

**BUREAU VERITAS**  
Agence Métropole Bretagne – Pays de Loire  
8, avenue Jacques Cartier  
44807 SAINT HERBLAIN CEDEX

Pôle Performances énergétiques et environnementales  
Correspondant : Philippe REVAULT  
Tél. : 02 40 92 48 77  
E-mail : philippe.revault@fr.bureauveritas.com  
Affaire : 003525 2107640

DDE Ile-et-Vilaine  
SIP / BCP  
10 Rue Maurice Fabre  
CS 23167  
35031 RENNES Cedex

A l'attention de Mr DE CORLIEU



Ce rapport comprend 7 bâtiments  
traités en 2 sous-ensembles



## DIAGNOSTIC ENERGETIQUE DDE 35

Intervention du : 15 mars 2010

Lieu d'intervention :  
**Ecole Nationale Supérieure de Chimie**  
Avenue Général Leclerc  
35 000 RENNES

La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous sa forme intégrale

Référence	<b>003525 2107640/20/1</b>	
Révision	<b>0</b>	<b>1</b>
Date	02/04/2010	4/05/2010
Rédacteurs	C.CAUGANT G.SAUADE	G. SAUADE
Vérificateur	P.REVAULT	F. LEBAS



# Sommaire

<b>1. CONTEXTE DE LA MISSION .....</b>	<b>3</b>
1.1 BUT DU DIAGNOSTIC ENERGETIQUE .....	3
1.2 MISSION DU BUREAU VERITAS .....	3
1.3 REFERENTIEL .....	4
<b>2. INFORMATIONS SUR LE SITE.....</b>	<b>5</b>
2.1 INFORMATIONS PRINCIPALES SUR LE(S) BATIMENT(S) DU SITE.....	5
2.2 LISTE DES DOCUMENTS.....	8
2.3 DIFFICULTES RENCONTREES LORS DE LA VISITE ET INFORMATIONS MANQUANTES .....	9
<b>3. ETUDE .....</b>	<b>9</b>
3.1 RESUME DES CONSOMMATIONS D'ENERGIE ET COUTS .....	9
3.2 DPE.....	9
3.3 GRAPHIQUES DE REPARTITION .....	10
3.4 REPARTITION DES CONSOMMATIONS POUR LES BATIMENTS NON « HOMOGENES » .....	11
3.5 DESCRIPTION SOMMAIRE DES BATIMENTS .....	12
3.6 DESCRIPTION SOMMAIRE DES INSTALLATIONS DE CHAUFFAGE, ECS, VENTILATION, CLIMATISATION .....	13
<b>4. ANALYSE DES CONSOMMATIONS .....</b>	<b>14</b>
4.1 ELECTRICITE.....	14
4.1.1 La consommation .....	14
4.1.2 Les tarifs.....	14
4.1.3 Recensement des principaux usages électriques .....	15
4.1.4 Les usages et la répartition de la consommation électrique .....	18
4.2 CHAUFFAGE URBAIN.....	19
4.2.1 Les usages et la répartition de la consommation du chauffage urbain.....	19
4.2.2 Consommation annuelle de 2009 .....	19
<b>5. BILAN ENERGETIQUE DES BATIMENTS .....</b>	<b>20</b>
5.1 DONNEES DE BASE.....	20
5.2 LA PRODUCTION DE CHALEUR.....	21
5.3 LA REGULATION ET LA DISTRIBUTION.....	22
5.4 LA MAINTENANCE.....	23
5.5 CONSTITUTION DU BATI.....	24
5.6 REPARTITION DES CONSOMMATIONS DE CHAUFFAGE .....	28
<b>6. POTENTIELS D'AMELIORATIONS.....</b>	<b>30</b>
6.1 PARAMETRES RETENUS POUR L'ANALYSE.....	30
6.2 TABLEAU POTENTIEL D'ECONOMIES .....	30
6.2.1 Tableau récapitulatif.....	30
6.2.2 Détails des améliorations pour l'ensemble 1 .....	32
6.2.3 Détails des améliorations pour l'ensemble 2 .....	35
<b>7. PLAN D'ACTION ET CONCLUSIONS .....</b>	<b>38</b>
7.1 PLAN D'ACTION POUR L'ENSEMBLE 1 .....	38
7.2 PLAN D'ACTION POUR L'ENSEMBLE 2 .....	39
7.3 TABLEAUX RECAPITULATIFS DETAILLES DES ECONOMIES D'ENERGIE.....	40
7.4 REPARTITION DES GAINS POTENTIELS EN CO <sub>2</sub> .....	42
7.5 REPARTITION DES GAINS POTENTIELS EN ENERGIE.....	44
7.6 NOUVELLES PERFORMANCES ENERGETIQUES ET ENVIRONNEMENTALES DU SITE.....	46

## ANNEXES :

- COMPOSITION DU BÂTI

## 1. Contexte de la mission

### 1.1 But du diagnostic énergétique

Dans le cadre de la maîtrise des consommations, des coûts énergétiques et d'amélioration du développement durable, l'état s'est engagé dans la réalisation d'audits énergétiques.

L'objectif de cet audit est de fournir à l'état une vision précise de la répartition des consommations et des coûts énergétiques ainsi que d'apporter des voies d'améliorations chiffrées afin d'aboutir à une diminution de :

- 75% des émissions de **CO2** dans un délai de 40 ans avec une étape intermédiaire de réduction de 50% dans un délai de 10 ans.
- 40% de la consommation en **Energie Primaires** dans un délai de 10 ans.

### 1.2 Mission du Bureau Veritas

Notre mission consiste en une évaluation des dépenses énergétiques des bâtiments par type d'énergie consommée :

- Gaz
- Fioul
- Électricité
- Bois
- Biomasse (autre que bois)

et par usage du bâtiment concerné :

- Chauffage
- Eau Chaude Sanitaire
- Climatisation
- Éclairage
- Bureautique
- Ascenseur
- Autres usages

Notre mission comprend :

- Examen des documents mis à disposition par le client (factures énergétiques et eau, plans, rapports d'organismes agréés, et tout document descriptif détaillant des installations en place)
- Visite sur site de l'ensemble des installations et équipements concernés par le diagnostic. Lors de cette visite, notre analyse est limitée à un examen visuel des éléments accessibles concernés, sans démontage, sondage destructif ou radiographie.
- Analyse de leurs caractéristiques et de leur utilisation en fonction des réponses apportées (questionnaire à destination des occupants) et des constatations effectuées sur place par le chargé de mission.
- Proposition de solutions techniques pour diminuer les consommations.
- Estimation financière des solutions techniques proposées.



L'estimation financière des solutions techniques réalisée à la demande du client correspond à un simple estimatif des coûts découlant des propositions de Bureau Veritas en la matière. Cette estimation ne s'apparente ni à un chiffrage, ni à un devis d'entreprise – seuls documents en mesure de déterminer le chiffrage précis des travaux découlant de ces solutions techniques. Les montants estimés sont en TTC avec une TVA de 19,6%.

En définitive, cette étude a deux principaux objectifs :

- Description et qualification des bâtiments du point de vue de leur performance énergétique et environnementale,
- Programme global permettant d'atteindre les objectifs à 10 et 40 ans en décrivant les actions d'amélioration à mener bâtiment par bâtiment.

### 1.3 Référentiel

- Arrêté du 15 septembre 2006 relatif au diagnostic de performance énergétique pour les bâtiments existants proposés à la vente en France métropolitaine ;
- Arrêté du 7 décembre 2007 relatif à l'affichage du DPE dans les bâtiments publics;
- Arrêté du 24 mai 2006 « RT 2005 », relatif aux caractéristiques thermiques des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments
- Arrêté du 3 mai 2007, « RT éléments par élément », relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des bâtiments existants non concernés par l'arrêté du 13 juin 2008 ;
- Arrêté du 13 juin 2008 « RT globale », relatif à la performance énergétique des bâtiments existants de surface supérieure à 1000 m<sup>2</sup> lorsqu'ils font l'objet de travaux de rénovation importants ;

L'étude porte sur l'élaboration d'une stratégie patrimoniale à 40 ans visant à respecter les exigences du Grenelle de l'Environnement.

Dans ce contexte, les solutions techniques que nous proposons dans ce document sont à l'heure actuelle les plus performantes et accréditées (normalisations, labels, règles de l'art...) dans le cadre de la réhabilitation de bâtiments anciens.

Les performances minimales de l'arrêté du 13 juin 2008 auxquelles nous nous référons sont données à titre de point de repère.

Par ailleurs, nous rappelons au maître d'ouvrage que si les travaux de rénovations sont supérieurs à 25% de la valeur du bâtiment estimée réglementairement (arrêté du 20 décembre 2007), le maître d'ouvrage a l'obligation de conduire une étude de faisabilité pour le recours aux énergies renouvelables dans la fourniture d'énergie ».

## 2. Informations sur le site

### 2.1 Informations principales sur le(s) bâtiment(s) du site

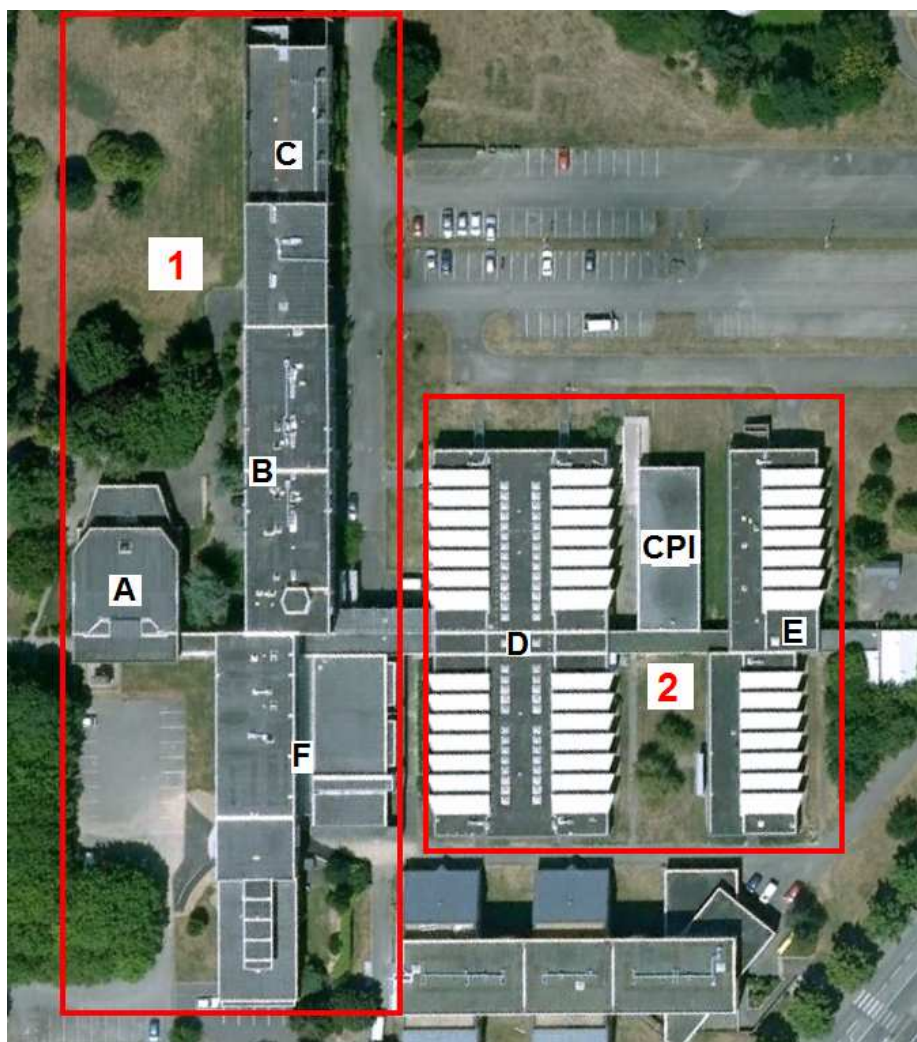
#### Généralités

Le site concerné comporte 7 bâtiments désignés comme suit par l'ENSCR : bâtiments A, B, C, D, E, F et le bâtiment CPI.

Tous, sauf les salles CPI, datent de 1967. Ils ont été en partie rénovés et leur état global est moyen.

Les deux salles de cours CPI ont été rajoutées en 2002, le bâtiment est en bon état général.

Pour l'étude, nous distinguons deux ensembles de bâtiments distincts en termes de structure et d'exploitation. Nous les désignerons Ensemble 1 et Ensemble 2.



**L'ensemble 1 comporte les bâtiments : A, B, C et F**

**L'ensemble 2 comporte les bâtiments : D, E et CPI**



### Surfaces totales

SHON déclarée de l'ensemble des bâtiments : 12 854 m<sup>2</sup>

Surface chauffée à une température d'au moins 12°C : 11 585 m<sup>2</sup>

	Ensemble 1	Ensemble 2	Total du site
Surfaces chauffées (m <sup>2</sup> )	6 260	5 325	11 585
Valeur des bâtiments (€)	8 984 352	7 642 440	16 626 792

### Occupation

Ils sont occupés la journée du lundi au samedi midi. Les horaires d'ouverture sont 8h-18H.

Le site abrite environ 100 agents et 400 élèves, le taux d'occupation retenu est de 80%.

Ce site est classé ERP de 3<sup>ème</sup> catégorie.

### Les énergies et leurs usages (année de référence 2009)

#### Electricité

La consommation électrique, **2 598 723 kWh EP**, se répartie de la façon suivante pour l'ensemble du site :

Usage	Consommation annuelle en kWh EP	% du total de la conso. Électrique
<b>Matériels de laboratoire</b>	<b>656 337</b>	<b>25.3%</b>
<b>Bureautique</b>	<b>549 599</b>	<b>21.1%</b>
<b>Eclairage</b>	<b>504 801</b>	<b>19.4%</b>
<b>Ventilations</b>	<b>412 434</b>	<b>15.9%</b>
<b>Climatisation</b>	<b>100 475</b>	<b>3.9%</b>
<b>Serveurs</b>	<b>89 165</b>	<b>3.4%</b>
<b>Chauffage électrique</b>	<b>66 874</b>	<b>2.6%</b>
<b>Electroménagers</b>	<b>63 936</b>	<b>2.5%</b>
<b>ECS électrique</b>	<b>56 893</b>	<b>2.2%</b>
<b>Pompes chaufferie</b>	<b>51 080</b>	<b>2.0%</b>
<b>Ascenseur</b>	<b>3 224</b>	<b>0.1%</b>
<b>Divers (prises de courant...)</b>	<b>43 905</b>	<b>1.7%</b>
<b>TOTAL</b>	<b>2 598 723 kWh EP</b>	<b>100%</b>



### Combustible

La totalité des **1 390 000 kWh EP** qui provient du réseau de la chaufferie centrale « Campus de Beaulieu » est utilisée intégralement pour le chauffage des bâtiments.

Le site comprend une seule sous station avec un échangeur situé au sous-sol du bâtiment A.

### Dernières réalisations importantes réalisées sur le site sur les 3 dernières années

80% des fenêtres ont été changées ces 3 dernières années. Les fenêtres de la façade Est et de l'accueil ont été changées en 2009. Il ne reste plus que quelques zones à refaire qui sont déjà programmées.

### Particularités pour l'étude du site

Les deux ensembles 1 et 2 mentionnés auparavant ont été dissociés pour l'étude car :

- Les structures ne sont pas les mêmes.

Cependant, le chauffage se fait par une chaufferie commune et il n'existe pas de sous compteur d'énergie.

Le compteur électrique dessert les deux ensembles et il n'existe pas de sous-compteur.

Nous avons établi des relevés et des bilans afin de déterminer la répartition des consommations en chauffage et en électricité pour chaque ensemble.

