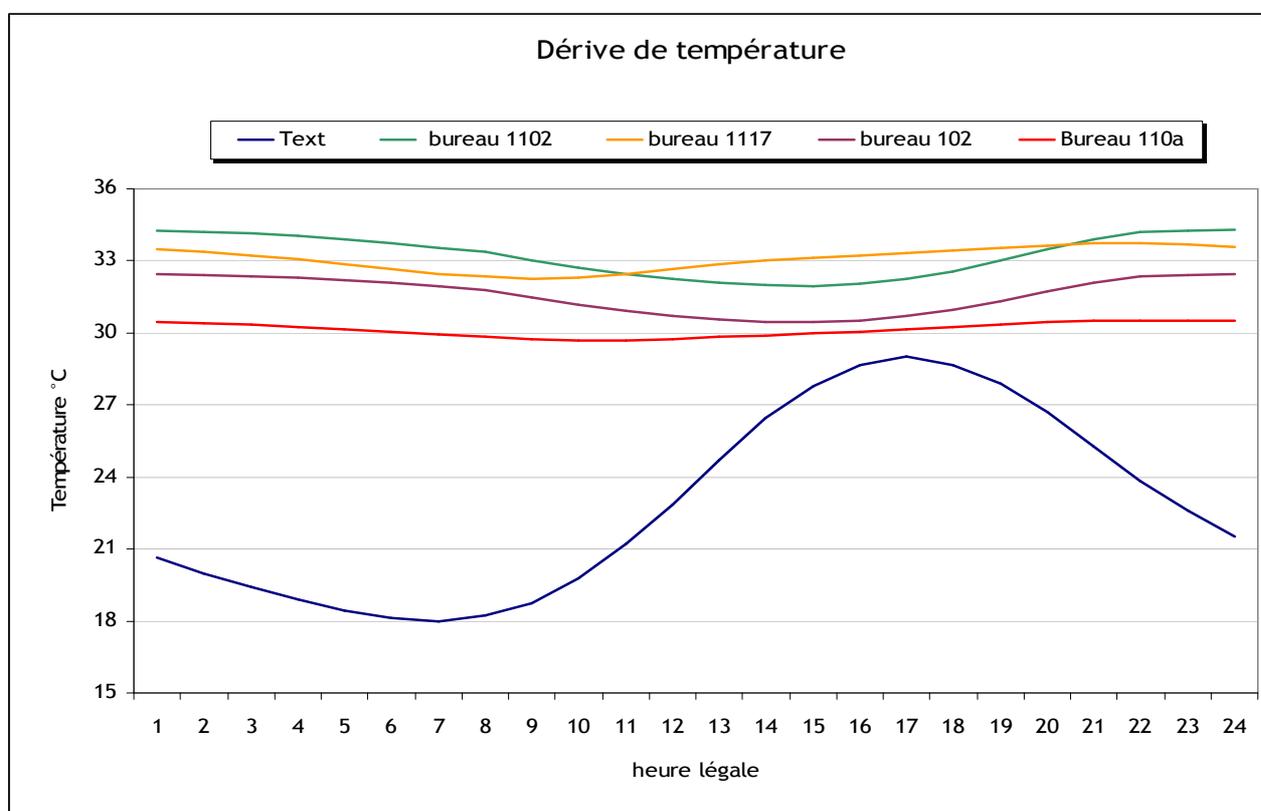
Ce graphique illustre parfaitement les témoignages recensés avec une température ressentie comme confortable en hiver sauf le lundi matin et un problème de confort d'été avec des températures élevées parfois même dès le matin.

### E.2.1. Dérive des températures

Nous avons calculé les valeurs de températures moyennes en prenant en compte l'utilisation des stores extérieures.

Récapitulatif des calculs

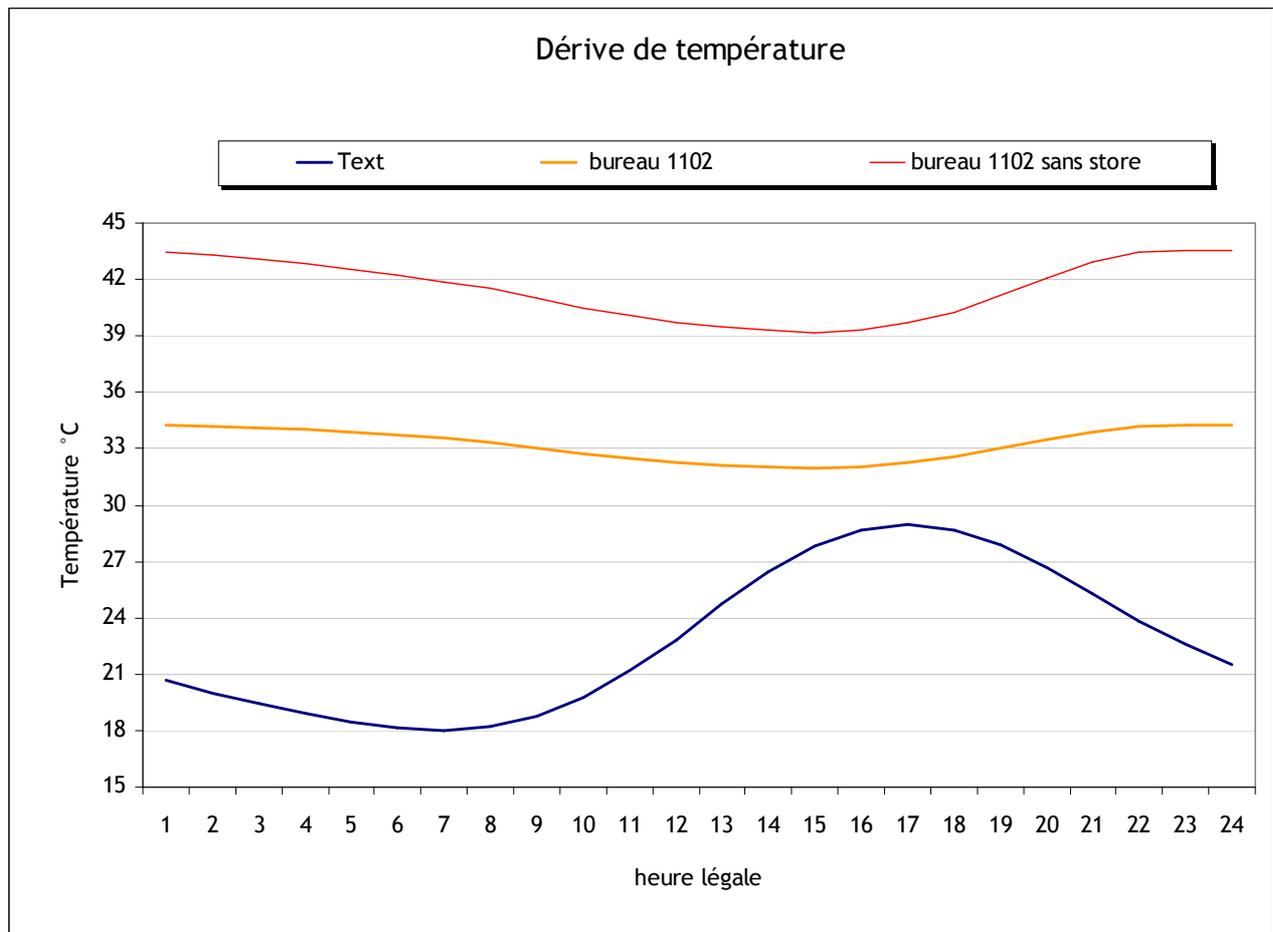
Bureau	étage	orientation	Température max.	Température min.	Température moy.
1102	R+11	ouest	34.29°C	31.96°C	33.24°C
1117	R+11	est	33.72°C	32.26°C	33.09°C
102	R+1	ouest	32.45°C	30.45°C	31.59°C
110a	R+1	est	30.52°C	29.69°C	30.13°C



Nous pouvons voir la différence de température entre les bureaux orientés ouest et est ainsi qu'entre les bureaux du 11<sup>ème</sup> étage et ceux du 1<sup>er</sup>.

Nous pouvons comparer aussi la température intérieure sans l'utilisation des stores extérieurs.

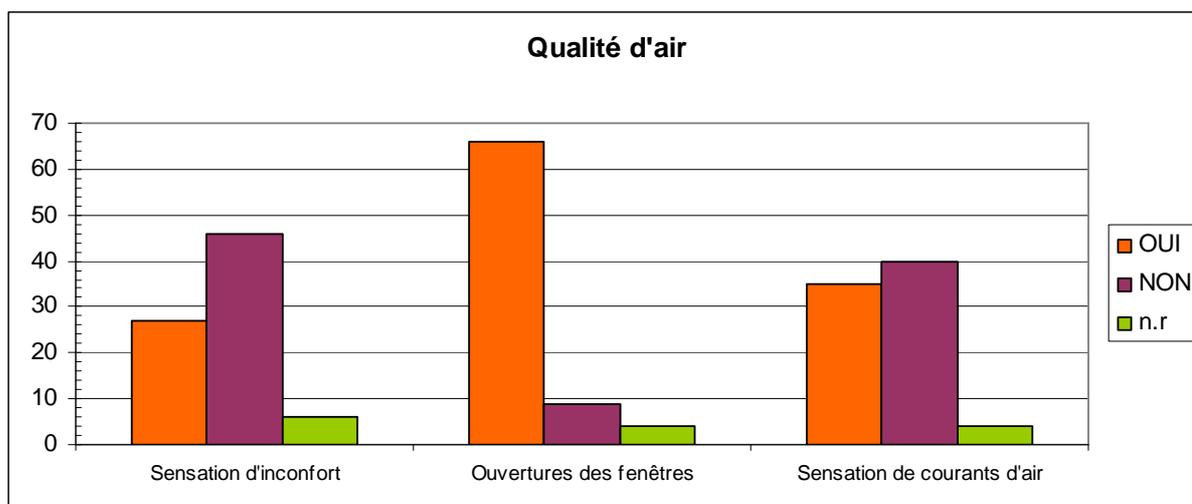
Bureau	étage	orientation	Température max.	Température min.	Température moy.
1102	R+11	ouest	34.29°C	31.96°C	33.24°C
1102 sans store	R+11	ouest	43.58°C	39.20°C	41.51°C



Nous pouvons voir une surchauffe de plus de 7°C si les fenêtres n'étaient pas équipées de stores.

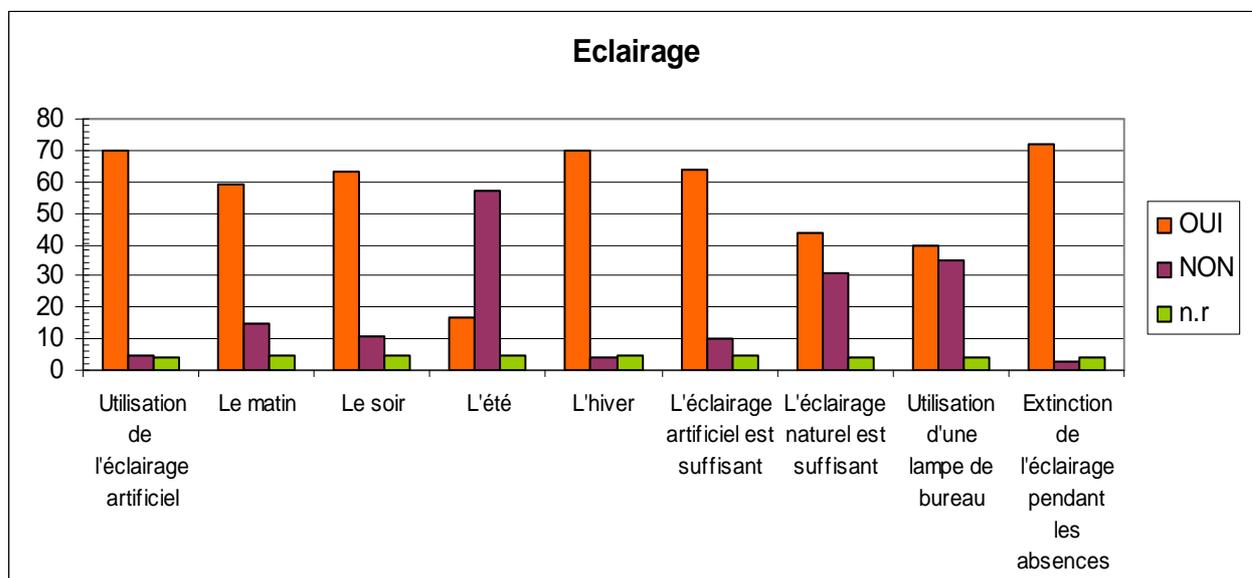
L'utilisation des stores est aujourd'hui la meilleure solution de réduire les apports solaires d'été.

### E.3. Qualité d'air



Un tiers des occupants ressent une gêne dû à l'absence de ventilation. La sensation de courant d'air perçue est due, en grande partie, aux ouvertures fréquentes des fenêtres.

