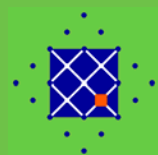


CETE de l'Est

Laboratoire de  
Strasbourg  
Groupe  
Construction



Réseau  
Scientifique et  
Technique

# ***PREBAT 2008***

## ***Rapport de suivi du siège social du CNIDEP à Laxou (54)***

*Rapport intermédiaire - octobre 2011*

Ressources, territoires et habitats  
Énergie et climat  
Prévention des risques  
Développement durable  
Infrastructures, transports et mer

**Présent  
pour  
l'avenir**



Centre d'Études techniques de l'Équipement de l'Est

Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire

## Références de la commande

Nom de l'organisme financier	ADEME	DGALN / DHUP / QC2
Nom des correspondants	Philippe LEONARDON	Thierry BERTHIER
Coordonnées	04 93 95 79 22 philippe.leonardon@ademe.fr	01 40 81 91 08 thierry.berthier@developpement-durable.gouv.fr
Références de la commande	convention 0804C0112	2009 75 055

## Historique des versions du document

Version	Auteurs	Commentaires
v1	C. SCHMAUCH K. DJAHANBANI	Création document - Premier rapport intermédiaire
	J. BURGHOLZER	Relecture

## Affaire suivie par

Christophe SCHMAUCH – LRS – GROUPE CONSTRUCTION
Tél. 03 88 77 46 00 / fax : 03 88 77 46 20
Mél. Christophe.schmauch@developpement-durable.gouv.fr

# Table des matières

<b>1. Fiche d'identité.....</b>	<b>5</b>
<b>2. Phase 1 : évaluation de la conception et de l'initialisation du suivi.....</b>	<b>6</b>
2.1. Pièces graphiques (Projet).....	6
2.1.1. Plan de masse.....	6
2.1.2. Façade Nord-Est et avant Sud-Est.....	7
2.1.3. Nature des parois.....	8
2.2. Les caractéristiques thermiques du projet (extrait note de calcul RT).....	9
2.2.1. L'enveloppe.....	9
2.2.2. La ventilation.....	10
2.2.3. Le chauffage – Le refroidissement.....	10
2.2.4. L'eau chaude sanitaire (ECS).....	11
2.2.5. L'éclairage.....	12
2.3. Analyse du DCE.....	13
2.3.1. L'enveloppe.....	13
2.3.2. La ventilation.....	14
2.3.3. Le chauffage – Le refroidissement.....	15
2.3.4. L'eau chaude sanitaire (ECS).....	16
2.3.5. L'éclairage.....	17
<b>3. Phase 2 : Suivi de chantier, évaluation de la mise en œuvre.....</b>	<b>18</b>
3.1. L'enveloppe.....	18
3.1.1. Perméabilité du bâtiment.....	21
3.2. La ventilation.....	25
3.3. Le chauffage – Le refroidissement.....	26
3.3.1. Refroidissement.....	28
3.4. L'eau chaude sanitaire (ECS).....	28
3.5. L'éclairage.....	29
<b>4. Protocole de suivi.....</b>	<b>31</b>
4.1. Objectif de la fiche métrologique.....	31
4.2. Capteurs de mesure.....	32
4.3. Schéma de principe.....	33
4.4. Observations.....	34
4.5. Accès aux installations thermiques et à l'instrumentation.....	34
4.6. Confidentialité et accès aux résultats.....	35

<b>4.7. Devis instrumentation.....</b>	<b>35</b>
<b>5. Phase 3 : Suivi d'exploitation du bâtiment 1ère année.....</b>	<b>36</b>
<b>5.1. Analyse des consommations.....</b>	<b>36</b>
<b>5.1.1. Résultats.....</b>	<b>36</b>
<b>5.1.2. Analyse.....</b>	<b>37</b>
<b>5.2. Usage du bâtiment.....</b>	<b>38</b>
<b>5.2.1. Système de ventilation.....</b>	<b>38</b>
<b>5.2.2. Système de chauffage.....</b>	<b>40</b>
<b>5.2.3. Les auxiliaires.....</b>	<b>41</b>
<b>5.2.4. Éclairage.....</b>	<b>41</b>
<b>5.2.5. Constats de l'usage du bâtiment.....</b>	<b>41</b>
<b>5.3. Performances de l'enveloppe.....</b>	<b>42</b>
<b>5.4. Analyse des systèmes.....</b>	<b>42</b>
<b>5.4.1. Système de ventilation.....</b>	<b>42</b>
<b>5.4.2. Le chauffage : la pompe à chaleur.....</b>	<b>44</b>
<b>5.5. Confort intérieur.....</b>	<b>44</b>
<b>5.5.1. Confort d'été/d'hiver.....</b>	<b>44</b>
<b>5.5.2. Variations des températures intérieures.....</b>	<b>44</b>
<b>6. Synthèse.....</b>	<b>46</b>