## 2.2 Liste des documents

DOCUMENTS	RECU par Bureau Veritas	Commentaires
<b><u>Plans et documents techniques :</u></b>		
Plans de masse et d'élévation du site	OUI	
Plans architecte ou géomètre avec métrage (informatiques si existants)	OUI	
Plans des réseaux hydrauliques et/ou aérauliques	OUI	
Schémas électriques de distribution unifilaire	NON	
Rendements de combustion des chaudières	NON	Pas de chaudière
Les Dossier d'Intervention Ulérieure sur Ouvrages des opérations récentes & Dossiers d'aménagement des projets en cours	NON	
<b><u>Electricité :</u></b>		
- contrat et avenant	NON	
- factures ou feuillet de gestion pour les 12 derniers mois	OUI	Feuillets de gestion 2007, 2008 et 2009
- factures ou feuillets gestions sur les 3 dernières années	OUI	
- historiques des compteurs divisionnaires existants relevés,	NON	Pas de compteur divisionnaire
<b><u>Combustibles : (chauffage urbain)</u></b>		
- contrat et avenant	NON	
- factures ou feuillet de gestion pour les 12 derniers mois	NON	Le prix moyen du MWh et la consommation totale pour 2009.
- factures ou feuillets gestions sur les 3 dernières années	NON	Consommation de 2007 et de 2008 déduites à partir du cout total et du cout moyen du MWh.
- historiques des compteurs divisionnaires existants relevés	NON	Pas de compteur divisionnaire
<b><u>Autres :</u></b>		
Questionnaire usagés	OUI	



## 2.3 Difficultés rencontrées lors de la visite et informations manquantes

- Pas de documents concrets relatifs aux caractéristiques thermiques des bâtis.
- Les conditions de chauffage nous ont été transmises oralement lors de la visite, il s'agit de données déclarées mais non vérifiées.

## 3. Etude

### 3.1 Résumé des consommations d'énergie et coûts

Le chauffage est assuré par eau chaude depuis un échangeur alimenté par un réseau de chauffage urbain. Tous les autres usages consomment de l'électricité.

Sur l'année de référence 2009, les consommations relevées sur les factures sont les suivantes.

Consommation année		2009	Emissions de CO2		Coûts des énergie	
Nature énergie	Consommation MWh EF	Energie primaire MWh EP	tonnes CO2/ MWh EF	tonnes CO2/an	Coût Total en € TTC	Coût unitaire en € TTC
Electricité	1 007.3	2598.7	0.084	84.6	79 496.0	78.9 €/MWh
Chauffage urbain	1 390.0		0.153	212.7	62 814.0	45.2 €/MWh PCI
Total Energies	2 397.3	3 988.7		297.3	142 310	59.4 €/MWh

Pour les émissions de carbones il est pris en référence les facteurs de conversions « climat » définis au § 4.1.2 de l'arrêté du 15 septembre 2006 relatif au diagnostic de performance énergétique pour les bâtiments existants.

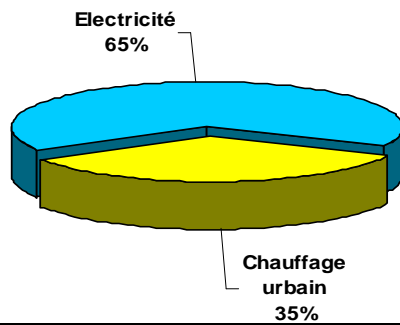
### 3.2 DPE

Le site est ERP 3ème catégorie, il est soumis à l'arrêté du 7 décembre 2007. Le DPE n'a pas été établi.

BUREAU VERITAS réalisera ce DPE qui vous sera transmis en marge de ce rapport.

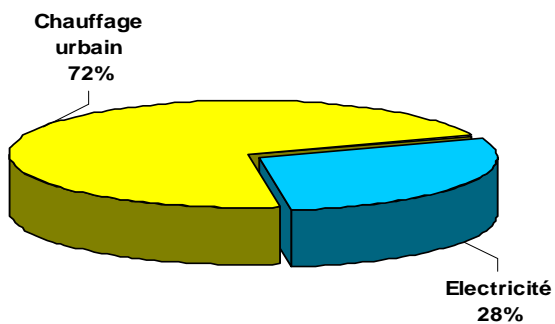
### 3.3 Graphiques de répartition

Répartition en Consommation des Energies



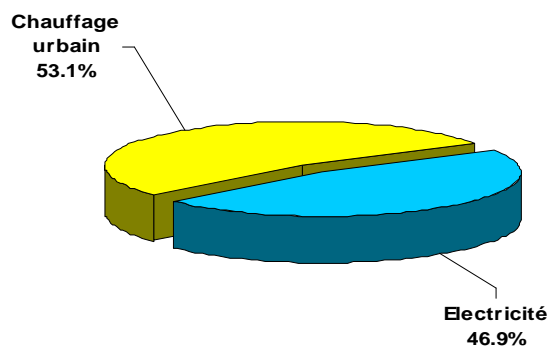
MWh  
EP

Répartition des émissions de CO<sub>2</sub>



CO<sub>2</sub>

Répartition en Coût des énergies



€TTC

Le site comporte beaucoup d'équipements électriques pour ses activités de formation.

### 3.4 Répartition des consommations pour les bâtiments non « homogènes »

Si les conditions d'exploitation, en chauffage notamment, des deux ensembles sont similaires, leurs structures sont différentes.

Les répartitions suivantes ont été déduites des analyses réalisées dans la suite de ce rapport.

#### Les surfaces chauffées respectives

	Bâtiments 1	Bâtiments 2	Total du site
Surfaces (m²)	6 260	5 325	11 585

#### Les répartitions

	ENERGIE (kWh EP)			GES (kg CO2)		
	Ensemble 1	Ensemble 2	Total du site	Ensemble 1	Ensemble 2	Total du site
Chauffage (selon les déperditions respectives des bâtiments)	639 121	750 879	1 390 000	97 785	114 885	212 670
Bureautique	355 820	193 779	549 599	11 585	6 309	17 894
Eclairage	242 146	262 655	504 801	7 884	8 552	16 435
Radiateurs électrique	20 898	45 976	66 874	680	1 497	2 177
Pompes chaufferie	38 675	12 405	51 080	1 259	404	1 663
Serveurs	89 165	0	89 165	2 903	0	2 903
Ventilations	245 378	167 056	412 434	7 989	5 439	13 428
Electroménagers	21 548	42 388	63 936	702	1 380	2 082
ECS élec.	30 460	26 433	56 893	992	861	1 852
Matériels de laboratoire	264 847	391 489	656 337	8 623	12 746	21 369
Climatisation	94 832	5 642	100 475	3 088	184	3 271
Ascenseur	3 224	0	3 224	105	0	105
Divers	21 953	21 953	43 905	715	715	1 429
<b>TOTAL</b>	<b>2 068 068</b>	<b>1 920 655</b>	<b>3 988 723</b>	<b>144 309</b>	<b>152 970</b>	<b>297 280</b>
Ratio kWh ep/m² chauffée/an	330.4	360.7	344.3	23.1	28.7	25.7
Pourcentage de répartition pour le total	51.8%	48.2%	100.0%	48.5%	51.5%	100.0%



### 3.5 Description sommaire des bâtiments

Bâtiment	Date de construction	Nombre actuel d'occupants	Date de dernière rénovation	Nombre de niveaux	Surface chauffée	Volume chauffé	Murs	Vitrages	Plancher bas	Toiture
Ecole Nationale Supérieure de Chimie ; 263, Avenue Général Leclerc	Bâtiments 1 :  1966	300	2009	3 niveaux (Sous-sol chauffés)	6 260 m <sup>2</sup>	33 830 m <sup>3</sup>	Béton, isolation et éléments préfabriqués	Fenêtres bois simple vitrage  Aluminium et PVC double vitrages	Dalle béton non isolée sur vide sanitaire  Dalle béton isolée sur extérieur  Sous-sol sur terre plein	Toiture terrasse avec isolation
	Bâtiments 2 :  1966  Salle CPI :  2002	200		2 niveaux (Sous sol chauffés)	5 325 m <sup>2</sup>		Béton, isolation et bardage métallique	Fenêtres alu double vitrage	Sous-sol chauffé sur terre plein  Dalle béton isolée et non isolée sur vide sanitaire	Toiture terrasse avec isolation

La surface totale chauffée est de 11 585 m<sup>2</sup>.

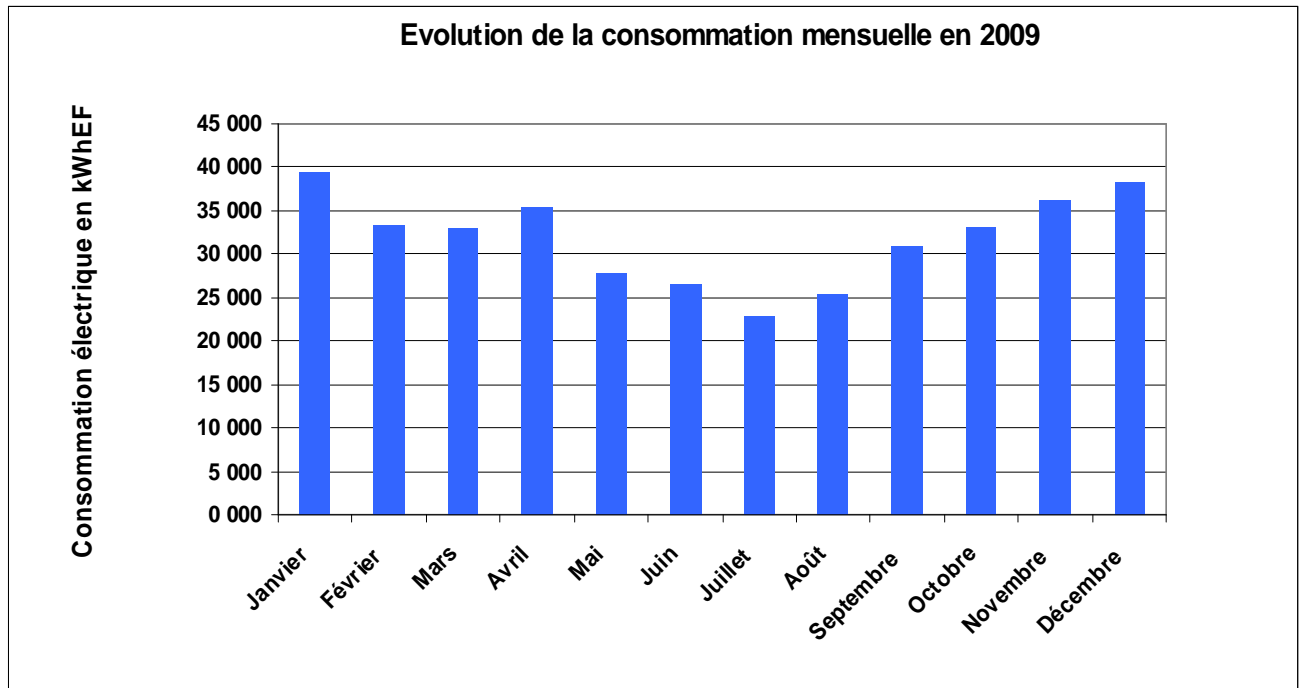
### 3.6 Description sommaire des installations de chauffage, ECS, ventilation, climatisation

Bâtiment	Production de chaleur	Régulation et distribution	Emetteurs de chaleur	Renouvellement d'air	Production ECS	Climatisation
Bâtiments 1	<p>Une sous-station commune pour les 2 bâtiments située en sous-sol de l'amphithéâtre A.</p> <p>Son échangeur est alimenté par le réseau de chaleur du campus de Beaulieu</p>	7 départs régulés	Radiateurs acier équipés de robinets thermostatiques et de robinets manuels	VMC simple flux et sorbonnes + compensateurs d'air	Chauffes eau électriques dans les sanitaires et les laboratoires	Climatiseurs pour les serveurs informatiques et quelques salles expérimentales
Bâtiments 2		6 départs régulés		VMC simple flux et sorbonnes + compensateurs d'air		

## 4. Analyse des consommations

### 4.1 Electricité

#### 4.1.1 La consommation



La consommation électrique reste relativement élevée en été en période de congés car il y a toujours de l'activité due aux chercheurs et donc les systèmes de ventilations (sorbonnes, extracteur...) restent en fonctionnement.

#### 4.1.2 Les tarifs

Nous avons obtenu les feuillets de gestion sur 3 ans.

Tarif EDF A5 Moyenne Utilisations  
Puissance souscrite : 216 kVA

Depuis 2007 on note que la puissance souscrite de 216 kVA est régulièrement dépassée et cela se traduit par les coûts de dépassements suivants pour chaque année :

- 2007 : 2 652 € HT soit 4,5 % de la facture totale
- 2008 : 5 250 € HT soit 8 % de la facture totale
- 2009 : 3 274 € HT soit 5 % de la facture totale

Voir à augmenter la puissance souscrite ou à rechercher et à supprimer si possible la cause de ces dépassements.



#### 4.1.3 Recensement des principaux usages électriques

##### Eclairage ensemble 1

Selon les relevés effectués sur place, les bâtiments de l'ensemble 1 sont équipés des matériels suivants :

		T8 avec ballasts FERRO.				lampe fluo	lampe fluo	lampe incand.	HALO	HALO	PUISSANCE PAR SECTEUR en W
Puissance des lampes en W		36	36	58	18	28	13	75	50	500	
Nombre de lampes par luminaire		1	2	2	4	1	2	1	1	1	
Puissance du luminaire en W		43.2	86.4	139.2	86.4	28.0	26.0	75.0	50.0	500.0	
SOUS SOL	Bureaux		38								3283.2
	Circulations					13					364.0
	Archives et rangements										0.0
	Sanitaires	2									86.4
	autres										0.0
rdc	Bureaux		148		74			30			21430.8
	Circulations	7	13		6	29			10		3256.0
	Archives et rangements										0.0
	Sanitaires	1	4	3			12				1118.4
	autres									2	1000.0
1er étage	Bureaux		103		98			2			17516.4
	Circulations		12		2	27					1965.6
	Archives et rangements										0.0
	Sanitaires	1					5	1			248.2
	autres										0.0
2e étage	Bureaux	2	60		75						11750.4
	Circulations	8	7		14	14		3			2777.0
	Archives et rangements										0.0
	Sanitaires		3								259.2
	autres										0.0
Nbre de luminaires de chaque type		21	388	3	269	83	17	36	10	2	PUISSANCE TOTALE W
Puissance par type de luminaire W		907.2	33523.2	417.6	23242	2324	442	2700	500	1000	65 056

L'éclairage des bureaux est commandé par simple interrupteur. Les couloirs ne sont pas équipés de minuterie. Quelques couloirs sont équipés de détecteurs de présence.

La puissance d'éclairage rapportée au m<sup>2</sup> (de surfaces chauffées) :

- Ensemble 1 : 10,4 W/m<sup>2</sup>

On note que la puissance d'éclairage de l'ensemble 1 est plus faible que les 12 W/m<sup>2</sup> définis dans la réglementation thermique de la RT GLOBALE concernant les gros travaux.

En revanche, une partie des luminaires de cet ensemble sont peu performants et dans un état moyen. Il serait donc utile de prévoir leur remplacement (ampoules à incandescence restantes comprises).

## Eclairage ensemble 2

Selon les relevés effectués sur place, les bâtiments de l'ensemble 2 sont équipés des matériels suivants :

		T8 avec ballasts FERRO.				lampe fluo	lampe incand.	HALO	PUISSANCE PAR SECTEUR en W
Puissance des lampes en W		36	36	58	18	28	75	500	
Nombre de lampes par luminaire		1	2	2	4	1	1	1	
Puissance du luminaire en W		43.2	86.4	139.2	86.4	28.0	75.0	500.0	
SOUS SOL	Bureaux		118		14		6		11854.8
	Circulations	21	10			26	4		2799.2
	Archives et rangements								0.0
	Sanitaires	4							172.8
	autres								0.0
rdc	Bureaux		246		48		8		26001.6
	Circulations	10	18		12				3024.0
	Archives et rangements		6						518.4
	Sanitaires	8					4		645.6
	autres							2	1000.0
Nbre de luminaires de chaque type		43	398	0	74	26	22	2	PUISSANCE TOTALE W
Puissance par type de luminaire W		1857.6	34387.2	0	6393.6	728	1650	1000	46 016

L'éclairage des bureaux est commandé par simple interrupteur. Les couloirs ne sont pas équipés de minuterie.