### E.4. Utilisation de l'éclairage

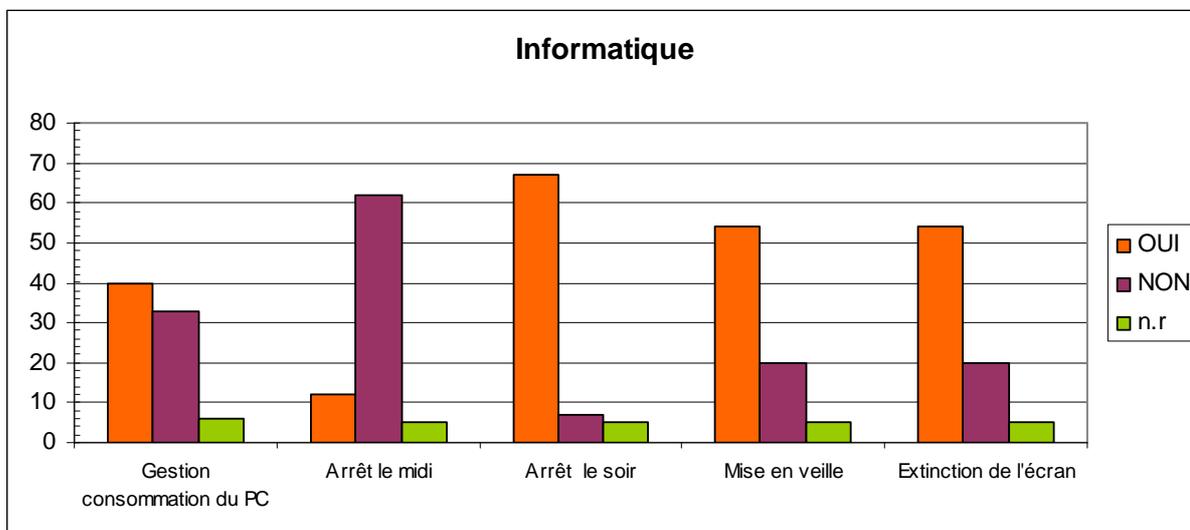


L'éclairage artificiel est utilisé par 95% des occupants, avec pour 50% d'entre eux une lampe de bureau en appoint. L'éclairage est utilisé par 20% des occupants pendant l'été ce qui est à relier à l'utilisation importante des stores pendant cette période.

Les utilisateurs déclarent quasi-unaniment éteindre les lumières pendant leurs absences.

## E.5. Utilisation de l'informatique

---



Plus de 50% des occupants déclarent faire attention à la consommation des équipements informatiques. Ils ne sont pourtant que 15% à éteindre régulièrement leur poste le midi contre 85% le soir. Le mode veille est utilisé par près de 70% des employés, de même 70% éteignent systématiquement leur écran.

## F. ANALYSE ET SIMULATION ENERGETIQUE

### F.1. Chauffage

Cette partie permet l'analyse et la simulation du bâtiment sur le logiciel de calcul thermique CLIMAWIN version 1.3. Une fois le bâtiment modélisé numériquement, nous pouvons calculer ces déperditions de chaleur et sa consommation énergétique. Cette modélisation nous permet de faire ressortir les points faibles du bâti et de simuler les améliorations énergétiques éventuelles.

#### F.1.1. Analyse de l'enveloppe

Parois	Composition	Coefficient thermique U <sup>1</sup> W/ (m <sup>2</sup> .K) U de référence RT2005 ex	Localisation
Mur extérieur isolé	Structure en poutrelle avec habillage brique Isolation des allèges par 10 cm de laine minérale	U = 0.458 U=0.36	Façades Cluzel Est et Ouest
Mur extérieur Façades pignons	Structure béton non isolé Parement extérieur pierre	U = 2.8 U=0.36	Façades Pignons Nord Sud
Mur extérieurs Boisdennier	Structure béton non isolé	U = 3.32 U=0.36	bâtiment Boisdennier
Terrasses CLUZEL	Dalle béton isolé en sous face par 10 cm de laine de verre Isolation sous étanchéité par 5 cm de mousse polyuréthane	U = 0.231 U= 0.27	Travaux d'isolation de la terrasse en 2009
Terrasse Boisdennier	Dalle béton isolé en sous face par 5 cm de laine de verre	U = 0.651 U= 0.27	bâtiment Boisdennier
Plancher bas	Plancher béton non isolé sur terre plein	U = 0.489 U= 0.27	Plancher Rez de parking
Plancher bas sur rez de parking	Plancher béton non isolé sur sous - sol	U = 0.564 U= 0.27	Plancher RDC sur parties non chauffées
Menuiseries ext.	Menuiseries PVC double vitrage 4/8/4	U = 2.45 U=2.1	RDC Cluzel R+1 Cluzel faç Est Bât Boisdennier
Menuiseries ext.	Menuiseries alu double vitrage 4/8/4 Panneau isolé par mousse polyuréthane 2 cm	U = 3.70 U= 1.21 U=2.1	Toutes menuiseries

<sup>1</sup> Le coefficient de transmission thermique d'une paroi est noté "U" (ou anciennement "k") et caractérise la quantité de chaleur traversant une paroi  
Le coefficient de transmission thermique s'exprime en W/m<sup>2</sup>K. Plus sa valeur est faible et plus la construction sera isolée.

On remarque sur ce tableau que seuls les toits terrasses ayant fait l'objet de travaux d'isolation sont conformes à la réglementation en vigueur (RT2005).

Nous avons donc calculé les déperditions si toutes les parois respectaient la RT2005 et ainsi situé le bâtiment par rapport celle-ci.

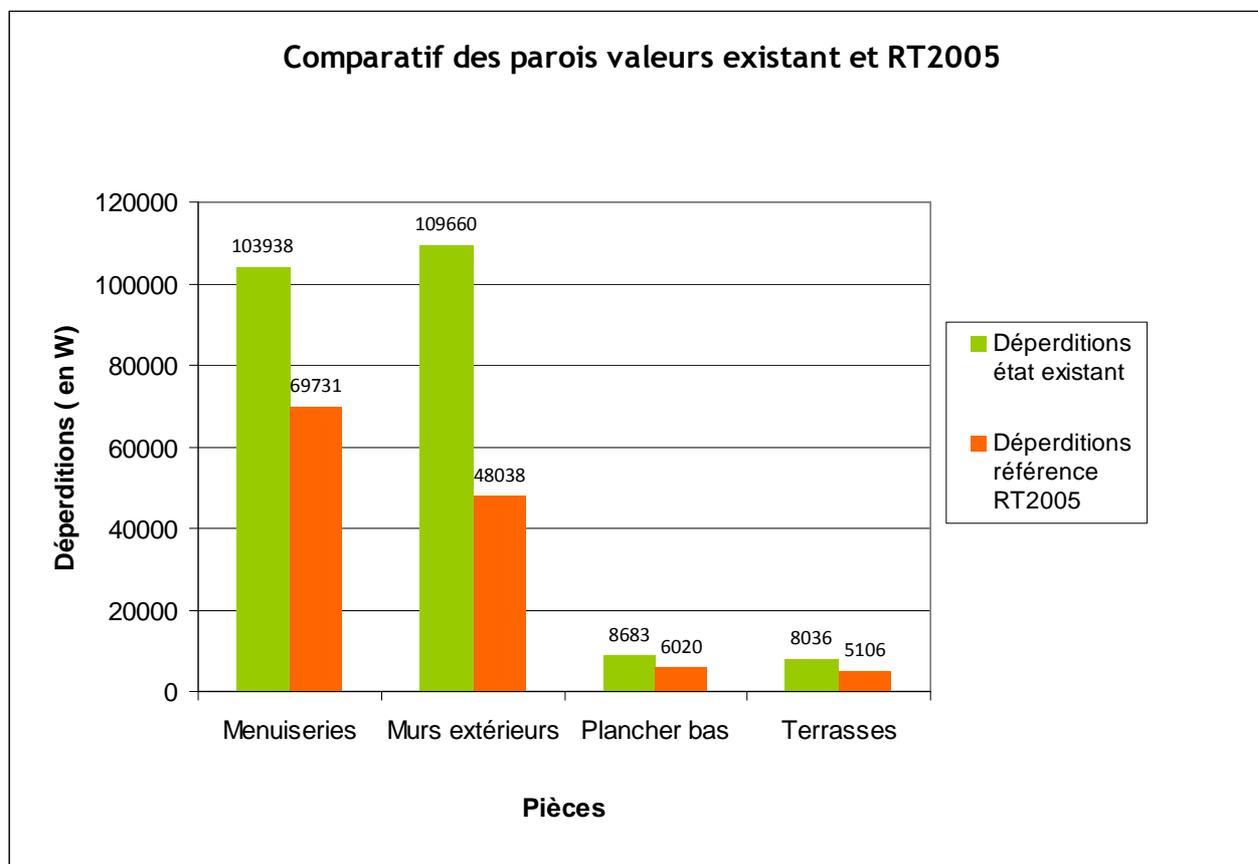


Tableau récapitulatif :

Parois	Déperditions état existant W	Déperditions RT 2005 W	Ecart %
Menuiseries	103 938	69 731	33 %
Murs extérieurs	109660	48038	67 %
Planchers bas	8683	6020	41 %
Planchers hauts	8036	5106	47 %
<b>TOTAL</b>	<b>230317</b>	<b>128895</b>	<b>45 %</b>

On voit sur ce tableau que l'état existant a un écart de 45% avec les valeurs de la réglementation. Le plus gros écart est réalisé sur les surfaces de murs extérieurs (67%). Cependant ce secteur occupe une faible part des déperditions totales et le potentiel d'économie d'énergie est réduit. Le plus fort potentiel d'économie est réalisable sur les murs extérieurs non isolés. Ceux-ci-devront faire l'objet d'une proposition de rénovation.

Les menuiseries ne sont pas aussi au rendez-vous de la RT2005. Malgré une rénovation complète en 1998 elles ne respectent pas les exigences actuelles. Cependant une intervention sur ce poste

engendrera une dépense disproportionnée au vu de celle déjà engagée lors du premier remplacement.

Hypothèses de l'étude :

- Température occupation: 20°C – régime réduit 16°C
- Occupation :
  - Lundi au vendredi : 07h00 - 17h00
  - Week-end : inoccupé
- Période de chauffage : du 15 septembre au 15 mai
- Taux de renouvellement d'air 18 m<sup>3</sup>/h par personnes

Ces hypothèses sont posées suite à l'analyse des factures énergétiques et des différents entretiens réalisés avec le personnel gérant le chauffage.

Concernant le taux de renouvellement il a été défini en fonction de notre relevé sur site (nombre d'entrées d'air par bureau) ainsi que via l'étude comportementale.

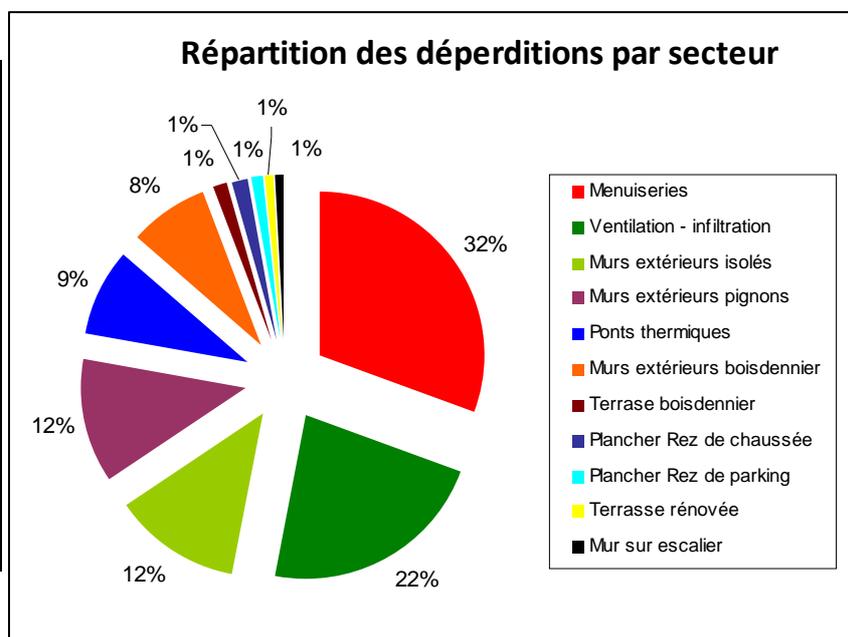
En effet nous ne pouvons pas nous baser sur le nombre d'entrées d'air par bureau car le débit d'air neuf est fonction du débit d'extraction. Celui-ci est de 120 m<sup>3</sup>/h par bloc sanitaires, soit un total de 1320 m<sup>3</sup>/h. Le renouvellement d'air hygiénique de référence dans les bureaux doit être de 18 m<sup>3</sup>/h soit un total pour 250 agents présents sur le site de 4500 m<sup>3</sup>/h. L'extraction mécanique mise en place est donc insuffisante pour ventiler correctement les bureaux, notamment ceux qui sont éloignés des blocs sanitaires.

Cependant l'étude comportementale nous démontre que 65%, des agents facilitent ce renouvellement d'air par l'ouverture de leurs fenêtres. Ces ouvertures représentent donc une quantité supplémentaire de débit d'extraction. Nous pouvons donc poser comme hypothèse la valeur de 18 m<sup>3</sup>/h par personne qui est la valeur de confort.

Déperditions de chaleur :

Ci – dessous sont récapitulées les déperditions calculées par secteur et par étage du bâti.

Secteurs	Déperditions (W)
Menuiseries	103938
Ventilation - infiltration	75883
Murs extérieurs isolés	42310
Murs extérieurs pignons	41161
Ponts thermiques	29987
Murs extérieurs boisdenier	26189
Terrasse boisdenier	4995
Plancher Rez de chaussée	4815
Plancher Rez de parking	3868
Terrasse rénovée	3041
Mur sur escalier	2888
<b>TOTAL</b>	<b>339075</b>



3 secteurs déperditif se dégagent :

- Les menuiseries,
- La ventilation et les infiltrations,
- Les murs extérieurs isolés et non isolés.

Les solutions d'amélioration de l'enveloppe doivent être réfléchies sur ces postes.