# 1. Fiche d'identité

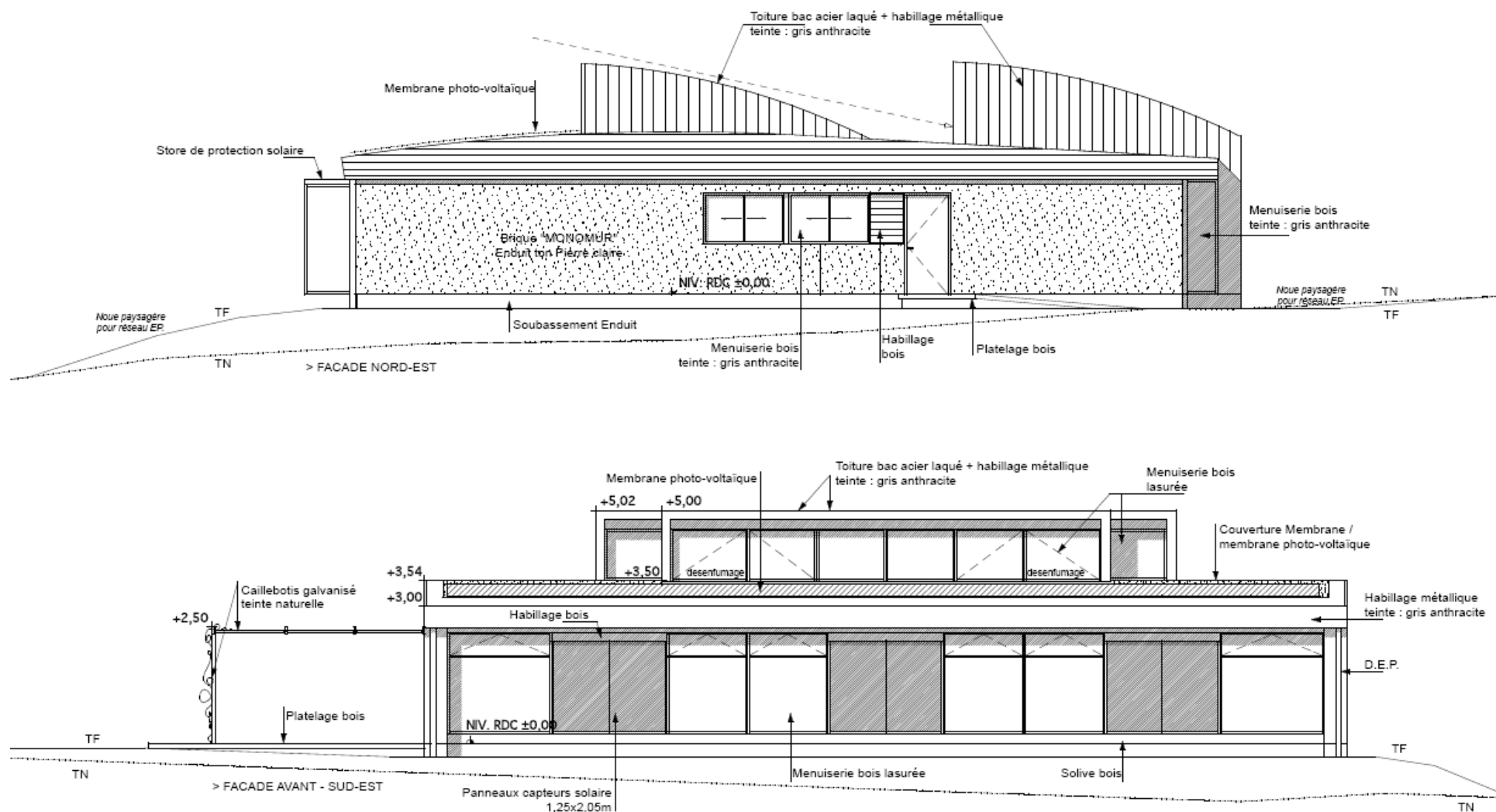
<b>Bâtiment n°</b>	2
<b>Adresse</b>	4, Rue de la Vologne - LAXOU
<b>Maître d'ouvrage</b>	Centre National d'Innovation pour le Développement durable et l'Environnement dans les Petites entreprises (CNIDEP) M <sup>me</sup> K. BONIFACE - chargé de projet
<b>Architecte</b>	J. MONCUIT & B. FEDELI
<b>BET Thermique</b>	Energico - M. Brice - 03 89 42 09 73
<b>Descriptif</b>	<p>■ Type de bâtiment : Bâtiment tertiaire accueillant les bureaux du CNIDEP</p> <p>■ <b>Nombre de niveaux</b> : 1, bâtiment de plein pied.</p> <p>■ Surface Hors Œuvre Nette SHON : 313,88 m<sup>2</sup></p> <p>■ Matériaux constructifs :  <u>Isolation intérieure</u> : 1- brique mono-mur + ouate de cellulose. 2- ossature bois avec ouate cellulose entre ossature.  <u>Fenêtres</u> : triple vitrage.  <u>Ventilation</u> : VMC double flux.  <u>Chauffage</u> : Par le circuit de ventilation : Système de stockage d'eau chaude qui alimente des batteries chaudes. Elles chauffent ainsi l'air du circuit de ventilation. Le chauffage de l'eau s'effectue par PAC avec captage vertical &amp; capteur solaire.  Panneaux-photovoltaïque : 2,4kW.  ECS : (marginal) petits ballons électriques.  <u>Rafrichissement</u> : Sur ventilation nocturne &amp; Free-cooling</p> 
<b>Budget (en € TTC)</b>	940 000 soit 2 995 € TTC/m <sup>2</sup>
<b>Calendrier</b>	Études : Travaux : juin 2008 – juin 2009
<b>Performance affichée</b>	Cep = 57,43 kWh/m <sup>2</sup> .an (au sens RT 2005)
<b>Détails :</b>	- Cep chauffage : 6 kWh/m <sup>2</sup> .an - Cep ventilation : 4,23 kWh/m <sup>2</sup> .an - Cep éclairage : 37,54 kWh/m <sup>2</sup> .an - Cep auxiliaires : 9,66 kWh/m <sup>2</sup> .an (dont ECS) (- Cep photovoltaïque : -18 kWh/m <sup>2</sup> .an) non intégré



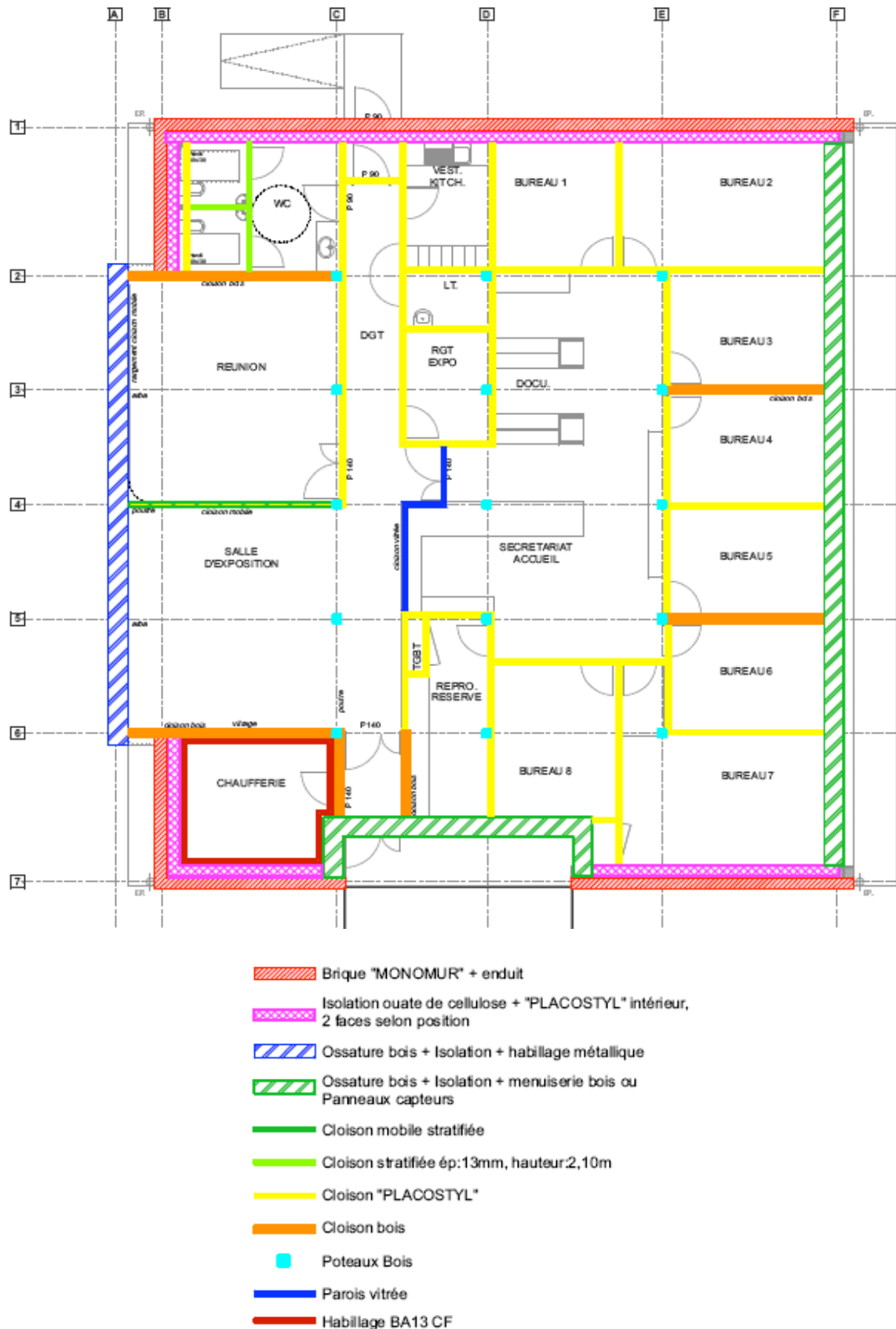
## 2.1.2. Façade Nord-Est et avant Sud-Est

La couverture membrane est une membrane photovoltaïque.