La puissance d'éclairage rapportée au m<sup>2</sup> (de surfaces chauffées) :

- Ensemble 2 : 8,6 W/m<sup>2</sup>

On note que la puissance d'éclairage de l'ensemble 2 est bien plus faible que les 12 W/m<sup>2</sup> définis dans la réglementation thermique de la RT GLOBALE concernant les gros travaux.

En revanche, une partie des luminaires de cet ensemble sont peu performants et dans un état moyen. Il serait donc utile de prévoir leur remplacement (ampoules à incandescence restantes comprises).

## Bureautique (pour les deux ensembles)

Secteur/type de	Ordinateur Ecran plat	Ordinateur Ecran catho	Ordinateur portable	Photocopieuse (grosse)	Photocopieuse (petite)	Imprimante (grosse)	Imprimante (petite)	PUISSANCE PAR SECTEUR (W)
Puissance (W)	130	170	60	1800	1200	300	80	
Ensemble 1	238	21	10	4	2	3	42	48970
Ensemble 2	26	80	30			15	15	24480
Nbre d'appareil	264	101	40	4	2	18	57	PUISSANCE TOTALE W
Puissance (W)	34320	17170	2400	7200	2400	5400	4560	73 450

Le site comporte encore des écrans cathodiques qui sont du matériel énergivore et qu'il conviendra de remplacer par des écrans plats.

## Ventilation (pour les deux ensembles)

Il existe pour les deux ensembles des extracteurs pour les bureaux et les sanitaires, mais également des sorbonnes dans les laboratoires associés à leur compensateur d'air.

Localisation	Equipements	Puissance électrique kW	Débit de soufflage ou extrait m3/h	Commande
Bâtiments 2	6 VMC simple flux de marque "ELGE"	3.0	7 500	fonctionnement permanent
	Sorbonne de marque "comelec"	6.3	15 725	par interrupteur + variateur de vitesse
	2 VMC simple flux de marque "ATAV"	0.7	1 850	fonctionnement permanent
	2 VMC simple flux de marque "ATAV"	0.4	900	fonctionnement permanent
	Sorbonne de marque "PROMOTELEC"	13.2	30 500	par interrupteur + variateur de vitesse
	VMC de marque "ABB"	0.2	400	fonctionnement permanent
	2 VMC "Lafert"	0.7	1 850	fonctionnement permanent
	CTA bâtiment E	1.5	4 545	fonctionnement permanent
	Compensateur d'air pour les sorbonnes	16.6	47 500	commande associée aux sorbonnes
Bâtiments 1	Sorbonnes Recherche Nord	18.8	47 000	par interrupteur + variateur de vitesse
	VMC simple flux Recherche Nord	0.75	1 875	fonctionnement permanent
	Extracteur Recherche Nord	0.59	1 475	fonctionnement permanent
	Extracteur Recherche Nord	0.55	1 375	fonctionnement permanent
	CTA Hydronic Recherche Nord	1.1	3 333	fonctionnement permanent
	CTA Hydronic Recherche Nord	1.5	4 545	fonctionnement permanent
	Extracteur Administration	0.25	625	fonctionnement permanent
	Extracteur Administration	0.345	862	fonctionnement permanent
	Compensateurs d'air pour les sorbonnes	15.5	47 000	commande associée aux sorbonnes
	CTA Amphithéâtre A	1	3 000	fonctionnement permanent

Ce matériel (sorbonnes, extracteur et CTA) est en bon état mais il pourrait être arrêté en période d'inoccupation.

## Autres usages électriques

On relève par ailleurs :

- Les pompes électriques de la chaufferie eau chaude,
- Des serveurs informatiques avec leurs climatisations associées,
- L'électroménager (fours, micro-ondes, lave vaisselles, réfrigérateurs...),
- Des équipements de lingerie (machines à laver...),
- Des ballons de production d'eau chaude (un logement et bureaux),
- Un ascenseur (très peu utilisé)
- Du matériel de laboratoire (fours, étuves, équipements expérimental...)

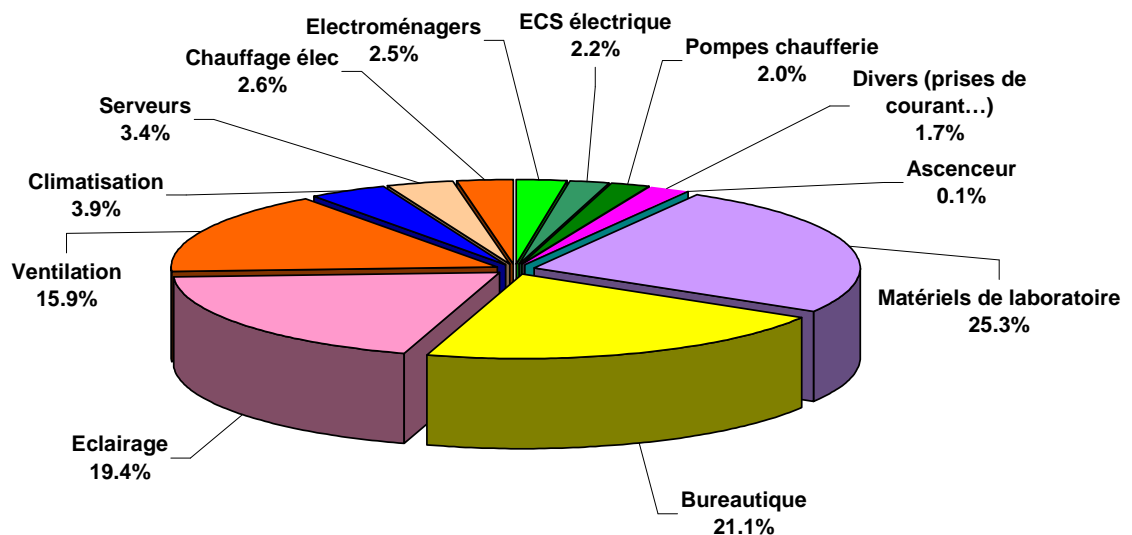
Compte tenu des appareils et de nos relevés nous formulons une amélioration portant sur le fonctionnement des pompes de la chaufferie.

Les ballons électriques de production d'ECS sont bien adaptés aux usages du bâtiment.

### 4.1.4 Les usages et la répartition de la consommation électrique

Les puissances électriques installées des équipements associées aux horaires de fonctionnement communiqués par le gestionnaire du site permettent d'établir la répartition des consommations d'énergie par usage.

#### REPARTITION DE LA CONSOMMATION ELECTRIQUE



Les postes les plus consommateurs sont les matériels de laboratoire (fours, étuves, machines expérimentales...), la bureautique et l'éclairage.

## 4.2 Chauffage urbain

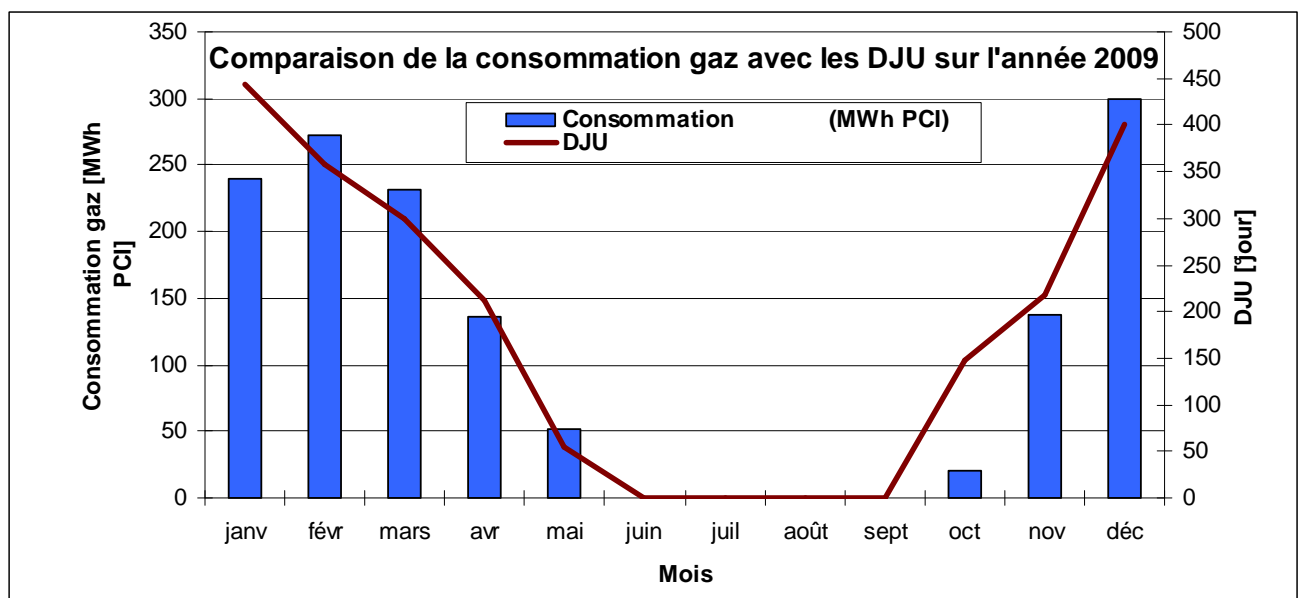
### 4.2.1 Les usages et la répartition de la consommation du chauffage urbain

Le chauffage urbain est intégralement utilisé pour assurer les besoins en chauffage du bâtiment.

### 4.2.2 Consommation annuelle de 2009

Il est intéressant de comparer les consommations dues au chauffage aux conditions climatiques par l'intermédiaire des Degrés Jour Unifiés (DJU).

Les DJU sont déterminés à partir des données statistiques météo sur les mesures de température extérieure. Ils sont calculés pour une température de base (15 ou 18°C par exemple) et pour une période données (saison de chauffe, mois, semaine).



On note que la consommation de chauffage urbain facturée a tendance à suivre les conditions climatiques mis à part le mois de Janvier. Aucune explication ne nous a été signalée à ce sujet.

## 5. Bilan énergétique des bâtiments

### 5.1 Données de base

Élément	Donnée	Origine de la donnée
Période étudiée	2009	Une année de facturation
Date d'arrêt du chauffage	15/04/2009	(période de chauffe)
Date de remise en service du chauffage	15/10/2009	(période de chauffe)
Horaires et température de chauffage	13 départs régulés, voir les détails au § 5.3 suivant « La régulation et la distribution »	Relevés sur site
DJU base 18°C sur la période de chauffage du site	2 368	Station de Rennes
DJU effectifs (fonction des horaires de programmation de chauffage et de la consigne de température)	1 825	
Rendement global annuel calculé de la sous station	97,2 %	Calculs BV

La période de chauffe se situe du 15 octobre au 15 avril en moyenne mais selon la demande la période peut être plus longue.



## 5.2 La production de chaleur

La production de chaleur des 2 ensembles est assurée par un échangeur alimenté par le réseau de chaleur de Beaulieu.

Rendement moyen annuel de la chaufferie	
Consommation de combustible pour le chauffage en MWh PCI	1 390.0
Heures de service échangeur(s)	4 344
Taux d'engagement	29.1%
Pertes annuelles par rayonnement échangeur(s)	2.8%
Energie utile annuelle sortie échangeur en MWh	1 352
Rendement de production annuel échangeur(s)	97.2%

- La sous station est en bon état,
- Les entretiens sont effectués chaque année (Cf. contrat d'entretien annuel).

### 5.3 La régulation et la distribution

Les circuits régulés sont les suivants.

#### Ensemble 1

Désignation du réseau	zone(s) desservie(s) ou équipement(s) desservi(s)	Régulation en place	Horaires de fonctionnement en température de confort	Températures CONFORT/REDUIT réglées sur les régulations	Températures de réduit weekends/jours fériés
Départ régulé n°1	Batiment F, Administration	Une vanne 3 voies commandée par régulateur	lundi: 3h à 17h30 du mardi au vendredi: 5h à 17h30	20°C/15°C	15°C
Départ régulé n°2	Batiment F, Centre documentation	Une vanne 3 voies commandée par régulateur	lundi au vendredi: 6h à 16h30 Samedi: 7h à 12h	19°C/14°C	14°C
Départ régulé n°3	Batiment F, Amphi B et C	Une vanne 3 voies commandée par régulateur	lundi au vendredi: 5h à 17h samedi: 5h à 12h	19°C/15°C	15°C
Départ régulé n°4	Batiment B, Recherche Ouest	Une vanne 3 voies commandée par régulateur	lundi: 3h30 à 17h30 du mardi au vendredi: 4h30h à 17h30	20°C/15°C	15°C
Départ régulé n°5	Batiment B, Recherche Est	Une vanne 3 voies commandée par régulateur	lundi: 4h30 à 17h30 du mardi au vendredi: 5h à 17h30	20°C/15°C	15°C
Départ régulé n°6	Batiment A, amphithéâtre	Une vanne 3 voies commandée par régulateur	lundi: 4h à 17h30 du mardi au vendredi: 5h à 17h30	20°C/15°C	15°C
Départ régulé n°7	Batiment C	Une vanne 3 voies commandée par régulateur	lundi: 3h à 17h30 du mardi au vendredi: 4h à 17h30	20°C/15°C	15°C

#### Ensemble 2

Désignation du réseau	zone(s) desservie(s) ou équipement(s) desservi(s)	Régulation en place	Horaires de fonctionnement en température de confort	Températures CONFORT/REDUIT réglées sur les régulations	Températures de réduit weekends/jours fériés
Départ régulé n°1	salle CPI	Une vanne 3 voies commandée par régulateur	Lundi 4h-17h ; mardi à vendredi: 5h-17h ; samedi : 8h-12h	20°C/15°C	15°C
Départ régulé n°2	batiment E	Une vanne 3 voies commandée par régulateur	Lundi 4h-17h30 ; mardi à vendredi : 5h-17h30 ; samedi : 8h-12h	20°C/15°C	15°C
Départ régulé n°3	TP C-D	Une vanne 3 voies commandée par régulateur	Lundi 4h-17h30 ; mardi à vendredi : 5h-17h30 ; samedi : 8h-12h	20°C/15°C	15°C
Départ régulé n°4	TP A-B	Une vanne 3 voies commandée par régulateur	Lundi 4h-17h ; mardi à vendredi: 5h-17h ; samedi : 8h-12h	20°C/15°C	15°C
Départ régulé n°5	batiment D -1	Une vanne 3 voies commandée par régulateur	Lundi 3h-17h ; mardi à vendredi: 4h-17h ; samedi : 8h-12h	20°C/15°C	15°C
Départ régulé n°6	TP F	Une vanne 3 voies commandée par régulateur	Lundi 4h-17h ; mardi à vendredi: 5h-17h ; samedi : 8h-12h	20°C/15°C	15°C



Notas pour les deux ensembles :

- Les régulations sont adaptées en termes de zonage et d'occupation,
- Les horaires et les températures de consignes indiquées (**mais non confirmées**) peuvent être revues de 20°C à 19°C avec un bâtiment correctement isolé,
- La distribution de chauffage s'effectue en majeure partie en sous-sol par des canalisations en acier dans les bâtiments,
- Le calorifuge de la canalisation de chauffage circulant dans le vide sanitaire est en bon état,

## 5.4 La maintenance

Contrat de type P2 avec la société DALKIA, comprenant une visite d'entretien et deux visites de contrôle sur les chaudières gaz.