- Les menuiseries :

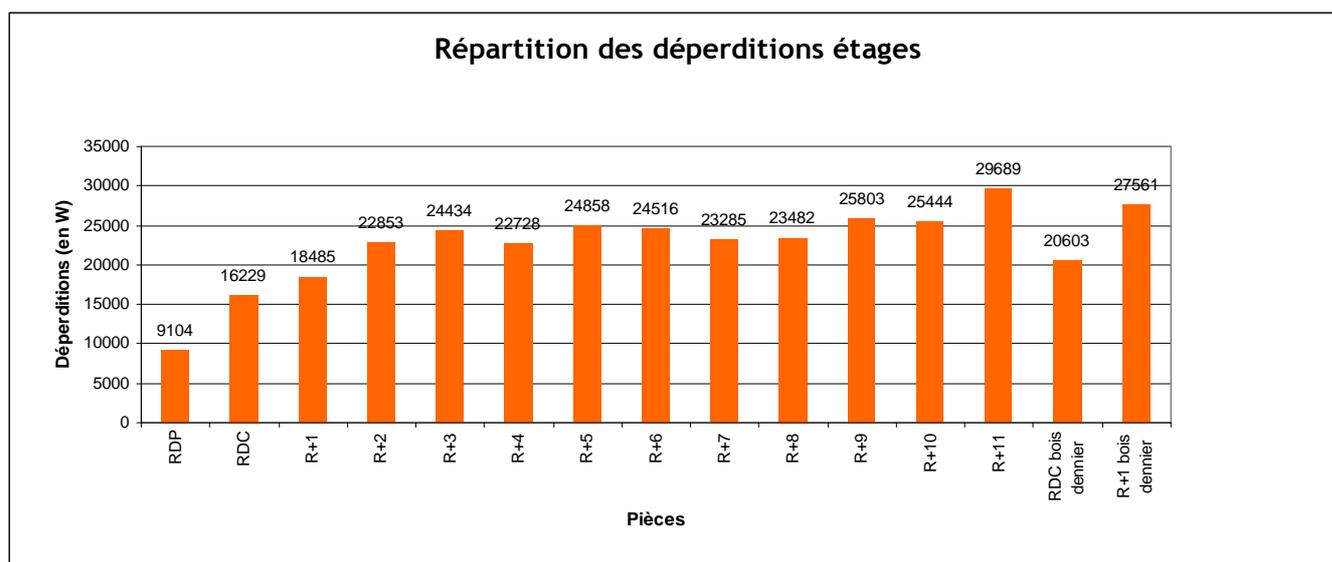
Une étude économique de l'impact du remplacement des menuiseries est abandonnée au vu de leur remplacement récent. Cependant un comparatif énergétique sera réalisé afin d'envisager un remplacement à plus long terme.

- La ventilation et les infiltrations :

La diminution de la part de la ventilation est difficile, celui-ci est un secteur fixe qui ne pourra être amélioré que par la mise en place d'une ventilation double flux, c'est à dire la mise en place de deux réseaux de gaines de ventilation (soufflage et extraction). Au vu du bâtiment cette solution technique n'est pas adaptée à un bâtiment existant.

- Les murs extérieurs :

Les murs non isolés possèdent le plus fort potentiel d'économie d'énergie. Ils représentent aujourd'hui 14 % des pertes de chaleur totales du bâti. Une action d'amélioration sur ce poste permettra de réduire considérablement ces pertes.



Nous voyons ici qu'aucun étage ne se détache des autres, signe d'une configuration homogène de la cité.

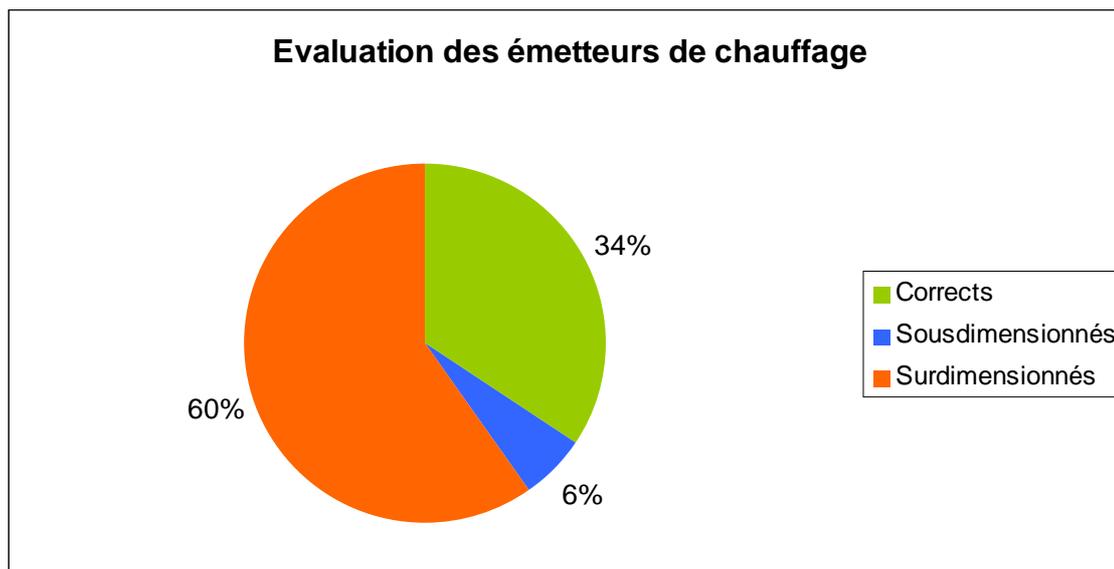
Vous trouverez en Annexe 4 le récapitulatif des déperditions par pièce

### F.1.2. Analyse des puissances installées

#### F.1.2.a) Comparatif besoins / puissances installées

Les puissances installées par local sont déterminées à partir de l'inventaire des émetteurs de chaleur et par ratio de puissance calculées en fonction de nombres d'éléments, du nombre de colonnes et de la hauteur des radiateurs.

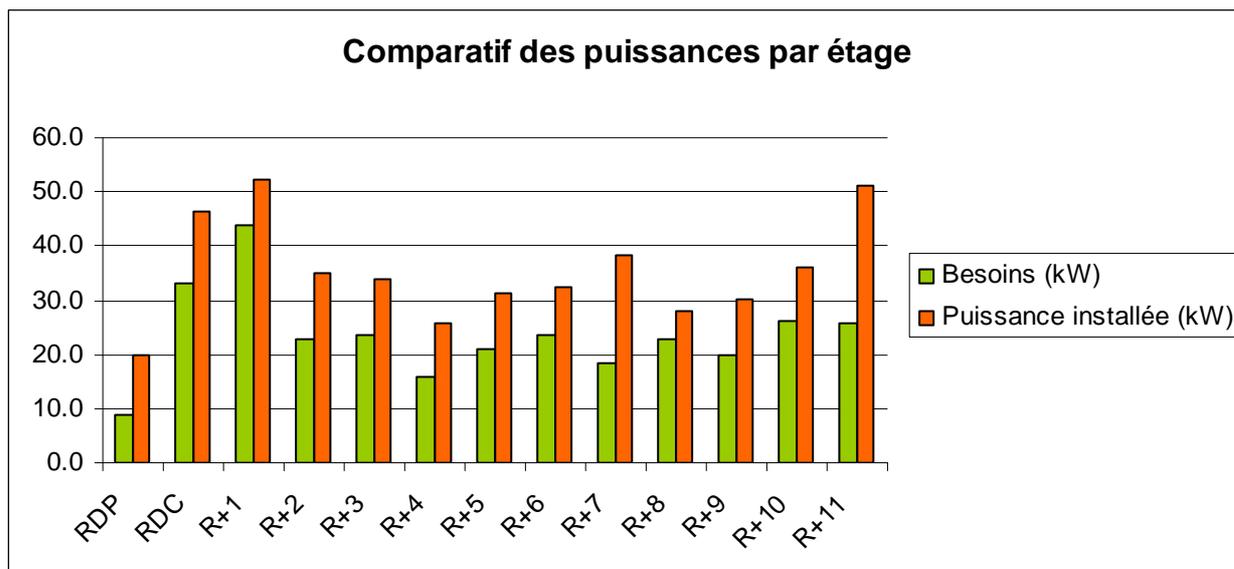
Les besoins thermiques des locaux sont évalués à l'aide du logiciel CLIMA-WIN qui calcule pour chaque pièce ou local les déperditions thermiques par l'enveloppe et le renouvellement d'air.



L'analyse globale démontre que 60% des émetteurs sont surdimensionnés<sup>2</sup> par rapport aux besoins réels des locaux. Ceci est dû au fait que l'installation des radiateurs est antérieure aux travaux d'amélioration de l'enveloppe (menuiseries, toiture,...), ceux-ci ne sont donc plus en concordance avec la configuration actuelle des locaux.

---

<sup>2</sup> Les émetteurs sont considérés surdimensionnés ou sous dimensionnés lorsque leur puissances valent respectivement plus ou moins 30% de la puissance calculée en théorique.



	Besoins (kW)	Puissance installée (kW)
RDP	8.7	20.0
RDC	33.1	46.5
R+1	43.9	52.2
R+2	23.0	35.1
R+3	23.7	33.9
R+4	15.8	25.8
R+5	21.0	31.2
R+6	23.7	32.4
R+7	18.3	38.4
R+8	22.7	28.1
R+9	20.0	30.3
R+10	26.1	36.0
R+11	25.8	51.0
<b>Total</b>	<b>305.7</b>	<b>460.8</b>

Il y a une grande disparité entre les étages. En effet les puissances installées au rez-de-chaussée et au dernier étage sont plus de deux fois supérieures aux besoins réels tandis que pour les étages intermédiaires la proportion est plus faible.

#### F.1.2.b) Impact sur la consommation de chauffage

Cette surpuissance a un effet néfaste sur le chauffage du bâtiment. En effet, une chaudière surdimensionnée et ne fonctionnant pas à pleine puissance engendre une baisse de ce qu'on appelle son rendement saisonnier et donc une surconsommation de gaz.

Calcul du rendement de génération des chaudières existantes :

Le rendement de génération est lié à :

- Rendement de combustion de la chaudière (noté  $\eta_c$ );
- Rendement saisonnier (noté  $\eta_s$ );

*Détermination du rendement de combustion :*

Chaudière gaz installée au sol avec brûleur séparé récent :	$\eta_c = 0.86$
Coefficient d'entretien : chaudière bien entretenue	$c = 0.04$
Rendement de combustion corrigé :	$\eta_c = 0.86 - 0.04 = 0.82$

*Détermination du rendement saisonnier:*

Rendement saisonnier =  $0.99 - 0.03$  (surpuissance -1)<sup>2</sup>

Surpuissance = Puissances chaudières / déperditions du bâtiment =  $(558 \text{ kW} \times 2) / 314 \text{ kW} = 3.55$

$$\rightarrow \eta_s = 0.99 - 0.03 \times (3.55 - 1)^2 = 0.79$$

*Détermination du rendement de génération*

$$\eta_g = \eta_s \times \eta_c = 0.79 \times 0.86 = 0.65$$

F.1.2.c) Commentaires :

Cette analyse nous démontre que la surpuissance d'un système de génération a un impact important sur la consommation. On voit ici une perte de l'ordre de 20 % liée à cette surpuissance.

F.1.3. Calcul de la consommation théorique

La consommation est calculée selon trois facteurs :

- Les déperditions du bâtiment (calculées précédemment) ;
- L'occupation et les périodes de chauffe du bâtiment (posées dans les hypothèses de fonctionnement) ;
- Le rendement global du chauffage.

Le rendement global de chauffage est fonction de :

- Rendement de génération ;
- Rendement régulation ;
- Rendement de distribution ;
- Rendement d'émission.

Chaque valeur est donnée selon les équipements présents :

Rendement de génération (calculé précédemment) :

Chaudière gaz au sol installée avant 1988 avec remplacement de brûleur  $\eta_g = 0.65$

Rendement de régulation :

Robinet non thermostatique  $\eta_r = 0.9$

Rendement de distribution :

Réseau dans locaux chauffés non isolés  $\eta_d = 0.92$

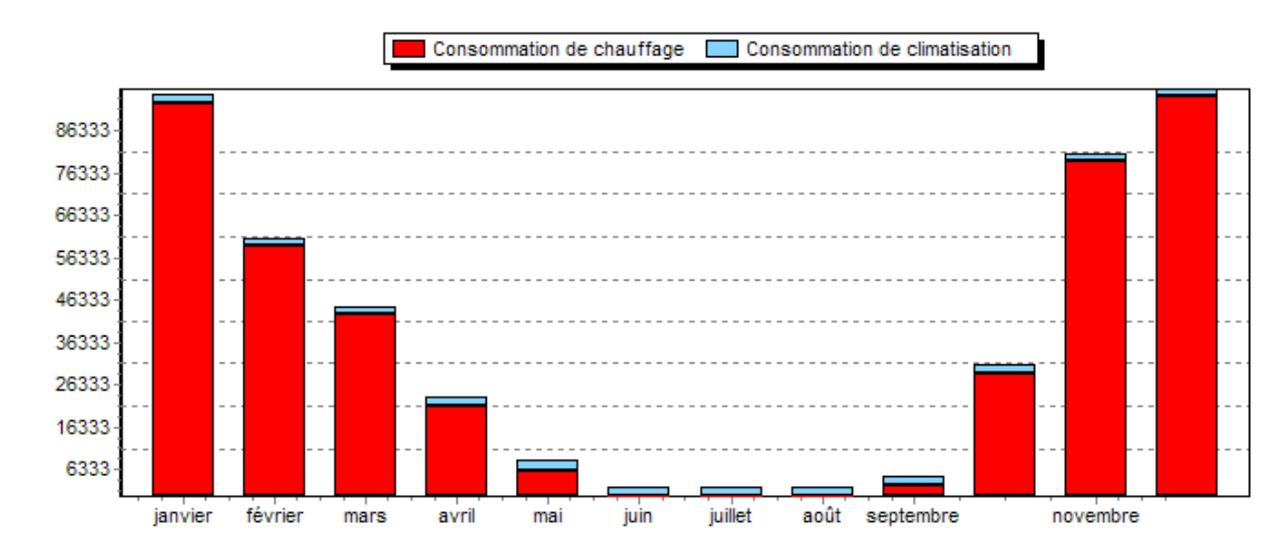
Rendement d'émission :