Une partie de la façade est constituée de panneaux capteurs solaire.



### 2.1.3. Nature des parois





## 2.2. Les caractéristiques thermiques du projet (extrait note de calcul RT)

### 2.2.1. L'enveloppe

L'enveloppe est constituée de deux types de mur (voir schéma page précédente) :

- Brique monomur doublée ouate de cellulose puis laine de bois ;
- Ossature bois isolée ouate de cellulose entre ossature et doublée intérieurement laine de bois.

La toiture est en structure bois isolée de 35 cm d'ouate de cellulose.

Type	Repérage paroi	Constituants (ext vers int)	Épaisseurs (cm)	Coefficient U (W/m².°C)
Parois opaques	Mur extérieur A1 à ossature bois	Bardage métal ou photovoltaïq. Lame d'air faiblement ventilée Ouate de cellul. BA 13	0,3 0,5 30 1,3	0,168
	Mur extérieur A1 en brique monomur	Enduit Brique terre cuite Ouate de cellul. BA 13	0,2 20 25 1,3	0,137
	Toiture structure bois	Bardage métalliq. Ouate de cellul. Bois	0,3 35 5	0,148
	Plancher sur terre plein	Dalle béton armé Panneaux liège Chape armée Linoléom	18 12 0,4 0,1	0,204
	Porte (simple et double)	Non Connu (N.C)	N.C.	1,150
Parois vitrées	Triple vitrage menuiserie bois	Verre air Verre air Verre	/ / / / /	1,150
Ponts thermiques	Mur ext. / Plafond	/	/	0,07 W/m.°K
	Mur ext. / Plancher int.	/	/	0,06 W/m.°K
	Angle de 2 murs	/	/	0,06 W/m.°K
<b>Performance globale Ubât (W/m².°C)</b>				<b>0,256</b>

## 2.2.2. La ventilation

Le système de ventilation s'effectue par une VMC double flux.

Type de ventilation	VMC Double Flux
Mode de gestion de la ventilation	Gestion centralisée : programmée
Perméabilité sous 4 Pascals	1,2 m³/h.m²

Si système de ventilation mécanique contrôlé :

Débit	1010 m³/h, (2600 m³/h en sur-ventilation)
Rendement de récupération (si DF)	95,00%
Prise d'air neuf	extérieur
Sorties d'air	Secrétariat, salle de réunion et d'exposition et bureaux.
Commentaires particuliers	Le chauffage et le rafraîchissement des locaux est réalisé par ventilation via des batteries terminales (échangeur eau/air).
Consommation électrique (en kWh/an)	<b>1175,55</b>

## 2.2.3. Le chauffage – Le refroidissement

La technologies innovantes utilisées sont la géothermie par captage vertical et la pose de capteurs solaire thermiques.

Concernant le chauffage, les locaux sont équipés d'une PAC et de capteurs thermiques solaire qui alimentent un ballon tampon. Ce dernier alimente à son tour le circuit de chauffage des batteries chaudes reliées à la VMC DF.

Concernant le rafraîchissement, le circuit hydraulique qui alimente les batteries froides est directement relié aux sondes du captage vertical sans passer par la PAC (free-cooling). De plus, le rafraîchissement sera effectué par une sur-ventilation nocturne.

CHAUFFAGE	
Type de production	PAC eau glycolée/eau + capteurs thermiques solaire
Mixte ECS	Non
Local de production	Sous sol dans le local technique
Puissance de l'installation	40 kW

<b>Rendement de l'installation</b>	COP = 4,5 certifié
<b>Réseau de distribution (Implantation et isolation)</b>	Circuit qui alimente des batteries chaudes (échangeurs eau/air) dans le local technique.
<b>Type d'émetteurs</b>	Circuit de ventilation.
<b>Régulation des émetteurs</b>	N.C. (Non Connu)
<b>Mode de gestion</b>	Programmeur
<b>Mode de chauffage auxiliaire</b>	Non
<b>Si oui, caractéristiques</b>	Sans objet
<b>Consommation moyenne annuelle (Consommation gaz)</b>	Sans objet
<b>Consommation chauffage (en kWh/an)</b>	<b>730,04</b>

<b>REFROIDISSEMENT</b>	
<b>Type de production</b>	Captage sur nappe phréatique: -2 forages (aspiration et rejet) Ø 32 mm -profondeur: 85m Batterie froide (échangeur): entre l'eau de la nappe phréatique et l'air soufflé de la VMC DF
<b>Local de production</b>	Sans objet
<b>Puissance de l'installation</b>	N.C.
<b>Rendement de l'installation</b>	N.C.
<b>Réseau de distribution (Implantation et isolation)</b>	Circuit qui alimente des batteries froides (échangeurs eau/air) dans le local technique.
<b>Type d'émetteurs</b>	Circuit de ventilation.
<b>Régulation des émetteurs</b>	Programmée (VMC)
<b>Mode de gestion</b>	Thermostat d'ambiance
<b>Mode de rafraichissement auxiliaire</b>	Oui
<b>Si oui, caractéristiques</b>	Sur-ventilation nocturne de la VMC DP
<b>Consommation refroidissement (en kWh/an)</b>	<b>N.C. (inclus dans ventilation)</b>

#### 2.2.4. L'eau chaude sanitaire (ECS)

Nous sommes dans un bâtiment tertiaire, aussi l'ECS occupe une place faible dans le bilan thermique. Elle ne fait pas partie des exigences réglementaires.

Type de production d'ECS	électrique
Puissance maximale fournie	Non Connu (N.C.)
Réseau de distribution (Implantation et isolation)	N.C.
Ballon d'eau chaude (si oui, cf. tableau ci-dessous)	Oui

Volume	N.C.
Position	N.C.
Température de consigne	N.C.