## 5.5 Constitution du bâti

Voir l'ANNEXE : COMPOSITIONS DU BATI.

Pour les ensembles 1 et 2

En l'absence d'informations précises sur la composition des parois horizontales et verticales des ensembles 1 et 2, leurs compositions ont été déterminées en fonction de nos observations sur le terrain.

### Les ouvrants

#### Ensemble 1

N° ouverture	Désignation	Surface m <sup>2</sup>	Perméabilité à l'air	Déperditions menuiseries Uw : W/m <sup>2</sup> °C	Déperd.par infiltration W/m <sup>2</sup> °C	Déperditions W/°C total avec infiltration
1	Fenêtre DV alu (4/8/4)	6.5	Bonne (A2)	3.7	0.17	25.0
2	fenêtre DV alu (4/10/4)	1.5	Bonne (A2)	3.6	0.17	5.8
3	fenêtre DV alu (4/16/4)	5.2	Très bonne (A3)	3	0.06	15.9
4	Fenêtre Simple Vitrage bois	3.6	Bonne (A2)	4.95	0.17	18.3
5	fenêtre DV alu (4/10/4)	7.7	Bonne (A2)	3.6	0.17	29.0
6	fenêtre DV alu (4/10/4)	2.4	Bonne (A2)	3.6	0.17	9.0
7	fenêtre DV alu (4/10/4)	4.6	Bonne (A2)	3.6	0.17	17.2
8	Fenêtre Simple Vitrage alu	9.6	Bonne (A2)	5.3	0.17	52.5
9	Fenêtre DV alu (4/8/4)	9.6	Moyenne (A1)	3.7	0.41	39.4
10	fenêtre DV alu (4/16/4)	6.8	Très bonne (A3)	3	0.06	20.8
11	fenêtre DV alu (4/10/4)	65.0	Bonne (A2)	3.6	0.17	245.1
12	Fenêtre DV alu (4/8/4)	4.3	Bonne (A2)	3.7	0.17	16.4
13	Fenêtre Double Vitrage alu (4/6/4)	3.6	Bonne (A2)	3.9	0.17	14.7
14	Fenêtre DV alu (4/8/4)	1.9	Bonne (A2)	3.7	0.17	7.3
15	fenêtre DV alu (4/10/4)	4.0	Bonne (A2)	3.6	0.17	15.1
16	Fenêtre DV alu (4/8/4)	4.5	Bonne (A2)	3.7	0.17	17.4
17	Fenêtre Double Vitrage alu (4/6/4)	1.0	Bonne (A2)	3.9	0.17	3.9
18	Fenêtre Double Vitrage alu (4/6/4)	36.7	Bonne (A2)	3.9	0.17	149.2
19	Paroi Pavé de verre	46.8	Bonne (A2)	2.79	0.17	138.5

Les surfaces vitrées sont de :

- Ensemble 1 : 1 575 m<sup>2</sup>, soit 25 % de la surface chauffée de cet ensemble (6 260 m<sup>2</sup>).

## Ensemble 2

N° ouverture	Désignation	Surface m <sup>2</sup>	Perméabilité à l'air	Déperditions menuiseries Uw : W/m <sup>2</sup> °C	Déperd.par infiltration W/m <sup>2</sup> °C	Déperditions W/°C total avec infiltration
1	Fenêtre Double Vitrage alu (4/6/4)	4.3	Bonne (A2)	3.9	0.17	17.6
2	Fenêtre Double Vitrage alu (4/6/4)	1.4	Bonne (A2)	3.9	0.17	5.8
3	Fenêtre Double Vitrage alu (4/6/4)	1.7	Bonne (A2)	3.9	0.17	6.8
4	Fenêtre Double Vitrage alu (4/6/4)	1.4	Bonne (A2)	3.9	0.17	5.7
5	Fenêtre Simple Vitrage alu	2.9	Bonne (A2)	5.3	0.17	16.1
6	Fenêtre Double Vitrage alu (4/6/4)	0.7	Bonne (A2)	3.9	0.17	3.0
7	Fenêtre Double Vitrage PVC (4/6/4)	1.8	Bonne (A2)	2.8	0.17	5.3
8	Fenêtre Double Vitrage alu (4/6/4)	7.6	Bonne (A2)	3.9	0.17	31.0
9	fenetre alu aveugle	1.7	Bonne (A2)	5.9	0.17	10.2
10	Fenêtre Double Vitrage alu (4/6/4)	4.0	Bonne (A2)	3.9	0.17	16.1
11	Porte métallique isolée	13.0	Non classé	3.5	0.82	55.9

Les surfaces vitrées sont de :

- Ensemble 2 : 425 m<sup>2</sup>, soit 8 % de la surface chauffée de cet ensemble (5 325 m<sup>2</sup>).







## Liste des parois avec les ouvrants associés

### Ensemble 2

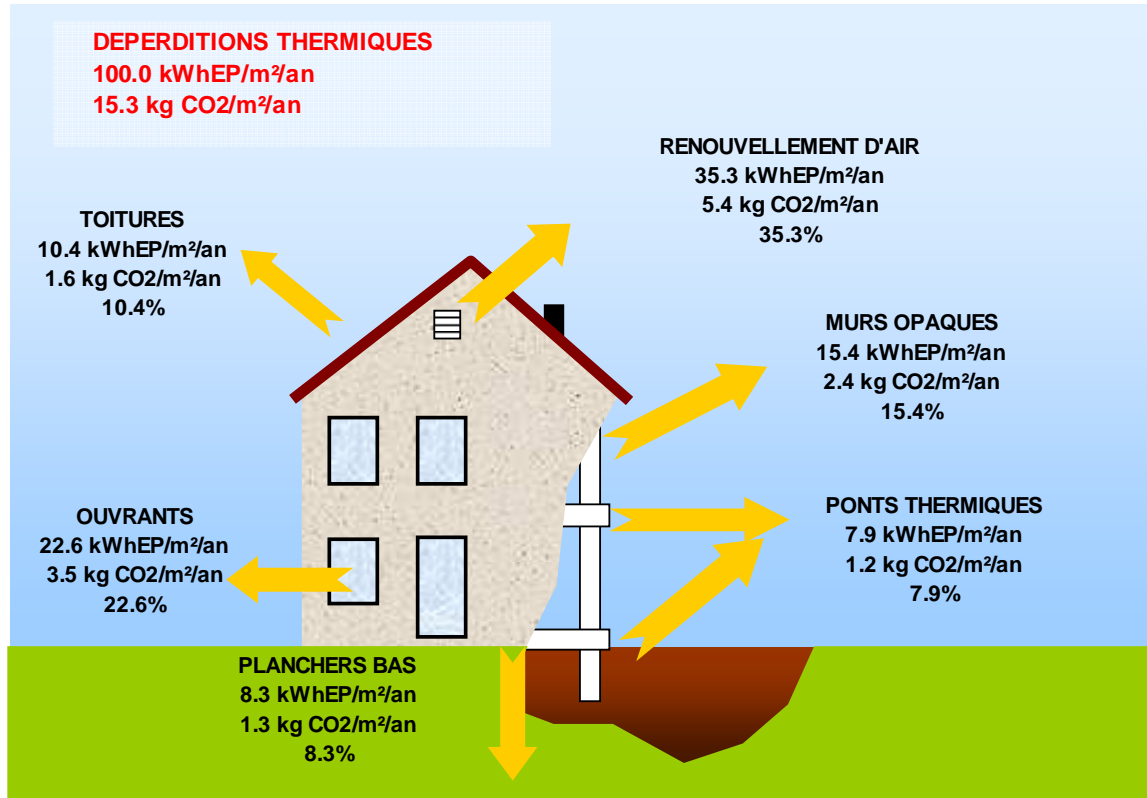
Orientations	Désignation	Surface/ linéaire	type de contact	coef de déperd. W/m².K	n°Ouvertures											surface vitre par parois	Surface opaque restante	Pertes par la paroi W/K
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11			
Murs sans prise en compte de l'orientation	Baie vitrée	12.6	Sur local non chauffé	4.95													13	59
MURS NORD/EST	Mur CPI 2002	124	Extérieur	0.44			27.3									46	78	34
	Mur béton	31	Extérieur	0.78				7			6					21	10	8
MURS SUD/EST	Mur bardage	184	Extérieur	0.77			25.3						5	3		63	121	93
	Mur béton	57	Extérieur	0.78			20.7									35	22	17
	Mur bardage coté TP	436.8	Extérieur	0.77													437	336
MURS SUD/OUEST	Couloir CPI en polycarbonate 2002	124	Extérieur	2.8													124	347
	Mur bardage coté TP	201.6	Extérieur	0.77													202	155
	Mur bardage	299	Extérieur	0.77			29			12			9			73	226	174
MURS NORD/OUEST	Mur CPI 2002	44	Extérieur	0.44			3									5	39	17
	Mur bardage coté TP	192	Extérieur	0.77	21											91	101	78
	Mur bardage	276	Extérieur	0.77		7			3		7	4			1	75	201	155
	Mur béton	27	Extérieur	0.78					6							18	9	7
Planchers bas	Plancher non isolé sur vide sanitaire	1660	V. sanit. ventilé	2.2													1660	3287
	Plancher isolé sur vide sanitaire	340	V. sanit. ventilé	0.35													340	107
	Plancher bas sur terre plein	318	Sur terre plein	0.95													318	302
Planchers hauts/ Toitures	Toitures terrasse	3094	Sur extérieur	0.81													3094	2506
	Ouverture toiture polycarbonate	540	Sur extérieur	4.5													540	2430
	Toiture bardage	1316	Sur extérieur	0.87													1316	1145
	toiture terrasse 2002	340	Sur extérieur	0.22													340	75

Les caractéristiques thermiques de chaque type sont données en annexes.

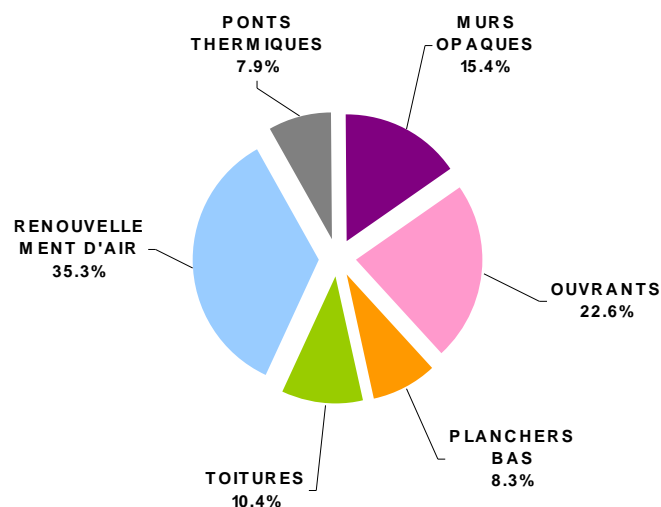
## 5.6 Répartition des consommations de chauffage

### Ensemble 1

En fonction des éléments communiqués et relevés sur place, les déperditions de l'ensemble 1 s'élèvent à :



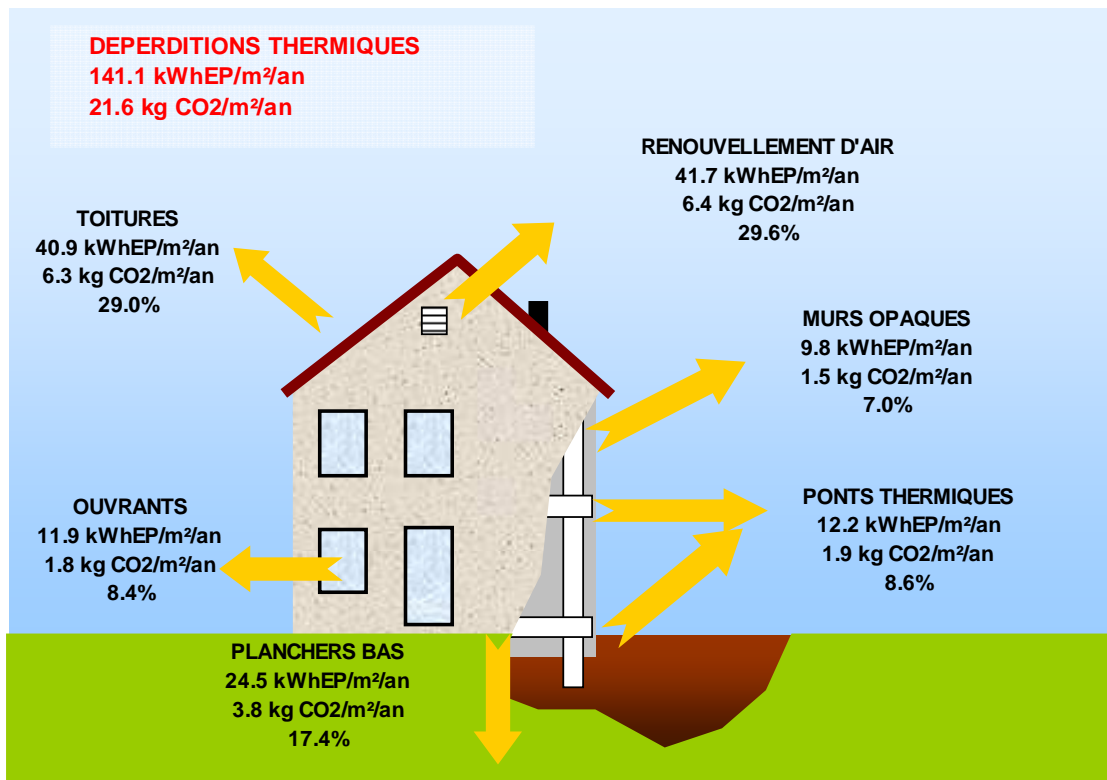
Les consommations ont été calculées en fonction des DJU pondérés de l'année 2009 de la station météorologique concernée, de la régulation en températures du bâtiment (horaires et consignes de température), des déperditions du bâti, des apports internes (éclairage, bureautique, occupation...) et des apports solaires.



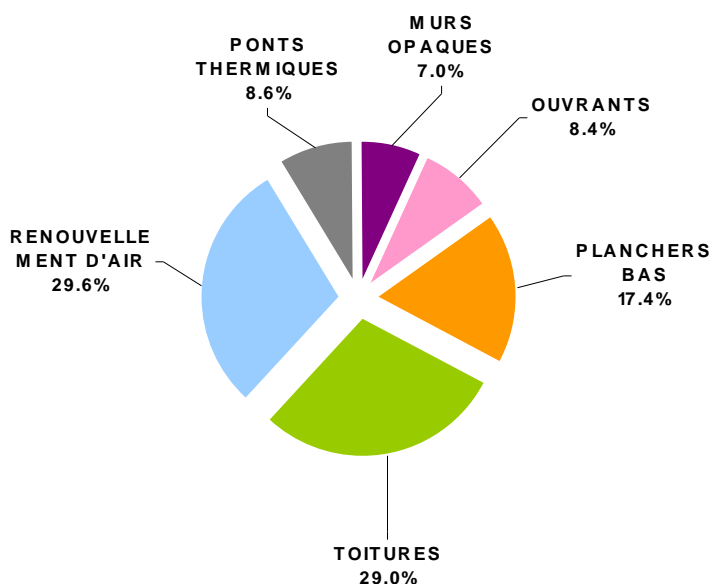
Le renouvellement d'air provoqué par les sorbonnes des laboratoires représentent le poste énergétique le plus important.

## Ensemble 2

En fonction des éléments communiqués et relevés sur place, les déperditions de l'ensemble 2 s'élèvent à :



Les consommations ont été calculées en fonction des DJU pondérés de l'année 2009 de la station météorologique concernée, de la régulation en températures du bâtiment (horaires et consignes de température), des déperditions du bâti, des apports internes (éclairage, bureautique, occupation...) et des apports solaires.



Le renouvellement d'air provoqué par les sorbonnes des laboratoires ainsi que les déperditions par les toitures représentent les postes énergétiques les plus importants.