*Radiateurs eau chaude fonte*

$$\eta_e = 0.95$$

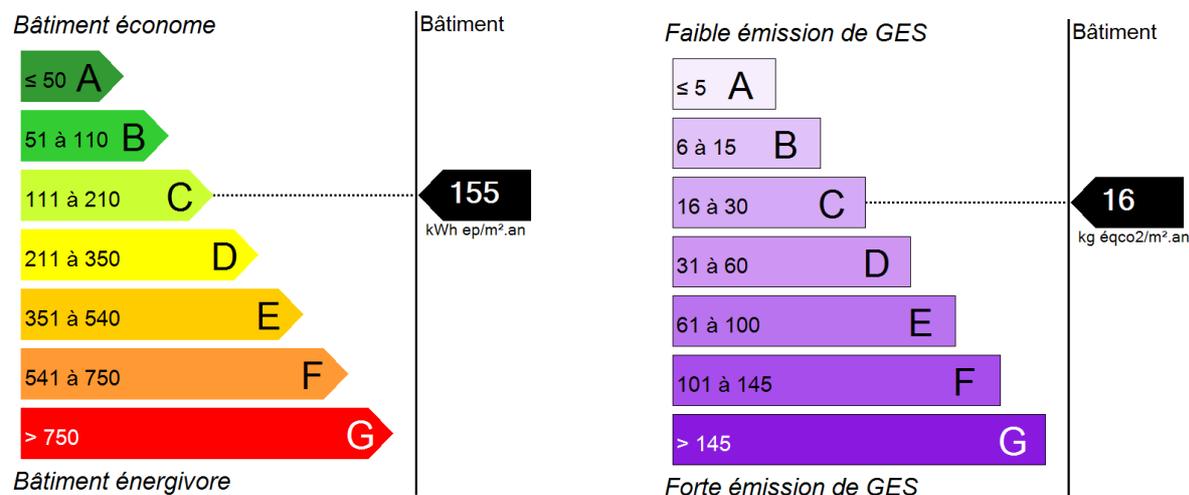
**Consommation théorique calculée par le logiciel : 427 847 kWh**

Le graphique ci-dessous représente le profil de consommation mensuel



Ce calcul met fin à la simulation du chauffage du Cluzel à l'état existant. Ce profil va être repris dans toutes les préconisations afin de simuler les baisses de consommation d'énergie générées.

Etiquette Energie / Climat de la simulation :



## F.2. Climatisation

Les locaux serveurs ont une obligation de rafraîchissement de leur température à 26°C pour un bon fonctionnement.

Cette ambiance est aujourd'hui maintenue au moyen d'appareils de climatisation fonctionnant tous les jours de l'année.

La consommation est donc liée à l'apport de chaleur que dégagent les serveurs continuellement.

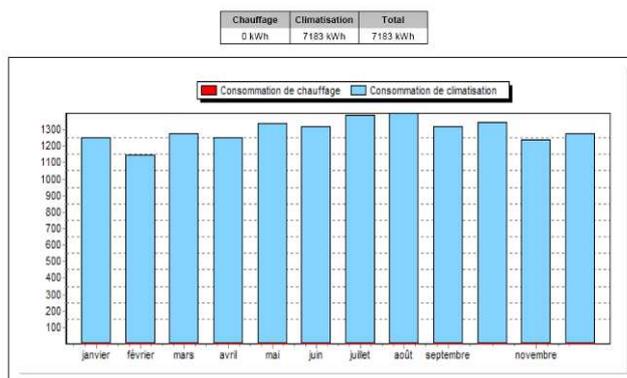
Apports de chaleur de chaque local :

Local Autocom :	P = 3 kW
Local DDAF	P = 2.5 kW
Local DDE	P = 3 kW

### F.2.1. Calcul des consommations théoriques

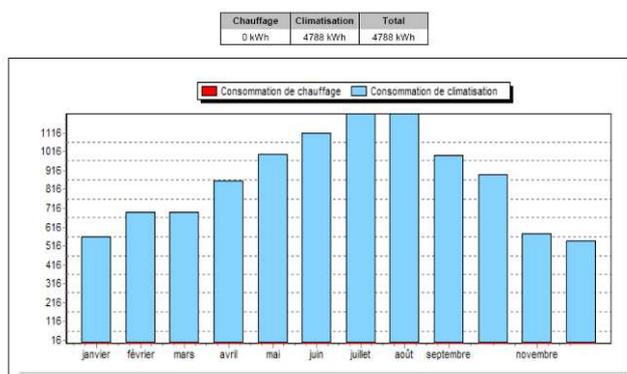
#### Local Autocom

Estimation	
Energie finale consommée	7 183 kWh <sub>ef</sub> / an
Energie primaire consommée	18 532 kWh <sub>ep</sub> / an
Emissions de gaz à effet de serre	617kg CO <sub>2</sub> / an



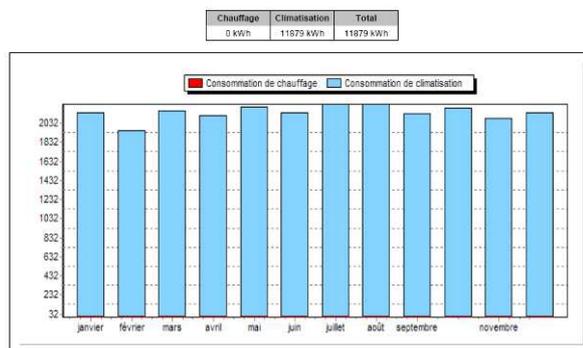
#### Local DDAF

Estimation	
Energie finale consommée	4 788 kWh <sub>ef</sub> / an
Energie primaire consommée	12 353 kWh <sub>ep</sub> / an
Emissions de gaz à effet de serre	411 kgCO <sub>2</sub> / an



Local DDE

Estimation	
Energie finale consommée	11 879 kWh <sub>ef</sub> / an
Energie primaire consommée	30 647 kWh <sub>ep</sub> / an
Emissions de gaz à effet de serre	1021 kgCO <sub>2</sub> / an



Consommation totale

Estimation	
Energie finale consommée	23 850 kWh <sub>ef</sub> / an
Energie primaire consommée	61 533 kWh <sub>ep</sub> / an
Emissions de gaz à effet de serre	2 051 kgCO <sub>2</sub> / an

### F.3. AUXILIAIRES

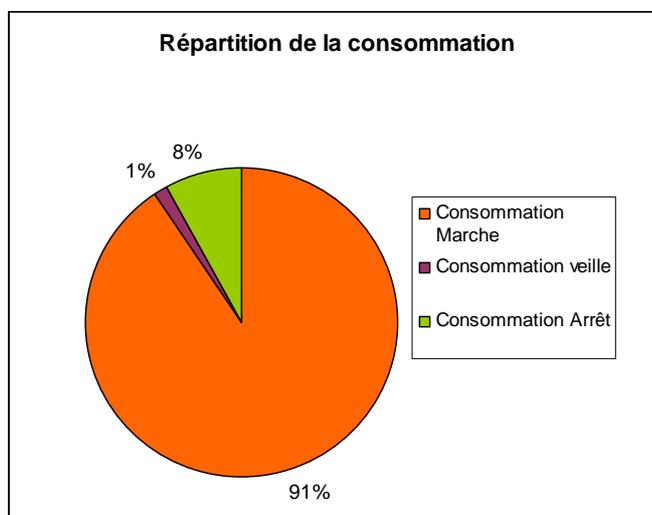
#### F.3.1. Bureautique

La consommation électrique des équipements informatiques a été estimée à partir de l'inventaire réalisé sur le site nous donnant la quantité, le type et les puissances moyennes des équipements. Les heures de fonctionnement ont été évaluées à partir de l'analyse comportementale.

Equipement	Quantité	Puissance moyenne(W)	kWh/an
Unité	317	47	49829
Ecran cathodique	21	86	4473
Ecran LCD	296	34	27015
Imprimante	59	-	4838
Imp/photocopieur	13	-	7176
<b>TOTAL</b>			<b>93331</b>

On obtient une consommation moyenne de 238 kWh par poste (Unité+écran).

La consommation totale du poste bureautique représente donc 93MWh par an soit 10,9 kWh/m<sup>2</sup>.an (surface SHON : 8540 m<sup>2</sup>). Ce ratio apparaît relativement faible (réf. ratio moyen 40,3 kWh/m<sup>2</sup>.an). Il s'explique en grande partie par la généralisation des écrans plats LCD qui sont beaucoup moins énergivores que les anciens écrans cathodiques.



La consommation en veille et à l'arrêt représente 9% de la consommation totale. La consommation à l'arrêt est la consommation lorsque l'équipement a été arrêté (par le bouton on/off en façade) mais son alimentation n'est pas interrompue, le transformateur reste alimenté et consomme donc de l'énergie.

*Vous trouverez en Annexe 3 l'inventaire des équipements de bureautique et les détails de calculs.*

*Une étude a démontré qu'une unité centrale est utilisée 16% du temps pendant lequel elle fonctionne, et un écran 25% de ce temps. Tout le reste est du gaspillage inutile. Une économie importante peut donc être faite soit par la sensibilisation du personnel soit par le biais technologique.*

### F.3.2. Eclairages

De la même façon la consommation liée à l'éclairage des bureaux et des parties communes a été estimée à partir de l'inventaire des luminaires et de l'étude des usages vis-à-vis de l'éclairage.

Type	Puissance totale (W)	h/an	kWh/an
Plafonnier bureau	34668	1030	35707
Eclairage partie commune	9517	2050	19510
Lampe de bureau/lampadaire	9034	772	6978
<b>Total</b>	<b>53219</b>	-	<b>62195</b>

La consommation des luminaires est donc estimée à environ 62 MWh par an. Soit 7,3 kWh/m<sup>2</sup> (réf. ratios : 26,7 kWh/m<sup>2</sup>.an). Là encore ce ratio apparaît faible, il est dû à la présence importante de lampes fluorescentes, à la mise en place d'éclairages plus performants (Tubes T5 14W, lampes fluo-compactes). De plus la configuration des bureaux (bureaux individuels plutôt que paysagers) incite à une certaine sobriété de l'utilisation de l'éclairage.

*Vous trouverez en Annexe 3 le détail des consommations de l'éclairage.*

## G. PRECONISATIONS

### G.1. ENVELOPPE

Nous allons étudier les améliorations possibles sur l'enveloppe, soit :

- Isolation des murs non isolés ;
- Isolation du plancher en sous face du sous sol ;
- Remplacement du double vitrage existant.

#### G.1.1. Isolation des murs extérieurs

L'isolation des pignons extérieurs est prioritaire. Ceux-ci représentant 13% des déperditions de chaleur, le renforcement de l'isolation permettra de réduire de façon significative la consommation.

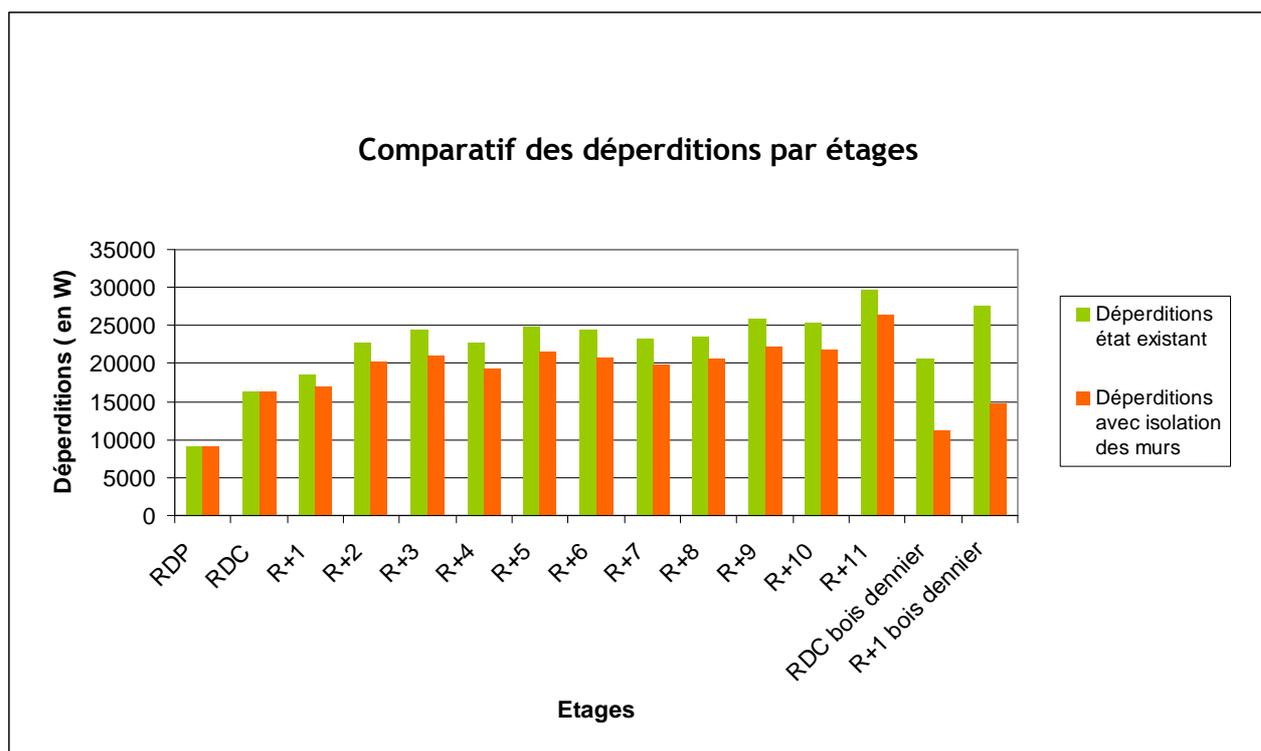
#### Solution proposée

Mise en place d'un doublage isolant type placo-polystyrène par l'intérieur.  
Résistance thermique minimum du matériau :  $R = 2.4 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$  (exigence réglementaire)