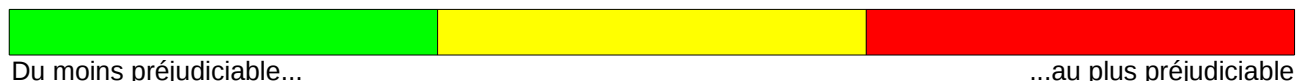
<b>Consommation ECS (en kWh/an)</b>	<b>Non comptabilisé (marginal)</b>
-------------------------------------	------------------------------------

### 2.2.5. L'éclairage

Utilisation de l'éclairage naturel	Oui L'ensemble du logement est suffisamment pourvu en lumière naturelle
Gestion de l'éclairage artificiel	Automatique dans tous les couloirs. Manuelle dans les bureaux, WC, rangement ...
Puissance	Appareil fluo linéaire, grille à faible luminance 8 W/m <sup>2</sup>
<b>Consommation électrique (en kWh/an)</b>	<b>4566,66</b>

## 2.3. Analyse du DCE

Le contenu technique du DCE est comparée aux hypothèses de la note de calcul thermique, le degré de divergence préjudiciable pour le Cep de cette note est formalisé par le code couleur suivant:



### 2.3.1. L'enveloppe

Éléments techniques	Hypothèses de la note de calcul	Formulation du DCE	Divergence
Coefficient de déperdition des parois opaques	<u>Murs extérieurs à ossature bois :</u> Ouate de cellulose 30 cm. <b>U=0,168 W/m².°C</b>	Lot n°7 : -Le §description des ouvrages code 2.1. prescrit pour les murs à ossature bois extérieurs : Ouate de cellulose 14cm Laine de bois 16cm soit 30 cm d'isolant. Prescription de résultat : <b>U=0,14 W/m².°C.</b>	Les 2 coefficients mis en évidence ne sont pas identiques. La note de calcul RT2005 est plus préjudiciable que les prescriptions du lot n°7.
	<u>Murs extérieurs en briques :</u> -Mur terre cuite 20 cm -Ouate de cellulose 25 cm. <b>U=0,137 W/m².°C</b>	Lot n°7 : -Le §description des ouvrages code 2.2. prescrit pour les murs extérieurs en briques : Ouate de cellulose 14cm Laine de bois 16cm soit 30 cm d'isolant. Prescription de résultat : <b>U=0,13 W/m².°C.</b>	Les 2 coefficients mis en évidence sont quasiment identiques. La note de calcul RT2005 est légèrement plus préjudiciable que les prescriptions du lot n°7.
	<u>Toiture :</u> Ouate de cellulose 35 cm. Bois 5cm <b>U=0,148 W/m².°C</b>	Lot n°7 : -Le §description des ouvrages code 1.1. prescrit pour la toiture : Laine de bois 34cm. Prescription de résultat : <b>U=0,16 W/m².°C.</b>	Les 2 coefficients mis en évidence ne sont pas identiques. La note de calcul RT2005 prévoit 4 cm d'isolant en moins et affiche une performance supérieure aux prescriptions du lot n°7. La note de calcul RT2005 est donc moins préjudiciable que le CCTP et paraît optimiste.
	<u>Plancher :</u> Panneaux de liège 12 cm. <b>U=0,204 W/m².°C</b>	Lot n°7 : -Le §description des ouvrages code 1.2. prescrit pour le plancher: Panneaux de liège 12 cm. Pas de prescription de résultat.	Le type d'isolant et les épaisseurs des isolants sont identiques. En tenant compte de la dalle et de la chape qui encadre l'isolant, la valeur de la note de calcul semble cohérente.

	<u>Porte :</u> U=1,5 W/m <sup>2</sup> .°C	Lot n°4 : le §description des ouvrages : Aucune prescription de résultat	La valeur de la note de calcul semble cohérente.
Coefficient de déperdition des parois vitrées	<u>Triple vitrage menuiserie bois :</u> Uw= 1,15 W/m <sup>2</sup> .°C	Lot n°4 : le §description des ouvrages, code 1 prescrit l'exigence : -Ug=0,5 W/m <sup>2</sup> .°C -Uw=1,15 W/m <sup>2</sup> .°C	La valeur de la note de calcul est identique aux prescriptions du lot n°4.

Les hypothèses de calcul permettent d'obtenir une performance globale Ubât de 0,256 W/m<sup>2</sup>.°C. L'analyse du DCE concernant l'enveloppe, souligne une divergence avec les hypothèses de la toiture.

La prescription du CCTP n°7 concernant le coefficient de déperdition thermique de la toiture est moins performant que l'hypothèse de la note de calcul RT2005. De plus, Les ponts thermiques entre le mur ossature bois et le plancher bas ne semblent pas avoir été pris en compte. **Aussi les prescriptions contractuelles tendent à obtenir un Ubât réel plus élevé et donc moins performant.**

### **Perméabilité du bâtiment**

L'hypothèse de la note de calcul RT2005 est I<sub>4</sub> = 1,2 m<sup>3</sup>/h.m<sup>2</sup>. À comparer avec les résultats du test d'étanchéité à l'air obtenus (voir §3.1. ci-après).

### **2.3.2. La ventilation**

Hypothèses de la note de calcul	Formulation du DCE	Divergence
Débit : 1010 m <sup>3</sup> /h	CCTP chauffage -ventilation du lot n°10 §2.1. : débit en mode chauffage sera de 810 m <sup>3</sup> /h	Le CCTP du lot n°10 prescrit un débit inférieur à celui de la note de calcul. Cela diminuerait les déperditions thermiques et tendrait à obtenir une Cep réelle plus basse que celle de la note de calcul. Les prescriptions sont plus préjudiciables que les hypothèses de calcul.
<u>Rendement échangeur :</u> 95 %	CCTP chauffage -ventilation du lot n°10 §2.1. : rendement de l'échangeur ne devra pas être inférieur à 80%.	Le rendement de l'échangeur théorique (95%) semble optimiste et sous estime peut être les consommations réelles. Une attention particulière sera portée sur les phases suivi de chantier (FTP) et exploitation du bâtiment (instrumentation VMC DF) afin de confirmer ou non l'hypothèse de calcul.
<u>Débit en mode sur-ventilation nocturne :</u> 2600 m <sup>3</sup> /h	Plan d'EXE Schéma de principe de ventilation : débit en mode rafraichissement sera de 2500 m <sup>3</sup> /h	Le Plan d'EXE prescrit un débit inférieur à celui de la note de calcul. Cela diminuerait les déperditions thermiques et tendrait à obtenir une Cep réelle plus basse que celle de la note de calcul. Les prescriptions sont plus préjudiciables

que les hypothèses de calcul.

La ventilation de la station de mesure s'effectue par un système d'extraction autonomes ( $\neq$  VMC DF). Les hypothèses de la note de calcul RT2005 ne tiennent pas compte de ce postes de consommation d'énergie annexes.

**Ainsi, les prescriptions contractuelles tendent à obtenir une Cep ventilation réelle moins élevée que celle de la note de calcul RT2005. Cependant les hypothèses de calcul ne prennent pas en compte la présence d'une hotte d'extraction et utilisent un rendement de l'échangeur très élevé, ce qui tend d'un autre côté à augmenter les consommations réelles.**

### 2.3.3. Le chauffage – Le refroidissement

Chauffage	Hypothèses de la note de calcul	Formulation du DCE	Divergence
Type de production	PAC eau glycolée/eau	§ 1.1. CCTP Lot10 chauffage -ventilation : -PAC eau glycolée/eau § 1.3. CCTP Lot10 chauffage -ventilation : -3 x 2,5 m <sup>2</sup> de capteurs solaire thermiques.	La RT 2005 n'est pas assez évoluée pour pouvoir tenir compte des capteurs solaires thermiques.
Puissance de l'installation	40 kW	§ 1.1. CCTP Lot10 chauffage -ventilation : 12,9 kW	Afin de compenser la non prise en compte de la production du solaire et la puissance stocker dans le ballon tampon de 1500 L, La puissance de la PAC englobe la puissance cumulée des panneaux solaires et de l'accumulateur soit 27 KW.
Rendement de l'installation	COP = 4,5	§ 1.1. CCTP Lot10 chauffage -ventilation : COP = 4,16	L'hypothèse de la note de calcul est légèrement optimiste et tend alors à minimiser la consommation prescrite.
Stockage énergie	Pris en compte dans la puissance de la PAC	§ 1.1. CCTP Lot10 chauffage -ventilation : la puissance thermique de la PAC est associée à un ballon tampon de 1500 Litres	Le ballon tampon engendre des déperditions de chaleur supplémentaires. Mais elles sont négligeables face à l'optimisation que le ballon de 1500 L apporte au fonctionnement de la PAC.