Le calcul des déperditions thermiques du bâtiment donne les résultats suivants :

- Ensemble 1 : 24 340 W/K, coefficient G : 1,4 W/m<sup>3</sup>.K
- Ensemble 2 : 21 247 W/K, coefficient G : 1,3 W/m<sup>3</sup>.K

Les consommations théoriques annuelles calculées puis cumulées représentent 1 372 MWh pour une consommation comptabilisée de 1 390 MWh. L'écart entre les consommations théoriques et comptabilisées est de 1,3 % ce qui montre que le modèle adopté pour les déperditions et les conditions de chauffage est correct.

## 6. Potentiels d'améliorations

### 6.1 Paramètres retenus pour l'analyse

Les économies d'énergie ont été estimées à partir des consommations de l'année 2009.

Afin d'en évaluer le gain financier, nous avons utilisé les prix des énergies suivants (coût des énergies 2009 sur le site), à noter que les parts fixes ont été retirées des montants :

Energie	Coût unitaire sans abonnement TTC
Electricité	61,2 € TTC/MWh
Gaz naturel	45,19 € TTC /MWh

### 6.2 Tableau potentiel d'économies

#### 6.2.1 Tableau récapitulatif

Nous présentons ci de suite les bilans en économie pour les deux ensembles 1 et 2 et la totalité du site.

	ENERGIE (kWh EP)			GES (kg CO2)		
	Ensemble 1	Ensemble 2	Total du site	Ensemble 1	Ensemble 2	Total du site
<b>Economies en kWh ep et en kg de CO2</b>	836 204	790 130	1 626 334	92 625	88 563	181 187
Ancien ratio : kWh/m <sup>2</sup> /an pour l'énergie et kg/m <sup>2</sup> /an pour le CO2	330.4	360.7	344.3	23.1	28.7	25.7
Nouveau ratio : kWh EP/m <sup>2</sup> /an pour l'énergie et kg/m <sup>2</sup> /an pour le CO2	196.8	212.3	203.9	8.3	12.1	10.0
% d'économie	40.4%	41.1%	40.8%	64.2%	57.9%	60.9%

Les ensembles 1 et 2 sont relativement similaires. Les gains à réaliser sont de l'ordre de 40% d'économie en énergie et de 60% pour le CO<sub>2</sub>.



### **Commentaires sur les résultats obtenus pour l'ensemble 1 :**

L'objectif des 40 % d'économie en énergie primaire est atteint.

Celui de 75% en rejet de CO<sub>2</sub> n'est pas atteint. Compte tenu des utilisations et de leur répartition, il s'avère nécessaire pour obtenir ce ratio d'envisager de produire une partie du chauffage (actuellement assuré par réseau de chaleur rejetant du CO<sub>2</sub>) par une énergie renouvelable et plus particulièrement par les solutions chaudière bois ou pompe à chaleur.

### **Commentaires sur les résultats obtenus pour l'ensemble 2 :**

Commentaires identiques à ceux de l'ensemble 1.

### **Les gains par type de travaux réalisables sont listés dans les tableaux ci-après :**

Les coefficients thermiques cités dans les tableaux sont ceux spécifiées dans l'arrêté du 13 juin 2008.  
Les prix correspondants aux coûts des travaux sont établis en TTC avec une TVA à 19,6%.

## 6.2.2 Détails des améliorations pour l'ensemble 1

### Economies liées au chauffage urbain

PAROIS	Coeff. thermique actuel [W/m².K]	Coeff. thermique RT [W/m².K]	Type de travaux	Coeff. thermique après travaux [W/m².K]	Surface [m²]	Surcoûts ou investis.	Coût des travaux [€/m²]	Coût des travaux [€ TTC]	Gain annuel en énergie primaire [KWhep]	Gain en CO2 [Teq CO2]	Temps de retour actuel [années]	Temps de retour en années avec hausse annuelle
												de 5% coût NRJ
Mur "Pierre"	1.81	0.36	Isolation extérieure avec 12 cm de laine minérale + bardage protection	0.24	2132	Invest. total	230	490 360	112 678	17.2	96	36
Mur Béton	2.02	0.36	Isolation extérieure avec 12 cm de laine minérale + bardage protection	0.25	993.1	Invest. total	230	228 413	59 172	9.1	85	34
Mur Batiment C	0.76	0.36	Isolation extérieure avec 12 cm de laine minérale + bardage protection	0.20	610	Invest. total	230	140 300	11 499	1.8	270	55
Isolation plancher bas sur caves	2.20	0.27	Isolation planchers bas avec 12 cm d'isolant type polystyrène haute densité	0.25	1614	Invest. total	80	129 120	100 650	15.4	28	18
Plancher sur extérieur	0.36	0.27	Isolation planchers bas avec 12 cm d'isolant type polystyrène haute densité	0.26	497	Invest. total	80	39 760	1 673	0.3	526	68
Isolation toiture terrasse "béton" bâtiments B, C et F (amphithéâtre)	0.85	0.27	Isolation des toitures terrasses avec 12 cm d'isolant	0.25	1278	Invest. total	125	159 750	25 813	3.9	137	42
Isolation toiture terrasse "béton" bâtiments F (administration)	0.85	0.27	Isolation des toitures terrasses avec 12 cm d'isolant	0.25	845	Surcoût/ G.entretien	15	12 675	17 067	2.6	16	12
Isolation Toiture terrasse Bac acier (bât C)	0.89	0.27	Isolation extérieure avec 12 cm de laine minérale + bardage protection	0.26	158.6	Invest. total	125	19 825	3 364	0.5	130	41
Renforcement de l'isolation de la toiture terrasse du bâtiment A lors de sa réfection	0.85	0.27	Isolation des toitures terrasses avec 12 cm d'isolant	0.25	460	Surcoût/ G.entretien	15	6 900	9 291	1.4	16	12





OUVRANTS ET CHASSIS FIXES	Coeff. thermique actuel [W/m².K]	Coeff. thermique RT [W/m².K]	Type de travaux	Coeff. thermique après travaux [W/m².K]	Surface [m²]	Surcoûts ou investis.	Coût des travaux [€/m²]	Coût des travaux [€ TTC]	Gain annuel en énergie primaire [KWhep]	Gain en CO2 [Teq CO2]	Temps de retour actuel [années]	Temps de retour avec hausse annuelle [années] de 5% coût NRJ
Remplacement fenêtre simple vitrage bois	4.95	2.1	DV 4.16.4 argon, menuis. Alu	1.60	93	Surcoût/ G.entretien	130	12 090	10 488	1.6	26	17
Remplacement fenêtre simple vitrage alu	5.30	2.1	DV 4.16.4 argon, menuis. Alu	1.60	10	Invest. total	570	5 472	1 196	0.2	101	37
Remplacement fenêtre DV 4/6/4 alu	3.90	2.1	DV 4.16.4 argon, menuis. Alu	1.60	226	Invest. total	570	129 048	17 529	2.7	163	45
Remplacement fenêtre DV 4/8/4 alu	3.70	2.1	DV 4.16.4 argon, menuis. Alu	1.60	96	Invest. total	570	54 720	6 786	1.0	178	47
Remplacement fenêtre DV 4/10/4 alu	3.60	2.1	DV 4.16.4 argon, menuis. Alu	1.60	77	Invest. total	570	43 890	5 184	0.8	187	48
Façade rideau DV 4/10/4 alu	3.60	2.1	DV 4.16.4 argon, menuis. Alu	1.60	130	Surcoût/ G.entretien	90	11 700	8 752	1.3	30	19
Changement Toiture vitrée (Bat F)	3.00	2.1	DV 4.16.4 argon, menuis. Alu	1.60	68	Invest. total	570	38 475	3 181	0.5	268	55

Le remplacement des fenêtres simple vitrage bois est une opération de gros entretien. Le surcoût par rapport au gros entretien provient du remplacement de celles-ci par des fenêtres plus performantes PVC argon 4/16/4.

RENOUVELLEMENT D'AIR	Débit	Nombre d'extracteurs	Type de travaux	Emplacement des bouches	Débit après travaux	Surcoûts ou investis.	Coût des travaux [€ TTC]	Gain annuel en énergie primaire [KWhep]	Gain en CO2 [Teq CO2]	Temps de retour actuel [années]	Temps de retour avec hausse annuelle [années] de 5% coût NRJ
Arrêt des VMC (8h/18h) (économie en électricité uniquement)	6 212	5	5 horloges de commande	Labo	6212 en intermittent	Invest. total	1150	35 173 kWh	5.4	< 1an	< 1an
Arrêt des CTA (économie en chauffage uniquement)	7 878	2	2 horloges de commande	Bâtiment C	7878 en intermittent	Invest. total	460	44 606 kWh	6.8	< 1an	< 1an

PRODUCTION, REGULATION ET DISTRIBUTION DE CHALEUR	Nombre	Type de travaux	Surcoûts ou investis.	Coût des travaux [€ TTC]	Gain annuel en énergie primaire [KWhep]	Gain en CO2 [Teq CO2]	Temps de retour actuel	Temps de retour avec hausse annuelle [années] de 5% coût NRJ
Robinets thermostatiques	69	Remplacement des robinets manuel par des thermostatiques	Invest. total	3 443	27 800	4.3	2.7	3
Abaissement de la température à 19°C en mode confort	DJU avant : 1825	DJU après : 1758	Nul	0	41 092	6.3	0	< 1an



## Economies liées à l'électricité

Electricité	Type de travaux	Nombre d'unité	Coût unitaire [€ TTC]	Coût des travaux [€ TTC]	Surcoûts ou investis.	Gain annuel en électricité [KWh EF]	Gain annuel en électricité [KWh EP]	Gain en CO2 [Teq CO2]	Temps de retour actuel [années]	Temps de retour avec hausse annuelle de 5% coût NRJ
Eclairage (élec)	Remplacement total des luminaires type T8 par des luminaires de type T5	681	200	136 200	Invest. total	21 155	54 580	1.8	105	37.6
	Remplacement total des lampes incandescente	36	10	360	Invest. total	3 137	8 093	0.3	2	1.8
	Gestion par Minuterie (Circulation)	10	85	850	Invest. total	4 355	11 236	0.4	3	3.0
	Gestion par détecteur (Sanitaire)	34	100	3 400	Invest. total					
Ventil. Elec.	Arrêt des VMC (8h/18h) (économie en électricité uniquement)	Investissement déjà pris en compte dans la partie chauffage				13 479	34 775	1.1	0.0	0.0
	Arrêt des CTA (économie en électricité uniquement)	Investissement déjà pris en compte dans la partie chauffage				14 102	36 384	1.2	0.0	0.0
Force motrice (élec)	Gestion d'un arrêt des pompes de chauffage en période de réduits (réglage sur régulateur existant)	Réglage sur les régulateurs existants				3 748	9 669	0.3	0.0	0.0
Chauffage électrique	Suppression des 10 radiateurs électriques suite aux améliorations d'isolation	Investissement considéré nul				8 100	20 898	0.7	0.0	0.0
ECS (élec)	Mise en place d'aérateur sur les robinets	30	10	300	Invest. total	2 095	5 405	0.2	2.3	2.3
Bureautique (élec)	Remplacement des écrans cathodiques par des écrans plats	Frais de fonctionnement des services concernés				5 372	13 860	0.5	0.0	0.0
Comportemental	Sensibilisation du personnel pour arrêter le matériel de bureautique notamment lors de la pause déjeuner (économie sur la mise en veille)				Etiquettes, formations...	38 104	98 308	3.2	0.0	0.0



## 6.2.3 Détails des améliorations pour l'ensemble 2

### Economies liées au chauffage urbain

PAROIS	Coeff. thermique actuel [W/m².K]	Coeff. thermique RT [W/m².K]	Type de travaux	Coeff. thermique après travaux [W/m².K]	Surface [m²]	Surcoûts ou investis.	Coût des travaux [€/m²]	Coût des travaux [€ TTC]	Gain annuel en énergie primaire [KWhep]	Gain en CO2 [Teq CO2]	Temps de retour actuel [années]	Temps de retour en années avec hausse annuelle
												de 5% coût NRJ
Murs béton	0.78	0.36	Isolation extérieure avec 12 cm de laine minérale + bardage protection	0.20	42	Invest. total	230	9 660	820	0.1	261	54
Murs bardage	0.77	0.36	Isolation extérieure avec 12 cm de laine minérale + bardage protection	0.20	1288	Invest. total	230	296 240	24 714	3.8	265	54
Remplacement du polycarbonate du couloir CPI par un bardage isolant	2.80	0.36	Isolation extérieure avec 12 cm de laine minérale + bardage protection	0.26	124	Invest. total	230	28 520	10 603	1.6	60	28
Plancher non isolé sur vide sanitaire	2.20	0.27	Isolation planchers bas avec 10 cm d'isolant type polystyrène haute densité	0.29	1660	Invest. total	85	141 100	101 395	15.5	31	19
Renforcement de l'isolation de la toiture terrasse lors de sa réfection	0.81	0.27	Isolation des toitures terrasses avec 12 cm d'isolant	0.25	3094	Invest. total	125	386 750	58 326	8.9	147	43
Création d'un faux plafond dans les salles de TP	Toiture : 0.87 et polycarbonate : 5.65	0.20	Isolation par 40 cm de laine minérale sur faux plafond	0.08	1575	Invest. total	70	110 250	139 009	21.3	18	13



OUVRANTS ET CHASSIS FIXES	Coefficient de transmission thermique actuel [W/m2K]	Coefficient de transmission thermique minimal [W/m2K]	Type de travaux	Coefficient de transmission thermique après travaux [W/m2K]	Surface [m2]	Surcoûts ou investis.	Coût des travaux [€/m2]	Coût des travaux [€ TTC]	Gain annuel en énergie primaire [KWhep]	Gain en CO2 [Teq CO2]	Temps de retour actuel [années]	Temps de retour avec hausse annuelle [années]
												de 5% coût NRJ
Fenêtre Double Vitrage alu (4/6/4)	3.90	2.1	DV 4.16.4 argon, menuis. PVC	1.60	339	Invest. total	570	193 230	26 247	4.0	163	45
Fenêtre Simple Vitrage alu	5.30	2.1	DV 4.16.4 argon, menuis. PVC	1.60	27	Invest. total	570	15 105	3 301	0.5	101	37
Fenêtre Double Vitrage PVC (4/6/4)	2.80	2.1	DV 4.16.4 argon, menuis. PVC	1.60	23	Invest. total	570	13 338	945	0.1	312	58
Fenetre ALU aveugle	5.30	2.1	DV 4.16.4 argon, menuis. PVC	2.60	24	Invest. total	570	13 395	2 136	0.3	139	42

Actuellement toutes les fenêtres sont en cours de remplacement. Le remplacement de celles-ci par des plus performantes représente un investissement et non une opération de gros entretien.