#### Localisation :

Pignons Façades Sud et Nord.  
Bâtiment Boisdennier

#### Comparatifs des déperditions :



Dépense totale après travaux : 282 183 W  
Réduction générée : 11 %

Calcul des consommations théoriques après travaux :

Estimation du poste chauffage	Après travaux	Bâtiment existant
Energie finale consommée	372 127 kWh/ an	427 847 kWh/ an
Energie primaire consommée	372 127 kWh/ an	427 847 kWh/ an
Emissions de gaz à effet de serre	87 077 kg CO <sub>2</sub> / an	100 116 kg CO <sub>2</sub> / an

Potentiel de certificat d'économie d'énergie :

Isolation des murs par l'intérieur dans les bâtiments de grande taille :  
Référentiel de l'opération : BAT-EN-02-GT (voir annexe 5)

Montant de certificats en kWh cumac :

Zone climatique : H2  
Chauffage : combustible  
Montant : 5 000 kWh cumac / m<sup>2</sup> d'isolant  
Facteur correctif : 0.4 (zone bureau)

Montant corrigé : 2000 kWh cumac / m<sup>2</sup> d'isolant

Valeur total : 2000 kWh cumac x 526 m<sup>2</sup> = 1 052 000 kWh cumac

Prix du kWh Cumac	Valeur des CEE	Taux de couverture par les CEE pour un investissement de 23 000€
0,01	10 520 € H.T	45 %
0,002	2 104 € H.T	9%

Bilan économique des travaux:

Isolation des murs intérieurs (526 m<sup>2</sup>)

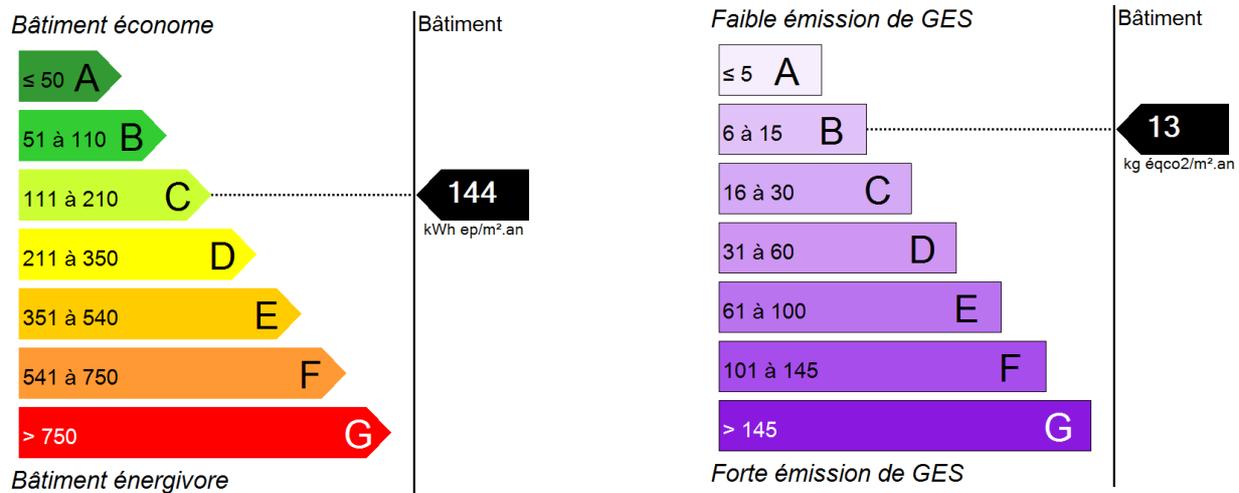
Compris dépose des corps de chauffe et peinture : **de 17 000 à 23 000 € H.T.**  
Revente des CEE (voir ci-dessous) 2 104 € H.T.

Économies générées :

Gaz : 55 720 kWh (coût moyen kWh = 0.041 € H.T) 2 284 € H.T. / an

Retour sur investissement : **de 7 à 10 ans**

Etiquette Energie / Climat Après travaux :



### G.1.2. Remplacement des doubles vitrages

Comme nous l'avons expliqué précédemment nous allons ici étudier seulement le potentiel d'économie d'énergie du remplacement des menuiseries existantes.

#### Solution proposée

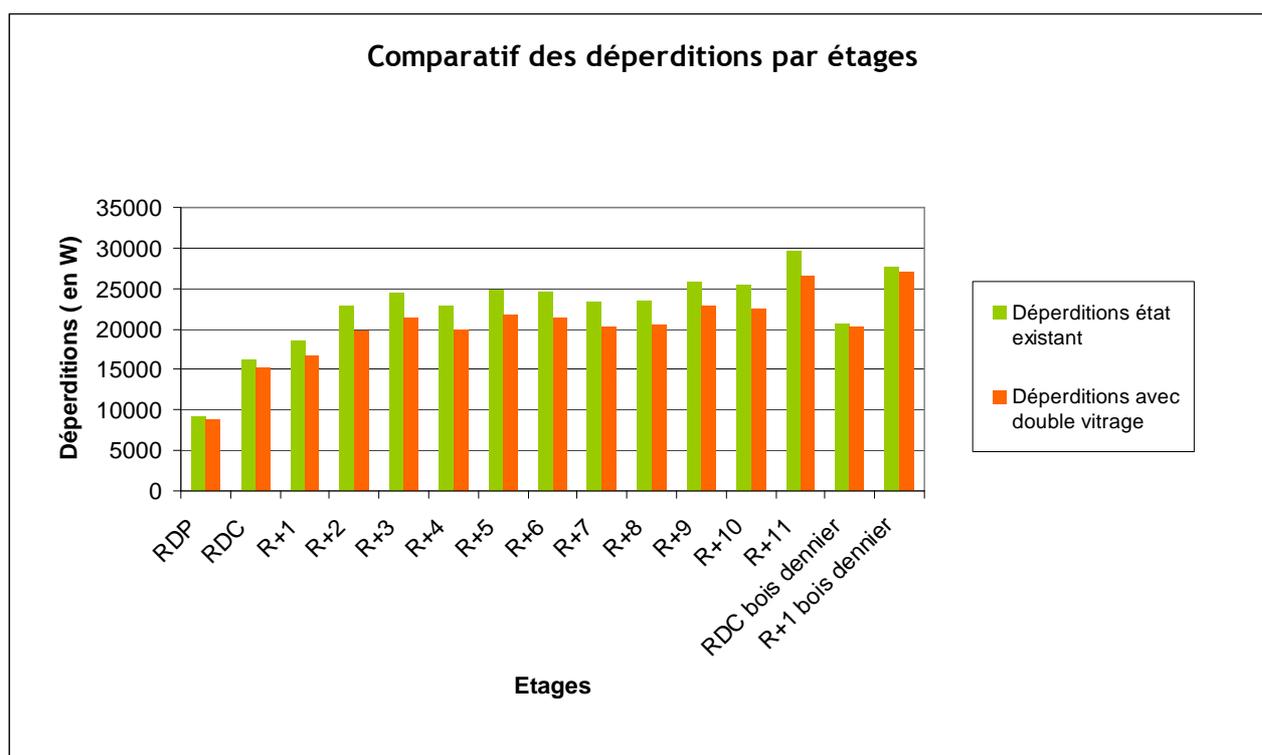
Les menuiseries existantes doivent être remplacées par des menuiseries performantes type PVC 4/16/4 avec remplissage Argon, ou équivalent, pour un coefficient thermique  $U = 2.1 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ . Mettre en place sur la façade Ouest des vitrages peu émissifs.

Ces vitrages devront être équipés d'entrées d'air en haut de menuiserie ( $22 \text{ m}^3/\text{h}$  – une menuiserie sur deux) ainsi que de stores extérieurs limitant la surchauffe lors de journées trop ensoleillées.

#### Localisation :

Toutes menuiseries

#### Comparatifs des déperditions :



Déperditions totales après travaux : 304 868 W

Réduction générée : 11.1%

Calcul des consommations théoriques après travaux :

Estimation du poste chauffage	Après travaux	Bâtiment existant
Energie finale consommée	390 196 kWh <sub>ep</sub> / an	427 847 kWh <sub>ep</sub> / an
Energie primaire consommée	390 196 kWh <sub>ep</sub> / an	427 847 kWh <sub>ep</sub> / an
Emissions de gaz à effet de serre	91 305 kg CO <sub>2</sub> / an	100 116 kg CO <sub>2</sub> / an

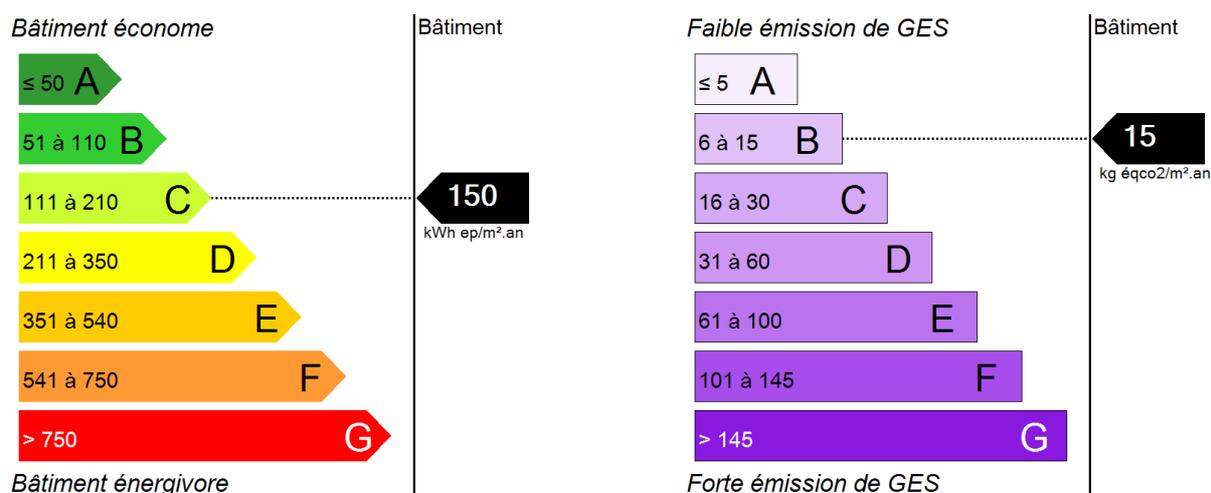
Bilan économique des travaux:

Remplacement des vitrages (1000 m<sup>2</sup>) : **de 250 000 à 350 000 € H.T.**

Économies générées :  
 Gaz : 37 651 kWh (coût moyen kWh = 0.041 € H.T) 1 543€ H.T. / an

Retour sur investissement : **> 150 ans**

Etiquette Energie / Climat Après travaux :



G.1.3. Isolation du plancher du rez de chaussée sur sous sol non chauffé

L'isolation du sous sol permettra de réduire les pertes de chaleur du RDC sur les parties non chauffées du sous sol.

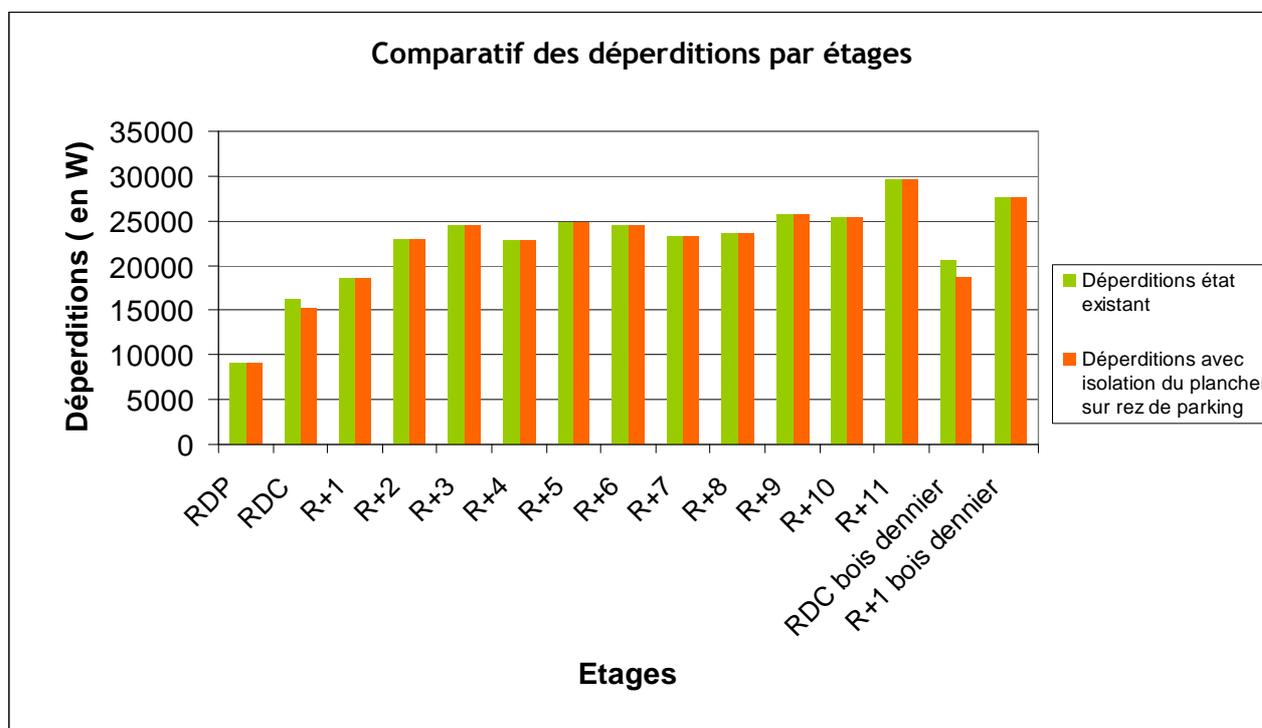
Solution proposée

Mise en place de 10 cm de laine de verre en sous face de plancher ou équivalent  
 Résistance thermique minimum du matériau :  $R = 2.9 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