Les limites de la note de calcul RT2005 sont bien mises en évidence. La puissance de l'énergie thermique solaire ne peut être prise en compte, ainsi la seule possibilité est d'intégrer la puissance solaire à celle de la PAC. Or la puissance solaire est très variable, elle dépend de l'ensoleillement. L'amalgame entre ces deux puissances est trop statique et manque énormément de précision. **Le dimensionnement de la surface des capteurs a été réalisé par un outil de simulation dyna-**

**mique, il conviendra alors de vérifier sur site le respect de la surface prévue. Quant à la Cep chauffage réel, elle dépendra de l'ensoleillement.**

Ceci étant, la prescription du COP de la PAC est moins performante que l'hypothèse de la note de calcul RT2005. **Aussi les prescriptions contractuelles tendraient à obtenir une Cep chauffage réel plus élevée que celle de la note de calcul RT2005.**

### ***Refroidissement***

La Cep refroidissement est prise en compte dans la Cep ventilation (voir le chapitre la ventilation).

## ***2.3.4. L'eau chaude sanitaire (ECS)***

Conformément au § 1.1. du CCTP Lot 10 chauffage -ventilation, la production d'eau chaude sanitaire sera réalisée par un ballon électrique 15 litres muni d'une résistance de 2kW.

La note de calcul RT2005 ne tient pas du tout compte de la consommation de ce poste. En effet, dans un bâtiment tertiaire la consommation d'ECS reste faible voire marginale.

Malgré tout, Il y aura une production d'ECS, de plus la présence d'un ballon entrainera des déperditions continues même en cas de faible consommation. **Ainsi, conformément aux prescriptions contractuelles une Cep ECS complètera le Cep totale théorique de la note de calcul RT2005.**



### 2.3.5. L'éclairage

Le CCTP Lot8 électricité - éclairage Sdécomposition du lot code 4, préconise 8 types de luminaires que nous retrouvons dans le plan d'exécution « plan électricité » ci contre:

- Fluo-encastré de 36 W ;
- Fluo suspendu de 36 W ;
- Applique fluo suspendu 18 W ;
- Fluo industriel 36 W ;
- Réglette fluo de 36W ;
- Rail et spots orientables de 35W ;
- Spots encastrés de 35W ;
- Vasque hublot pour lampe fluo de 18 W.



Les prescriptions de gestion d'éclairage artificiel sont :

- par détecteur de mouvement dans les dégagements ;
- par interrupteur dans le reste du bâtiment.

**Le plan d'exécution « plan électricité » prescrit exhaustivement 2694 Watts** pour l'ensemble du bâtiment avec une gestion par interrupteurs et automatiques, hors spots orientables pour exposition et éclairage extérieur (car ceux sont non réglementaires, sinon 3184 W) .



En comparaison, **les hypothèses de la note de calcul RT2005** sont :

- $8,00 \times 313,9 = 2511,20$  Watts ;
- gestion par interrupteur seulement.

Les prescriptions contractuelles et les hypothèses de la note de calcul RT2005 sont semblables concernant la puissance installée mais pas concernant le mode de gestion. Des détecteurs de mouvements sont préconisés pour les zones de dégagement, ce qui n'est pas pris en compte par les hypothèses de la note de calcul RT2005. **Aussi la Cep éclairage réelle pourrait être moins importante que la Cep éclairage théorique.**

### 3. Phase 2 : Suivi de chantier, évaluation de la mise en œuvre

#### 3.1. L'enveloppe

Éléments techniques	Reprise DCE	Principaux constats
Les parois opaques	<p><u>Mur extérieur à ossature bois :</u></p> <p>-Ouate de cellul. 14cm ;</p> <p>-Laine de bois 16 cm ;</p> <p>Prescription de résultat <b><math>U=0,14 \text{ W/m}^2.\text{°C}</math></b>.</p>	<p>Projection de 30 cm de ouate de cellulose entre ossature, puis pose du pare vapeur. Il y a une seule couche d'isolant comme les hypothèses de la note de calcul RT2005. Les prescriptions de 2 couches du CCTP Lot 7 ne sont pas respectées.</p>  <p>Remarquons le soin de la pose du pare vapeur en attente au niveau de l'ouvrant :</p> 

		<p>La ouate de cellulose a été projetée en une seule couche de 30 cm, ce qui a engendré plusieurs désordres :</p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• Le sur-poids n'a pas permis une accroche immédiate et des tassements sont rapidement apparus d'où la fissuration. <u>Celle-ci à ensuite été comblée.</u></li> <li>• La sur-épaisseur a ralenti la perte d'humidité de l'isolant, ce qui n'a pas permis la pose du pare vapeur avant plusieurs semaines.</li> </ul> <p>Pour plus d'efficacité, il aurait fallu projeter la ouate de cellulose en 2 couches de 15 cm. L'accroche et le séchage de ces couches, moins épaisses et donc moins lourdes, aurait été meilleur évitant ainsi les désordres observés.</p>
	<p><u>Mur extérieur en brique:</u>          -Ouate de cellul. 14cm ;          -Laine de bois 16 cm ;          Prescription de résultat  <b><math>U=0,13 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}</math>.</b></p>	<p>Comme pour les murs à ossature bois l'isolation intérieure est constituée de 30 cm d'ouate de cellulose.</p> <p>En définitive, la mise en œuvre des parois extérieures respecte les hypothèses de la note de calcul RT2005 plutôt que les prescriptions du CCTP.</p>

	<p><u>Toiture :</u> -34cm de laine de bois. Prescription de résultat : <b>U=0,16 W/m².°C.</b></p>	<p>L'isolation est constituée de 30 cm d'ouate de cellulose.</p> <p>La finition intérieure est constituée de 2,5cm de panneaux de fibre de bois.</p>  <p>Les prescriptions du CCTP lot7 ne sont pas respectées. De plus une disparité préjudiciable était déjà présente entre l'hypothèse de la note de calcul RT2005 et les prescriptions. Ainsi, les déperditions thermiques seront plus importantes que prévues.</p>
	<p><u>Plancher :</u> -Liège 12 cm. Pas de prescription de résultat.</p>	<p>Concernant l'isolant, les prescriptions ont été respectée. Deux couches de liège de 6 cm ont été croisées pour plus d'efficacité.</p> 
	<p><u>Porte:</u> Aucune prescription</p>	<p>R.A.S. Les portes choisies et mises en place sont satisfaisantes en tout point.</p>
Les parois vitrées	<p><u>Triple vitrage menuiserie bois :</u> -Ug=0,5 W/m².°C -Uw=1,15 W/m².°C</p>	<p>R.A.S. Vitrage conforme aux prescriptions.</p> 

Sur le site 30 cm de ouate de cellulose sont généralisés pour toutes les parois (mis a part le plancher). Ceci pose un problème concernant la toiture mais pas concernant les parois verticales. En



effet, les prescriptions du CCTP lot7 en toiture sont plus rigoureuses et ne sont pas respectées. De plus une disparité préjudiciable était déjà apparue entre ces prescriptions et l'hypothèse de la note de calcul RT2005.