RENOUVELLEMENT D'AIR	Débit	Nombre d'extracteurs	Type de travaux	Emplacement des bouches	Débit après travaux	Surcoûts ou investis.	Coût des travaux [€ TTC]	Gain annuel en énergie primaire [KWhep]	Gain en CO2 [Teq CO2]	Temps de retour actuel [années]	Temps de retour avec hausse annuelle [années]
											de 5% coût NRJ
Arrêt des VMC (8h/18h) (économie en chauffage uniquement)	13 000	13	13 horloges de commande	Sanitaires bureaux	13 000 en intermittent	Invest. total	2990	99 242 kWh	15.2	< 1an	< 1an

PRODUCTION, REGULATION ET DISTRIBUTION DE CHALEUR	Nombre	Type de travaux	Surcoûts ou investis.	Coût des travaux [€ TTC]	Gain annuel en énergie primaire [KWhep]	Gain en CO2 [Teq CO2]	Temps de retour actuel	Temps de retour avec hausse annuelle [années]
								de 5% coût NRJ
Robinets thermostatiques	66	Remplacement des robinets manuel par des thermostatiques	Invest. total	3 323	19 460	3.0	3.8	4
Abaissement de la température à 19°C en mode confort	DJU avant : 1825	DJU après : 1758	Nul	0	35 869	5.5	0.0	< 1an



## Economies liées à l'électricité

Electricité	Type de travaux	Nombre d'unité	Coût unitaire [€ TTC]	Coût des travaux [€ TTC]	Surcoûts ou investis.	Gain annuel en électricité [KWh EF]	Gain annuel en électricité [KWh EP]	Gain en CO2 [Teq CO2]	Temps de retour actuel [années]	Temps de retour avec hausse annuelle de 5% coût NRJ
Eclairage (élec)	Remplacement total des luminaires type T8 par des luminaires du type T5	557	200	111 400	Invest. total	17 278	44 577	1.5	105	37.6
	Gestion par Minuterie (Circulation)	6	85	510	Invest. total	4 063	10 483	0.3	7	6.4
	Gestion par détecteur (Sanitaire)	13	100	1 300	Invest. total					
	Remplacement total des lampes incandescentes par des fluocompactes	22	10	220	Invest. total	2 558	6 600	0.2	1.41	1.39
Ventil. Elec.	Arrêt des VMC (8h/18h) (économie en électricité uniquement)	Investissement déjà pris en compte dans la partie chauffage				18 480	47678.4	1.6		
Force motrice (élec)	Gestion d'un arrêt des pompes de chauffage en période de réduits (réglage sur régulateur existant)	Réglage sur les régulateurs existants				1 202	3 101	0.1		
Chauffage électrique	Suppression des radiateurs électrique due à la nouvelle isolation	Investissement considéré nul				17 820	45 976	1.5		
ECS (élec)	Mise en place d'aérateur sur les robinets	20	10	200	Invest. total	3 372	8 700	0.3	1.0	1.0
Bureautique (élec)	Remplacement des écrans cathodiques par des écrans plats	Frais de fonctionnement des services concernés				20 465	52 800	1.7		
Comportemental	Sensibilisation du personnel pour arrêter le matériel de bureautique notamment lors de la pause déjeuner (économie sur la mise en veille)				Etiquettes, formations...	18 662	48 148	1.6		

## 7. Plan d'action et conclusions

### 7.1 Plan d'action pour l'ensemble 1

**Les économies sont réalisées en grande majorité sur la consommation de chauffage urbain pour le chauffage :**

#### Isolation des murs par l'extérieur et remplacement des ouvrants

Nous préconisons une isolation par l'extérieur pour réduire au maximum les déperditions surfaciques et les ponts thermiques.

#### Remplacement des ouvrants

Il reste cependant quelques fenêtres simples vitrage bois à remplacer (surcoût par rapport à une opération de gros entretien).

Les autres ouvrants sont en très bon état puisqu'ils ont été changés récemment. Cependant leur remplacement par des doubles vitrages performants est nécessaire pour atteindre de meilleures caractéristiques que celles de la RT global. Il s'agit ici d'un investissement total.

#### Isolation des planchers bas

Les isolations des planchers bas des bâtiments peuvent être améliorées car leurs caractéristiques sont moins favorables que celles de la RT GLOBAL. Il s'agit d'opération d'investissement compte tenu du bon état de ces parois.

#### Isolation des planchers hauts

Les isolations des planchers bas des bâtiments peuvent être améliorées car leurs caractéristiques sont moins favorables que celles de la RT GLOBAL. Il s'agit d'opération de gros entretien compte tenu de la durée de vie des étanchéités des toitures terrasses.

#### Horloge sur la ventilation mécanique

La ventilation mécanique pourrait être arrêtée en dehors des périodes d'occupation du bâtiment.

#### Mise en place de robinets thermostatiques et abaissement de la température de chauffage

Remplacement des robinets manuels ou cassés par des robinets thermostatiques afin de maîtriser au mieux la température de consignes des locaux et par conséquent la facture énergétique.

**Par ailleurs des économies peuvent être réalisées sur la consommation électrique :**

#### Horloges sur les ventilations mécaniques

La ventilation mécanique pourrait être arrêtée en dehors des périodes d'occupation du bâtiment.

#### Remplacement des éclairages

Remplacement des luminaires néons en optimisant leur commande et en installant des systèmes d'intermittence. Nous préconisons des luminaires équipés de ballasts électroniques et de tubes néons hautes performance du type T5.

#### Sensibilisation des occupants

En sensibilisant les occupants sur l'utilisation des équipements de bureautique. Une formation sur les gestes éco-responsables pourrait fortement sensibiliser les occupants sur l'impact énergétique de leurs gestes au quotidien.

#### Mise en place d'aérateurs sur les robinets d'eau chaude

En installant des aérateurs sur les robinets d'eau chaude il sera possible d'économiser jusqu'à 50 % d'eau chaude sanitaire et par conséquent 50 % de la consommation électrique des ballons d'ECS.

#### Remplacement des écrans cathodiques

Remplacement des écrans cathodiques par des écrans plats moins consommateurs d'énergie.

## 7.2 Plan d'action pour l'ensemble 2

**Les économies sont réalisées en grande majorité sur la consommation de chauffage urbain pour le chauffage :**

### Isolation des murs par l'extérieur et remplacement des ouvrants

Nous préconisons une isolation par l'extérieur pour réduire au maximum les déperditions surfaciques et les ponts thermiques.

### Remplacement des ouvrants

Les ouvrants de l'ensemble 2 sont en très bon état puisqu'ils ont été changés récemment. Cependant leur remplacement par des doubles vitrages performants est nécessaire pour atteindre de meilleures caractéristiques que celles de la RT global. Il s'agit ici d'un investissement total.

### Isolation des planchers bas

Les isolations des planchers bas des bâtiments peuvent être améliorées car leurs caractéristiques sont moins favorables que celles de la RT GLOBAL. Il s'agit d'opération d'investissement compte tenu du bon état de ces parois.

### Isolation des planchers hauts

Les isolations des planchers bas des bâtiments peuvent être améliorées car leurs caractéristiques sont moins favorables que celles de la RT GLOBAL. Il s'agit d'opération de gros entretien compte tenu de la durée de vie des étanchéités des toitures terrasses.

### Création d'un faux plafond

Installation d'un faux plafond isolé dans les salles de TP (bâtiments 2) pour supprimer les fortes déperditions par la toiture dues aux polycarbonates et à sa toiture bardage associée.

### Horloge sur la ventilation mécanique

La ventilation mécanique pourrait être arrêtée en dehors des périodes d'occupation du bâtiment.

### Mise en place de robinets thermostatiques et abaissement de la température de chauffage

Remplacement des robinets manuels ou cassés par des robinets thermostatiques afin de maîtriser au mieux la température de consignes des locaux et par conséquent la facture énergétique.

**Par ailleurs des économies peuvent être réalisées sur la consommation électrique :**

### Horloges sur les ventilations mécaniques

La ventilation mécanique pourrait être arrêtée en dehors des périodes d'occupation du bâtiment.

### Remplacement des éclairages

Remplacement des luminaires néons en optimisant leur commande et en installant des systèmes d'intermittence. Nous préconisons des luminaires équipés de ballasts électroniques et de tubes néons hautes performance du type T5.

### Mise en place d'aérateurs

En installant des aérateurs sur les robinets d'eau chaude il sera possible d'économiser jusqu'à 50 % d'eau chaude sanitaire et par conséquent 50 % de la consommation électrique des ballons d'ECS.

### Remplacement des écrans cathodiques

Remplacement des écrans cathodiques par des écrans plats moins consommateurs d'énergie.

### Sensibilisation des occupants

En sensibilisant les occupants sur l'utilisation des équipements de bureautique. Une formation sur les gestes éco-responsables pourrait fortement sensibiliser les occupants sur l'impact énergétique de leurs gestes au quotidien.



## 7.3 Tableaux récapitulatifs détaillés des économies d'énergie

### 7.3.1 Pour l'ensemble 1

Estimation du potentiel d'économie d'énergie pour l'ensemble des bâtiments par rapport à la consommation de base (année 2009).

	Poste	Investissement ou surcoûts [€ TTC]	Gain énergie primaire [kWhep]	Gain en tonnes CO2	Gain en énergie réparti en %	Gain CO2 réparti en %	Gain énergie primaire kWhep/m²/an	Gain CO2 en kg/m²/an
COMBUSTIBLE	Murs	859 073	183 350	28.1	21.9%	30.3%	29.3	4.5
	Plancher bas	168 880	102 323	15.7	12.2%	16.9%	16.3	2.5
	Plancher haut	199 150	55 535	8.5	6.6%	9.2%	8.9	1.4
	Menuiseries	295 395	53 116.6	8.1	6.4%	8.8%	8.5	1.3
	Product. et distrib. chaleur	3 443	68 892	10.5	8.2%	11.4%	11.0	1.7
	Ventil. Chauffage	1 610	79 779	12	9.5%	13.2%	12.7	2
	Total combustible	1 527 551	542 996	83.1	64.9%	89.7%	86.7	13.3
ELECTRICITE	Eclairage (élec)	140 810	73 910	2.4	8.8%	2.6%	11.8	0.4
	Ventil. Elec.	0	71 159	2.3	8.5%	2.5%	11.4	0.4
	Force motrice (élec)	0	9 669	0.3	1.2%	0.3%	1.5	0.1
	Chauffage électrique	0	20 898	0.7	2.5%	0.7%	3.3	0.1
	ECS (élec)	300	5 405	0.2	0.6%	0.2%	0.9	0.0
	Bureautique (élec)	0	13 860	0.5	1.7%	0.5%	2.2	0.1
	Comportemental	0	98 308	3.2	11.8%	3.5%	15.7	0.5
	Total électrique	141 110	293 208	9.5	35.1%	10.3%	46.8	1.5
TOTAL combustible + électricité		1 668 661	836 204	92.6			133.6	14.8

Concernant les investissements, la part relative au gros entretien doit être aussi prise en considération (voir rapport concerné).



### 7.3.2 Pour l'ensemble 2

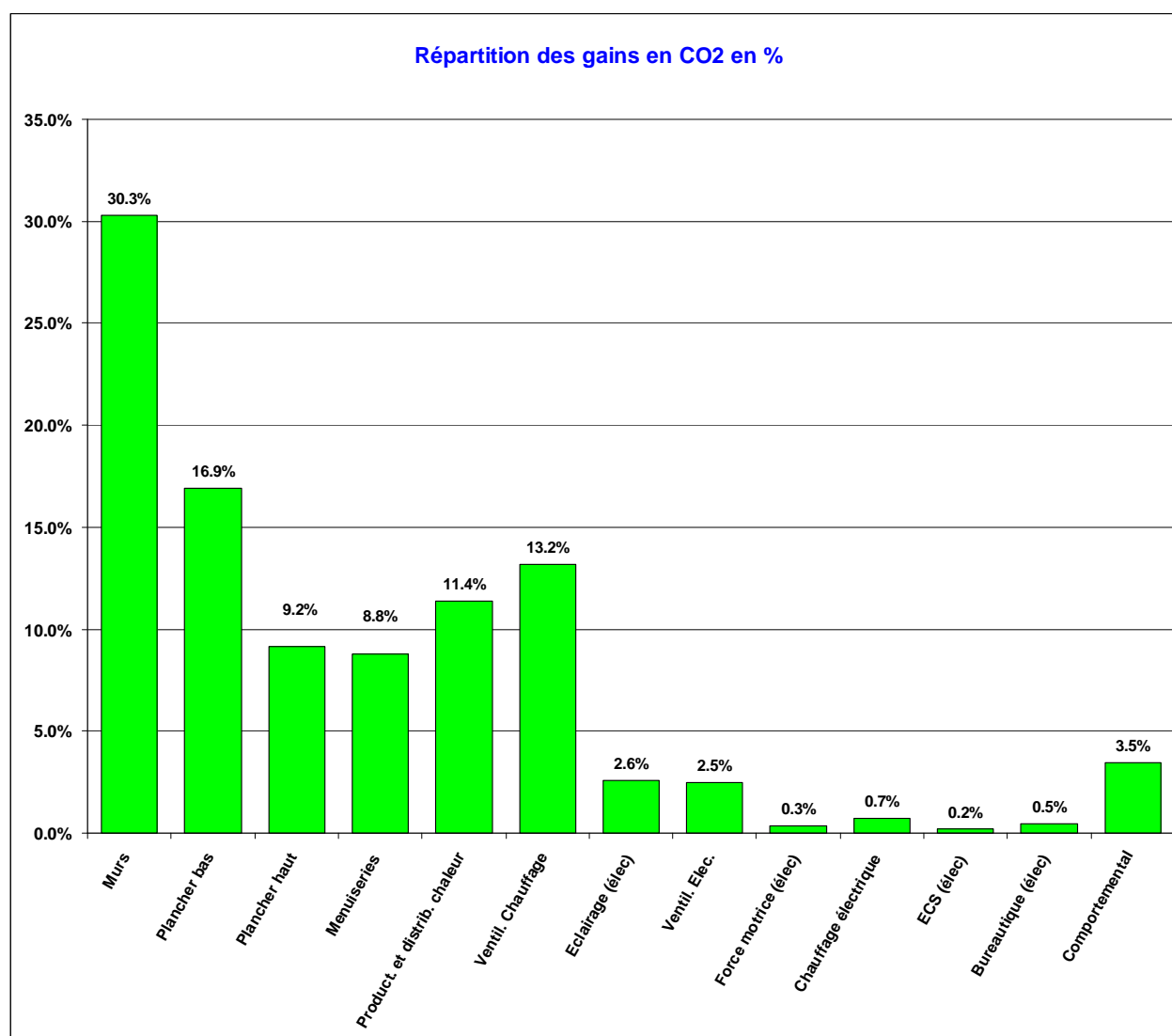
	Poste	Investissement ou surcoûts [€ TTC]	Gain énergie primaire [kWhep]	Gain en tonnes CO2	Gain en énergie réparti en %	Gain CO2 réparti en %	Gain énergie primaire kWhep/m²/an	Gain CO2 en kg/m²/an
COMBUSTIBLE	Murs	334 420	36 137	5.5	4.6%	6.2%	6.8	1.0
	Plancher bas	141 100	101 395	15.5	12.8%	17.5%	19.0	2.9
	Plancher haut	497 000	197 335	30.2	25.0%	34.1%	37.1	5.7
	Menuiseries	235 068	32 628.9	5.0	4.1%	5.6%	6.1	0.9
	Product. et distrib. chaleur	3 323	55 329	8.5	7.0%	9.6%	10.4	1.6
	Ventil. Chauffage	2 990	99 242	15	12.6%	17.1%	18.6	3
	Total combustible	1 213 901	522 067	79.9			98.0	15.0
ELECTRICITE	Eclairage (élec)	113 430	61 660	2.0	7.8%	2.2%	11.6	0.4
	Ventil. Elec.	0	47 678	1.6	6.0%	1.8%	9.0	0.3
	Force motrice (élec)	0	3 101	0.1	0.4%	0.1%	0.6	0.0
	Chauffage électrique	0	45 976	1.5	5.8%	1.7%	8.6	0.3
	ECS (élec)	200	8 700	0.3	1.1%	0.3%	1.6	0.1
	Bureautique (élec)	0	52 800	1.7	6.7%	1.9%	9.9	0.3
	Comportemental	0	48 148	1.6	6.1%	1.8%	9.0	0.3
	Total électrique	113 630	268 063	8.7	100%	100%	50.3	1.6
TOTAL combustible + électricité		1 327 531	790 130	88.6			148.4	16.6

## 7.4 Répartition des gains potentiels en CO<sub>2</sub>

### 7.4.1 Pour l'ensemble 1

Bâtiment	Emission actuelle de CO <sub>2</sub> en kg/m <sup>2</sup> /an	Economie CO <sub>2</sub> en kg/m <sup>2</sup> /an	% d'économie en CO <sub>2</sub>
Ensemble 1	23.1 kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> /an	14.8 kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> /an	64.2%