Localisation :

Plafond des locaux non chauffés du sous-sol  
 Surface à isolés :  $316 \text{ m}^2$

Comparatifs des déperditions :



Déperditions totales après travaux : 336 146 W  
 Réduction générée : 1 %

Calcul des consommations théoriques après travaux :

Estimation du poste chauffage	Après travaux	Bâtiment existant
Energie finale consommée	417 857 kWh <sub>ef</sub> / an	427 847 kWh <sub>ef</sub> / an
Energie primaire consommée	417 857 kWh <sub>ef</sub> / an	427 847 kWh <sub>ef</sub> / an
Emissions de gaz à effet de serre	97 778 kg CO <sub>2</sub> / an	100 116 kg CO <sub>2</sub> / an

Potentiel de certificat d'économie d'énergie :

Isolation des murs par l'intérieur dans les bâtiments de grande taille :  
 Référentiel de l'opération : BAT-EN-03-GT (voir annexe 6)

Montant de certificats en kWh cumac :

Zone climatique : H2  
 Chauffage : combustible  
 Montant : 6 200 kWh cumac / m<sup>2</sup> d'isolant  
 Facteur correctif : 0.5 (zone bureau)

Montant corrigé : 3100 kWh cumac / m<sup>2</sup> d'isolant

Valeur total : 3100 kWh cumac x 316 m<sup>2</sup> = 979 700 kWh cumac \*

\* Ces travaux sont inférieurs à 1 GWh cumac (valeur minimum de revente des CEE) et doivent faire l'objet d'une revente groupée à d'autres travaux.

Prix du kWh Cumac	Valeur des CEE	Taux de couverture par les CEE pour un investissement de 12 500€
0,01	9 797 € H.T	78 %
0,002	1 959 € H.T	15 %

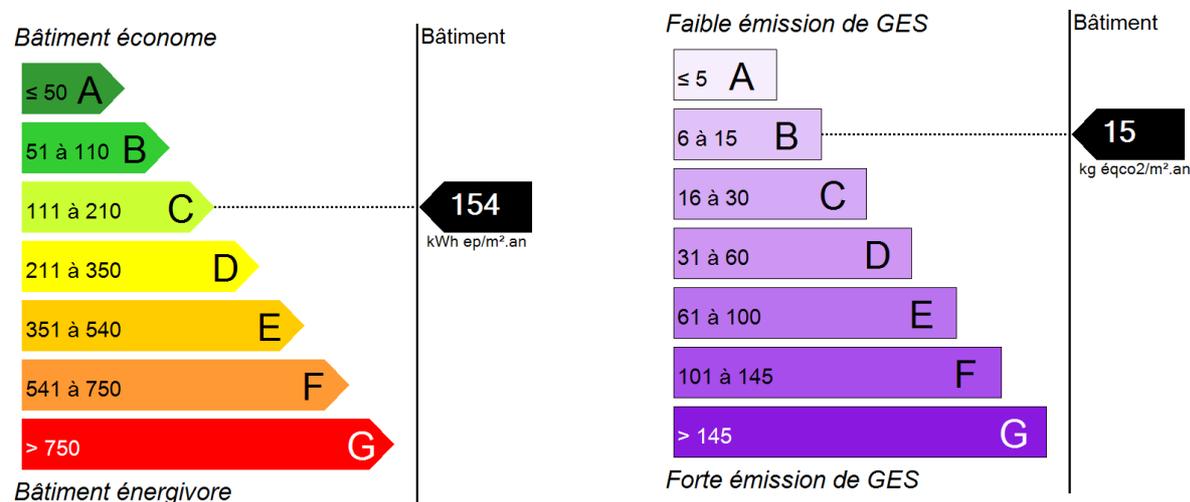
Bilan économique des travaux:

Isolation du plancher en sous face : **de 9 500 à 12 500 € H.T.**  
 Revente des CEE (voir ci-dessous) 1 959 € H.T.

Économies générées :  
 Gaz : 9 990 kWh (coût moyen kWh = 0.041 € H.T) 409 € H.T. / an

Retour sur investissement : **de 18 à 25 ans**

Etiquette Energie / Climat Après travaux :



## G.2. EQUIPEMENTS DE CHAUFFAGE

### G.2.1. Chaudière à condensation

La consommation de chauffage est pénalisée par les chaudières existantes même si les brûleurs ont été remplacés récemment. Le combustible gaz étant utilisé aujourd'hui, nous étudions la mise en place de chaudières à condensation.

#### Solution proposée :

Mise en place de deux chaudières à condensation type De Dietrich C230-170 EcoDiematic -m3 ou équivalent.

Puissance unitaire installée : 170 kW

#### Localisation :

Remplacement des deux chaudières existantes

#### Calcul des consommations théoriques :

#### Rendement de génération :

Chaudière gaz au sol à condensation :

$$\eta_g = 0.83$$

Estimation du poste chauffage	Après travaux	Bâtiment existant
Energie finale consommée	335060 kWh <sub>ef</sub> / an	427 847 kWh <sub>ef</sub> / an
Energie primaire consommée	335060 kWh <sub>ep</sub> / an	427 847 kWh <sub>ep</sub> / an
Emissions de gaz à effet de serre	78 404 kg CO <sub>2</sub> / an	100 116 kg CO <sub>2</sub> / an

#### Potentiel de certificat d'économie d'énergie :

Chaudière de type condensation dans les bâtiments de grande taille :  
Référentiel de l'opération : BAT-TH-02-GT (voir annexe 7)

Montant de certificats en kWh cumac :

Zone climatique : H2  
Usage : Chauffage  
Montant : 630 kWh cumac / m<sup>2</sup> surface chauffée  
Facteur correctif : 1.3 (zone bureau)

Montant corrigé : 819 kWh cumac / m<sup>2</sup> surface chauffée

Valeur total : 819 kWh cumac x 6 477 m<sup>2</sup> = 5 304 663 kWh cumac

Valeur estimée des CEE

- à 0.01 €/ kWh Cumac : 53 046 € H.T.
- à 0.002 €/ kWh Cumac : 10 609 € H.T.

Prix du kWh Cumac	Valeur des CEE	Taux de couverture par les CEE pour un investissement de 35 000€
0,01	53 046 € H.T	100 %
0,002	10 609 € H.T	30 %

Bilan économique des travaux:

Remplacement et dépose des chaudières existantes  
 par deux chaudières à condensation compris  
 mise en service et raccordements hydraulique :  
 Revente des CEE (voir ci-dessous)

**de 30 000 à 35 000 € H.T.**  
 10 609 € H.T

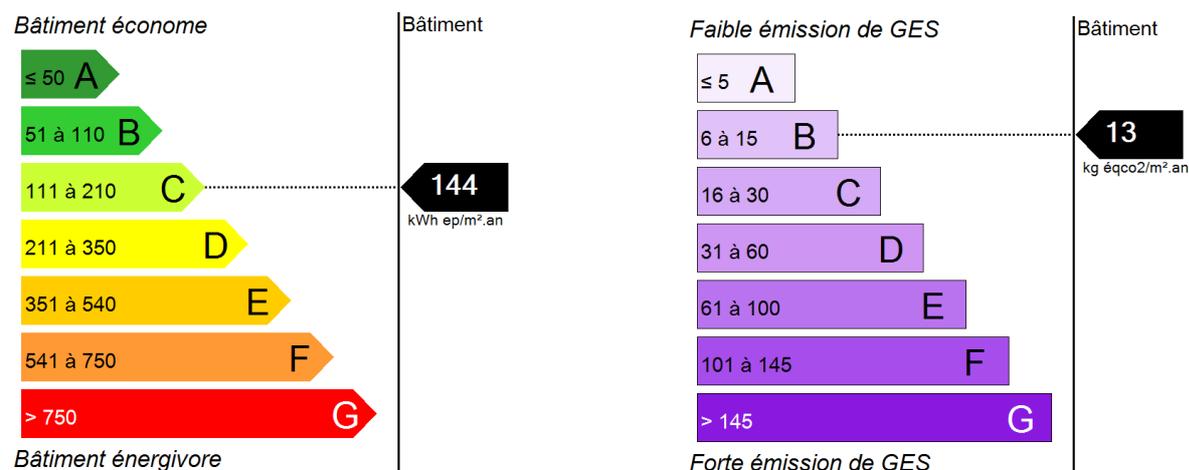
Économies générées :

Gaz : 92 787 kWh (coût moyen kWh = 0.041 € H.T)      3 804 € H.T. / an

Retour sur investissement :

**de 3 à 7 ans**

Etiquette Energie / Climat Après travaux :



### G.2.2. Chaudière Bois

La solution du chauffage au bois est considérée comme une énergie propre, à condition que le bois soit issu de forêts durablement gérées. Le bilan CO<sub>2</sub> est défini comme quasi nul car les émissions dégagées lors de la combustion du bois sont compensées par le carbone stocké par l'arbre lors de sa croissance grâce à la photosynthèse. Aujourd'hui la filière bois en région Centre s'est structurée et offre une pérennité d'approvisionnement à ses clients.

Cependant cette solution nécessite la création d'un silo de stockage en extérieur et condamne ainsi plusieurs places de garage.

#### Solution proposée :

Mise en place de deux chaudières bois type De Linder et SOMMERAUER SL150T-4R  
Puissance unitaire installée : 150 kW

#### Localisation :

Remplacement des deux chaudières existantes

#### Calcul des consommations théoriques :

#### Rendement de génération :

Chaudière bois automatique :

$$\eta_g = 0.78$$

Estimation du poste chauffage	Après travaux	Bâtiment existant
Energie finale consommée	356 538 kWh <sub>ef</sub> / an	427 847 kWh <sub>ef</sub> / an
Energie primaire consommée	356 538 kWh <sub>ep</sub> / an	427 847 kWh <sub>ep</sub> / an
Emissions de gaz à effet de serre	4 628 kg CO <sub>2</sub> / an	100 116 kg CO <sub>2</sub> / an

#### Besoin de bois déchiqueté :

Pouvoir calorifique bois : 3.5 kWh/kg      soit    101 tonnes par an

Poids spécifique : 650 kg/ m<sup>3</sup>            soit    156 m<sup>3</sup>/ an

La consommation de bois est très importante. Le volume de stockage doit donc être dimensionné en conséquence.

Si on table sur une livraison par mois il faudra un local de stockage de 20 m<sup>3</sup> minimum.

Les caractéristiques du local seront les suivantes :

3 x 3 x 3 soit 27 m<sup>3</sup>

Coût moyen de la tonne livrée : 110 € H.T.

Coût annuel : 11 110 € H.T

Existant : 19 856 € H.T.

Economie générée : 8 746 € H.T.

Potentiel de certificats d'économie d'énergie :

Pas de CCE pour les chaufferies bois pour des bâtiments de plus de 5000 m<sup>2</sup>.

Bilan économique des travaux:

Remplacement et dépose des chaudières existantes  
par deux chaudières bois compris  
mise en service et raccordements hydraulique :  
Construction d'un silo maçonné :

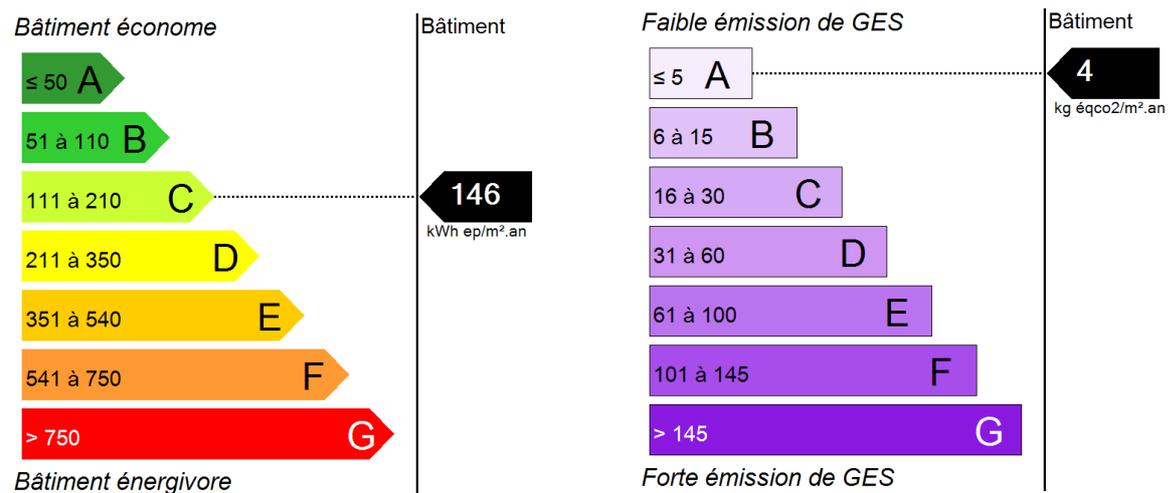
**de 69 000 à 75 000 € H.T.**  
**5000 € H.T.**

Investissement total : **74 000 à 80 000 € H.T.**

Économies générées : 8 746 € H.T. / an

Retour sur investissement : **de 8 à 10 ans**

Etiquette Energie / Climat Après travaux :



G.2.3. Commentaires

Nous voyons que ces deux solutions sont intéressantes pour ce projet. Les retours sur investissement atteints sont satisfaisants pour les deux solutions (de 11 à 15 ans). Ces économies générées ne sont pas engendrées par les mêmes causes. La chaudière à condensation permet une économie directe sur la consommation de gaz (13 %) alors que la rentabilité économique de l'installation bois est liée à un coût du combustible plus avantageux.