**Ainsi, les déperditions thermiques seront plus importantes que prévues en toiture uniquement.**

### 3.1.1. Perméabilité du bâtiment

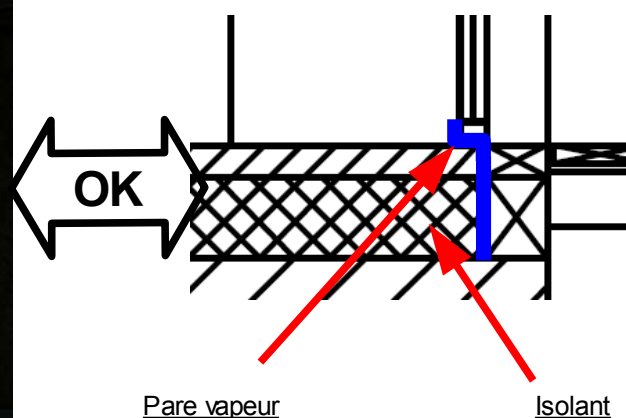
La continuité et la bonne pose du pare vapeur sont les éléments essentiels pour obtenir une bonne perméabilité du bâtiment.

- Pose du pare vapeur et réalisation de la continuité par bandes adhésives correcte



Pare vapeur

Bande adhésive



Pare vapeur

Isolant

- Test d'étanchéité

Mise en dépression du bâtiment :  
Méthode, blower door



Lors du test des infiltrations ont pu être détectées :

- au niveau de plusieurs pareclos (baguettes qui sertissent le vitrage) ;



infiltration de la fumée

Toutes les pareclos défectueuses, ont été desserties puis resserties avec soin (ajout silicone).

- au niveau de plusieurs appuis des châssis fenêtre ;



infiltration de la fumée

Les joints compri-bandes ont été étirés lors de leur pose (dans les coins des ouvertures notamment). Aussi nous avons observé des infiltrations au niveau des coins inférieurs de certaine fenêtre.

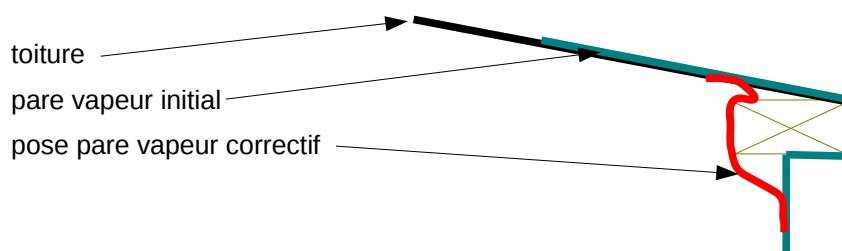
- au niveau de plusieurs jonctions toiture-mur (entre les doublages et le Fibrafutura).

Ponts thermiques mis en évidence par thermographie infrarouge.

Présence de franges caractéristiques d'infiltrations d'air.



Afin de limiter ses fuites une pièce supplémentaire de pare vapeur sera mise en place comme ceci (vu en coupe suivant pointilles) :





- au niveau des gaines électrique photovoltaïque :



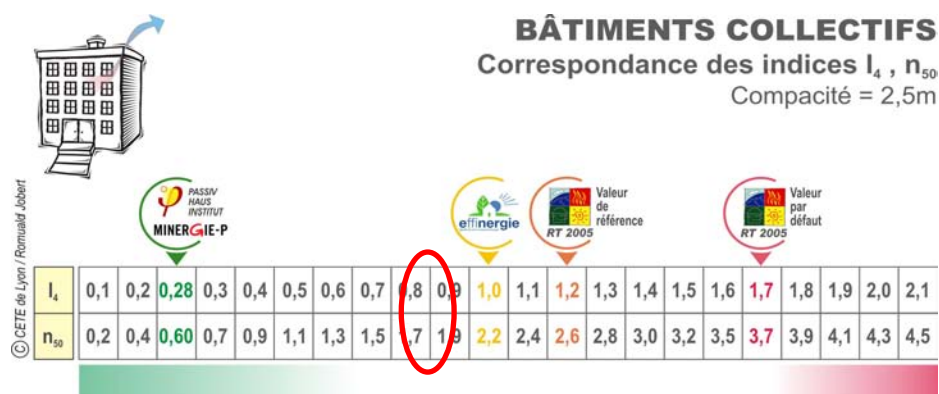
- au niveau des coffres des volets roulant en salle de réunion : jonction menuiseries-doublages



Pour des questions architecturales les coffres roulants de la salle de réunion ne se trouvent pas à l'extérieur du bâtiment. Ce parti pris moins performant engendre des fuites.

Malgré tout, les résultats obtenus sont très bons :

- $n_{50} = 1,8 \text{ vol/h}$  ;
- $I_4 = 0,85 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$ .





Ces très bons résultats vont au delà du BBC (label « effinergie »). Les résultats vont encore s'améliorer suite aux réparations du pare vapeur, mais ce « rafistolage » à une durée de vie très limitée. En effet, le silicone est souvent utilisé pour réparer des fuites, mais ce produit fournit une étanchéité de surface et non de masse avec une durée de vie de l'ordre de cinq ans...

**La mise en œuvre de l'enveloppe est très bonne, cependant des problèmes ont pu être observés. Aussi, la performance thermique de l'enveloppe sera diminuée par :**

- **une toiture moins bien isolée que l'hypothèse de la note de calcul RT2005 ;**
- **une étanchéité amoindrie par un pare vapeur abîmé notamment au niveau de la jonction toiture-mur (ce point est comparé aux règles de l'art, car l'étanchéité reste très bonne).**

## 3.2. La ventilation

Le CCTP du lot n°11 prescrit une VMC double Flux avec un débit de 810 m<sup>3</sup>/h en mode chauffage et 2500 m<sup>3</sup>/h en mode de sur-ventilation nocturne. un rendement de l'échangeur d'au moins 80%.

Le matériel installé est bien une centrale de traitement d'air double flux avec récupération de chaleur :


- fabricant Systemair ;
- type Topvex
- modèle TR06 ;
- échangeur de chaleur rotatif (92% pour 700 m<sup>3</sup>) ;
- débit : 1130 m<sup>3</sup>/h.


En mode chauffage la CTA débite 810 m<sup>3</sup>/h : 610 m<sup>3</sup>/h d'air neuf et 200 m<sup>3</sup>/h d'air recyclé. Aussi seulement 610 m<sup>3</sup>/h passent dans l'échangeur rotatif, le rendement est donc maximal et supérieur aux prescriptions du lot 11.