Les gains en Tonnes de CO<sub>2</sub> se répartissent de la façon suivante selon les améliorations :

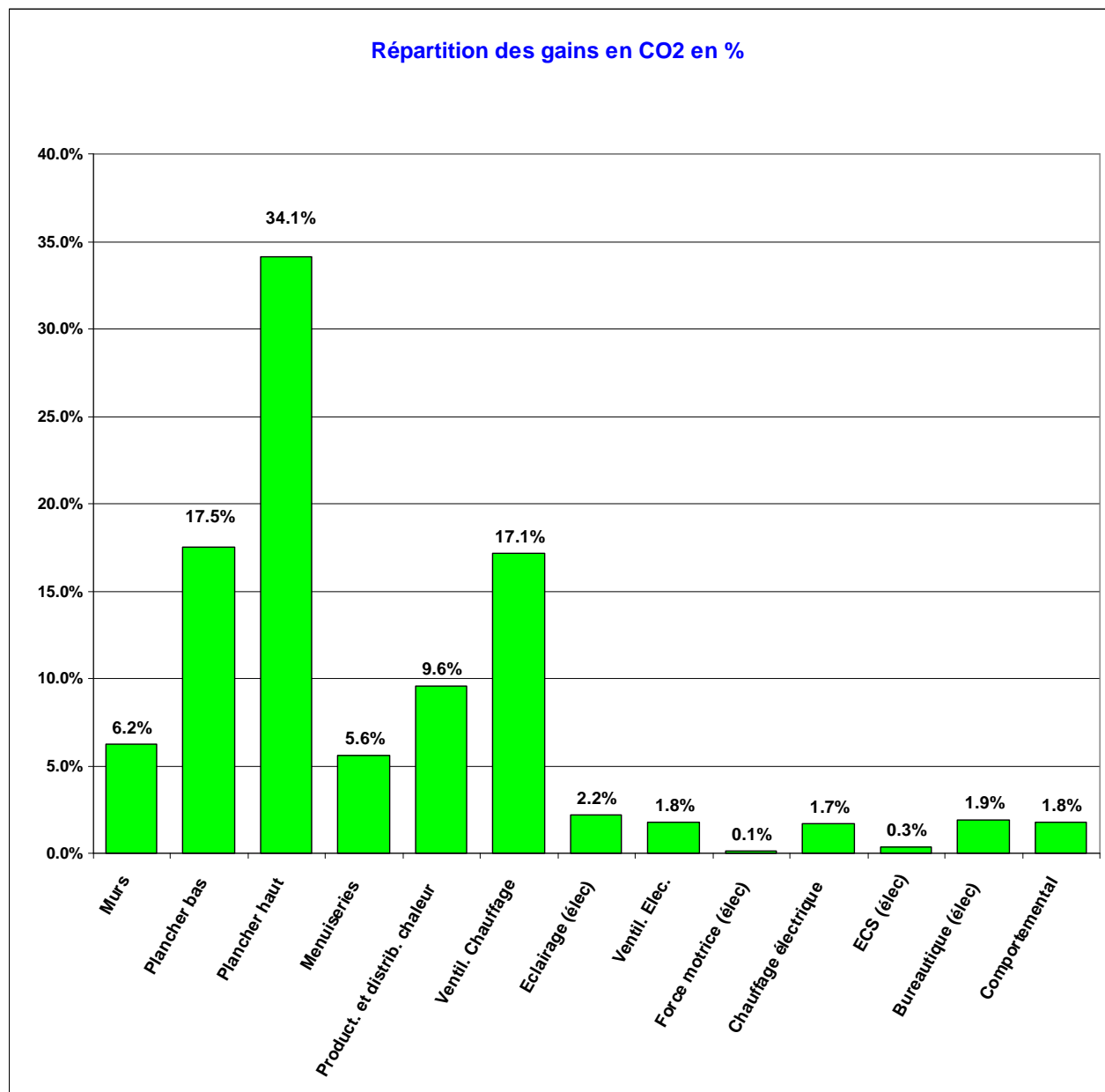


L'isolation des murs représente les meilleurs gains en rejet de CO<sub>2</sub>.

#### 7.4.2 Pour l'ensemble 2

Bâtiment	Emission actuelle de CO2 en kg/m²/an	Economie CO2 en kg/m²/an	% d'économie en CO2
Ensemble 2	28.7 kg CO2/m²/an	16.6 kg CO2/m²/an	57.9%

Les gains en Tonnes de CO<sub>2</sub> se répartissent de la façon suivante selon les améliorations :



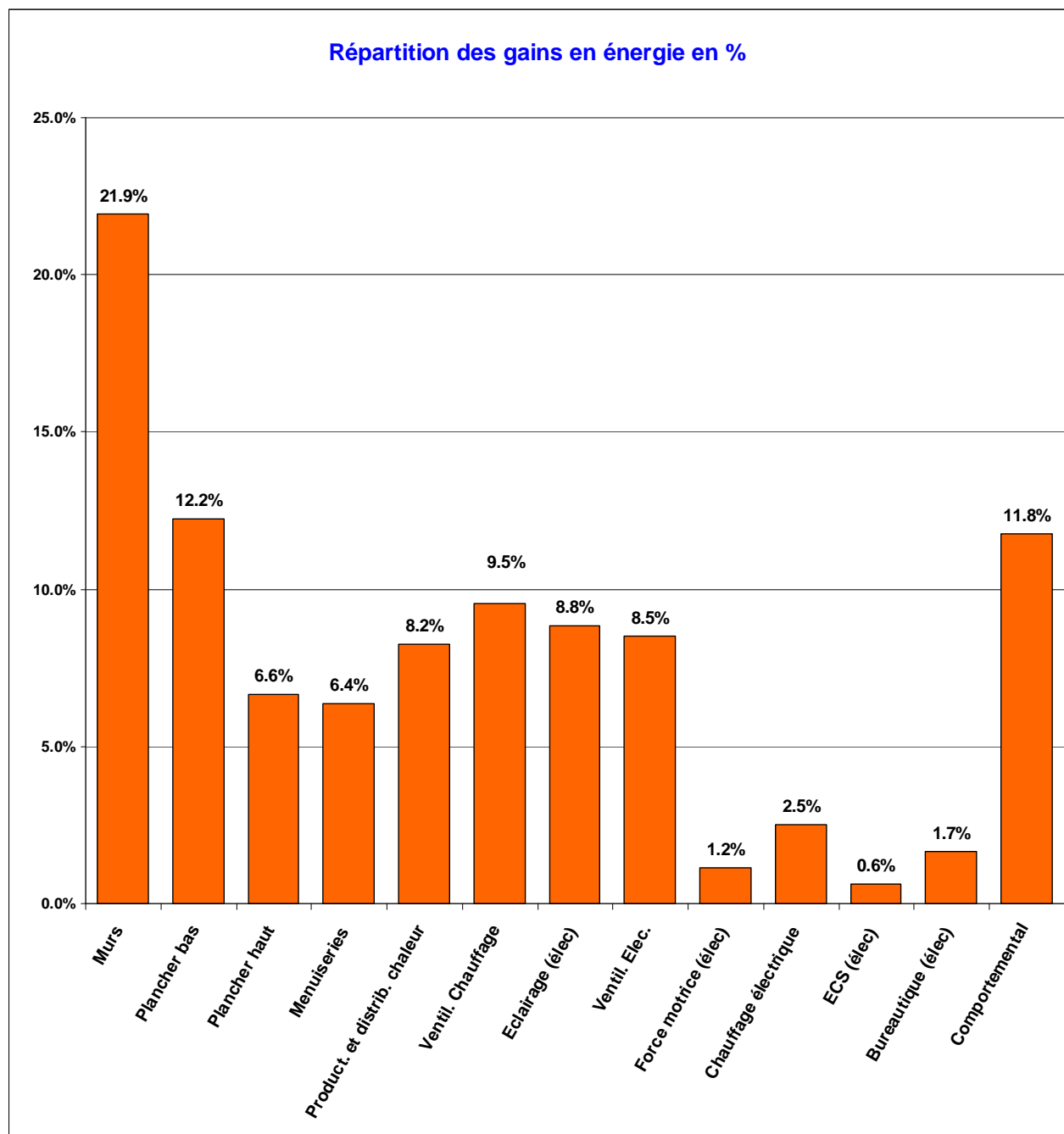
L'isolation des planchers hauts représente les meilleurs gains en rejet de CO<sub>2</sub>.

## 7.5 Répartition des gains potentiels en énergie

### 7.5.1 Pour l'ensemble 1

Bâtiment	Conso. Actuelle en kWh EP/m²/an	Economie en énergie en kWh EP/m²/an	% d'économie en énergie
Ensemble 1	330.4	134	40.4%

Les gains en énergie se répartissent de la façon suivante selon les améliorations :

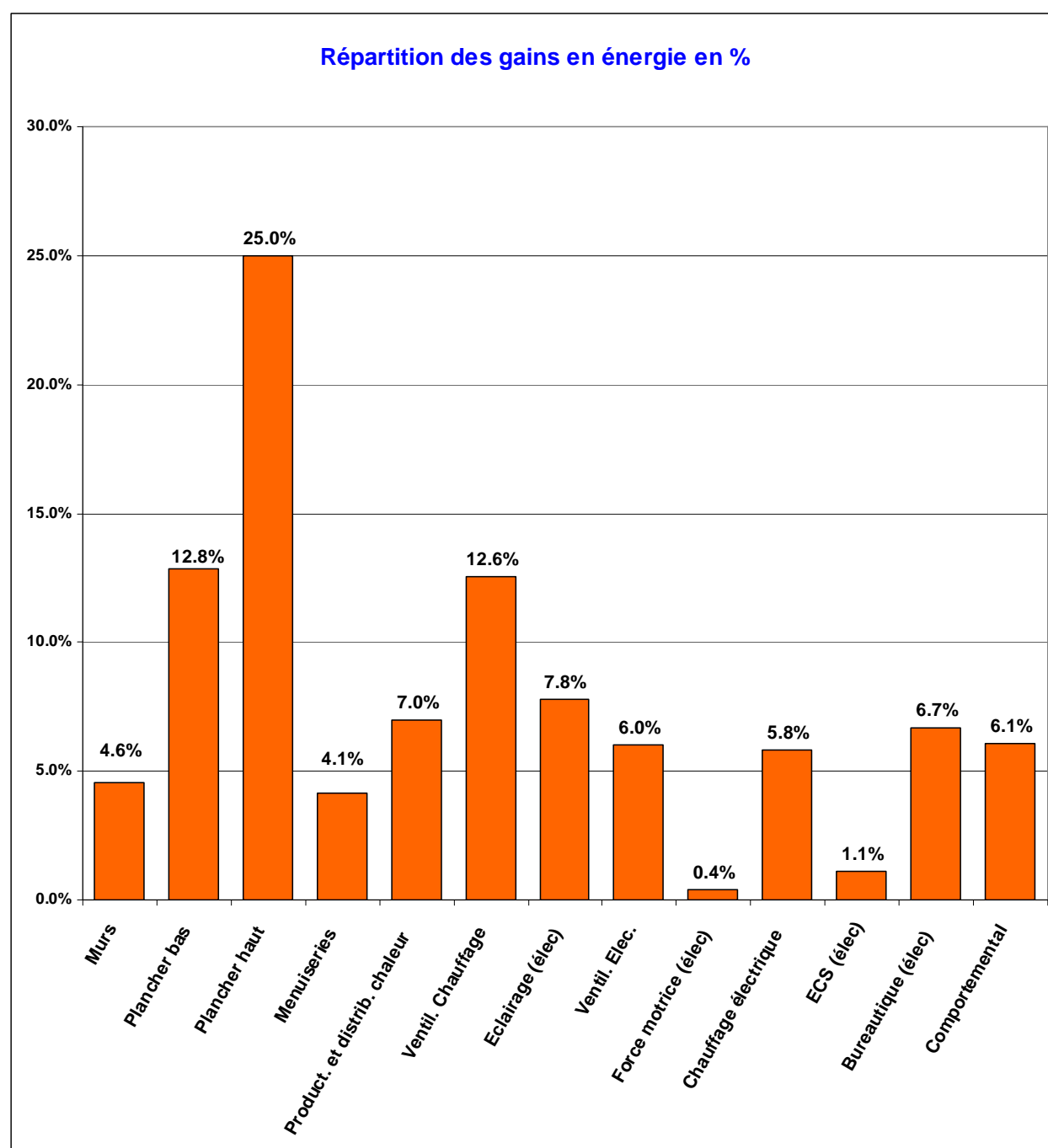


L'isolation des murs représente les meilleurs gains en énergie.

## 7.5.2 Pour l'ensemble 2

Bâtiment	Conso. Actuelle en kWh EP/m²/an	Economie en énergie en kWh EP/m²/an	% d'économie en énergie
Ensemble 2	360.7	148	41.1%

Les gains en énergie se répartissent de la façon suivante selon les améliorations :



L'isolation des planchers hauts représente les meilleurs gains en énergie.

## 7.6 Nouvelles performances énergétiques et environnementales du site

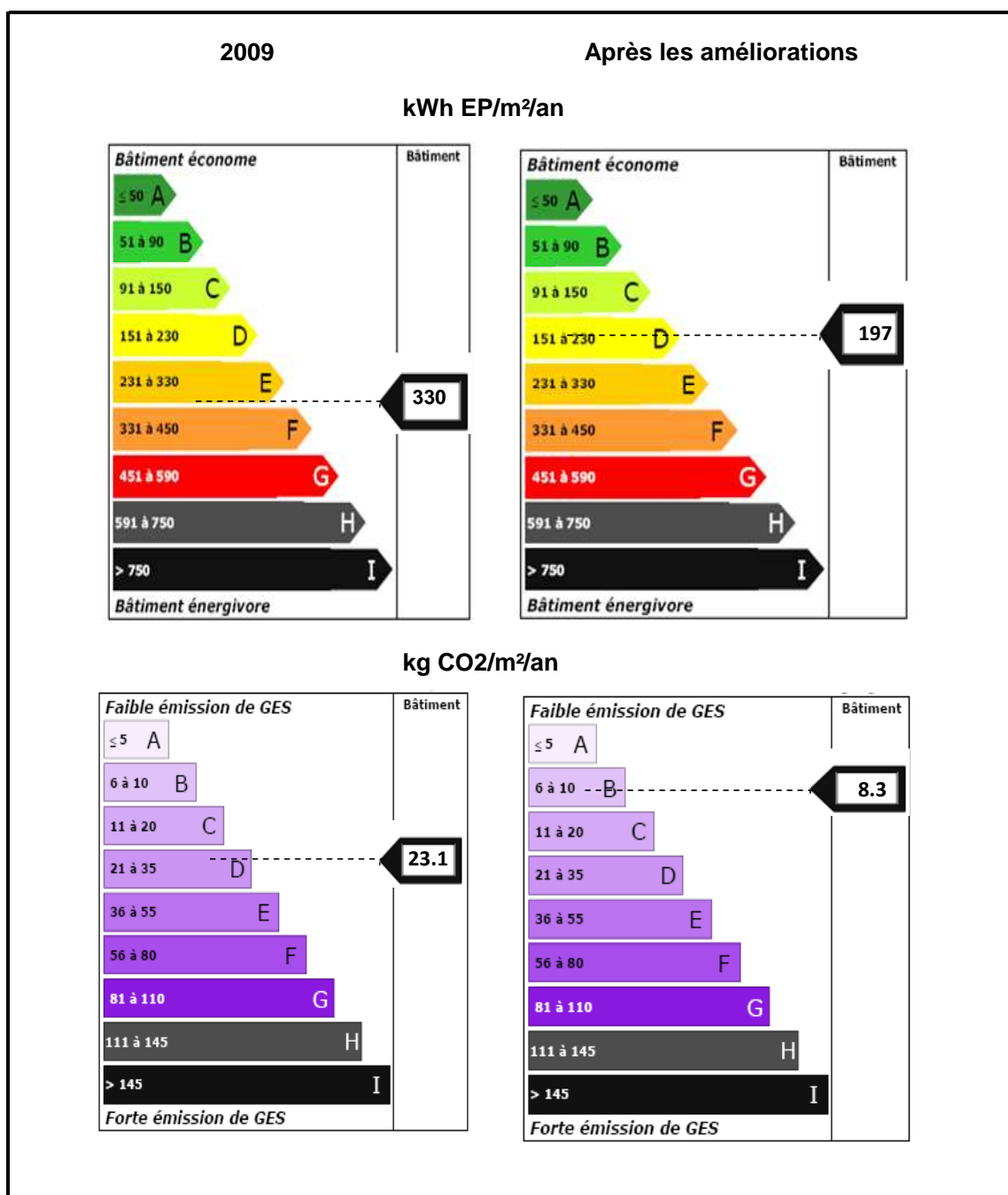
Les performances actuelles sont calculées sur la base des consommations en chauffage urbain et en électricité de l'année 2009, les performances futures sont basées sur la totalité des économies projetées.