L'étude de la mise en place d'une Pompe à chaleur nécessite une étude plus approfondie au vu de l'audit. La complexité de l'étude sur les puissances à installées, la capacité des radiateurs existants et donc l'estimation des économies et des investissements est trop complexe à ce stade. Avant tout travaux une étude de faisabilité technique doit être engagée, notamment pour la chaufferie bois.

## G.3. CLIMATISATION

### G.3.1. Rafraîchissement des locaux serveurs

Nous allons étudier le moyen de diminuer la part de la climatisation en rafraîchissant les locaux via un flux d'air extérieur plus froid qui pourra combattre une partie des apports intérieurs. En effet, la chaleur dégagée par les machines reste confinée dans la pièce et crée ainsi une montée en température importante.

La solution proposée est donc de mettre en place un caisson d'extraction pour l'extraction et une grille d'entrée d'air sur la paroi extérieure.

#### Solutions proposée :

Caisson de ventilation : type VEKITA + 700 marque ALDES installé en combles.

Grille d'entrée d'air : type AWA 251 300x300 mm marque ALDES.

Débit max : 700 m<sup>3</sup>/h.

Régulation : variateur de vitesse électronique monophasé ALDES.

Localisation :

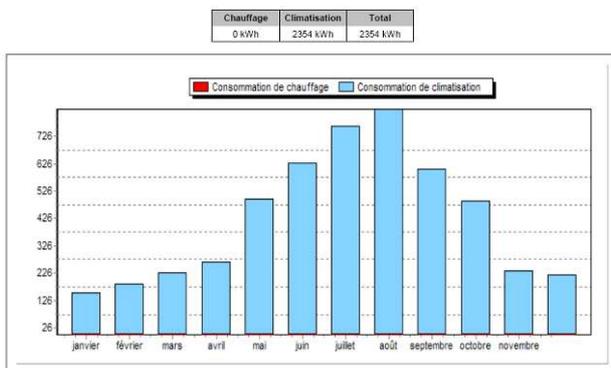
Serveur DDE : R+5

Serveur DDAF : R+10

Serveur Autocom : R-1

#### Calcul des consommations théoriques :

##### Local Autocom



Consommation calculée en énergie finale:

- 2 354 kWh/ an.      **7 183 kWh/ an.**

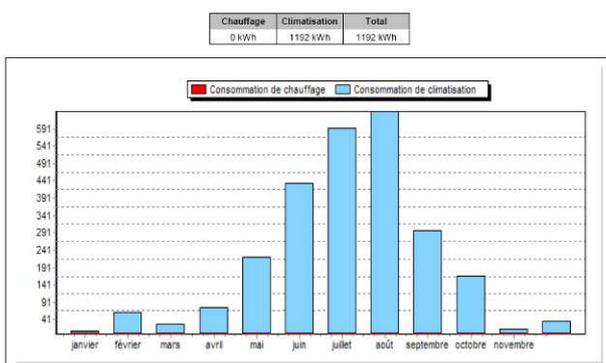
Consommation en énergie primaire :

- 6 073 kWh/ an.      **18 532 kWh/ an.**

Emissions de gaz à effet de serre :

- 202 kgCO<sub>2</sub>/ an.      **617 kWh/ an.**

##### Local DDAF



Consommation calculée en énergie finale:

- 1 192 kWh/ an.      **4 788 kWh/ an.**

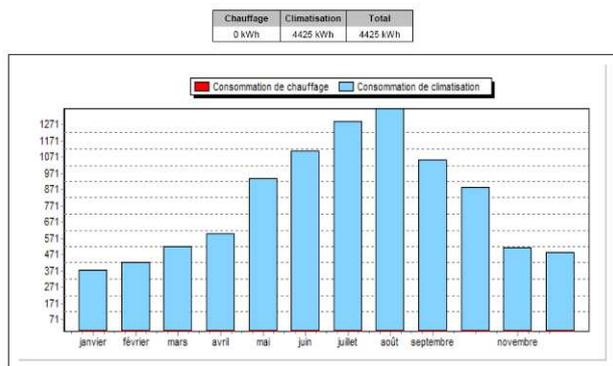
Consommation en énergie primaire :

- 3 075 kWh/ an.      **12 353 kWh/ an.**

Emissions de gaz à effet de serre :

- 102 kgCO<sub>2</sub>/ an.      **411 kgCO<sub>2</sub>/ an**

Local DDE



Consommation calculée en énergie finale:

- 4 425 kWh/ an.      **11 879 kWh/ an.**

Consommation en énergie primaire :

- 11 416 kWh/ an.      **30 647 kWh/ an.**

Emissions de gaz à effet de serre :

- 380 kgCO<sub>2</sub>/ an.      **1021 kgCO<sub>2</sub>/ an**

Consommation estimée des ventilateurs dans le cas le plus défavorable :

Puissance max ventilateurs : 60 W

Nb d'heures de fonctionnements : 24 x 365 = 8 760 heures

Consommations : 60 x 8 760 h x 3 caissons = 1576 kWh

Consommation totale :

Estimation du poste chauffage	Après travaux	Bâtiment existant
Energie finale consommée	9 547 kWh/ an	<b>23 850 kWh/ an</b>
Energie primaire consommée	20 565 kWh/ an	<b>61 533 kWh/ an</b>
Emissions de gaz à effet de serre	685kg CO <sub>2</sub> / an	<b>2 051 kg CO<sub>2</sub>/ an</b>

Bilan économique des travaux:

Caissons de ventilation + variateurs + grilles  
 Et manchettes :

**de 18 000 à 21 000 € H.T.**

Économies générées (14 303 kWh):

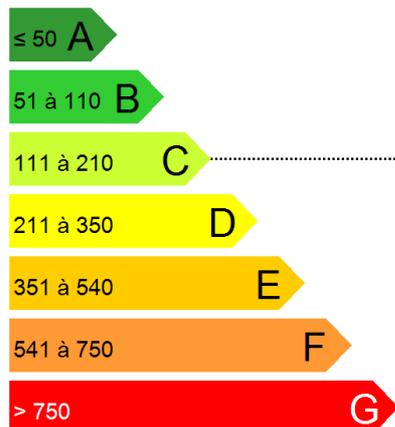
**1 430 € H.T.**

Retour sur investissement :

**de 12 à 15 ans**

Etiquette Energie / Climat Après travaux :

*Bâtiment économe*

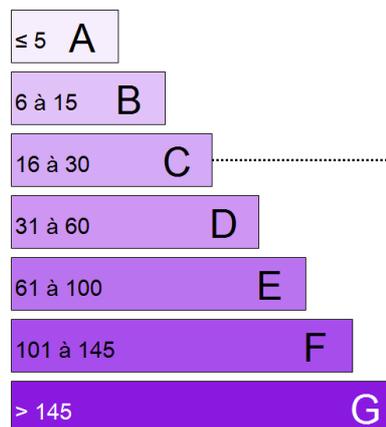


*Bâtiment énergivore*

Bâtiment

**151**  
kWh ep/m<sup>2</sup>.an

*Faible émission de GES*



*Forte émission de GES*

Bâtiment

**16**  
kg éqco<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>.an

### Commentaires

Cette action commune aux trois locaux serveurs permet une intéressante économie d'énergie. Elle ne nécessite pas de travaux lourds et permet une économie importante ainsi qu'une baisse de l'utilisation des appareils de climatisation et donc une augmentation de leur durée de vie.

G.3.2. Diminution de la surchauffe des bureaux

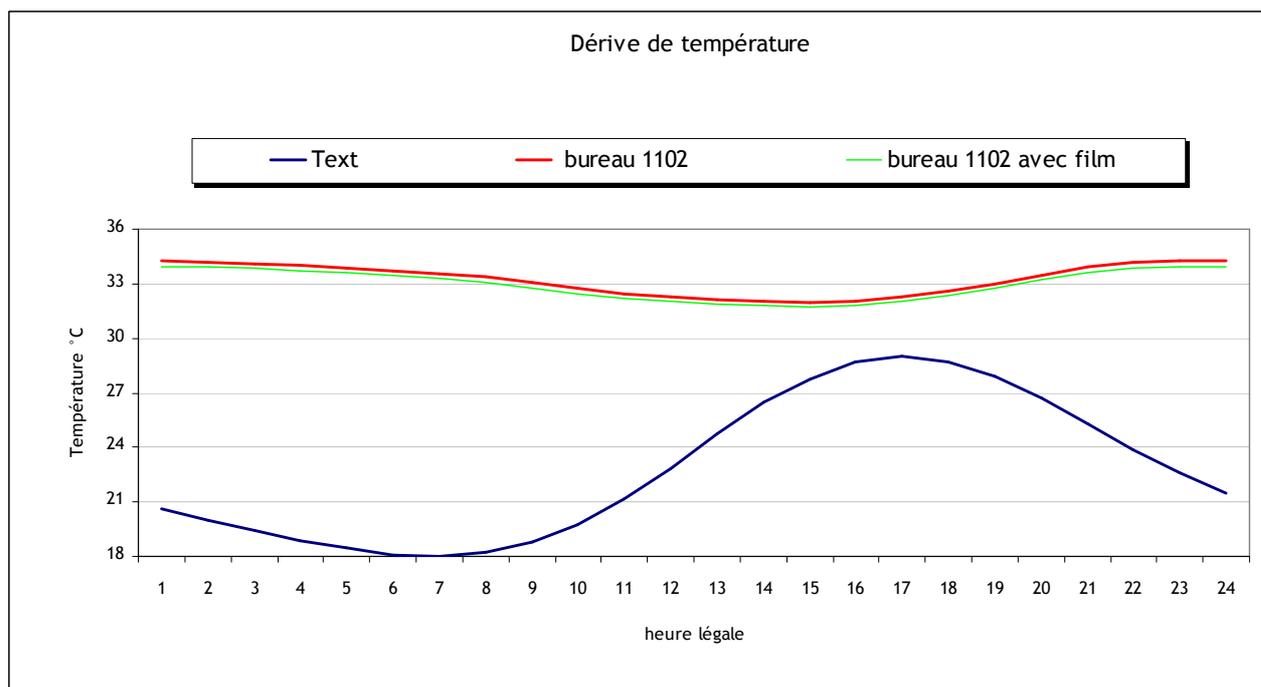
Comme vu dans le paragraphe E.2.1., nous allons étudier le potentiel de réduction des apports solaires avec la mise en place d'un film thermique protecteur sur les doubles vitrages.

Solutions proposée :

Mise en place d'un film type Argent 80 C de chez Fipsun ou équivalent.  
 Facteur solaire : 0.21

Résultats :

Bureau	étage	orientation	Température max.	Température min.	Température moy.
1102 avec store	R+11	ouest	34.29°C	31.96°C	33.24°C
1102 avec film	R+11	ouest	33.97°C	31.72°C	32.96°C



Bilan économique des travaux:

Mise en place des films (s = 1000 m<sup>2</sup>) : **de 55 000 à 65 000 € H.T.**

Commentaires :

Nous pouvons voir que le gain de confort est minime (0.3 °C) à comparaison avec les tores déjà installés. Il n'y a pas lieu aujourd'hui de mettre en place ces travaux sur le bâtiment.

## G.4. AUXILIAIRES

---

### G.4.1. Bureautique

---

#### G.4.1.a) Activation du gestionnaire d'énergie (écran et unité centrale)

Une première mesure consiste donc à aller activer le gestionnaire d'énergie. On paramètrera l'arrêt d'écran après 10 minutes d'inutilisation et l'arrêt total de l'unité centrale après vingt minutes d'inutilisation. Cette mesure peut être prise soit par les responsables du parc informatique soit par l'utilisateur lui-même.

<u>Investissement :</u>	NUL
<u>Economie :</u>	~40% soit 3200 €/an
<u>Temps de retour :</u>	NUL

#### G.4.1.b) Ajout d'une barrette multiprise

Une seconde mesure est l'achat d'une barrette multiprise avec interrupteur sur laquelle on branchera 1 unité centrale et l'écran (ainsi que tous les autres périphériques type imprimante).

<u>Investissement :</u>	entre 4 200 et 5 300 €
<u>Economie :</u>	~6% soit 540 € / an
<u>Temps de retour :</u>	~10 ans

#### G.4.1.c) Station d'accueil/portable

Une station d'accueil est un support sur lequel on vient installer un ordinateur portable. Elle est munie de connecteurs qui permettent de brancher des périphériques (écran, clavier, imprimante...). Ce principe permet de profiter de l'avantage du portable et du confort d'utilisation du fixe grâce à la station d'accueil. Le portable consommant en moyenne sept fois moins qu'un poste fixe (unité+écran), la configuration portable+station d'accueil permet donc d'économiser environ 50% de la consommation totale des ordinateurs.

Ceci impose l'achat d'un portable plus une station d'accueil, ce qui est un investissement important pour un seul poste. Ceci est donc à envisager en solution de remplacement pour les postes les plus anciens.

## G.4.2. Eclairage

### **G.4.2.a) Sensibilisation :**

Le premier niveau de préconisation se porte sur l'utilisation de l'éclairage. Il est nécessaire de sensibiliser les occupants en leur demandant d'éteindre l'éclairage lors des absences prolongées et de privilégier l'éclairage naturel lorsque cela est possible.

De même il est important de nettoyer périodiquement les luminaires car la poussière accumulée diminue leur efficacité.

### **G.4.2.b) Amélioration des équipements :**

Vous trouverez en annexe 8 l'étude réalisée sur l'éclairage.