**La mise en œuvre est conforme aux prescriptions contractuelles. Le rendement global et réel de la VMC DF sera calculé via l'instrumentation des quatre pistes de flux d'air de la CTA.**

### 3.3. Le chauffage – Le refroidissement

Chauffage : éléments techniques	Reprise DCE	Principaux constats
Type de production, puissance, rendement, stockage, appoint.	<p>§ 1.1. CCTP Lot10 chauffage -ventilation :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• PAC eau glycolée/eau ;</li> <li>• 12,9 kW ;</li> <li>• COP = 4,16</li> <li>• ballon tampon de 1500 L.</li> </ul>	<p>Le fabricant de la PAC est Viessmann : type Viocal 300 ; modèle BW110.</p> <p>Ses caractéristiques respectent les prescriptions des DCE. De plus, le COP est supérieur à celui prescrit et égal à celui pris dans la note de calcul RT2005 :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• circuit eau glycolée/eau ;</li> <li>• puissance nominale 12,9 kW</li> <li>• COP =4,5.</li> </ul> <p>L'installation est soignée : Isolation des tubes de circulation.</p> 

		<p>Concernant le ballon tampon :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>sa capacité est bien de 1500 Litres.</li> </ul> 
<p>Mode de chauffage supplémentaire : solaire thermique</p>	<p>§ 1.3. CCTP Lot10 chauffage -ventilation : -3 x 2,5 m<sup>2</sup> de capteurs solaire thermiques. En</p>	 <p>Les 3 capteurs sont pour l'instant bâchés</p>  <p>On remarque que les tubes de circulation sont correctement isolés</p>

### **3.3.1. Refroidissement**

Le refroidissement est réalisée par une sur-ventilation nocturne. Le plan d'EXE Schéma de principe de ventilation prescrit un débit en mode rafraichissement de 2500 m<sup>3</sup>/h. Ces prescriptions sont respectées.

**La mise en œuvre est conforme aux prescriptions contractuelles. Le rendement global et réel de la PAC réversible sera calculé via l'instrumentation du système de chauffage/refroidissement.**




## **3.4. L'eau chaude sanitaire (ECS)**

Les prescriptions du § 1.1. du CCTP Lot 10 chauffage -ventilation sont les suivantes :

- Production d'eau chaude sanitaire réalisée par un ballon de 15 litres avec une résistance électrique de 2kW.

**Ainsi les modifications constatées sur chantier sont plutôt favorables au bilan de consommation énergétique d'ECS.**

### 3.5. L'éclairage

Partie du bâtiment	Reprise DCE	Principaux constats
Entré, dégagement	<ul style="list-style-type: none"> <li>6 spots encastrés de 35W;</li> <li>Activation : détecteur de mouvement.</li> </ul>	<p><u>Quantités et activation</u> : <b>5 spots</b> seront installés au lieu de 4.</p> <p><u>Puissance</u> : <b>Non connu</b>, initialement ce devait être 35W.</p>
Chaufferie	<ul style="list-style-type: none"> <li>2 fluos industriels de 36W.</li> <li>Activation : interrupteur.</li> </ul>	<p><u>Quantités et activation</u> : R.A.S.</p> <p><u>Puissance</u> : R.A.S.</p>
Salle de réunion	<ul style="list-style-type: none"> <li>6 fluos encastrés 36W.</li> <li>Activation : interrupteurs</li> </ul>	<p><u>Quantités et activation</u> : R.A.S.</p> <p><u>Puissance</u> : <b>35W</b> au lieu de 36W.</p> 
Salle d'exposition	<ul style="list-style-type: none"> <li>6 fluos encastrés 36W.</li> <li>Activation : interrupteurs</li> </ul>	<p><u>Quantités et activation</u> : R.A.S.</p> <p><u>Puissance</u> : <b>35W</b> au lieu de 36W.</p>
Secrétariat, accueil	<ul style="list-style-type: none"> <li>13 fluos suspendus de 36W ;</li> <li>Activation : 8 sur interrupteurs et 5 sur détecteurs de mouvement .</li> </ul>	<p><u>Quantités et activation</u> : <b>12 fluos</b> suspendus au lieu de 13.</p> <p><u>Puissance</u> : <b>35W</b> au lieu de 36W.</p> 
Bureau 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>4 appliques fluos suspendues de 18W ;</li> <li>Activation : interrupteur.</li> </ul>	<p><u>Quantités et activation</u> : <b>2 fluos</b> suspendus sur interrupteur.</p> <p><u>Puissance</u> : <b>35W</b> le fluo.</p> 
Bureau 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>6 fluos suspendus de 36W ;</li> </ul>	<p><u>Quantités et activation</u> : <b>3 fluos</b></p>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Activation : interrupteurs.</li> </ul>	suspendus au lieu de 6. <u>Puissance</u> : <b>35W</b> au lieu de 36.
Bureau 7	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 6 fluos suspendus de 36W ;</li> <li>• Activation : interrupteurs.</li> </ul>	<u>Quantités et activation</u> : <b>-2 fluos</b> suspendus au lieu de 6 <b>-Ajout de 3 spots à leds.</b> <u>Puissance</u> : <b>-35W</b> au lieu de 36, pour les fluos suspendus ; <b>-Environ 4 W pour les spots à leds.</b>
Bureau 3, 4, 5 et 6	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 fluos suspendus de 36W ;</li> <li>• Activation : interrupteur.</li> </ul>	<u>Quantités et activation</u> : <b>2 fluos</b> suspendus au lieu de 6. <u>Puissance</u> : <b>35W</b> au lieu de 36.
Bureau 8	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 6 appliques fluos suspendues de 18W ;</li> <li>• Activation : interrupteurs.</li> </ul>	<u>Quantités et activation</u> : <b>2 fluos</b> suspendus au lieu de 6. <u>Puissance</u> : <b>35W</b> au lieu de 36.
Reprographie - réserve	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 fluos suspendus de 36W ;</li> <li>• Activation : interrupteurs.</li> </ul>	<u>Quantités et activation</u> : <b>2 fluos</b> suspendus au lieu de 3. <u>Puissance</u> : R.A.S.
Rangement exposition	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 fluo industriel de 36W ;</li> <li>• Activation : interrupteur.</li> </ul>	<u>Quantités et activation</u> : R.A.S. <u>Puissance</u> : R.A.S.
Vestiaire - kitchenette	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 fluo suspendu de 36W ;</li> <li>• Activation : interrupteur.</li> </ul>	<u>Quantités et activation</u> : R.A.S. <u>Puissance</u> : <b>35W</b> au lieu de 36.
LT	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 fluo industriel de 36W ;</li> <li>• Activation : détecteur de mouvement.</li> </ul>	<u>Quantités et activation</u> : R.A.S. <u>Puissance</u> : R.A.S.
W.C.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 vasques hublot pour lampe fluo de 18 W ;</li> <li>• 1 réglette fluo de 36W ;</li> <li>• Activation : interrupteur.</li> </ul>	<u>Quantités et activation</u> : R.A.S. <u>Puissance</u> : R.A.S.
<i>Proche éclairage extérieur.</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 spots encastrés de 35W ;</li> <li>• Activation : détecteur et interrupteur.</li> </ul>	<i>Éclairage non réglementaire. Présenté à titre indicatif.</i>
<i>Extérieur façade Nord-Est éclairage extérieur.</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 spot encastré de 35W ;</li> <li>• Activation : interrupteur</li> </ul>	<i>Éclairage non réglementaire. Présenté à titre indicatif.</i>

La mise en œuvre n'est pas conforme aux prescriptions contractuelles. Cependant les écarts constatés tendent à diminuer la puissance installée. La puissance finale observée est de l'ordre de 1984 Watts, ce qui représente un écart d'environ -26% par rapport aux prescriptions contractuelles.