Les étiquettes suivantes ont été établies hors du cadre réglementaire du DPE.

La situation actuelle correspond aux seules consommations de l'année de référence 2009 et ceci en tenant compte des consommations inhérentes à la bureautique et à la climatisation associée au serveur.

La surface utilisée pour le calcul des étiquettes est la surface chauffée.

### Pour l'ensemble 1

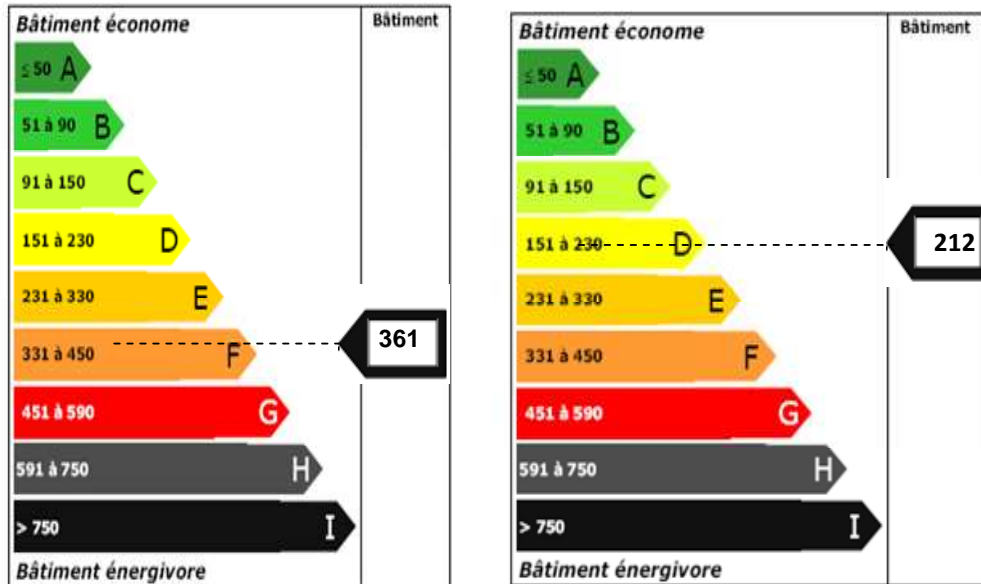


## Pour l'ensemble 2

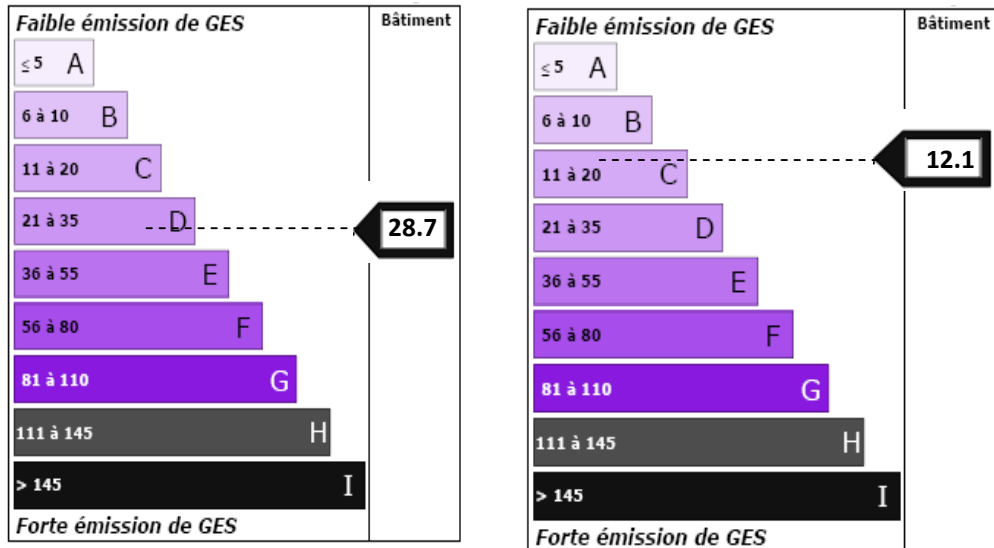
2009

Après les améliorations

kWh EP/m²/an



kg CO2/m²/an



## ANNEXE

### COMPOSITIONS DU BATI (Ensemble 1)

#### Murs

Mur extérieur 1		Matériau 1 extérieur	Mat. 2	Mat. 3	Mat. 4	Coef. U	Coef. U de la RT global
Murs "pierre"	Type	béton armé	plâtre	air	placo	1.81 W/m²K	0.36
	Lambda	1.750 W/m.K	0.350 W/m.K	0.130 W/m.K	0.350 W/m.K		
Bon état	Epaisseur	20 cm	2 cm	2 cm	2 cm		
	E/L	0.11 m²K/W	0.06 m²K/W	0.15 m²K/W	0.06 m²K/W		
Mur extérieur 2		Matériau 1 extérieur	Mat. 2	Mat. 3	Mat. 4	Coef. U	Coef. U de la RT global
Couloir F-D Mur Béton	Type	béton armé	air	placo		2.02 W/m²K	0.36
	Lambda	1.750 W/m.K	0.130 W/m.K	0.350 W/m.K			
Bon état	Epaisseur	20 cm	2 cm	2 cm			
	E/L	0.11 m²K/W	0.15 m²K/W	0.06 m²K/W			
Mur extérieur 3		Matériau 1 extérieur	Mat. 2	Mat. 3	Mat. 4	Coef. U	Coef. U de la RT global
Mur Batiment C	Type	béton armé	laine roche/verre ancien	placo		0.76 W/m²K	0.36
	Lambda	1.750 W/m.K	0.041 W/m.K	0.350 W/m.K			
Bon état	Epaisseur	20 cm	4 cm	2 cm			
	E/L	0.11 m²K/W	0.98 m²K/W	0.06 m²K/W			
Mur extérieur 4		Matériau 1 extérieur	Mat. 2	Mat. 3	Mat. 4	Coef. U	Coef. U de la RT global
Mur Sous sol baitment B	Type	béton armé	laine roche/verre ancien	placo		0.76 W/m²K	0.36
	Lambda	1.750 W/m.K	0.041 W/m.K	0.350 W/m.K			
	Epaisseur	20 cm	4 cm	2 cm			
	E/L	0.11 m²K/W	0.98 m²K/W	0.06 m²K/W			



## Les planchers bas

Plancher bas 1	1/he		Matériau 1 extérieur	Mat. 2	Coef. U	Coef. U de la RT global	
	Contact avec un local non chauffé	Type	béton armé		2.20 W/m²K	0.27	
	Plancher non isolé sur caves	0.17	Lambda	1.750 W/m.K			
			Epaisseur	20 cm			
E/L			0.11 m²K/W				
Bon état							
Plancher bas 2	1/he		Matériau 1 extérieur	Mat. 2	Coef. U	Coef. U de la RT global	
	Contact avec l'extérieur	Type	béton armé		2.99 W/m²K	0.27	
	Plancher sur terre plein	0.05	Lambda	1.750 W/m.K			
			Epaisseur	20 cm			
E/L			0.11 m²K/W				
Bon état							
Plancher bas 3	1/he		Matériau 1 extérieur	Mat. 2	Coef. U	Coef. U de la RT global	
	Contact avec l'extérieur	Type	béton armé	laine roche/verre ancien	0.36 W/m²K	0.27	
	Plancher sur extérieur	0.05	Lambda	1.750 W/m.K			0.041 W/m.K
			Epaisseur	20 cm			10 cm
E/L			0.11 m²K/W	2.44 m²K/W			
Bon état							

Plancher bas sur terre plein 1	Description du contact	Coefficient linéique W/m <sup>2</sup> K
	Plancher enterré, sans isolation	0.95

## Toitures

Toiture 1	Toiture terrasse	Matériau 1 extérieur	Mat. 2	Mat. 3	Coef. U	Coef. U de la RT global
Toitures terrasses béton	Type	béton armé	laine roche/verre ancien	Membrane goudronnée	0.85 W/m2K	Sur extérieur
	Lambda	1.750 W/m.K	0.041 W/m.K	0.230 W/m.K		0.27
Etat dégradé	Epaisseur	10.0 cm	4.0 cm	0.2 cm		
	E/L	0.06 m2K/W	0.98 m2K/W	0.01 m2K/W		
Toiture 2	Toiture pente < 60°	Matériau 1 extérieur	Mat. 2	Mat. 3	Coef. U	Coef. U de la RT global
Toitures terrasse bac acier	Type	bac acier	laine roche/verre ancien	Membrane goudronnée	0.89 W/m2K	Sur extérieur
	Lambda	7.000 W/m.K	0.041 W/m.K	0.230 W/m.K		0.27
Bon état	Epaisseur	0.2 cm	4 cm	0.1 cm		
	E/L	0.00 m2K/W	0.98 m2K/W	0.00 m2K/W		
Toiture 3	Toiture pente < 60°	Matériau 1 extérieur	Mat. 2	Mat. 3	Coef. U	Coef. U de la RT global
Toiture vitrée	Type	Verre	air	Verre	4.47 W/m2K	Sur extérieur
	Lambda	1.150 W/m.K	0.130 W/m.K	1.150 W/m.K		0.27
Bon état	Epaisseur	0.4 cm	1 cm	0.4 cm		
	E/L	0.00 m2K/W	0.08 m2K/W	0.00 m2K/W		

## COMPOSITIONS DU BATI (Ensemble 2)

### Murs

Mur extérieur 1		Matériau 1 extérieur	Mat. 2	Mat. 3	Mat. 4	Coef. U	Coef. U de la RT global
Mur béton	Type	béton armé	laine roche/verre ancien	placo		0.78 W/m2K	0.36
	Lambda	1.750 W/m.K	0.041 W/m.K	0.350 W/m.K			
Bon état	Epaisseur	20 cm	4 cm	1 cm			
	E/L	0.11 m2K/W	0.98 m2K/W	0.03 m2K/W			
Mur extérieur 2		Matériau 1 extérieur	Mat. 2	Mat. 3	Mat. 4	Coef. U	Coef. U de la RT global
Mur bardage	Type	bac acier	béton armé	laine roche/verre ancien	placo	0.77 W/m2K	0.36
	Lambda	7.000 W/m.K	1.750 W/m.K	0.041 W/m.K	0.350 W/m.K		
Bon état	Epaisseur	0.2 cm	20.0 cm	4 cm	1.3 cm		
	E/L	0.00 m2K/W	0.11 m2K/W	0.98 m2K/W	0.04 m2K/W		
Mur extérieur 4		Matériau 1 extérieur	Mat. 2	Mat. 3	Mat. 4	Coef. U	Coef. U de la RT global
Mur CPI (2002)	Type	Enduit extérieur	béton armé	laine roche/verre ancien	placo	0.44 W/m2K	0.36
	Lambda	1.150 W/m.K	1.750 W/m.K	0.041 W/m.K	0.350 W/m.K		
Bon état	Epaisseur	1 cm	20 cm	8 cm	1 cm		
	E/L	0.01 m2K/W	0.11 m2K/W	1.95 m2K/W	0.03 m2K/W		
Mur extérieur 5		Matériau 1 extérieur	Mat. 2	Mat. 3	Mat. 4	Coef. U	Coef. U de la RT global
Couloir CPI (polycarbonate triple peau)	Type	Polycarbonate				2.80 W/m2K	0.36
Bon état	Epaisseur	5 cm					

## Les planchers bas

	1/he		Matériau 1 extérieur	Mat. 2	Coef. U	Coef. U de la RT global
Plancher bas 1	Contact avec un local non chauffé	Type	béton armé	polystyrène hte densité	0.29 W/m2K	0.27
Plancher non isolé sur vide sanitaire	0.17	Lambda	1.750 W/m.K	0.034 W/m.K		
Bon état		Epaisseur	20 cm	10 cm		
		E/L	0.11 m2K/W	2.94 m2K/W		

Plancher bas 2	1/he		Matériau 1 extérieur	Mat. 2	Coef. U	Coef. U de la RT global
	Contact avec un local non chauffé	Type	béton armé	Flocage	0.35 W/m2K	0.27
Plancher isolé sur vide sanitaire	0.17	Lambda	1.750 W/m.K	0.042 W/m.K		
Bon état		Epaisseur	20 cm	10 cm		
		E/L	0.11 m2K/W	2.38 m2K/W		

Plancher bas sur terre plein 1	Description du contact	Coefficient linéique W/m.K
	Plancher enterré, sans isolation	0.7

## Toitures

Toiture 1	Toiture terrasse	Matériau 1 extérieur	Mat. 2	Mat. 3	Mat. 4	Coef. U	Coef. U de la RT global
Toitures terrasses	Type	béton armé	laine roche/verre ancien	membrane goudronné		0.81 W/m2K	Sur extérieur
	Lambda	1.750 W/m.K	0.041 W/m.K	0.230 W/m.K			0.27
Etat dégradé	Epaisseur	20.0 cm	4.0 cm	0.2 cm			
	E/L	0.11 m2K/W	0.98 m2K/W	0.01 m2K/W			
Toiture 2	Toiture pente > 60°	Matériau 1 extérieur	Mat. 2	Mat. 3	Mat. 4	Coef. U	Coef. U de la RT global
Ouverture toiture en polycarbonate	Type	Polycarbonate				5.65 W/m2K	Sur extérieur
	Lambda	2.800 W/m.K					0.27
Bon état	Epaisseur	2 cm					
	E/L	0.01 m2K/W					
Toiture 3	Toiture pente < 60°	Matériau 1 extérieur	Mat. 2	Mat. 3	Mat. 4	Coef. U	Coef. U de la RT global
Toiture bardage	Type	bac acier	laine roche/verre ancien	placo		0.87 W/m2K	Sur extérieur
	Lambda	7.000 W/m.K	0.041 W/m.K	0.350 W/m.K			0.27
Bon état	Epaisseur	0.2 cm	4 cm	1.3 cm			
	E/L	0.00 m2K/W	0.98 m2K/W	0.04 m2K/W			
Toiture 4	Toiture terrasse	Matériau 1 extérieur	Mat. 2	Mat. 3	Mat. 4	Coef. U	Coef. U de la RT global
Toiture terrasse 2002	Type	béton armé	laine minérale hte perf.	membrane goudronné	laine minérale hte perf.	0.22 W/m2K	Sur extérieur
	Lambda	1.750 W/m.K	0.032 W/m.K	0.230 W/m.K	0.032 W/m.K		0.27
Bon état	Epaisseur	20 cm	6 cm	0.5 cm	8 cm		
	E/L	0.11 m2K/W	1.88 m2K/W	0.02 m2K/W	2.50 m2K/W		