Pour aller plus loin dans les économies d'énergies il serait judicieux de prolonger l'effort déjà effectué sur l'éclairage en remplaçant les tubes fluorescents peu efficaces dans les bureaux (tubes T8 avec ballasts ferromagnétiques).

-Plusieurs niveaux de rénovation sont envisageables ;

La base étant un luminaire en plafonnier ou encastré utilisant des tubes T5 ( $\varnothing 16\text{mm}$ ) de 14 Watt. Cette configuration permet de respecter un niveau d'éclairement en service de 500 lux moyen sur la zone utile tout en améliorant considérablement le rendement. Nous obtenons ainsi des puissances installées entre 9 Watt/m<sup>2</sup> et 12 Watt/m<sup>2</sup> dans les bureaux.

*Réduction de consommation de l'ordre de 9% soit environ 6 MWh/an.*

Il est ensuite possible de réaliser des économies d'énergie supplémentaires, en fonction du choix du type de gestion :

#### 1 Gradation automatique du luminaire côté fenêtre dès lors que le local est allumé (suivant apport éclairage naturel)

##### Fonctions :

- Allumage /extinction manuelle des luminaires (interrupteur).
- Automatisation sur gradation du luminaire côté fenêtre.

##### Matériels :

- Caisson 4x14W (tubes T5).
- Ballast électronique à gradation équipé d'un capteur lumière.

##### Intérêt :

- Gestion simple/ Economie sur gradation uniquement.

2 idem + ajout d'une détection de présence/cellule photo-électrique pour le local complet (placé au centre de la pièce)

Fonctions :

- Allumage / extinction automatique suivant présence et si le niveau global est trop élevé (seuil dépassé, alors coupure),
- gradation automatique du luminaire côté fenêtre dès lors que les appareils sont sous tension.

Matériels :

- Caisson 4x14W (tubes T5).
- Ballast électronique à gradation équipé d'un capteur lumière.
- Capteur de présence.

Intérêt :

- Gestion simple/ Economie sur éclairage naturel (seuil) et présence.

3 Tous les appareils sont pilotés suivant la présence et suivant le niveau d'éclairage naturel en réalisant un décalage entre les luminaires côté fenêtre et côté fond de bureau.

Fonctions :

- Allumage / extinction /gradation automatique suivant présence et suivant éclairage naturel.

Matériels :

- Caisson 4x14W (tubes T5).
- Ballast électronique DALI3 (bus numérique)
- Capteur de présence / cellule.

Intérêt :

- Permet une gestion plus globale via une interface informatique (GTB).
- Economie maximum sur éclairage naturel et présence.

L'économie d'énergie va bien sûr dépendre de l'utilisation des locaux, des comportements, de l'apport d'éclairage naturel.

---

<sup>3</sup> Grâce au langage numérique DALI, tous les systèmes équipés de ballast DALI peuvent communiquer avec les systèmes de gestion technique de bâtiment.

### G.4.3. Appareils annexes

---

#### G.4.3.a) Fontaines à eau :

Une fontaine à eau distribuant à la fois de l'eau chaude et de l'eau réfrigérée consomme environ 490 kWh/an contre 90 pour une fontaine uniquement à eau réfrigérée. En effet la machine contient 3,5 L d'eau chaude constamment maintenu à 95°C (source fabricant). Ce poste représenterait 3,9 MWh/an.

Dans un premier temps il serait judicieux d'éteindre ces fontaines en dehors des périodes d'occupation ceci permettra d'économiser environ 340kWh par machine.

Ensuite Il serait intéressant de connaître les réels besoins en eau chaude, pour éventuellement remplacer ces fontaines par des fontaines à eau réfrigérée simples, voir de les supprimer totalement.

#### G.4.3.b) Machines à café :

Une machine à café sur pied (distributeur) consomme en moyenne 1050 kWh/an, là encore il est possible de débrancher ces appareils en dehors des heures de travail.

## H. Synthèse des préconisations

Actions jugées nécessaires sans bénéfices quantifiables en termes d'économie d'énergie :

Intitulé	Commentaire
Mise en place 1 <sup>er</sup> niveau de management de l'énergie	Mise en place d'un suivi avec tableaux de bord et sensibilisation des différents acteurs pour consolider les démarches engagées et pérenniser les actions sur la durée.
Audit serveurs informatiques	Un audit approfondi sur les serveurs informatiques permettra d'évaluer leur niveau de consommation et les actions envisageables.
Etude de faisabilité multi-énergie	Une étude de faisabilité technique et économique approfondie sur le remplacement des chaudières existantes doit être envisagé avant d'effectuer des travaux de remplacement Etude financée par l'ADEME

Actions d'économies d'énergie à réaliser en priorité :

	Investissement.	Potentiel économie d'électricité		Economie financière	Temps de retour brut
Activation gestionnaire d'énergie sur les postes informatiques	NUL	32MWh/an	-10%	3200€/an	-
Mise en place systèmes d'extinction automatiques sur les fontaines à eau	120 à 160 €	2700 kWh/an	0,8%	270€/an	<1 an
Mise en place de barrettes multiprises sur la bureautique	5k€	5MWh/an	1,5%	540€	<10 ans

Actions d'économie d'énergie à réaliser à moyen terme :

Gaz :

	Investissement.	Potentiel économie de Gaz naturel	Economie financière	Temps de retour brut
Isolation par l'intérieur des murs extérieurs	15 à 21 k€	56 MWh/an	2 284 €	7 à 10 ans
Installation d'une chaudière à condensation	20 à 25 k€	92 MWh/an	3 804 €	3 à 7 ans
Installation d'une chaudière bois	74 à 80 k€	-	8 746 €	8 à 10 ans

*Electricité :*

	Investissement.	Potentiel économie d'électricité	Economie financière	Temps de retour brut
Sur-ventilation des locaux serveurs	18 à 21 k€	14300kWh	1430€	12 à 15 ans
Rénovation éclairage avec gestion	33 à 52 k€	-	-	-

Actions d'économie d'énergie à réaliser à long terme :

	Investissement.	Potentiel économie de Gaz naturel	Economie financière	Temps de retour brut
Mise en place de doubles vitrages performants	-	53 MWh/an	-	-
Isolation du plancher RDC	7.5 à 10.5k€	10 MWh/an	409 €	18 à 25 ans

Proposition de travaux	catégorie	Cout d'investissement € H.T.	Gain énergétique KWhep/m <sup>2</sup> .an	Gain économique € H.T. /an	Temps de retour Nb années	Délais de mise en œuvre	Priorité	Page rapport
Mise en place 1 <sup>er</sup> niveau de management de l'énergie	G	/	/	/	/	/	I	57
Audits serveurs informatiques	G	/	/	/	/	/	I	57
Etude de faisabilité multi-énergie	G	/	/	/	/	/	I	57
Activation gestionnaire d'énergie sur les postes informatiques	E	NUL	82560	3200	/	/	I	53
Mise en place d'extinctions automatiques sur les fontaines à eau	E	120 à 160	6 966	270	< 1	/	I	56
Mise en place de bureautique multiprise sur la bureautique	E	5 000	12 900	540	< 10 ans	/	I	53
Isolation des murs ext.	B	15 000 à 21 000	55 720	2 284	7 à 10 ans	4 à 6 mois	P	38
Mise en place d'une chaudière à condensation	E	20 000 à 25 000	92 780	3 804	3 à 7 ans	2 à 4 mois *	P	45
Mise en place d'une chaudière bois	E	74 000 à 80 000	71 309	8 746	8 à 10 ans	4 à 6 mois *	P	47
Sur-ventilation des locaux serveurs	B	18 000 à 21 000	36 894	1 430	12 à 15 ans	2 à 4 mois	P	49
Rénovation éclairage avec gestion	E	33 000 à 55 000	/	/	/	/	U	54
Mise en place de double vitrage performant	B	/	37 651	1 543	/	/	U	41
Isolation du plancher RDC sur RDP	B	7 500 à 10 500	9 990	409	18 à 25 ans	2 mois	U	43

\* Nécessite une étude de faisabilité multi-énergie au préalable

Catégorie : G = Gestion ; E = Equipements ; B = Bâti – Priorité : I = Immédiat ; P = Prioritaire ; U = Utile

## I. Glossaire

---

### Energie finale (kWhEF) :

L'énergie finale ou disponible est l'énergie livrée au consommateur pour sa consommation finale (essence à la pompe, électricité au foyer,...).

### Energie primaire (kWhEP):

L'énergie primaire permet de prendre en compte les pertes énergétiques lors de la transformation de l'énergie. Elle correspond à l'énergie achetée au distributeur d'énergie (que l'on appelle énergie finale) multipliée par un coefficient qui vaut 2,58 pour l'électricité. Ce coefficient 2,58 pour l'électricité prend en compte la chaleur fournie par la centrale électrique qui n'est pas utilisée et qui est évacuée dans l'environnement (mer, rivière...). Pour les sources d'énergie fossiles le facteur de conversion est de 1.

### PCI/PCS :

Le pouvoir calorifique d'un combustible est la quantité de chaleur exprimée en kWh ou MJ, qui serait dégagée par la combustion complète d'un mètre cube gaz sec dans l'air à une pression constante

On distingue 2 pouvoirs calorifiques :

- Le pouvoir calorifique supérieur (PCS);
- Le pouvoir calorifique inférieur (PCI).

PCS = PCI + Chaleur latente d'évaporation

- PCS : c'est la quantité de chaleur exprimée en kWh ou MJ, qui serait dégagée par la combustion complète de un (1) Mètre Cube Normal de gaz. L'eau formée pendant la combustion étant ramenée à l'état liquide et les autres produits étant à l'état gazeux.
- PCI : il se calcule en déduisant par convention, du PCS la chaleur de condensation (2511 kJ/kg) de l'eau formée au cours de la combustion et éventuellement de l'eau contenue dans le combustible.

### Gaz à effet de serre :

Les gaz à effet de serre (GES) sont des composants gazeux qui contribuent par leurs propriétés physiques à l'effet de serre. L'augmentation de leur concentration dans l'atmosphère terrestre est un facteur à l'origine du réchauffement climatique.

Rappel des différentes émissions de gaz à effet de serre par type d'énergie en kg de CO2 par kWh d'énergie finale :

Bois	0.013
Electricité	0.086
Fioul	0.32
Gaz naturel	0.234
Gaz propane	0.274

### **Coefficient de transmission thermique U :**

Le coefficient de transmission thermique d'une paroi est noté "U" (ou anciennement "k") et caractérise la quantité de chaleur traversant une paroi en régime permanent, par unité de temps, par unité de surface et par unité de différence de température entre les ambiances situées de part et d'autre de ladite paroi.

Le coefficient de transmission thermique s'exprime en  $W/m^2K$  et est l'inverse de la résistance thermique totale de la paroi. Plus sa valeur est faible et plus la construction sera isolée.

### **Résistance thermique R :**

La résistance traduit la capacité d'un matériau à résister au transfert thermique.

-Plus le R est élevé, plus le produit est isolant.

-Le R est exprimé en  $m^2k/W$ .

### **Certificats d'économies d'énergie :**

Le principe des certificats d'économie d'énergie repose sur une obligation de réalisation d'économies d'énergie imposée par les Pouvoirs publics sur une période donnée aux vendeurs d'énergie comme EDF, Gaz de France, les réseaux de chaleur tels CPCU. Si ils ne parviennent pas à remplir leurs obligations dans le temps imparti, ils devront s'acquitter d'une pénalité dont le montant ne pourra excéder 2 c€/kWh.

Ainsi ils peuvent amener leurs clients à réaliser des économies d'énergie en leur apportant des informations sur les moyens à mettre en œuvre, avec des incitations financières en relation avec des industriels ou des distributeurs : prime pour l'acquisition d'un équipement, aides aux travaux, service de préfinancement, diagnostic gratuit.

En contrepartie du constat des investissements effectués par les consommateurs grâce à ces actions, les vendeurs d'énergie reçoivent des certificats sur la base de forfaits en kWh calculés par type d'action, ce sont les **kWh cumac**.

### **Lux :**

Le lux est une unité de mesure de l'éclairement lumineux. Il caractérise le flux lumineux reçu par unité de surface.

### **DJU :**

Les Degrés jour unifiés ou DJU permettent de réaliser des estimations de consommations d'énergie thermique en proportion de la rigueur de l'hiver.

Pour chaque 24 heures, le nombre de degrés jours unifiés (Dju) est déterminé en faisant la différence entre la température de référence, 18 °C, et la moyenne de la température minimale et la température maximale de ce jour, c'est-à-dire 18 °C moins la moitié de la somme de la température maximale et de la température minimale.

**RT2005 :**

Les pouvoirs publics se sont engagés à réactualiser les exigences réglementaires tous les 5 ans, après la RT 2000, la RT 2005. La maîtrise des consommations d'énergie, la réduction des émissions de gaz à effet de serre sont les objectifs visés par la France comme par l'ensemble de la communauté internationale pour préserver les ressources énergétiques et limiter le réchauffement climatique. De plus cette réactualisation des contraintes énergétiques apporte un impact économique important car bien que le surcout d'investissement soit de 2 à 3%, l'économie d'énergie sera de l'ordre de 15% par rapport à la RT 2000.

## **J. Annexes**

---

### **J.1. ANNEXE 1 : Fiche détail chauffage**

---



## J.2. ANNEXE 2 : Inventaire équipements de climatisation

---



### J.3. ANNEXE 3 : Inventaire Eclairage et bureautique

---



#### J.4. ANNEXE 4 : Récapitulatif des déperditions par pièces

---



## J.5. ANNEXE 5 : Fiche CEE BAT EN 02 GT

---



## J.6. ANNEXE 6 : Fiche CEE BAT EN 03 GT

---



## J.7. ANNEXE 7 : Fiche CEE BAT TH 02 GT

---



## J.8. ANNEXE 8 : Etude Éclair age

---