**Aussi et compte tenu des conclusions du §2.3.5., la Cep éclairage réelle sera probablement moins élevée que la Cep éclairage théorique.**



## 4. Protocole de suivi

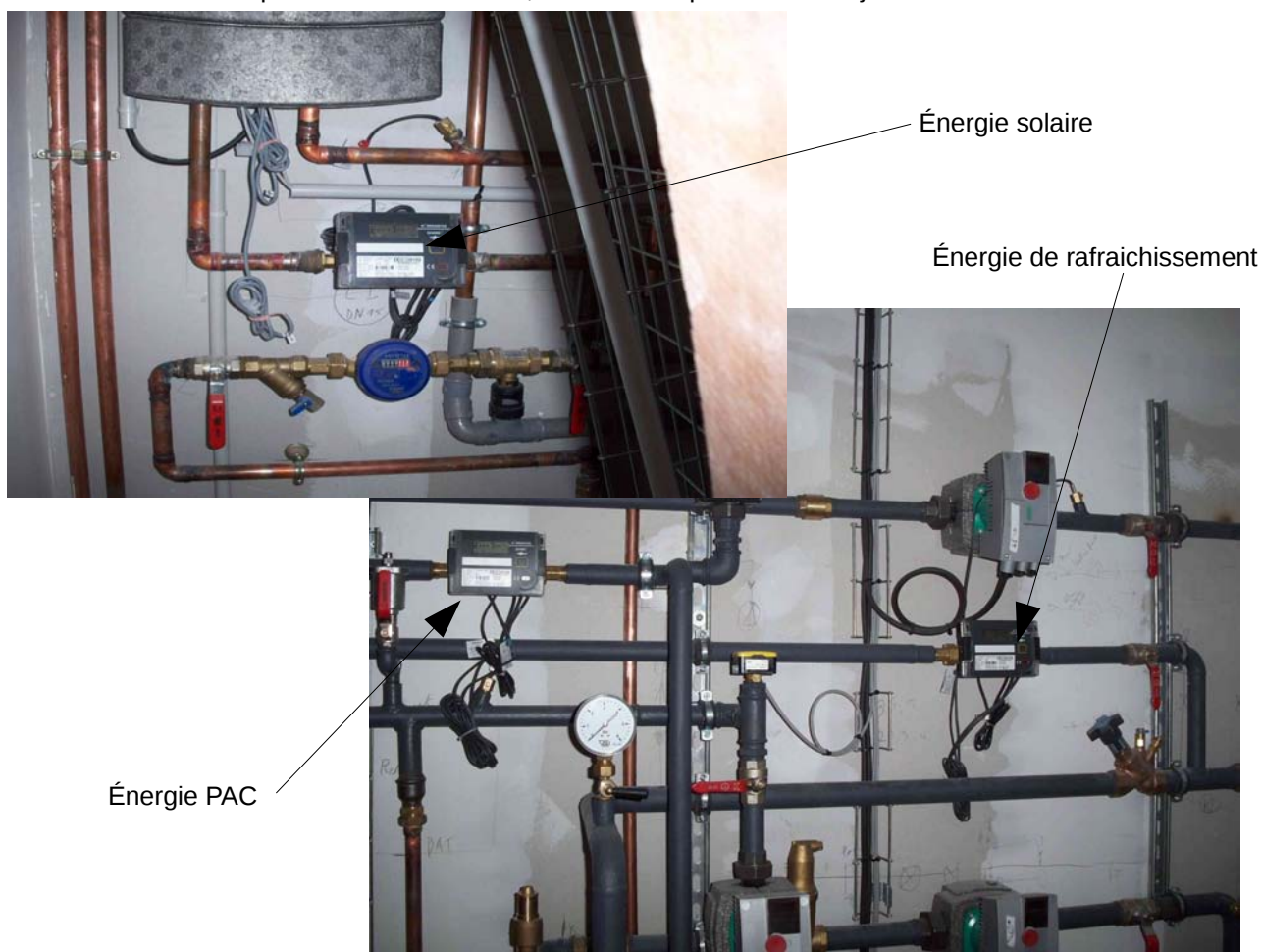
### 4.1. Objectif de la fiche métrologique

L'objectif du suivi du bâtiment pendant les deux premières années de fonctionnement est de :

- dresser un bilan des consommations énergétiques réelles, par usage du bâtiment ;
- dresser un bilan thermique du bâtiment (chauffage, ventilation, éclairage,...) ;
- dresser un bilan des conditions de confort intérieur et d'usage du bâtiment.

Ce protocole de suivi présente, par usage réglementaire, les points de mesure pour cette opération et l'ensemble des sous comptages à mettre en place par le chauffagiste et l'électricien. Tous ces points de mesures devront être reliés à une station d'acquisition locale du type GTC ou, plus simplement, à des enregistreurs de données (du type HOBO de la gamme « Prosensor », ou équivalent) afin de permettre un enregistrement régulier (pas de temps horaire ou journalier) des données.

Voici les compteurs de calories CC1, CC2 et CC3 posés courant juillet 2009.



## 4.2. Capteurs de mesure

Capteurs autonomes	N°	Observations
Température	T1	placé entre la prise d'air neuf et la Centrale de Traitement d'Air (CTA)
Température	T2	placé entre la CTA et le soufflage de l'air traité.
Température	T3	placé entre la reprise de l'air vicié et la CTA.
Température	T4	placé entre la CTA et le rejet de l'air vicié.
Température & hygrométrie <b>à la charge du CETE de l'Est</b>	TH1-TH2	Mesure de l'ambiance intérieure : Température et hygrométrie intérieure dans la salle d'exposition à côté du pupitre de commande de la régulation et dans le bureau n°4
Température & hygrométrie <b>à la charge du CETE de l'Est</b>	TH3	Mesure de l'ambiance extérieure : Température et hygrométrie extérieure au Nord du bâtiment.

Compteurs électriques	N°	Observations
Ventilation		
Compteur électrique moteur CTA	CE8	Auxiliaire de ventilation. Voir schéma
Chauffage et refroidissement		
Compteur électrique compresseur PAC	CE2	Voir schéma
Éclairage		
Compteur électrique éclairage	CE9	Voir schéma
Auxiliaires		
Compteur électrique pompe géothermie	CE1	Voir schéma
Compteur électrique pompe Sonde/PAC	CE3	Circuit géothermie – PAC. Voir schéma
Compteur électrique pompe Kit solaire	CE4	Circuit capteur solaire – ballon tampon. Voir schéma
Compteur électrique pompe PAC/ballon tampon	CE5	Circuit PAC – ballon tampon. Voir schéma
Compteur électrique pompe Sonde/batterie froide	CE6	Circuit géothermie – rafraîchissement. Voir schéma
Compteur électrique pompe ballon tampon/batterie chaude	CE7	Circuit ballon tampon – chauffage. Voir schéma

Compteurs de calories	N°	Observations
Compteur calories chauffage	CC1	Apport par principe thermodynamique de la PAC. Voir schéma
Compteur calories appoint chauffage	CC2	Apport par solaire thermique. Voir schéma
Compteur calories rafraîchissement	CC3	Apport par échange direct avec le captage vertical. Voir schéma